

Л.А. СОКОВ

ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПЕРВИЧНОГО
КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА (ХИМИЧЕСКАЯ ЭЛЕМЕНТОЛОГИЯ / ОБЩИЕ
ПРИНЦИПЫ САМООРГАНИЗАЦИИ БАРИОННОГО ВЕЩЕСТВА)

ЧЕЛЯБИНСК (1965-1974) 2009-2011

Предисловие

Введение

Глава 1. Вселенная и образование изотопов химических элементов

1.1 Вселенная

1.2 Темная материя, темная энергия

1.3 Происхождение изотопов химических элементов

Глава 2 Химические элементы

2.1 Количественное соотношение устойчивых и неустойчивых изотопов химических элементов

2.2 Краткая характеристика физических, физико-химических, химических свойств химических элементов

Глава 3 Распространенность химических элементов и формирование объектов Космоса

3.1 Распределение химических элементов между объектами Космоса

3.2 Роль физико-химических свойств химических элементов в обмене в животных организмах

3.3 Перемещение химических элементов между объектами Космоса, геосферами Земли, живым веществом

Глава 4 Дифференциация и самоорганизация первичного космического барионного вещества

4.1 Главная последовательность дифференциации первичного космического вещества

4.2 Самоорганизация нелетучего барионного вещества Солнечной системы

4.3 Корреляционные связи между распространенностью химических элементов в Космосе, геосферах Земли, живом веществе, «стандартном» человеке и их физико-химическими свойствами

4.4 Корреляционные связи между параметрами, характеризующими перемещение химических элементов в объектах Космоса, геосферах Земли, живом веществе, «стандартном» человеке и их физико-химическими свойствами

Глава 5 Химический элементарный состав среды и организмов и роль химических элементов в функционировании живой материи, животных организмов. Гомеостаз химических элементов и эволюция живого

5.1 Химический элементарный состав среды и организмов

5.2 Роль химических элементов и их участие в происхождении жизни, формировании элементарного состава живой материи, животных организмов

5.3 Гомеостаз

5.4 Гомеостатическая емкость химических элементов в биологических объектах и эволюция живого

5.5 Классификация химических элементов с учетом гомеостатической емкости биологических объектов

Глава 6 Общие закономерности метаболизма химических элементов в крови зависимости от их электронного строения и физико-химических констант. Самоорганизация живого

6.1 Роль клеток крови в формировании гомеостатических показателей изотопов химических элементов

6.2 Общая характеристика связывания химических элементов белками плазмы крови

6.3 Белковая буферная система, иммунный химический гомеостаз и периодическая система

6.4 Ведущие физико-химические константы, определяющие величину связывания химических элементов белками плазмы крови

6.5 Самоорганизация и последующая эволюция живого во Вселенной одно из свойств барионной материи

Глава 7 Химический элементарный состав биологических объектов и формирование химического элементарного состава, функционирование систем, органов, тканей

7.1 Зависимость величин переноса и фиксации элементов от атомного номера

7.2 Зависимость величин переноса и фиксации элементов от принадлежности к подгруппе, семейству периодической системы

7.3 Поведение элементов s- и f-семейств

7.4 Поведение химических элементов d-семейства

7.5 Поведение химических элементов p-семейства

7.6 Характеристика корреляционных связей между поступлением химических элементов в организм, формированием систем, органов, тканей и физико-химическими свойствами химических элементов

Глава 8 Выведение и баланс химических элементов в организме

8.1 Химический элементарный состав почек

8.2 Скорость клубочковой фильтрации химических элементов

8.3 Парциальные функции почек химических элементов в зависимости от их положения в периодической системе

8.4 Общая ориентировочная схема выведения химических элементов через почки и периодическая система

8.5 Баланс химических элементов в организме

Глава 9 Четно-нечетные химические элементы

9.1 Распределение четно-нечетных химических элементов

9.2 Обмен четно-нечетных химических элементов в организме человека

Глава 10 Характеристика корреляционных связей

10.1 Характеристика качества и типов корреляционных связей, а также распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от вида изучаемого объекта

10.2 Роль физических, физико-химических и химических свойств элементов в их количественной распространенности, в способности к перемещению и биологическому проявлению

Заключение

Литература

Приложение

Глава 1. Вселенная и образование изотопов химических элементов

1.1 Вселенная

Со времен первобытного человека и до первой четверти XX века Вселенная осознавалась как пространство, в которое механически включены те или иные образования. За все время существования человека, предложено множество идей, гипотез, теорий происхождения и устройства Вселенной. Это время можно разделить на несколько периодов.

Первый созерцательный период имел продолжительность более 40 тысяч лет до начала новой эры (палеолит, неолит, бронзовый век...). Первые систематические астрономические наблюдения возникли, вероятно, одновременно в четырех регионах: междуречье Тигра и Евфрата, долина Нила, междуречье Инда и Ганга и долина Хуанхэ и привели к составлению первого известного в настоящее время реестра звезд, созданию календаря. В это же время была установлена продолжительность года, который равен 365 дням, 6 часам, 15 минутам, 41 секунде. Представления о Вселенной были наивными, основанными на умозрительных заключениях. В качестве примера можно привести следующие имена: Нума Помпилий (716-673 лет до новой эры); Фалес Милетский (~ 640/624-548/545 лет до новой эры) и Лао Цзы (VI в. до новой эры), которые пропагандировали – материалистическое представление о Вселенной, основанное на визуальных эффектах. Левкипп (около 500-400 лет до новой эры) рассматривал Вселенную как беспредельное множество, различающихся размером и формой атомов, движущихся в пустоте и составляющих видимые тела, основатель античного атомистического учения. Демокрит (470/457-370/357 лет до новой эры) развивал атомистическое учение Левкиппа. По его мнению, Вселенная состоит из движущихся элементов материи, подчиняющихся строгим механическим законам. Движение происходит в абсолютном однородном, изотропном пространстве. Демокрит допускал сосуществование вселенных с локально анизотропным пространством, которые различаются структурой и возрастом. Платон (429-347 лет до новой эры) предложил идею рождения времени с рождением Вселенной – единственной, конечной, невечной. Аристотель (384-322 лет до новой эры) построил первую целостную логически завершенную и опиравшуюся на наблюдения космофизическую картину мира: Вселенная материальна, конечна, замкнута, единственная (охватывает всю существующую материю), а потому вечна. Эпикур (341-270 лет до новой эры) развивал идеи Демокрита: материальная беспредельная Вселенная, подчиняющаяся механическим законам. Архимед (около 287-212 лет до новой эры) произвел первую известную умозрительную оценку колоссальных размеров звездной Вселенной. Он придерживался (наиболее ранней?) гелиоцентрической идеи Аристарха Самосского (около 310-230 лет до новой эры). Лю Ань (II век до новой эры) утверждал, Вселенная родилась из пустоты. Ван Чунь (I век до новой эры) наоборот настаивал, Вселенная родилась из вечной материальной субстанции... и т. п. и т. д. (Еремеева, А.И., Цицин, Ф.А., 1989; Бочкарева, Т.С., 2007; http://astronomer.nfrod.ru/Library/History/h_table.htm; http://naturalhistory.narod.ru/Page_5.htm).

Второй период продолжался около 2-х тысяч лет: от начала новой эры до начала XX века. В этот период начинают использовать более совершенный математический аппарат и простейшие оптические приборы. Сюда, прежде всего, следует отнести имена и гипотезы таких мыслителей как К. Птолемей (около 87-165 лет новой эры), который предложил первую математическую геоцентрическую модель движений Солнца, Луны, планет.

Выдающимся достижением Улугбека (Мухаммед Тарагай Улугбек, 1394-1449) и самаркандских астрономов стал новый каталог, содержащий положения на небе 1018 звезд. Это был следующий каталог, составленный после каталога Птолемея (через 13 веков). Положения для 700 звезд были определены заново. Каталог был закончен к 1437 году и получил название «Новые астрономические таблицы». Каталог представлял огромную ценность для последующих поколений астрономов, так как позволял сравнивать положение звезд через огромные промежутки времени и улавливать происходящие в мире звезд изменения (<http://spacetravell.narod.ru/ulugbek.htm>).

Николай Кузанский (Кребс) (1401-1464) считал Вселенную бесконечной, однородной, изотропной, вещественно единой. Леонардо да Винчи (1452-1519) верил, что Вселенная материально едина. Николай Коперник (1473-1543) разработал полную логически и физически обоснованную и математически рассчитанную гелиоцентрическую систему мира. Тихо Браге (1546-1601) предложил полную гелио геоцентрическую систему мира и идею рождения звезд из диффузной материи, якобы составляющей Млечный Путь. Датский астроном-наблюдатель до телескопной эры Тихо Браге посвятил жизнь выстраиванию точнейших карт звездного неба. В этом ему не было равных. Бессмертные законы движения планет, установленные его учеником Иоганном Кеплером (1571-1630), родились во многом благодаря научному наследию, оставленному Тихо Браге. Правда, поработать вместе Браге и Кеплеру удалось всего ничего: полный планов датчанин, только что нашедший себе замечательного помощника, неожиданно умер в возрасте 54 лет. Бог весть от чего... (15.11.2010, Прага 14:19:39 Международная группа ученых проводит эксгумацию останков средневекового датского астронома Тихо Браге в храме Девы Марии перед тыном в Праге, чтобы пролить свет на тайну смерти исследователя, сообщает агентство Associated Press, результаты экспертизы будут опубликованы в 2011 году). Дж. Бруно (1548-1600) развивал идеи гелиоцентризма, бесконечности, ацентричности Вселенной. Г. Галилей (1564-1642) впервые в мире произвел наблюдения звездного неба с использованием физических приборов, обосновал и пропагандировал идеи гелиоцентризма. Р. Декарт (1596-1650) возродил вихревую космогонию, бесконечность Вселенной, предсказал множественность солнечных систем, отрицал абсолютную пустоту. И. Ньютон (1643-1727) предложил завершенную физическую и астрономическую картину мира на основе созданной им же механики (сейчас классическая механика Ньютона) и закона всемирного тяготения. Он же предположил неизбежность бесконечности гравитирующей звездной Вселенной и абсолютные независимые пространство и время, не зависящие от наличия материи. Т. Райт (1711-1786) считал, что млечные туманности – это самостоятельные вселенные, а Млечный путь – это визуальный эффект наблюдения звездного слоя. И. Кант (1724-1804) представил первую универсальную эволюционную космологическую гипотезу холодного образования Солнечной системы из пылевой материи. И. Кант впервые предложил рассматривать Млечный Путь как реальную динамическую систему звезд, а Вселенную как иерархическую структуру с общим центром вращения. В. Томсон (лорд Кельвин) (1824-1907) является автором «контракционной гипотезы» Вселенной и идеи ее тепловой смерти, ввиду действия второго начала термодинамики (роста энтропии). Л. Больцман (1844-1906) предложил флуктуационную космологическую гипотезу, в которой парадокс тепловой смерти Вселенной снимается (Еремеева, А.И., Цицин, Ф.А., 1989; Бочкарева, Т.С., 2007; http://astronomer.nfrod.ru/Library/History/h_table.htm; http://naturalhistory.narod.ru/Page_5.htm).

Третий период связан с научной революцией в физике, появлении новых методологических и технологических подходов, создании новых телескопов, коллайдеров..., базирующихся на современных достижениях науки и техники.

На развитие космологии оказали влияние – создание учения об электромагнитном токе (Фарадей, М., 1832), предсказание электромагнитных волн (Максвелл, Дж., 1865), которые в дальнейшем позволили единым образом подойти к описанию радиоволн, света, рентгеновских лучей, гамма-излучения и разработке шкалы электромагнитных колебаний (<http://slovari.yandex.ru/~книги/БСЭ/Электромагнитные%20волны/>). В этих работах участвовали практически все естествоиспытатели XIX и начала XX веков. В связи с этими открытиями созданы и создаются в настоящее время приборы и оборудование для исследования космоса.

Густав Роберт Кирхгоф (G.R. Kirchhoff: 12.3.1824, Кенигсберг, – 17.10.1887, Берлин), немецкий физик, член Берлинской АН (1874), член-корреспондент Петербургской АН (1862) в 1854 году и Р.В. Бунзен начали изучать спектры пламени, окрашенного парами металлических солей, и в результате ими были заложены (1859) основы спектрального анализа, который в 1859-1860 годах был внедрен в практику химических исследований. С помощью нового метода ими были открыты цезий (1860) и рубидий (1861). В 1859 году Г.Р. Кирхгоф сформулировал один из основных законов теплового излучения и ввел в физику понятие абсолютно черного

тела. В 1860 году Г.Р. Кирхгоф открыл правило обращения спектров и впервые правильно объяснил темные полосы в спектре Солнца (фраунгоферовы линии), высказав предположение о химическом составе солнечной атмосферы. Г.Р. Кирхгоф и Р.В. Бунзен обнаружили на Солнце Na, Fe, Mg, Ca, Cr и некоторые другие металлы (Столетов, А.Г., 1941; Горнштейн, Т., 1960; Agassi, J., 1967).

Спектральный анализ, могучее средство, полученное астрофизиками во второй половине XIX века. Современная (гарвардская) спектральная классификация звезд, разработанная в Гарвардской обсерватории в 1890-1924 годах является температурной классификацией, основанной на относительной интенсивности линий поглощения и испускания спектров звезд. На основе созданной классификации Энной Кэннон (1863-1941, США) в 1918-1924 годах издан большой *Henri Draper Catalogue* каталог в 9 томах на 225330 звезд (HD-каталог). Дополнительным фактором, влияющим на вид спектра, является плотность внешних слоев звезды, зависящая, в свою очередь от ее массы и плотности, то есть, в конечном итоге, от светимости. Зависимость вида спектра от светимости отражена в более новой Йеркской классификации, разработанной в Йеркской обсерватории (Yerkes Observatory) У. Морганом, Ф. Кинаном и Э. Келман, называемой также МКК классификацией по инициалам ее авторов. В соответствии с Йеркской классификацией (МКК) с учетом светимости звезде того или иного гарвардского спектрального класса (O, B, A, F, G, K и M) приписывают и класс светимости.

Э.П. Хаббл (1889-1953) открыл закон красного смещения в спектрах далеких галактик. Основные труды Э.П. Хаббла посвящены изучению галактик. В 1922 году Э.П. Хаббл предложил подразделять наблюдаемые туманности на внегалактические (галактики) и галактические (газопылевые). В 1924-1926 годах он обнаружил на фотографиях некоторых ближайших галактик звезды, чем доказал, что они представляют собой звездные системы, подобные нашей Галактике. В 1925 году Э.П. Хаббл начинает разрабатывать первую эволюционную морфологическую классификацию форм галактик и в том же году представил первую подробную морфологическую классификацию галактик. Все галактики (или внегалактические туманности, так их называли раньше) он разбил на три основных типа: спиральные (S), эллиптические (E), неправильные (I) (Бронштейн, В.А., 1974).

Э.П. Хаббл доказал своими тщательными измерениями, что давно известные туманности, ранее считавшиеся всего лишь облаками газа (например, туманность Андромеды), являются галактиками, ничуть не меньшими нашей и удаленными порой на миллиарды световых лет, и что эти галактики движутся, «убегая» от нас со скоростями большими, чем дальше они отстоят от нашей планеты (<http://www.peoples.ru/science/physics/gamow/history.html>). Э.П. Хаббл в 1929 году обнаружил зависимость между красным смещением галактик и расстоянием до них (http://ru.wikipedia.org/wiki/Эдвин_Хаббл).

Закон красного смещения Э.П. Хаббла в спектрах далеких галактик и доплеровская интерпретация его, подтверждает концепцию расширения Вселенной (Ефремова, А.И., Цицин, Ф.А., 1989; http://astronomer.narod.ru/Library/History/h_table.htm).

Ж. Леметр (1894-1966) создал теорию расширяющейся Вселенной в 1927 году, ознакомившись во время пребывания в США с исследованиями Э.П. Хаббла и Х. Шепли по красному смещению линий в спектрах галактик, истолковав наблюдаемые спектроскопические изменения как свидетельство разбегания, расширения Вселенной (<http://bigbang.h10.ru/tablicalemetr.htm>). Ж. Леметр в 1927 году выдвинул концепцию рождения и расширения всей Вселенной в качестве объяснения эффекта «красного смещения» (http://astronomer.narod.ru/Library/History/h_table.htm).

Несколько позже, Ж. Леметр на основе закона Э.П. Хаббла (1929) в этом же году предложил гипотезу возникновения Вселенной из сверхплотного состояния материи (Еремеева, А.И., Цицин, Ф.А., 1989; http://astronomer.narod.ru/Library/History/h_table.htm; http://naturalhistory.narod.ru/Page_5.htm; «Кабинет – История астрономии» - <http://naturalhystory.narod.ru>).

Согласно последним научным данным, возраст Вселенной составляет $13,7 \pm 0,2$ миллиарда лет. Термины «известная Вселенная», «наблюдаемая Вселенная» или «видимая Вселенная»

часто используются для описания части Вселенной, которая доступна для наблюдений. Поскольку космическое расширение исключает значительные части Вселенной из наблюдаемого горизонта, большинство космологов считает, что наблюдение всего континуума невозможно и следует использовать термин «наша Вселенная» в отношении той части, которая известна человечеству. Существует также гипотеза о том, что Вселенная может быть частью мультивселенной – системы, содержащей множество других вселенных.

Расстояния, доступные современным телескопам, составляют миллиарды световых лет. Вселенную на таких масштабах изучают астрономия и космология. Теоретической базой для космологии в этот отрезок времени была и теория относительности, в создании которой приняли участие в 1895-1904 годах Хенрик Лоренц и Анри Пуанкаре (Par Renard de la Taille, 1995). Хенрик Лоренц, лауреат Нобелевской премии по физике 1902 года (второй после Рентгена К.) писал об авторстве этого открытия: «Я не установил принципа относительности, как строго и универсально справедливого. Пуанкаре, напротив, получил полную инвариантность и сформулировал принцип относительности – понятие, которое он же первым и использовал». Теория относительности, открытая в 1904 году Анри Пуанкаре, была признана научным сообществом, начиная с 1915 года. Формула $E = mc^2$ принадлежит Анри Пуанкаре. Он первым в истории науки заметил в 1900 году, что энергия излучения обладает массой m , равной E/c^2 (Тяпкин, А.А. УФН, 1972. т. 106, с. 617-659; Tyapkin, A.A. Lett. Nuovo Cimento, 1973, v.7, p. 760; Тяпкин, А.А. <http://bourabai.kz/tyapkin/noddack.htm>; Par Renard de la Taille, 1995 и т. д.).

Тип радиоактивности ядер	Вид обнаруженного излучения	Год открытия	Авторы открытия
Радиоактивность атомных ядер	Излучение	1896	А. Беккерель
Альфа-распад	^4He	1898	Э. Резерфорд
Бета-распад	e^-	1898	Э. Резерфорд
Гамма-распад	γ -Квант	1900	П. Виллард
Спонтанное деление ядер	Два осколка	1940	Г.Н. Флеров, К.А. Петржак
Протонный распад	p	1982	З. Хофман и др.
Кластерный распад	^{14}C	1984	Х. Роуз, Г. Джонс; Д.В. Александров и др.

Таблица 1.1.1 История открытия различных видов радиоактивности (Кадменский, С.Г., 1999, phys.web.ru.)

«Исследования законов микромира, которыми занимается ядерная физика, в последнее время помогли существенно расширить наши представления о явлениях, происходящих в макром мире

– нашей Вселенной, внесли огромный вклад в разработку астрофизических и космологических теорий. Прежде всего, это касается модели расширяющейся Вселенной, эволюции звезд и распространенности элементов, а также свойств различных звезд и космических объектов: «холодных», нейтронных, черных дыр, пульсаров и др.» (Пенионжкевич, Ю.Э., 1998; <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>).

Формирование современной атомно-ядерной астрофизики началось с открытия К.В. Рентгеном (1845-1923) в 1895 году икс-лучей (рентгеновских лучей). В 1896 году А. Беккерель (1852-1908) обнаружил, что сходные неизвестные ранее лучи испускает уран, которые, как оказалось позднее, частично состоят из электронов, открытых в 1897 году Дж. Томсоном. В 1897 году М. Кюри обнаружила подобное излучение у тория, а затем М. Кюри и П. Кюри открыли два новых химических элемента полоний и радий, также испускающих неизвестные ранее лучи. Позже это явление названо М. Кюри радиоактивностью (http://ru.wikipedia.org/wiki/Рентген,_Вильгельм_Конрад; <http://www.alhimik.ru/teleclass/pril/bekkerel.shtml>).

Познание природы приобрело непрерывный каскадный характер (таблица 1.1.1). В 1898 году в Кембридже в Кавендишской лаборатории (руководимой Томсоном, Дж.Дж.) Э. Резерфорд обнаружил неоднородность излучения, испускаемого ураном. Э. Резерфорд доказал, неоднородность излучения связана с различными типами радиации: альфа- и бета-распадами (<http://www.alhimik.ru/teleclass/pril/reserford.shtml>).

С развитием знаний в физике и химии в космологии также происходят парадигмальные изменения. В 1908 году К. Шарье вернулся к модели иерархической структуры Вселенной. К. Шварцшильд в 1910 году начал разрабатывать теорию звездных атмосфер, Э. Герцшпрунг в 1910 году исследует зависимость «спектр-светимость» для звездных скоплений и обнаруживает различие звездных населений.

В начале XX столетия в 1905-1913 годах, выдающиеся астрономы датчанин Э. Герцшпрунг и американец Н. Расселл эмпирически установили (независимо друг от друга), что существует зависимость между светимостью звезд и их спектральным классом. Так была открыта универсальная астрофизическая закономерность в мире звезд: диаграмма «спектр-светимость». Если нанести положения большого количества звезд на диаграмму, у которой по оси абсцисс отложены спектральные классы звезд, а по оси ординат – светимости, оказывается, что звезды отнюдь не располагаются беспорядочно, а образуют определенные группы. Положение звезды на диаграмме зависит от ее массы, возраста и химического состава. Со временем выявился глубокий физический смысл расположения звезд на диаграмме, и стали понятными передвижения звезд по диаграмме в зависимости от возраста (эволюционные треки). Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла названа по имени Э. Герцшпрунга, впервые обнаружившего указанную зависимость, и Г. Ресселла, детально её изучившего. Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла представляет собой своеобразную диаграмму состояния звезд. Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла для звезд является важным инструментом сравнения теоретических моделей звезд с наблюдениями.

Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла обычно приводится в следующих координатах:

1. Светимость – эффективная температура.
2. Абсолютная звездная величина – показатель цвета.
3. Абсолютная звездная величина – спектральный класс.

На приведенной диаграмме (рисунок 1.1.1) можно выделить следующие классы звезд: звезды главной последовательности; красные гиганты; звезды горизонтальной ветви; асимптотическую ветвь сверхгигантов; последовательность белых карликов. Наиболее населенной является главная последовательность, следующие группы – белые карлики и гиганты.

Эволюция звезд удовлетворительно объясняется соотношением зависимости – спектр – светимость. На диаграмме Герцшпрунга-Ресселла представлен жизненный цикл звезд (рисунок 1.1.1).

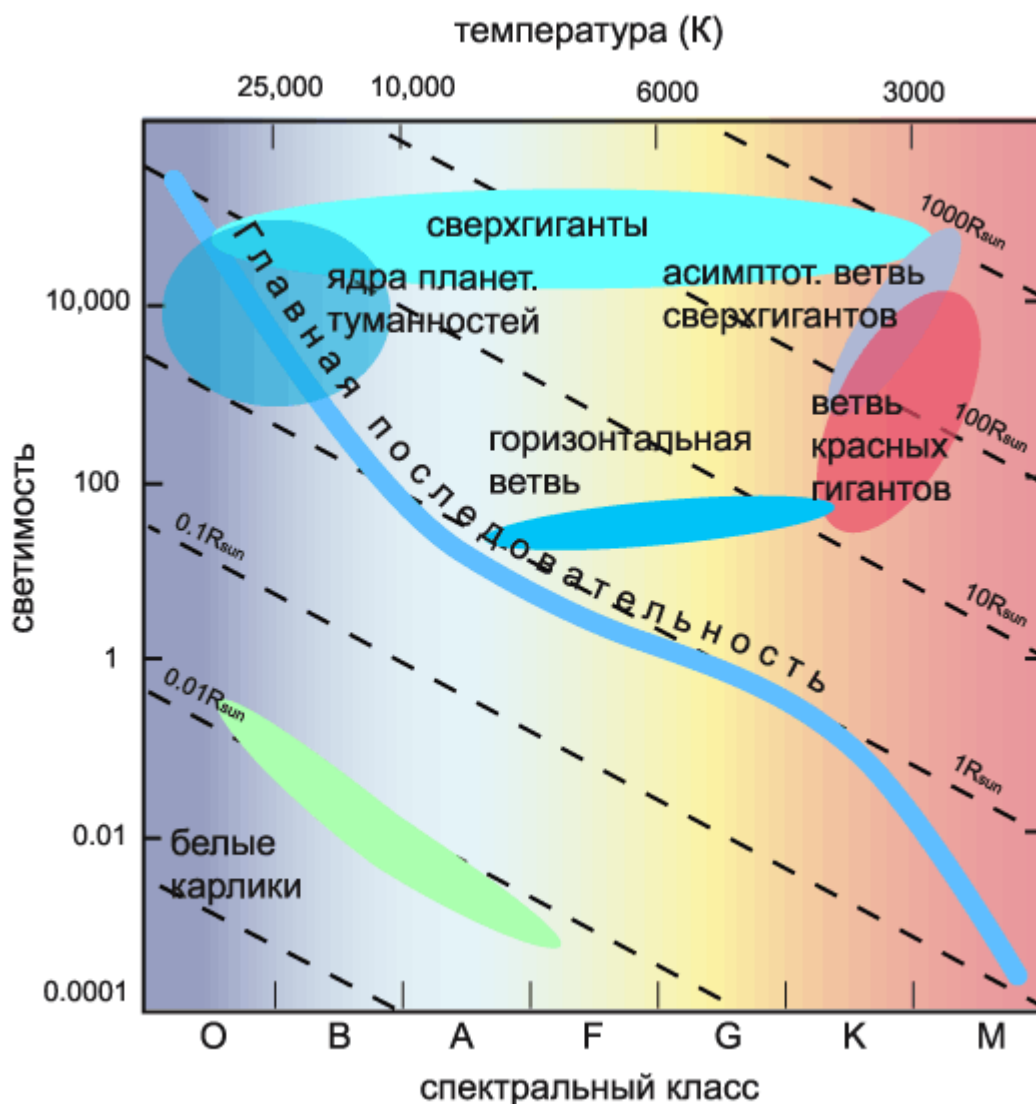


Рисунок 1.1.1 Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла. The Hertzsprung-Russell Diagram (HR Diagram). Схематическое представление наиболее населенных областей на диаграмме Г-Р. (http://crydee.sai.msu.ru/~mir/Star_Life.site/Evolution/HR_diagram/HR_static.htm)

Основные наблюдаемые характеристики звезд – это светимость L_s и температура поверхности T_s . Если светимости звезд с известными расстояниями нанести на график (рисунок 1.1.1) в зависимости от их температур, то они распределятся, как показано на этом рисунке. Более 90 % всех звезд относится к звездам главной последовательности. Вторым по численности классом звезд – являются белые карлики, третьим – гиганты и сверхгиганты, которые встречаются гораздо реже. В зависимости от стадии развития, эволюции звезды, звезда может принадлежать к главной последовательности на одной стадии своей жизни и быть белым карликом, гигантом, нейтронной звездой – на другой. Так как фаза главной последовательности является самой продолжительной, большинство звезд принадлежат главной последовательности (рисунок 1.1.1).

Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла, диаграмма «спектр-светимость», диаграмма зависимости между спектральным классом (или температурой поверхности) и абсолютной звездной величиной (или логарифмом светимости) звезд, позволяют делать выводы о природе и развитии звезд. Звезды со сходными физическими характеристиками образуют на ней более или менее изолированные группы, характеризующие начальные условия и дальнейшие стадии своей эволюции. Большинство известных звезд располагается на главной последовательности, простирающейся по диагонали диаграммы Герцшпрунга-Ресселла от горячих голубых звезд

(например, Спика; спектральный класс В) со светимостью в 1000 раз больше солнечной через белые звезды (Сириус; А), желтовато-белые (Процион; F), желтые (Солнце; G), оранжевые (Альтаис; К) к красным карликам (звезда Крюгер 60; М), которые слабее Солнца в 1000 раз. Звезды-гиганты – желтые, оранжевые и красные звезды больших размеров (Капелла, Арктур, Альдебаран) – находятся справа от главной последовательности. Сверхгиганты – сравнительно немногочисленная группа звезд всех спектральных классов очень большой светимости (в 10^4 – 10^5 раз больше солнечной) – заполняют самую верхнюю область диаграммы Герцшпрунга-Ресселла.

Субгигантами называют красноватые звезды, размеры которых больше звезд главной последовательности той же светимости (компоненты затменно-двойных звезд). Субкарлики – это звезды-карлики главной последовательности, отличающиеся пониженным содержанием металлов, характерным для звезд сферической составляющей Галактики, и располагающиеся вследствие этого на диаграмме Герцшпрунга-Ресселла в пределах главной последовательности. Группа белых карликов – очень плотных маленьких звезд, находится на 10 звездных величин ниже главной последовательности. Для каждой группы звезд свойственны определенные зависимости между массой, светимостью и радиусом и свои особенности строения. Количество звезд в разных областях диаграммы Герцшпрунга-Ресселла различно; звезд большой светимости значительно меньше, чем слабых. Вне описанных групп звезд практически нет. На рисунке 1.1.1 представлена диаграмма Герцшпрунга-Ресселла для звезд окрестности Солнца и звезд рассеянных скоплений, принадлежащих плоской составляющей Галактики. Звезды сферической составляющей в основном более старые и содержат меньше металлов (Масевич, А.Г., 1969-1978; ©2001 Большая Российская энциклопедия, <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00017/96500.htm>).

В бесчисленное множество звезд внесен порядок – значительное число звезд разместилось на диаграмме на одной линии («главная последовательность»). Упорядочилось представление о развитии звезд: с увеличением возраста меняется спектр звезды. Звезда перемещается на диаграмме вдоль линии «главной последовательности» (Альтшуллер, Г.С., 1973; Бронштейн, В.А., 1974; Шкловский, И.С., 1975; Тейлер, Р.Дж., 1975 и т. д.).

Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла оказала огромное влияние на астрономическое мышление, как и таблица Д.И. Менделеева на мышление химиков. Диаграмма Герцшпрунга-Ресселла уточнялась, развивалась. Были найдены и построены новые двухмерные и трехмерные диаграммы и т.д. В 1938 году Ф. Цвикки (автор модели Вселенной – «мыльная пена» и идеи иерархической крупномасштабной структуры Вселенной, по аналогии с «мыльной пеной», где скопления галактик играют роль «пузырей»), анализируя белые пятна на диаграмме «масса-светимость», сделал открытие – теоретически доказал существование нейтронных звезд. Три года спустя, когда Ф. Цвикки привлекли к ракетным разработкам, он привнес метод построения многомерных диаграмм в технику, назвав его морфологическим методом (Альтшуллер, Г.С., 1973).

Судьба звезд, проходящих по диаграмме Герцшпрунга-Ресселла, различна и определяется ее массой. Одна из конечных стадий звезды – стадия белого карлика. Белые карлики – наименьшие из известных нам звезд, если судить по размерам. Их диаметры измеряются от 50 000 км (спутник Сириуса) до 1 400 км (звезда Вольф 457). Средние плотности этих звезд заключены в пределах $4 \cdot 10^4$ – $7 \cdot 10^8$ г/см³. Центральные плотности у белых карликов гораздо больше и могут достигать 10^{10} г/см³. Атомные ядра в них полностью лишены электронных оболочек и «упакованы» довольно плотно. Электроны расположены так близко друг от друга, что на состояние электронного газа заметно оказывается влияние тождественности электронов. Существует некоторая предельная критическая масса. Но если масса больше критической, давление электронного газа не может противостоять силам тяготения и звезда испытывает катастрофическое сжатие – коллапс.

Согласно расчетам С. Чандрасекара критическая масса равна $1,44 M_{\odot}$ – массы Солнца. Учет нейтронизации, то есть «вдавливания» электронов в атомные ядра с превращением части содержащихся в них протонов в нейтроны снижает предел С. Чандрасекара до $1,2 M_{\odot}$. Итак,

звезды с массой от 0,2 до 1,2 $M_{\odot}$ после исчерпания всех ресурсов термоядерных реакций становится холодной (с температурой $\sim 10^9$ °С, при плотности $\sim 10^6$ г/см³) и сжимается, превращаясь в белый карлик. При сжатии температура в недрах звезды снова повышается, но термоядерные реакции возобновиться не могут: нет горючего. Звезда медленно остывает, расходуя энергию теплового движения атомных ядер и электронов. Недра звезды состоят преимущественно из гелия и тяжелых элементов. Срок жизни белого карлика примерно равен 10^7 - 10^{10} лет (Бронштейн, В.А., 1974, с. 89).

Самые маленькие звёзды с массами от 0,2 до 0,08 $M_{\odot}$ – это красные карлики. Массы этих звезд слишком малы, чтобы после исчерпания источников энергии они могли испытывать катастрофическое сжатие – коллапс. Белыми карликами, звезды с массой 0,2-0,08 $M_{\odot}$ стать не могут. Остается тривиальный путь – последняя стадия гравитационного сжатия до тех пор, пока в их недрах не наступит состояние вырождения, после чего температура будет падать, несмотря на рост плотности. Звезда будет оставаться красным карликом, все более охлаждаясь, теряя энергию, пока не превратится, по выражению Ш. Кумара, в «черный карлик», то есть станет невидимой (Бронштейн, В.А., 1974, с. 89).

Что же будет со звездой, израсходовавшей запасы своего термоядерного топлива, если ее масса превосходит предел С. Чандрасекара, то есть больше 1,2 $M_{\odot}$?

При плотности 10^{11} г/см³ начинают сказываться ядерные силы притяжения. Звезды с массой 1,2-2,0 $M_{\odot}$ после исчерпания своих ядерных источников энергии должны сжаться до размеров 10 км и превратиться в нейтронные звезды с плотностью $4 \cdot 10^{15}$ г/см³.

В центральных частях нейтронной звезды образуется ядро, состоящее из гиперонов, тяжелых элементарных частиц с массами от 2182 до 2583 масс электрона (протон и нейтрон тяжелее электрона в 1836 и 1839 раз соответственно). Эти сверхтяжелые частицы нестабильны и в обычных условиях быстро распадаются на стабильные частицы: протоны (или нейтроны и пи-мезоны). Время жизни гиперонов $\sim 10^{-10}$ сек.

Если звезда имеет массу больше 2,0 $M_{\odot}$, то достигнув размеров нейтронной звезды, массивная звезда продолжает сжиматься, пока не сожмется до своего гравитационного радиуса.

Еще в 1916 году Карл Шварцшильд доказал, что для любой звезды или вообще сферического небесного тела, существует сфера, обладающая тем свойством, что, если массу звезды сжать до размеров этой сферы, электромагнитные колебания не смогут покинуть ее, будут как бы замкнуты под действием сил гравитации внутри ее. Эта сфера получила название сферы Шварцшильда, а ее радиус – гравитационного радиуса.

Он равен:

$r_g = 2fM/c^2$, где $f = 6,67 \cdot 10^{-8}$ см³/г·сек² – постоянная тяготения, $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек – скорость света, M – масса звезды. Так, например, для Солнца ($M_{\odot} = 2 \cdot 10^{33}$ грамма), $r_g = 3$ км, а для Земли ($M = 6 \cdot 10^{27}$ грамма) $r_g = 1$ см.

Как только звезда сожмется до своего гравитационного радиуса, ее связь с внешним миром прекратится: электромагнитные волны не смогут преодолеть гравитационный барьер, они будут настолько сильно искривляться в поле тяготения звезды, что будут описывать запутанные кривые, лежащие целиком внутри сферы К. Шварцшильда. Единственным признаком существования таких звезд будет их притяжение (Бронштейн, В.А., 1974; Шкловский, И.С., 1975; Тейлер, Р.Дж., 1975). В 1968 году были открыты пульсары, это быстровращающиеся нейтронные звезды, которые являются источником короткопериодических радиосигналов. После выгорания термоядерного топлива звезда теоретически начнет остывать и сжиматься под действием сил гравитации. А может перейти в стремительный гравитационный коллапс. В зависимости от начальной массы образуется или белый карлик, или нейтронная звезда, или черная дыра....

Я.Б. Зельдович, И.Д. Новиков назвали эти звезды застывшими звездами. За рубежом им дали название black holes – «черные дыры». «Черная дыра» – это конец жизненного пути любой достаточно массивной звезды. Перейдя в состояние «черной дыры», звезда не перестает сжиматься. До какой плотности она может при этом дойти?

Таким образом, судьбы звезд, а значит и судьбы химических элементов, в значительной степени определяются изначальной массой звезды (космического объекта):

- 1) Звезды с массой меньше $0,2 M_{\odot}$ спокойно остывают, мирно доживая свой век;
- 2) Звезды с массами от $0,2$ до $1,2 M_{\odot}$, исчерпав запасы ядерного топлива, резко сжимаются, превращаясь в белые карлики, и в этом состоянии существуют сотни миллионов лет;
- 3) Более массивные звезды, от $1,2$ до $2 M_{\odot}$, испытывают еще более резкое сжатие, достигая стадии нейтронной звезды;
- 4) Самые массивные звезды с массой более $2,0 M_{\odot}$ проваливаются в результате коллапса под сферу Шварцшильда и переходят в стадию «черной дыры».

В 1912 году В. Гесс, В. Кольхерстер открыли космические лучи. А. Эддингтон в 1916-1918 годах создает теорию внутреннего строения звезд, а в 1924-1926 годах разрабатывает первую аналитическую теорию внутреннего строения звезд. В 1926 году А. Эддингтон выдвинул предположение о том, что звезды светят из-за того, что в их недрах происходит выделение энергии при ядерных реакциях (http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html). В начале 30-х годов появились данные о существовании во Вселенной скрытой массы (Цвикки, Ф.). В 1937 году Г. Бете, К. Вейцеккер создали теорию термоядерных реакций синтеза как источника внутризвездной энергии. В 1938-1939 годах открыты два типа ядерных реакций синтеза: протон-протонного цикла (Критчфилд, К., Вейцеккер, К.) и углеродно-азотного (Бете, Г.).

В 1928 году Дж.А. Гамов, применив квантовую механику, первым в мире создает теорию альфа-распада, одного из типов радиоактивности. Своей теорией α -распада он дал первое успешное объяснение поведения радиоактивных элементов, показав, что даже частицы с не очень большой энергией могут с определенной вероятностью проникать через потенциальный барьер («туннельный эффект»). В 1936 году Дж.А. Гамов, вместе с Э. Теллером обобщает теорию β -распада, вводит в физику понятие «взаимодействие Гамова-Теллера». В 1937 году Дж.А. Гамов создает теорию звездной эволюции на основе ядерных источников энергии.

В 1939 году появилась нейтринная теория взрыва сверхновых Дж.А. Гамова. Работы Дж.А. Гамова посвящены квантовой механике, атомной и ядерной физике, астрофизике, космологии, биологии. Заинтересовавшись связью между ядерными процессами и космологией Дж.А. Гамов в 1938-1940 годах построил первую последовательную теорию эволюции звезд с термоядерным источником энергии. В 1942 году Дж.А. Гамов совместно с Э. Теллером предложил теорию строения красных гигантов (<http://www.rudata.ru/wiki/Г.Гамов>). В 1946-48 годах Дж.А. Гамов разрабатывает теорию образования химических элементов путем последовательного нейтронного захвата (<http://www.vselennaja.ru/nauka/lich6.html>).

В 1946 году Дж.А. Гамов предложил теорию горячей Вселенной, а в 1948 году Дж.А. Гамов, Р. Альфер, Р. Герман предсказали и рассчитали остаточное, реликтовое (от первичного взрыва) излучение во Вселенной с $T = 5K$. Идея Дж.А. Гамова состояла в том, что в горячем и плотном веществе ранней Вселенной происходили ядерные реакции, и в этом ядерном котле за несколько минут были синтезированы все химические элементы, из которых и состоит теперь все на свете.

Расчеты ядерных превращений в условиях расширяющейся космической среды требовали немалых усилий, и Дж. Гамов привлек к ним своих аспирантов Ральфа Альфера и Роберта Хермана. Первая публикация, подготовленная Гамовым и Альфером, появилась в печати в 1948 году под тремя именами: Альфер, Бете, Гамов. Это, пожалуй, самая знаменитая шутка в истории физики. В уже готовый текст Гамов вписал имя Бете с пометкой «in absentia» (которая при дальнейшей обработке в редакции почему-то пропала). Так возникла работа, ставшая сразу же знаменитой под названием $\alpha\beta\gamma$ -теория.

Самым эффектным результатом этой теории стало предсказание космического фона излучения. Электромагнитное излучение должно было, по законам термодинамики, существовать вместе с горячим веществом в «горячую» эпоху ранней Вселенной. Оно не исчезает при общем расширении мира и сохраняется – только сильно охлажденном состоянии – и до сих пор. Дж.А. Гамов и его сотрудники смогли ориентировочно оценить, какова должна быть сегодняшняя температура этого остаточного излучения. У них получалось, что это очень

низкая температура, близкая к абсолютному нулю
(http://astronomer.narod.ru/Library/History/h_table.htm http://naturalhistory.narod.ru/Page_5.htm
<http://www.rudata.ru/wiki/Г.Гамов> <http://physics.kgsu.ru/astronomia/NV/Gamov.htm>
<http://www.vselennaja.ru/nauka/lich6.html> http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html
<http://www.nature.ru/> <http://www.gpntb.ru/win/mentsin2.cfm?KEY=109>).

«Когда Гамов впервые предложил теорию горячей Вселенной, включающую и $\alpha\beta\gamma$ -теорию образования элементов..., он сделал вывод, что на ранних стадиях своего развития Вселенная была заполнена излучением» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 147). Позже, в 1950 году, в одной из статей (Physics Today, 1950, № 8, Р. 76) Дж.А. Гамов объявил, что, скорее всего температура космического излучения составляет примерно 3 Кельвина (http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html).

В пятидесятых годах XX века Фред Хойл начинает заниматься проблемами образования и строения галактик. В них Фред Хойл исходит из представления об образовании скоплений галактик, галактик, звездных скоплений и отдельных звезд как о последовательных стадиях гравитационной неустойчивости. Фред Хойл является сторонником теории внегалактического происхождения космических лучей и локальной теории квазаров, а начиная с 1944 года, работает над проблемами космогонии Солнечной системы. Фред Хойл рассмотрел несколько возможных путей происхождения планет, в 1960 выдвинул гипотезу об образовании Солнца и планет в едином процессе, из холодного межзвездного вещества (<http://slovari.yandex.ru/dict/astronomy/article/ast/ast-0497.htm>).

В 1948 году вместе Германом Бонди и Томасом Голдом Фред Хойл разработал теорию стационарной Вселенной, которая постулирует независимость процессов появления материи и расширения Вселенной. В этой теории Ф. Хойл сделал попытку разрешить проблему образования химических элементов. Хотя эта теория опровергается современными данными наблюдений, в течение десятилетия она имела много сторонников и стимулировала развитие наблюдательных работ по космологии и исследований по нуклеосинтезу и конкурировала с теорией горячей Вселенной Дж.А. Гамова. В 1946 Фред Хойл сформулировал проблему образования тяжелых элементов из водорода, указал на процессы, ведущие к образованию элементов тяжелее углерода. Совместно с У. Фаулером и Дж. и Э.М. Бербиджами Фред Хойл рассмотрел нуклеогенезис на ранних этапах развития Солнечной системы, при вспышках сверхновых, в массивных объектах. Считается, что именно Фред Хойл впервые употребил термин «Большой Взрыв» (Big Bang – большой хлопок), обозначив им модель (теория горячей Вселенной Гамова, Дж.А.), альтернативную его собственной. Он также являлся убежденным сторонником теории «панспермии» (распространения жизни во Вселенной через органические «споры», переносимые через межзвездное пространство) (http://ru.wikipedia.org/wiki/Хойл_Ф).

Несмотря на все достоинства теория Большого Взрыва – $\alpha\beta\gamma$ -теория не могла объяснить наблюдаемое соотношение различных химических элементов во Вселенной, а также образование ядер с малым числом нейтронов.... Вот почему эта теория была оставлена и уступила место теории образования химических элементов в недрах звезд, разработанной в 1954-1957 годах в основном трудами того же Ф. Хойла, а также У. Фаулера, А. Камерона, и супругами Дж. и Э.М. Бербиджей (Бронштейн, В.А., 1974, с. 365). Интерес к теории Большого Взрыва угас.

В 1964 году А.Г. Дорошкевич, И.Д. Новиков теоретически обосновывают возможность обнаружения имевшейся аппаратурой «остаточного излучения», предсказанного Дж.А. Гамовым.

Прошло около 15 лет после предсказанного Дж. Гамовым «остаточного излучения», и американские радиоастрономы Анро Пензиас и Роберт Вилсон открыли космический фон излучения и измерили его температуру: она оказалась равной 3 Кельвина, как и предполагал Дж.А. Гамов.

А. Пензиас и Р. Вилсон получили за открытие реликтового излучения Нобелевскую премию, а Дж.А. Гамов нет. С открытием реликтового излучения вновь появился интерес к теории Большого Взрыва, а в космологии начался настоящий расцвет, который (с некоторыми

перебоями) продолжается уже почти четыре десятилетия. Интенсивная работа, в которой участвовали фактически чуть ли не все ведущие физики и астрономы, а также и молодые, активно работающие теоретики и наблюдатели во всем мире, быстро привела к созданию на основе идей Дж.А. Гамова и новых наблюдательных данных весьма полной и надежной космологической теории, которая называется сейчас теорией горячей Вселенной; на Западе предпочитают другое название – теория Большого Взрыва (Бронштейн, В.А., 1974). Прежде всего, было выяснено, что в космическом котле могли быть созданы не все элементы таблицы Менделеева как мечтал Дж.А. Гамов, а только самые легкие из них, и больше всего – до 25 % по массе – гелия-4. Тяжелые же элементы синтезируются позднее при эволюции звезд и взрывах сверхновых.

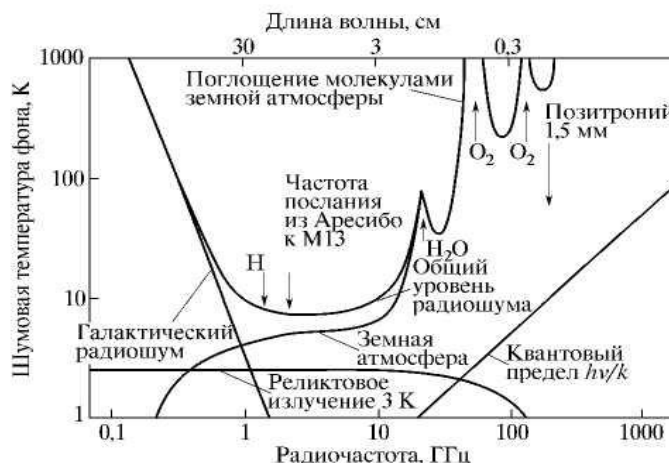


Рисунок 1.1.2 Шумы фона в радиодиапазоне. По горизонтальной оси отложена частота электромагнитных волн (нижняя шкала) или длина волны (верхняя шкала); по вертикальной оси – шумовая температура фона в Кельвинах, характеризующая интенсивность шума. Основные составляющие: галактический радиошум, излучение земной атмосферы и реликтовый фон. В коротковолновой области начинают сказываться шумы, связанные с квантовыми флуктуациями. Отмечена линия водорода H и линия позитрония в области около 1,5 мм (рисунок 7.2.1. из книги Гиндилис, Л.М., 2004)

Что же касается космического излучения, то у нас его называют реликтовым (по предложению Шкловского, И.С.), а на Западе – микроволновым. Оно стало сейчас, в начале 21-го века, предметом самого пристального изучения с помощью наземных радиотелескопов и аппаратуры, выносимой в космос. Реликтовое излучение – это удивительное и вместе с тем совершенно естественное космическое явление – несет в себе сведения о физическом состоянии Вселенной в далеком прошлом, миллиарды и миллиарды лет назад. Его температура измерена сейчас с фантастической для космологии точностью – 2,732 Кельвинов. Для изучения его пространственной (угловой) структуры (установившейся после полумиллиона лет от начала космологического расширения) используются сейчас приборы, которые имеют точность в десятитысячные доли процента (http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html).

Большой взрыв продолжался сравнительно недолго, всего лишь одну тридцатитысячную нынешнего возраста Вселенной. Несмотря на краткость срока, это, все же была самая славная эра Вселенной. Никогда после этого эволюция Вселенной не была столь стремительна, как в самом ее начале, во время Большого взрыва. Все события во Вселенной в тот период касались свободных элементарных частиц, их превращений, рождения, распада, аннигиляции. Не следует забывать, что в столь короткое время (всего лишь несколько секунд) из богатого разнообразия видов элементарных частиц исчезли почти все: одни путем аннигиляции (превращение в γ -кванты), иные путем распада на самые легкие барионы (протоны) и на самые легкие заряженные лептоны (электроны).

После Большого взрыва наступила продолжительная эра вещества, эпоха преобладания частиц. Ее называют звездной эрой. Она продолжается со времени завершения Большого взрыва (приблизительно 300000 лет) до наших дней. По сравнению с периодом Большого взрыва ее развитие представляется как будто слишком медленным. Это происходит по причине низкой плотности и температуры. Таким образом, эволюцию Вселенной можно сравнить с фейерверком, который окончился. Остались горящие искры, пепел и дым. С атомов водорода начинается звездная эра – эра частиц, точнее, эра протонов и электронов.

Вселенная вступает в звездную эру в форме водородного газа с огромным количеством световых и ультрафиолетовых фотонов. Водородный газ расширялся в различных частях Вселенной с разной скоростью. Неодинаковой была также и его плотность. Он образовывал огромные сгустки, во много миллионов световых лет. Масса таких космических водородных сгустков была в сотни тысяч, а то и в миллионы раз больше, чем масса нашей Галактики. Расширение газа внутри сгустков шло медленнее, чем расширение разреженного водорода между самими сгущениями. Позднее из отдельных участков с помощью собственного притяжения образовались сверхгалактики и скопления галактик. Итак, крупнейшие структурные единицы Вселенной – сверхгалактики – являются результатом неравномерного распределения водорода, которое происходило на ранних этапах истории Вселенной.

В космологии к более или менее проверенным фактам можно, вероятно, отнести знаменитое красное смещение в спектрах далеких галактик, звезд, зависимость между скоростью движения галактик и ее расстоянием от наблюдателя – постоянная (закон, параметр) Эдвина Хаббла (1929), (скорость разлета галактик равна ~ 50 км/с); изотропность распределения галактик; однородность распределения ближайших галактик; распределение далеких галактик и источников радиоизлучения; фоновое микроволновое излучение; фоновое рентгеновское излучение и т. д.

«Наблюдения распределения галактик, источников радиоизлучения, рентгеновского и микроволнового фоновых излучений показывают, что Вселенная в значительной степени однородна. Красное смещение в спектрах далеких галактик говорит о том, что Вселенная расширяется. Было предложено и исследовано несколько простых моделей Вселенной. Если подтвердятся три решающих наблюдательных факта, то теория Горячей Вселенной будет, по-видимому, хорошим первым приближением к описанию Вселенной. Это следующие факты:

а) источники радиоизлучения в прошлом либо были расположены теснее, либо излучали больше, чем теперь;

б) Вселенная заполнена изотропным микроволновым радиоизлучением, которое можно считать излучением абсолютно черного тела с температурой 3 К;

в) все объекты Вселенной содержат 25 % или больше гелия по массе.

Сейчас ни один из этих фактов нельзя считать твердо установленным». ... «Различные наблюдения и теоретические исследования, касающиеся образования галактик, свидетельствуют о том, что во Вселенной всегда могли быть существенные неоднородности. Это привело к разработке космологических теорий неоднородного большого взрыва» ... «нерегулярного образования вещества»... (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 152-153).

В настоящее время измерена анизотропия реликтового излучения с точностью единиц – десятков микрокельвинов. 14 мая 2009 года произведен запуск спутников Европейского космического агентства (ESA) «Гершель» и «Планк», предназначенных для изучения Вселенной в инфракрасном диапазоне волн и реликтового космического излучения. Обсерватория «Планк» – уже третья космическая миссия по изучению микроволнового фона (предыдущие миссии – COBE и WMAP). Она будет измерять крошечные колебания в реликтовом излучении с беспрецедентной точностью, создавая, таким образом, самую точную картину молодой Вселенной в возрасте 380000 лет. Точность измерений температуры WMAP составляет нескольких микрокельвинов. Обсерватория «Планк» будет проводить измерения с существенно большей точностью, до 5-миллионной доли градуса, то есть лучше в 15 раз. Имея такую точность, можно будет вычислить такие параметры как кривизна пространства-времени,

вклад темной энергии и нормального вещества в распределение массы и энергии (<http://www.astronet.ru/db/msg/1234807>).

Теорию Большого Взрыва подтверждают:

первое – расширение Вселенной;

второе – реликтовое излучение;

третье – космическое обилие гелия;

четвертое – соотношение количества квантов и количества барионов.

Комбинируя эти факты, вводя ряд условий, допущений ученые получают более или менее стройные схемы развития материи от Большого Взрыва до наших дней (Зельдович, Я.Б., Окунь, Л.Б., Дорошкевич, А.Г., и другие; Бронштейн, В.А., 1975). Р.А. Сюняев получил в 2008 году международную премию за исследования нейтронных звезд, черных дыр, химического состава Солнца. Существуют различные схемы образования космических объектов. В эти схемы хорошо вписывается представление об образовании звезд из первичной газовой-пылевой туманности, возникшее со времен Канта и Лапласа.

Эволюция нашей Галактики согласно этим представлениям идет так: газ → звезды → звезды + межзвездная пыль, то есть происходит постепенное усложнение структуры вещества и структуры нашей Галактики в целом, материя развивается от простого к сложному.

В 1947-1955 годах В.А. Амбарцумян выдвинул следующую схему образования звезд: протозвезды – звезды + газ, причем эти процессы идут во Вселенной и сейчас.

Вселенная – это «мир, безграничный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития» (Амбарцумян, В.А., 1971). Определение Вселенной очень неопределенно, противоречиво. Количество звезд во вселенной примерно (больше) 10^{19} (Амбарцумян, В.А., 1971), то есть общее количество материи во Вселенной небезгранично и его можно выразить определенной количественной мерой. Быть может, не без влияния входивших тогда в сознание идей расширяющейся Вселенной и вытекающих отсюда следствий – о начале такого расширения из сверхплотного состояния (идеи Леметра, Эддингтона, развитые в конце 40-х годов Гамовым и др.), В.А. Амбарцумян выдвинул в 1947 г. оригинальную гипотезу, которая как бы повторяла в миниатюре картину эволюции всей наблюдаемой Вселенной: в любой части современной Вселенной могут сохраняться остатки сверхплотного первичного вещества, которые, распадаясь, дают начало звездам, точнее, группам их, что и наблюдается, как считал автор гипотезы, в виде расширяющихся недолговечных и, следовательно, молодых скоплений горячих звезд (О- и В-ассоциаций).

Предположив, что такие области звездообразования находятся в центральных частях галактик, Амбарцумян предсказал открытие особой активности ядер галактик – в виде разного рода быстропеременных процессов, сопутствующих дезинтеграции вещества (взрывы, интенсивное истечение и выбросы вещества, быстрые изменения светимости, т. е. переменность блеска).

В целом гипотеза Амбарцумяна не вошла пока в современную астрономическую картину мира как общепринятая или хотя бы равноправно сосуществующая с классической концепцией конденсации, – в первую очередь, видимо, уже по той причине, что эта гипотеза никогда не была детально развита ни ее автором, ни его учениками. Но ее удивительное соответствие открытиям последних десятилетий (активность ядер у так называемых «галактик Маркаряна», дополнивших аналогичный сейфертовский тип галактик, выделенный в 1940-1942 годах К. Сейфертом, чудовищная активность радиогалактик и квазаров), – позволяет утверждать, что в концепции дезинтеграции есть «зерно истины» (Амбарцумян, В.А., 1960-1988).

Далее, когда-то распределение материи во Вселенной было более компактным. В настоящее время наблюдается разрежение материи в связи с разлетом галактик (постоянная, параметр, закон Хаббла), то есть увеличивается бесконечный объем Вселенной. Вселенная расширяется.

Возможно и другое представление. Вселенная одна, достаточно однородна, бесконечна, расширяется не вся Вселенная, а какая-то ее часть. Ведь не может же бесконечность расширяться или иметь ограниченную форму? Возможно, Вселенная – это совокупность

различных типов материи, взаимодействующих (с барионной материей) и не взаимодействующих (в том числе и гравитационно) между собой и заполняющих один и тот же объем...

Таким образом, существует две противоположные точки зрения. Согласно первой – небесные тела возникли в результате конденсации разреженного газа, образовавшегося после Большого Взрыва и расширения вещества и вторая точка зрения, «бюроканская», – космические тела возникли и ныне возникают в результате взрывов сверх плотного вещества. Большой Взрыв не уникальное явление во Вселенной. Ответа на вопрос – как образовалось первичное вещество? – современная наука не дает.

В основе любой идеи лежат какие-то допущения или постулаты – аксиомы. Определенным образом составленная аксиоматическая формализованная система (взглядов), может являться как гипотезой (научным, но не доказанным предположением), так и теорией, субъективно сопоставленных и связанных фактов, нуждающихся в проверке. Все гипотезы, теории содержат, как отмечалось выше, «дополнительные условия». Допущения помогают нам познать какую-то часть окружающего нас мира, а затем, по мере накопления фактов, обнаруживаются противоречия, которые заставляют нас пересмотреть наши представления о нем. Большинство раскрученных и разрекламированных космологических теорий (скорее тщеславных гипотез) первой половины XX века не выдерживают современного анализа, с использованием современных фактов. Очень жаль, что современные космологи последовательно пытаются их реанимировать. Давление раскрученных научных авторитетов, авторитетов по гипотезам, теориям, часто мистическим, метафизическим и не обоснованным, просто сворованным, привлекают внимание многомиллионной аудитории, захватывают внимание научной общественности и переключиваются из одной монографии в другую (Par Renard de la Taille, 1995; http://eqworld.ipmnet.ru/ru/education/scientists/poincare_einstein.htm; Тяпкин, А.А., 2004; Хокинг, С., 2008). Эти лжетеории тормозят развитие науки, так как не основаны на научных фактах, не содержат новых свойств материи, новых, неизвестных ранее явлений, закономерностей, законов. «Малограмотные, продажные» СМИ смещают акценты с истинных научных открытий, на наукообразные головоломки. Ажиотажный, подогреваемый определенными структурами, интерес к сказочноподобным гипотезам, теориям, балансирующим на грани реального и нереального, маниакального психоза и собственной исключительности блокирует прогресс и уводит денежные потоки, предназначенные для научно-технического прогресса, в грязные руки. Ажиотаж – это всегда элемент бизнеса. Элементы «шоу» присутствуют не только в искусстве и спорте, но и в науке. Ангажированный этнический фетишизм шизофрено-фантастических космологических моделей Вселенной, основанных на геометрических (пространственно-временных) представлениях древних цивилизаций, уводит ученых от реальных фактов, тормозит развитие науки. Не способствуют развитию естественных наук этнический контроль (по Тяпкину, А.А., 2004, «департамент успеха») над научными публикациями, общественными и государственными научными организациями (учеными и диссертационными советами, академиями...), научным производством (НИИ, научным производством академий...)... (Par Renard de la Taille, 1995; Тяпкин, А.А., 2004).

Поражают многочисленные часто диаметрально противоположные данные об авторстве, интеллектуальной принадлежности тех или иных идей, гипотез, теорий, открытий. Часто уже заранее, преднамеренно искаженный «факт» кочует из статьи в статью, из монографии, в монографию. Например, роль Дж.А. Гамова – автора теории горячей Вселенной /Big Bang/ (Георгий Антонович Гамов автор трех работ «нобелевского» ранга: туннельный эффект, реликтовое излучение, трехпетный код живого, избран член-корреспондентом АН СССР в 1932 году по рекомендации Вернадского, В.И., Хлопина, В.Г., Мысловского, Л.В.) игнорируется, искусственно не замечается. Горячая теория образования Вселенной Дж.А. Гамова называлась фантастической, самого Дж.А. Гамова в 60-х годах, в статье, опубликованной в журнале «Успехи физических наук» Я.Б. Зельдович, автор холодной модели

Вселенной, господствовавшей тогда в СССР, назвал «человеком жалкой судьбы» (<http://www.peoples.ru/science/physics/gamow/history.html>).

Дж.А. Гамов не просто создавал теории, генерировал идеи, гипотезы, собирал и анализировал зависимости, открывал закономерности... Если игнорирование заслуг в науке Дж.А. Гамова в России объяснимо (он сбежал из России, кроме этого, в стране почти 100 лет полным ходом идет геноцид автохтонов, а «правящая богом избранная нация» считает русских, и других коренных народов, людьми второго сорта), то на Западе не заметить его открытия было просто невозможно. Может быть причина в том, что он русский? А ведь Дж.А. Гамов сделал три парадигмальных открытия (http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html). Несомненно, открытия Дж.А. Гамова были известны широкой научной общественности и в США, и в Европе, и в Швеции членам Нобелевского комитета. Теория Дж.А. Гамова позволила распределить по времени и по температуре стадии образования Вселенной: сейчас общепринятыми стали выражения (и, конечно, теории): «стадия образования кварков», «стадия нуклеосинтеза», «отделение излучений», «формирование групп галактик» и т.д. (<http://www.peoples.ru/science/physics/gamow/history.html>).

«Хотя мы все время говорим о теории «большого взрыва», это не четко очерченная теория. Она имеет варианты. Все они предполагают, что Вселенная возникла в какой-то определенный момент времени в прошлом или, по крайней мере, приобрела в этот момент свою современную форму. Непосредственно вслед за моментом возникновения Вселенная была очень плотной. В наиболее популярном варианте теории Вселенная была также очень горячей (теория горячей Вселенной)»... (Тейлер, Р.Дж., 1975, с.145). Как видите, речь идет о теории горячей Вселенной Дж.А. Гамова. Трудно заподозрить английского астрофизика Р. Тейлера в особом отношении к русским.

Теория Дж.А. Гамова, как и любая, существующая в настоящее время космологическая модель или теория имеет недостатки. Согласно теории, после Большого взрыва, давшего начало нашей Вселенной, она за немыслимо короткий промежуток времени – 10^{-12} секунды превратилась из микроскопического объекта в нечто колоссальное, многократно превышающее наблюдаемую часть космоса, со скоростью $m \cdot 10^n$ превышающей скорость света, где m и n целые числа. В конце 1970-х годов оставались нерешенными несколько фундаментальных проблем, связанных с ранней Вселенной после произошедшего Большого взрыва. Проблема антивещества. Согласно законам физики, вещество и антивещество имеют равное право на существование во Вселенной. Наблюдаемая часть Вселенной практически полностью состоит из вещества. Почему? Проблема горизонта – проблема крупномасштабной однородности и изотропности Вселенной. По фоновому космическому излучению (образовавшегося после Большого взрыва) температура во Вселенной везде примерно одинакова. Почему? А проблема расхождения пространства? Почему Вселенная обладает именно такой массой и энергией и почему из всех возможных масс Вселенная имеет именно такую массу? Все это послужило причинами появления различных вариантов теории Большого Взрыва Дж.А. Гамова.

Первую инфляционную теорию предложил в 1979 году член-корреспондент РАН А.А. Старобинский. С помощью этой теории нельзя было объяснить, почему Вселенная большая, плоская, однородная, изотропная. Тем не менее, она имела многие черты инфляционной космологии. В 1980 году сотрудник Массачусетского технологического института Алан Гус (Alan Guth) в статье «Раздувающаяся Вселенная: возможное решение проблемы горизонта и плоскостности» изложил сценарий раздувающейся Вселенной. Основным отличием его от традиционной теории Большого взрыва стало описание рождения мироздания в период с 10^{-35} до 10^{-32} с.

В 1981 году американский физик Алан Гус осознал, что выделение сильных взаимодействий из единого поля, примерно за 10^{-35} секунды – это фазовый переход вещества из одного «агрегатного» состояния в другое в масштабах Вселенной. Алан Гус показал, при разделении сильных и слабых взаимодействий во Вселенной произошло скачкообразное расширение. Это расширение, которое называется инфляционным, во много раз быстрее скорости света, и тем более хаббловского расширения. Примерно за 10^{-32} секунды Вселенная расширилась на 50

порядков – была меньше протона, а стала размером с грейпфрут. Стремительное расширение Вселенной снимает две из трех проблем, непосредственно объясняя их. Проблемы пространства и массы, энергии (<http://elementy.ru/trefil/21082>).

Инфляционная гипотеза не снимает проблемы антивещества. Считается, при бурном образовании элементарных частиц в ранней вселенной примерно на 100000001 обычных частиц приходилось 100000000 античастиц. В следующую долю секунды частицы и античастицы объединялись в пары, аннигилировали друг друга с гигантским выбросом энергии – масса превращалась в излучение (Бронштейн, В.А., 1974, с. 374; <http://elementy.ru/trefil/21082>). Модель А. Гуса не могла объяснить всех тонкостей эволюции Вселенной и стимулировала разработку новых сценариев раздувающейся Вселенной (Линде, А.Д., Лекция, 2007, <http://elementy.ru/events/426960>).

В середине 1981 года А.Д. Линде предложил новый вариант сценария раздувающейся Вселенной. В основе этого варианта инфляционной теории была разработана и внедрена теория хаотической инфляции. Для этого им было введено понятие скалярного поля. А.Д. Линде считает, что помимо существующих направленных полей: электромагнитное, электрическое, магнитное, гравитационное существует и еще одно – скалярное, которое никуда не направлено, а представляет собой просто функцию координат. По мнению А.Д. Линде первоначально Вселенная расширялась, будучи в нестабильном вакуумоподобном состоянии, и стала горячей, только когда вакуум распался. А далее за формирование галактик несут ответственность квантовые колебания, которые могут создавать новые быстро расширяющиеся части Вселенной.

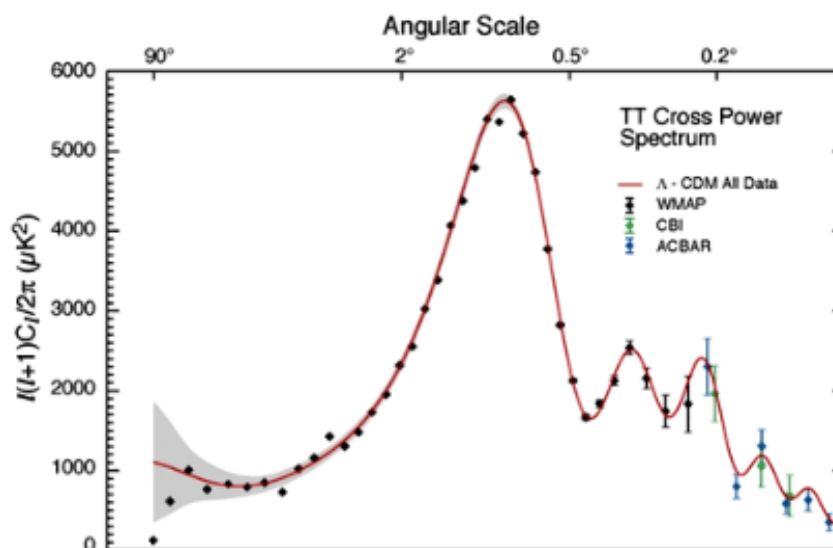


Рисунок 1.1.3 Анизотропия микроволнового излучения и WMAP; точки – экспериментальные данные, линии – предсказания инфляционной теории (Линде А.Д., 2007)

Этот процесс превращает Вселенную в вечно существующую самовоспроизводящуюся мультивселенную – огромный растущий фрактал, состоящий из многих экспоненциально больших частей с различными законами низкоэнергетической физики, действующими в каждой из этих частей.

Это «многоликая Вселенная», где во Вселенных разного типа будут функционировать разные типы физики (и химии), вследствие разного типа и набора элементарных частиц, полей.... Теория самовосстанавливающейся Вселенной во время инфляции разбивается на бесконечно много частей с невероятно большим количеством разных свойств. Эту модель космологи называют инфляционной мультивселенной (multiverse), специалисты по теории струн называют это струнным ландшафтом. По мнению автора этой теории А.Д. Линде – это

инфляционная космология, имеет черты новой научной парадигмы (Линде, А.Д., 2007; <http://elementy.ru/events/426960>).

Не все согласны с инфляционными моделями Вселенной. Джон Барроу, Андреас Альбрехт (Вартбург, М., 2000) и другие заявляли, что для объяснения эволюции Вселенной вовсе не нужна инфляция, достаточно допустить, что скорость света в ранние времена была неимоверно больше нынешней, и это сразу снимает все парадоксы Стандартной теории Большого взрыва. Тепловое равновесие сумеет быстро установиться даже между самыми отдаленными участками Вселенной.

«Предмет космологии – это вся Вселенная в целом, в отличие от астрономии, которая изучает отдельные ее составляющие. Цель космологической теории – изучить эволюцию крупномасштабной структуры Вселенной и вычислить значения таких величин, как средняя плотность и температура вещества. Хорошая космологическая теория должна также объяснять, как образовались более мелкие объекты, например галактика» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 133-134).

Большинство естествоиспытателей в начале XX века, не имея на то научных фактов, предлагали различные варианты (гипотезы) происхождения и устройства Вселенной. Честолюбие (и тщеславие) человека безгранично, как и сама Вселенная. Ведь если отгадаешь, войдешь в историю! Это как выигрыш в лотерею, отгадаешь номер выигрышного билета – получишь приз. Это что-то типа гадания на кофейной гуще. К сожалению, в истории науки, в том числе и первой половины XX века превалировала эта тенденция. Пространство (Вселенной) то ли постоянно, стационарно, то ли пульсирует, то ли расширяется и т. п. (Бронштейн, В.А., 1974, с. 276). «То ли дождик, то ли снег, то ли будет, то ли нет...». В конце концов, что-то и отгадаешь. И автор раздувающейся гипотезы (сейчас теории) согласно анализу доступной литературы не Э. Хаббл – Ж. Леметр (в разработке этой теории в той или иной степени принимали участие Слайфер, В., Лундмарк, К., Эддингтон, А., Мили, Э., Толман, Р. ...) (Бронштейн, В.А., 1974, с. 275-277), а автор теории горячей Вселенной /теории Большого взрыва/ уже не Дж.А. Гамов, а человек – «советский математик» к этому никакого отношения не имеющий, только предлагавший различные варианты решения общих уравнений релятивистской космологии без какой-либо оценки и выделения одного из решений как основного, главного (Бронштейн, В.А., 1974, с. 275-277; Карлышев, В.М., Крылов, В.М., 2005, с. 14; Хокинг, С., 2008; http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв). Это уже не захват чужой земли, чужих территорий, это воровство интеллектуальной собственности. Это не наука. Это иконопись этнических кланов, которая только тормозила и тормозит развитие науки (Pac Renard de la Taille, 1995). Так «департамент успеха» использует демагогический метод «изошренного анализа», целью которого является смещение у общественности сознания и завладение авторством того или иного научного открытия, теории или дискредитация (уничтожение) ученого – конкурента, его открытия, теории (Тяпкин, А.А., 2004). Это своеобразный вид научного рейдерства.

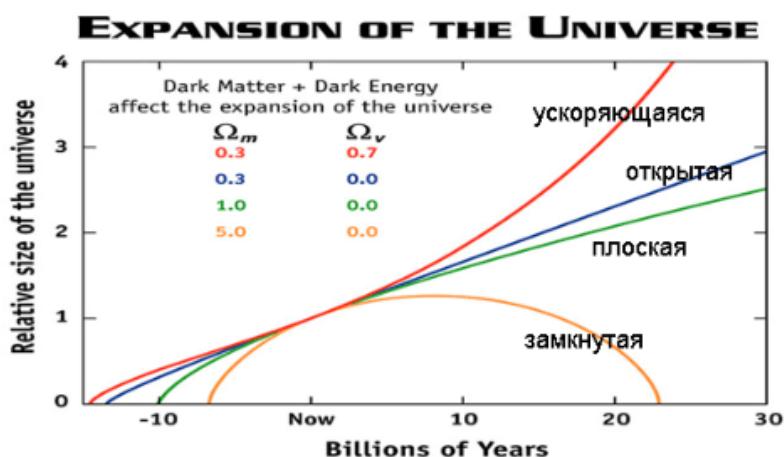
История науки беспощадна. Иногда авторство великих открытий приписывается личностям, не имеющим к этим открытиям никакого отношения. Часто авторами открытий становятся ученые, позже получившие эти же результаты. К авторству великого закона природы – сохранения и превращения энергии, прямое в хронологическом порядке имеют отношение М.В. Ломоносов, Ю.Р. Майер, Дж. Джоуль, Л. Кольдинг, У. Гров, Г. Гельмгольц. Честь открытия приписывается теперь только Ю.Р. Майеру, Г. Гельмгольцу, Дж. Джоулю. Откуда берется энергия Солнца? Ю.Р. Майер, Г. Гельмгольц каждый по-своему пытались решить эту проблему (Бронштейн, В.А., 1974, с. 8-10).

С подобной практикой автор этой рукописи столкнулся при работе в НИИ биофизики МЗ СССР. Предложив и обосновав официально с записью формулы на доске препарат для использования его в ситуациях хронического поступления Sr^{90} на заседании лаборатории под запись в «журнале 1-го отдела», после синтеза этого препарата, не нашел себя в списке, поданным на Закрытую Ленинскую премию. А за научное открытие был просто уволен с работы и лишь через несколько десятков лет получил от МААНО диплом № 191 на это открытие.

В течение второго и третьего периода создано несколько поколений космологических теорий. Первое поколение – это теории Де-Ситтера, Хаббла-Леметра, Эдварда Казнера...; второе поколение – поиск опосредований, вторичных, третичных – космоархеология М.Ю. Хлопова, Эдуарда Милна, Поля А. М. Дирака, А. Эддингтона,...; третье поколение: концепции Йордана-Бранса-Дикке, Ф. Хойла, В.А. Амбарцумяна, Германа Бонди, Гуннара Нордстёма, ... и т.д. и т.п. В настоящее время появляются космологические теории четвертого поколения (третьего периода).

В начале 3^{го} тысячелетия, имеется несколько десятков (за всю историю цивилизации – многие сотни, м.б. тысячи?) космологических моделей Вселенной (замкнутая пульсирующая модель, замкнутая статическая модель, нестатическая модель, стационарная модель, модель расширяющейся Вселенной, модель неустойчивой Вселенной, модель юной самообновляющейся Вселенной, модель Вселенной Больцмановского типа, теория мыльная пена, теория Большого взрыва /теория горячей Вселенной/, Стандартная модель, Стандартная теория с расширением (Standart Model Extension), теория Большого разрыва, нейтринная Вселенная, модель Лямда-CDM, голографическая Вселенная и т.д.

Теория Большого Взрыва



Если вакуум имеет положительную плотность энергии, Вселенная может расширяться с **ускорением**, как показано на верхней кривой.

Рисунок 1.1.4 «Был ли Большой взрыв? Наверное, да. Может быть, да» (Линде, А.Д., 2007)

Начиная с 1984 года на основе принципа суперсимметрии, разрабатывается теория струн и суперструн..., зонная теория строения эволюции Вселенной, теория многомерных мембран, фрактальная Вселенная, теория лунного ландшафта /инфляционная мультивселенная/, Вселенная Кандинского и т. п., и т. д. (Гвоздев, Ю., 2007; Талбот, М., 2004; Моисеев, А., 2003; Цицин, Ф.А., 1996; <http://www.phylosophy.ru/iphras/libraru/zizin.html>; Климишин, И.А. 1984, http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв; http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_разрыв; <http://elementy.ru/trefil/21082>; http://ru.wikipedia.org/wiki/Инфляционная_модель_Вселенной; <http://www.dvastronom.ru/universe-neitrimodel.php>; <http://elementy.ru/trefil/21211>; http://revolution.allbest.ru/air/00012697_0.html; http://ru.wikipedia.org/wiki/Космическая_инфляция; http://elementy.ru/trefil/theories_of_everything; <http://www.dvastronom.ru/universe-postulates.php> и т. п.).

В природе, как уже отмечено выше, действуют четыре фундаментальные силы, и все физические явления происходят в результате взаимодействий между физическими объектами,

которые обусловлены одной или несколькими из этих сил. Четыре вида взаимодействий в порядке убывания их силы это:

1 сильное взаимодействие, удерживающее кварки в составе адронов и нуклоны в составе атомного ядра;

2 электромагнитное взаимодействие между электрическими зарядами и магнитами;

3 слабое взаимодействие, которым обусловлены некоторые типы реакций радиоактивного распада;

4 гравитационное взаимодействие.

В последние десятилетия появились попытки создать единую теорию: «универсальная теория», «теория всего сущего», «теория великого объединения», «окончательная теория»... Авторы этих идей пытаются объединить все четыре взаимодействия, рассматривая их в качестве некоей единой и великой силы. Теория струн (теория струн в объединении с концепцией суперсимметрии называется теорией суперструн) претендует на звание универсальной теории Великого объединения всех силовых взаимодействий. Универсальные теории, описывающие взаимодействие четырех сил называют теориями большого объединения (ТБО). Теория суперобъединения всеобщих теорий (ТСО) позволила бы объединить гравитацию с единым сильно-слабым взаимодействием, и строение Вселенной получило бы простейшее из всех возможных объяснений. Такой теории не существует и будет ли она создана, покажет будущее (<http://elementy.ru/trefil/21211>).

Несмотря на абсолютно точные количественные наблюдательные и экспериментальные данные последних десятилетий, космология как наука носит метафизический, полуфантастический, демагогический, описательный характер. Все вышеперечисленные космологические теории, не теории, а, скорее, гипотезы, идеи, где реальные факты алгоритмизируются под тем или иным углом, рассматриваются и связываются, часто необоснованно с той или иной точки зрения. Что-то принимается как аксиомы, затем все это записывается тем или иным математическим аппаратом. Все существующие гипотезы, теории происхождения и эволюции Вселенной имеют «дополнительные условия». Полученная таким образом та или иная относительно стройная, непротиворечивая математическая картина выдается за истину. «Математические законы – не что иное, как соглашения, позволяющие удобно резюмировать результаты возможных экспериментов» (Пригожин, И., Стенгерс, И., 2008, с. 93). Это демагогия с использованием реальных разнообразных фактов и математических построений «отдает тестостероном». Некоторые исследователи считают, что космология за последние 10-15 лет стала точной наукой. Не космология стала точнее, а наблюдаемые и экспериментальные данные в ядерной физике, космофизике, космохимии. Нет ни одной сколько-нибудь достоверной непротиворечивой теории происхождения и эволюции Вселенной. Перечисленные выше гипотезы, теории часто противоречат друг другу. Это слово- и цифро-, числоблудие.

Некоторые ученые признают рискованность переноса наших весьма ограниченных знаний на мироздание в целом.

В 1980 году К. Болдинг в своем обращении к Американской ассоциации развития науки сказал: «Космология... представляется нам наукой, не имеющей под собой прочного основания, хотя бы потому, что она изучает огромную Вселенную на примере небольшой ее части, исследования которой не могут дать объективной картины реальности. Мы наблюдали ее на протяжении очень короткого отрезка времени и имеем относительно полное представление лишь о ничтожно малой части ее объема». Однако не только выводы космологов не имеют под собой прочного основания – похоже, что сама попытка создать простую математическую модель Вселенной не вполне корректна, и сопряжена с трудностями принципиального характера. К. Болдинг подводит итог анализу многочисленных теорий, использующих пространственно-временные структуры следующими словами: «Теория относительности превращает серии событий в единые пространственно-временные структуры, но мы ощущаем их как последовательность определенных этапов во времени. Следовательно, любая модель происхождения Вселенной, построенная на основе теории относительности, не способна

объяснить наше восприятие времени, и потому все эти модели в их современном виде несовершенны и неприемлемы» (Болдинг, К., 1980, <http://www.ojasvi.kiev.ua/text/dif2/babah.htm>).

Анализ литературного материала по космологии, космологическим идеям, гипотезам, теориям образования и эволюции Вселенной указывает на смещение акцентов анализа от пространственно-временных к морфофункциональным, структурным показателям. Вселенная (или Вселенные, можно и так ставить проблему) – это сложная, многоуровневая, пространственно структурированная система информационных единиц материи, имеющая определенную, эволюционирующую конфигурацию и конформацию, в конце концов, и хиральность. Пространство и время является вторичным, изменяющимся элементом в сложной системе информационных единиц материи. Ни в одной из существующих ныне теорий Вселенных научно не учитывается, новые, неизвестные ранее темная материя и темная энергия. А ведь возможно открытие и новых типов энергии и материи....

Международная группа физиков, входящих в коллаборацию STAR, впервые получила в экспериментах на коллайдере RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider) в США странную антиматерию – ядра из античастиц, содержащих так называемые «странные кварки».

Результаты эксперимента были обнародованы в журнале Science (2010).

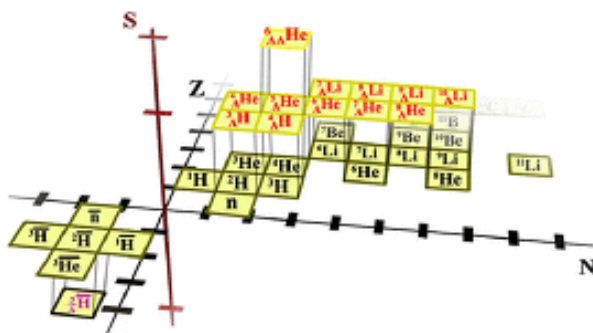


Рисунок 1.1.5. Трехмерная таблица Менделеева, где показаны ядра анти- и странной материи (Ядерная карта) Brookhaven National Laboratory

Ядра «обычных» атомов состоят из протонов и нейтронов, в то время как антиматерия построена из античастиц, например, антипротонов. Ранее физикам, в частности, российским ученым в экспериментах на ускорителе в Серпухове, удавалось получить ядра антиматерии, вплоть до получения ядер антитития.

В экспериментах на коллайдере RHIC, где проводились столкновения ионов золота, ученым удалось получить так называемые гиперядра – ядра гипертрионов и антигипертрионов. Эти ядра содержат помимо протонов и нейтронов необычный компонент – лямбда-гипероны. Эта частица состоит из верхнего и нижнего кварков (из них построены протоны и нейтроны), а также содержит странный кварк.

Антигиперядра, полученные в эксперименте, состоят из античастиц – антипротонов, антинейтронов и антилямбда-гиперонов.

«Это открытие может иметь беспрецедентные последствия для нашего представления о мире. Этот вид антиматерии открывает дверь в новые измерения на ядерной карте», – отмечает немецкий физик Хорст Штокер (Horst Stoecker), вице-президент Гельмгольцевской ассоциации научных лабораторий (<http://www.rian.ru/science/20100305/212351258.html>; © Brookhaven National Laboratory).

В начале XX века трудно было предложить гипотезу, сконструировать теорию, соответствующую наблюдениям, а в конце XX, начале XXI века трудно среди множества гипотез, теорий, основанных на соответствующих новейших наблюдениях, новейших открытиях последних десятилетий, выбрать наиболее подходящую, непротиворечивую.

«Современная астрономия переживает новую эпоху великих открытий.... Они приводят к радикальным изменениям в научной картине мира. Теория раздувающейся Вселенной, квантовая космология расширили границы мегамира; наша Метагалактика выступает сейчас лишь одной из множества вселенных.... Бурные мировоззренческие дискуссии вызывает антропный принцип, выявляющий неразрывную связь между глобальными свойствами Метагалактики и появлением в ней человека. Сохраняет значение и проблема внеземных цивилизаций. Моделирование возможных сценариев их развития позволяет по-новому, с космической точки зрения, оценить перспективы нашей собственной цивилизации, пути разрешения глобальных проблем современности» (Цицин, Ф.А., 1996; Павленко, А.Н., 1996; Дубровский, В.Н., 1996; Казютинский, В.В., 1996). С этим можно полностью согласиться.

Мозговой штурм (брейнсторминг) проблемы происхождения и эволюции Вселенной не устраняет беспорядочных поисков, наоборот, делает их даже более беспорядочными. Пробы (в виде гипотез, теорий происхождения Вселенной), генерируемые более трех-четырёх тысяч лет, вероятно, не просто беспорядочны, скорее всего, они направлены не в ту сторону. Единого представления о происхождении и эволюции Вселенной нет. Это и плохо и хорошо. Однако на фоне многочисленных открытий конца XX и начала XXI века следует ожидать, в ближайшем будущем, появление непротиворечивой гипотезы (теории) происхождения и эволюции Вселенной, доступной нашему наблюдению и проверке. Маловероятно, но может быть. Процесс познания не остановить, честолюбие и любопытство – безгранично....

1.2 Темная материя, темная энергия

По современным данным сегодня мы можем наблюдать менее 4-5 % вещества нашей Вселенной. Эти 4-5 % составляют только видимую материю, способную быть зафиксированными приборами. Большая часть (до 96 %) составляет невидимая материя, названная скрытой массой. В чем состоит суть проблемы скрытой массы?

Измерение масс галактик – задача в астрономии очень трудная. Ее впервые удалось решить для знаменитой Туманности Андромеды, гигантской спиральной галактики, ближайшей соседке Млечного Пути. «Взвесил» Андромеду в 1918 году Эрнст Карлович Эпик, 25-летний выпускник Московского университета, родом из Эстонии, работавший тогда в Москве (позднее он вернулся в Эстонию, в Тарту, где лучшим его учеником был Кузмин, а затем уехал сначала в Германию, а потом в Северную Ирландию). Э.К. Эпик воспользовался только что полученными на обсерватории Маунт Вилсон (Калифорния) спектрами Туманности Андромеды. Остается только удивляться, как быстро журнал с этими данными достиг Москвы в столь смутное время, и как быстро Э.К. Эпик сумел сделать свою пионерскую работу, да еще и представить ее на одном из семинаров в Москве – все это в течение одного 1918-го года. По наклону линий в спектре Андромеды он определил скорость вращения галактики, а затем предположил, что галактика как целое находится в равновесии под действием центробежных сил, порождаемых ее вращением, и сил тяготения, создаваемых массой самой галактики. При этом звезды движутся по круговым орбитам вокруг центра галактики – как планеты вокруг Солнца. Это позволило дать оценку массы галактики: оказалось, что она составляет приблизительно сто миллиардов масс Солнца.

Но это еще не вся масса галактики, а только масса той ее яркой центральной области, свет от которой улавливается телескопом и анализируется спектрометром. Так что, строго говоря, Э.К. Эпик нашел светящуюся звездную массу Андромеды в пределах радиуса порядка 10 килопарсек (кпк) от центра звездной системы. С этого началась история взвешивания галактик. Затем были работы Фрица Цвикки, заметившего в 1933 году невидимый избыток тяготеющей массы в скоплении галактик Кома, и модель Канна-Вольфе 1959 года, указывавшая на дополнительную массу в Местной группе галактик, включающей в себя Млечный Путь и Туманность Андромеды. А кульминация этой истории приходится на 1974 год, когда Я. Эйнасто и его сотрудники опубликовали в журнале *Nature* статью под названием «Динамическое указание на существование массивных корон галактик».

Авторы привлекли наблюдательные данные о малых галактиках-спутниках, обращающихся вокруг самых крупных галактик. Движением карликовых спутников управляет полная масса, заключенная внутри их орбит, а эти орбиты выходят далеко за пределы видимого звездного тела крупной галактики, их радиусы 5-10 раз больше радиуса звездной системы. Если считать, следуя Э.К. Эпику, что на круговой орбите спутника действующая на него сила притяжения к центру уравнивается центробежной силой, можно получить представление о полной массе галактики – как видимой, так и невидимой. Оказалось, что эта полная масса раз в 5-10 больше массы всех звезд типичной крупной галактики. Причем дополнительная невидимая масса галактики образует протяженное гало вокруг звездной системы, которое в 5-10 раз больше по размеру, чем сама звездная система.

Вскоре это открытие нашло прямое и убедительное подтверждение в работах американских астрономов Джима Пиблса, Джеремайи Острайкера, Амоса Яхила, Веры Рубин и других. К середине 1980-х годов представление о темных гало галактик стало общепринятым. Теперь мы знаем, что звездная система нашей Галактики Млечный Путь имеет радиус около 10 кпк, и она погружена в темное гало, которое простирается до расстояний 100-150 кпк от центра системы. Темная масса Галактики раз в 10 больше массы всех звезд Млечного Пути. Примерно так же устроена Туманность Андромеды и все другие крупные галактики. Темные короны галактик – универсальный феномен природы.

Невидимую массу, заполняющую гало галактик, называют теперь темной материей. Постепенно было осознано, что ее носителями не могут быть протоны, нейтроны и электроны,

то есть обычное вещество, из которого состоят Солнце и звезды, планеты и Земля и все, что на ней. Скорее всего, это массивные (в сотни раз тяжелее протона) неведомые ранее элементарные частицы, которые испытывают только гравитационное и электрослабое взаимодействие. Их поиски ведутся сейчас в ряде больших физических лабораторий. Есть надежда, что темные частицы обнаружат себя также на Большом адронном коллайдере, когда эта гигантская экспериментальная установка заработает на полную мощность. Яну Эльмаровичу Эйнасто и сотрудникам из Тартуской обсерватории принадлежит два крупнейших открытия в астрономической науке. Это открытие темной материи в галактиках (1974 год) и обнаружение ячеистой структуры Вселенной (1997 год). Открытие темной материи и ячеистой структуры Вселенной привело к парадигмальным изменениям в космологии.

Интересно, что темная энергия с ее антитяготением способна частично или даже полностью «компенсировать» тяготение темной материи и обычного вещества. Приведем только один пример, относящийся к нашему ближайшему галактическому окружению. На расстоянии примерно в 1,5 мегапарсека от центра Местной группы тяготение ее темной материи и обычного вещества точно компенсируется антитяготением, создаваемым однородным фоном темной энергии. В результате на сфере такого радиуса нет ни тяготения, ни антитяготения. Внутри сферы нулевого тяготения преобладает тяготение, а вне ее – антитяготение. Отсюда ясно, в частности, что динамический метод оценки масс в духе Эпика нуждается теперь в определенном уточнении с учетом эффекта темной энергии: без этого оценка массы темной материи в системах галактик была бы заметно заниженной.

Присутствие в мире темной энергии заставляет заново взглянуть на старые и новые проблемы космологии. Среди них особенно интересен вопрос о самых крупных образованиях во Вселенной. Давно известно, что существуют большие скопления галактик, объединяющие тысячи галактик, подобных Млечному Пути. Имеются также и сверхскопления, уплощенные образования, в которые входит обычно несколько скоплений. Их размеры достигают сотни мегапарсек. Нередко в сверхскоплениях (а также и вне их) наблюдаются цепочки галактик – филаменты, которые оказываются вытянутыми в плоскости сверхскопления. Наконец, сверхскопления разделяют огромные «пустые» объемы с размерами в те же примерно 100-150 мегапарсек, в которых практически нет галактик, – это так называемые войды.

Я. Эйнасто первым среди астрономов обратил внимание на войды как на базовый элемент крупномасштабного устройства Вселенной. Яков Борисович Зельдович заметил важную роль сверхскоплений и войдов в физическом процессе формирования космических структур самого большого масштаба. Я.Б. Зельдович, Я. Эйнасто и Сергей Федорович Шандарин (сотрудник Якова Борисовича) опубликовали в *Nature* в 1982 г. статью под названием «Гигантские войды во Вселенной», которая вызвала необычайно большое число откликов. Но это был только первый шаг к главной цели исследования, достижение которой потребовало еще пятнадцати лет упорного труда. В итоге тщательного анализа наблюдательного материала, многочисленных дискуссий (временами весьма острых) с коллегами в разных странах, где активно работали группы энергичных космологов (космология стала к тому времени уже почти что массовой профессией) в том же журнале в 1997 г. появилась статья Я. Эйнасто и еще девяти авторов, которая называлась «Периодичность масштаба 120 мегапарсек в трехмерном распределении сверхскоплений галактик».

Ключевое слово здесь – периодичность. Авторы утверждают, что имеется определенного рода регулярность и повторяемость в общем устройстве мира: сверхскопления, филаменты и войды складываются в некое подобие ячеистой структуры. Это какие-то гигантские трехмерные кружева, в которых узор более или менее четко повторяется с шагом примерно в 120 мегапарсек. Конечно, ни о какой строгой симметрии типа той, что известна в кристаллических решетках, речи здесь не идет. Однако характерный масштаб в 100-150 мегапарсек определенно просматривается. Ячеистая структура с ее квазипериодичностью – феномен самого крупного космического масштаба. На ячейках обрывается иерархия космических структур, и в масштабах 300-1000 мегапарсек распределение светящегося и темного вещества Вселенной оказывается в среднем однородным.

Признание нового часто тернисто и зависит от многих причин.

Яну Эйнасто, его сотрудникам и открытиям повезло. Не сразу.

Вот что пишет сам Я. Эйнасто об этом: «Однажды вечером мы с учеником Зельдовича Рашидом Сюняевым гуляли по проспекту Руставели и говорили о моделях галактик. Он описал теорию «блинов» Зельдовича относительно возникновения галактик: в то время эта теория только оформлялась. Я говорил опять-таки о парадоксе массы. И тут Сюняев сказал: «Ян, обрати внимание: твои модели никто не примет всерьез до тех пор, пока какой-нибудь американец не подтвердит твои результаты».

Предсказание Сюняева действительно сбылось. И мысль Сюняева относится не только к нашим моделям, а к научной работе в целом. Работы Эпика по определению расстояния до туманности Андромеды были признаны лишь после того, как Хаббл «открыл», что расстояние до туманности Андромеды велико. Наличие темной материи вокруг галактик заметили только после того, как принстонские астрономы и Вера Рубин подтвердили наши результаты. Американские авторитеты считают первооткрывателями цепочек галактик и пустот гарвардских астрономов Хухра и Геллера, которые в 1989 году опубликовали на страницах журнала Science резюме своих работ по исследованию структуры.

Причин тому может быть две.

Во-первых, действительно наблюдается тенденция признавать какой-либо новый результат лишь после того, как его подтверждают крупные авторитеты (эффект Сюняева).

Во-вторых, тартуские результаты работ по структуре появились в неудачное время».

Сравните даты публикаций статьи о ячеистой структуре вселенной: «Гигантские войды во Вселенной» (1982), авторы Я.Б. Зельдович, Я. Эйнасто, С.Ф. Шандарин и резюме по исследованию структуры Хухра, Геллер в журнале Science в 1989 году.

Тони Фэйролл в своей недавней монографии написал об этом: «Новость (о наличии ячеистой структуры) быстро распространилась, но за пределами Советского Союза она нашла лишь немногих сторонников. Казалось, что эта идея опровергает все, что до тех пор думали на Западе о формировании галактик. Она как будто поддерживает советскую теоретическую концепцию (особенно Зельдовича и его московских коллег), предполагающую возникновение «блинообразных» структур – а эта концепция противоречит американскому пониманию того, как возникли галактики. И это все происходило в эпоху, когда царило противостояние холодной войны» (Эйнасто, Я., 2009, <http://www.astronet.ru/db/msg/1233291/text.html>; Чернин, А.Д., 2009, <http://www.astronet.ru/db/msg/1233291/afterword.html>; Моисеев, А., 2003, <http://www.dvastronom.ru/universe-neitrimodel.php>).

В общем балансе массы/энергии Вселенной на темную материю приходится 20-25 %, а на обычное вещество – не более 5 %. Остальные 70-75 % – темная энергия, загадочная антигравитирующая среда, открытая астрономами-наблюдателями в 1998-99 годах. Физическая природа темной материи и темной энергии – центральная задача всей фундаментальной физики и астрономии нового века. На рисунке 1.2.1 представлено соотношение обычного вещества, вещества звезд, нейтрино, темной материи, темной энергии (Рубаков, В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25567>).

Более точные данные получены в ходе работы WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, 2003). Интерпретация данных по анизотропии реликтового излучения, полученных в ходе работы WMAP дала следующие результаты (рисунок 1.2.2): наблюдаемая плотность Ω близка к Ω_{crit} и распределение $\Omega = \Omega_{\Lambda} + \Omega_{vis} + \Omega_{dark}$ по компонентам: барионная материя Ω_{vis} – 4,4 %, темная холодная материя (WIMP) Ω_{dark} – 23 %, «темная энергия» Ω_{Λ} – 72,6 %.

Темная материя сродни обычному веществу. Она способна собираться в сгустки (размером с галактику или скопление галактик) и участвует в гравитационных взаимодействиях, как обычное вещество. Темная материя, скорее всего, состоит из новых, еще не открытых в земных условиях частиц. Темная материя имеется и в галактиках. В нашей Галактике в окрестности Солнца масса темной материи равна массе обычного вещества (Рубаков, В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25567>).

Что представляют из себя частицы темной материи? Во-первых. Эти частицы не должны распадаться на другие, более легкие частицы, иначе они бы распались за время существования Вселенной.

Во-вторых. В природе действует новый, не открытый пока закон сохранения, запрещающий этим частицам распадаться.

В-третьих. Наиболее правдоподобной (но далеко не единственной) представляется гипотеза о том, что частицы темной материи в 100-1000 раз тяжелее протона, и что их взаимодействие с обычным веществом по интенсивности сравнимо с взаимодействием нейтрино.

В-четвертых. Частицы темной материи интенсивно рождались и аннигилировали в очень ранней Вселенной при сверхвысоких температурах (порядка 10^{15} градусов), и часть их дожила до наших дней.

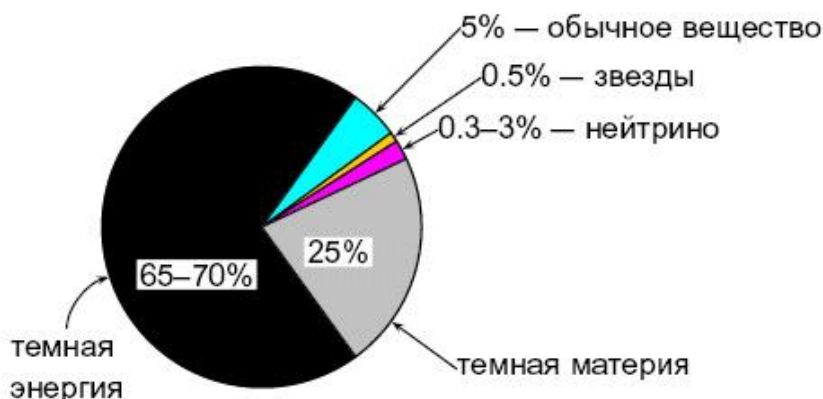


Рисунок 1.2.1 Темная материя и темная энергия во Вселенной (Рубаков, В.А., 2005)

Можно ли ожидать открытия частиц темной материи в недалеком будущем в земных условиях? Поскольку мы сегодня не знаем природу этих частиц, ответить на этот вопрос вполне однозначно нельзя. Тем не менее, два пути поиска. Первый путь экспериментальный, на ускорителях высокой энергии – коллайдерах. Вероятно, это будет сделано в международном центре ЦЕРН под Женевой на Большом адронном коллайдере (LHC). Второй путь состоит в регистрации частиц темной материи, которые летают вокруг нас. Третий путь связан с регистрацией продуктов аннигиляции частиц темной материи, с помощью нейтринных телескопов (AMADA – расположен глубоко во льду на Южном полюсе, NT-200, расположен в глубине озера Байкал и т. п.). Очевидно, использование современных комплексов исследования фундаментальных свойств материи, в том числе и пуск исследовательского реактора ПИК в Гатчине, под Петербургом, на базе Петербургского института ядерной физики в 2010 году, позволит приблизиться к разгадке устройства материи и глубже заглянуть в тайны Вселенной. Может быть, появится и новая физика, и новая парадигма. Пора!

Согласно популярным гипотезам, частицы темной материи – это лишь один из представителей нового семейства элементарных частиц, так что наряду с открытием частиц темной материи можно надеяться на обнаружение целого класса новых частиц и взаимодействий. Эти частицы расскажут нам о свойствах Вселенной через 10^{-9} с (одна миллиардная секунды) после Большого взрыва, когда температура Вселенной составляла 10^{15} градусов, и частицы темной материи интенсивно взаимодействовали с космической плазмой (Рубаков, В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25567>).

Темная энергия гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Темная энергия не собирается, в отличие от темной материи, в сгустки, а равномерно разлита во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик ее столько же, сколько и вне их. Темная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию.

Современными астрономическими методами можно не только измерить нынешний темп расширения Вселенной, но и определить, как он изменялся со временем. Так вот,

астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, всё наоборот.

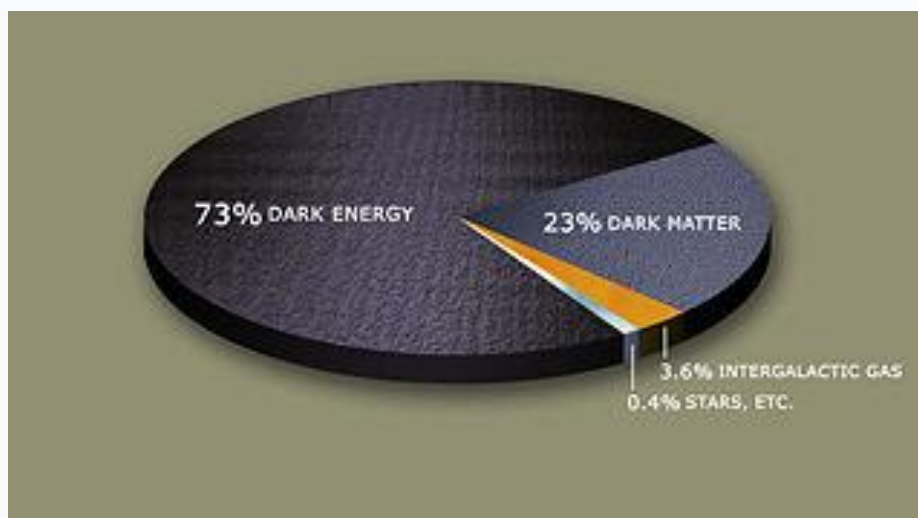


Рисунок 1.2.2 Состав Вселенной по данным WMAP

Темная энергия может обладать специальным свойством – отрицательным давлением. Это резко отличает её от обычных форм материи. Не будет преувеличением сказать, что природа темной энергии – это главная загадка фундаментальной физики XXI века.

Один из кандидатов на роль темной энергии – вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума. Другой кандидат – новое сверхслабое поле, пронизывающее всю Вселенную. Есть и другие кандидаты, но в любом случае темная энергия представляет собой что-то совершенно необычное.

Другой путь объяснения ускоренного расширения Вселенной состоит в том, чтобы предположить, что сами законы гравитации видоизменяются на космологических расстояниях и космологических временах. Такая гипотеза далеко не безобидна....

По-видимому, если такое обобщение вообще возможно, то оно будет связано с представлением о существовании дополнительных размерностей пространства, помимо тех трех измерений, которые мы воспринимаем в повседневном опыте.

К сожалению, сейчас не видно путей прямого экспериментального исследования темной энергии в земных условиях. Это, конечно, не означает, что в будущем не может появиться новых блестящих идей в этом направлении, но сегодня надежды на прояснение природы темной энергии (или, более широко, причины ускоренного расширения Вселенной) связаны исключительно с астрономическими наблюдениями и с получением новых, более точных космологических данных. Предстоит узнать в деталях, как именно расширялась Вселенная на относительно позднем этапе её эволюции, и это, надо надеяться, позволит сделать выбор между различными гипотезами (Рубаков, В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25567>).

Впечатляющие успехи физики частиц и космологии поставили неожиданные и фундаментальные вопросы. Неизвестно, что представляет собой основная часть материи Вселенной, какие явления происходят на сверхмалых расстояниях, и какие происходили во Вселенной на самых ранних этапах ее эволюции. Главные открытия еще впереди (Рубаков В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25565>) .

В 2008 году команда астрофизика Алексея Вихлинина (Alexey Vikhlinin) из Смитсоновской астрофизической обсерватории (Smithsonian Astrophysical Observatory) представила первое

прямое, независимое доказательство существования той самой энергии. А. Вихлинин и его семеро товарищей изучили объединение в кластеры двух групп отдаленных галактик, используя данные рентгеновской обсерватории Чандра (Chandra) и орбитальной обсерватории ROSAT. С помощью специально созданных компьютерных моделей ученые просчитали, как эти гигантские скопления газа и пыли объединились бы в кластеры в течение четырех миллиардов лет (примерно треть возраста Вселенной), если бы космос не растаскивал их в разные стороны. В результате они выяснили, что объединение в кластер, наблюдаемое в реальности, значительно слабее, чем смоделированное. Однако если в модели учесть темную материю, все встает на свои места (Найдено новое доказательство существования темной энергии, 19 декабря 2008, <http://cosmicnews.ru/2008/12/najdeno-novoe-dokazatelstvo-sushhestvovaniya-tyomnoj-energii/>). Работа этой группы ученых по материалам сайтов Times и Дискуссия отнесена к самым впечатляющим открытиям в астрономии 2008 года. Напрашивается поразительный вывод: при всей неуловимости темная энергия и темная материя составляют 96 % Вселенной и, очевидно, определяют ее поведение.

Итак, темная материя участвует в процессах образования самых различных космических объектов, так как участвует в гравитационных взаимодействиях, как обычное вещество. Темная материя, как и обычная материя, способна собираться в сгустки.

Хотя ее саму не удалось еще наблюдать, она ответственна за быстрое вращение галактик и галактических скоплений (Wiggins, A.W., Wynn, C.M.; http://www.ligis.ru/librari_2/086.htm).

Темная энергия обладает обратным свойством. Темная энергия с ее антитяготением способна частично или даже полностью «компенсировать» тяготение темной материи и обычного вещества. Темная энергия гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Темная энергия не собирается, в отличие от темной материи, в сгустки, а равномерно разлита во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик ее столько же, сколько и вне их. Темная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию. Темная энергия может обладать специальным свойством – отрицательным давлением.

Темная энергия вызывает ускоряющееся расширение Вселенной. При всей ее скрытности и при всем неведении о ее природе наблюдается огромное воздействие со стороны темной энергии (Wiggins, A.W., Wynn, C.M.; http://www.ligis.ru/librari_2/086.htm). Это резко отличает её от обычных форм материи и темной материи. Можно предположить, что диаметрально противоположные свойства темной материи и темной энергии обеспечивают реализацию способностей барионной материи к самоорганизации. При этом информационные единицы обычной (барионной) материи способны переходить от хаотических форм к сложноорганизованным формам порядка, получая в рамках эволюционных ветвей бифуркаций, возможность к образованию объектов, обладающих в фазе порядка (порядок → хаос → порядок → ...) индивидуальной конфигурацией, конформацией и определенной хиральностью.

1.3 Происхождение изотопов химических элементов

Космологический нуклеогенезис – это одновременный синтез элементов во всей Вселенной или в ее значительной части. Самое меньшее, что должна космологическая дать теория, – это хотя бы установить первоначальный химический состав Вселенной. Простейшим вариантом космологической теории было бы утверждение, что первоначальный состав был таким же, как в современную эпоху. Такой ответ на поставленный вопрос, возможно, был бы удовлетворительным до открытия радиоактивности и развития наших представлений о строении атомного ядра (Тейлер, Р.Дж., 1975, с.133-134).

«Однако открытие радиоактивности показало, что химический состав не оставался неизменным, во всяком случае, с тех пор, как образовались радиоактивные элементы, а изучение эволюции звезд привело к убеждению, что за время существования Вселенной происходили и другие ядерные превращения. Как известно, водорода и гелия несравненно больше, чем других элементов, а относительное содержание более тяжелых элементов в нашей Галактике сильно меняется от звезды к звезде. Поэтому целесообразно рассмотреть гипотезу, согласно которой Вселенная состояла, вначале только из легких элементов, а более тяжелые образовались уже во время существования Галактики» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с.133-134).

«При интерпретации наблюдений далеких галактик проще всего допустить, что законы физики, установленные на Земле, справедливы для всей Вселенной, если только это не приводит к противоречиям. Ибо трудно предположить что-либо иное. Поскольку свет далеких объектов шел к нам миллиарды лет, мы должны также допустить, что законы физики не менялись со временем, так же как не меняются и в пространстве. ... Зависимость гравитационной постоянной от распределения вещества во Вселенной называется принципом Маха. В настоящее время с принципом Маха соглашаются многие физики.... Поэтому мы будем считать законы физики неизменными. Быть может, это так и есть, но всегда следует помнить, что это вовсе не обязательно» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 135-136).

Сейчас уже открыта темная энергия и темная материя. Вероятно, могут быть открыты различные не известные сейчас формы материи и энергии. Может быть.

Материя (лат. *materia* – вещество, субстрат, субстанция), энергия → информация.

Материя – фундаментальное понятие, связанное с любыми объектами, существующими в природе, о которых мы можем судить благодаря нашим ощущениям, информационным потокам, информации об явлениях, процессах, объектах природы. Изменения во времени, происходящие с различными формами материи, составляют физические явления. Основной задачей физики является описание свойств тех или иных видов материи.

Основные формы материи, предположительно существовавшие на ранней стадии эволюции Вселенной могут быть:

а. Кварк-глюонная плазма – сверхплотная форма вещества, существовавшая на ранней стадии эволюции Вселенной до объединения кварков в классические элементарные частицы (до конфайнмента).

б. Докварковые сверхплотные материальные образования, составляющие которых – струны и другие объекты, которыми оперируют теории великого объединения (см. выше: теория струн, суперструн – ТБО, ТСО).

с. Струноподобные объекты в современной физической теории претендуют на роль наиболее фундаментальных материальных образований, к которым можно свести все элементарные частицы, т.е. в конечном счёте, все известные формы материи.

Данный уровень анализа материи, возможно, позволит объяснить с единых позиций свойства различных элементарных частиц. Принадлежность к «веществу» здесь следует понимать условно, поскольку различие между вещественной и полевой формами материи на данном уровне стирается.

Элементарная частица – собирательный термин, относящийся к микрообъектам в субъядерном масштабе, которые невозможно расщепить (или пока это не доказано) на

составные части (рисунок 1.3.1). Их строение и поведение изучается физикой элементарных частиц. Понятие элементарных частиц основывается на факте дискретного строения вещества. Ряд элементарных частиц имеет сложную внутреннюю структуру, однако разделить их на части пока невозможно. Другие элементарные частицы являются бесструктурными и могут считаться первичными фундаментальными частицами. Начиная с 1932 года, было открыто более 400 элементарных частиц. Существуют многочисленные классификации элементарных частиц (рисунок 1.3.1).

По величине спина все элементарные частицы делятся на два класса.

Фермионы – частицы с полуцелым спином (например, электрон, протон, нейтрон, нейтрино).

Бозоны – частицы с целым спином (например, фотон).

По видам взаимодействий элементарные частицы делятся на следующие группы: адроны – частицы, участвующие во всех видах фундаментальных взаимодействий. Они состоят из кварков и подразделяются, в свою очередь, на: мезоны (адроны с целым спином, т. е. бозоны); барионы (адроны с полуцелым спином, т. е. фермионы). К ним, в частности, относятся частицы, составляющие ядро атома, протон и нейтрон. Лептоны – фермионы, которые имеют вид точечных частиц (т. е. не состоящих ни из чего) вплоть до масштабов порядка 10^{-18} м. Они не участвуют в сильных взаимодействиях. Участие в электромагнитных взаимодействиях экспериментально наблюдается только для заряженных лептонов (электроны – e , мюоны – μ , тау-лептоны – τ) и не наблюдается для нейтрино – ν_e, ν_μ, ν_τ . Известны 6 типов лептонов.

Кварки – дробно заряженные частицы, входящие в состав адронов. В свободном состоянии не наблюдались. Как и лептоны, делятся на 6 типов и являются бесструктурными, однако, в отличие от лептонов, участвуют в сильном взаимодействии;

калибровочные бозоны – частицы, посредством обмена которыми осуществляются взаимодействия: фотон – частица, переносящая электромагнитное взаимодействие;

восемь глюонов – частиц, переносящих сильное взаимодействие; три промежуточных векторных бозона W^+ , W^- и Z^0 , переносящие слабое взаимодействие;

гравитон – частица, переносящая гравитационное взаимодействие. Существование гравитонов, хотя пока не доказано экспериментально в связи со слабостью гравитационного взаимодействия, считается вполне вероятным.

Адроны и лептоны образуют вещество. Калибровочные бозоны – это кванты разных видов излучения.

Кроме того, в Стандартной Модели с необходимостью присутствует Хиггсовский бозон, который, впрочем, пока ещё не обнаружен экспериментально.

Бозон Хиггса, или Хиггсовский бозон (иногда говорят просто «Хиггс») – элементарная частица, квант поля Хиггса, с необходимостью возникающая в Стандартной Модели вследствие хиггсовского механизма спонтанного нарушения электрослабой симметрии. По построению, Хиггсовский бозон является скалярной частицей, то есть обладает нулевым спином. Постулирован Питером Хиггсом в 1960 году (по другим данным, в 1964 году), в рамках Стандартной Модели отвечает за массу элементарных частиц (http://ru.wikipedia.org/wiki/Бозон_Хиггса). В Стандартной модели – единственной на сегодня теории, которая хорошо описывает мир элементарных частиц, – до сих пор не проверено на опыте одно очень важное явление – хиггсовский механизм нарушения электрослабой симметрии (Поиск Хиггсовского бозона на LHC, <http://elementy.ru/LHC/LHC/tasks/higgs>).

Журнал TIMES назвал 10 самых главных научных событий 2008 года. (Эти события касаются всех наук). Рейтинг возглавил Большой Адронный Коллайдер (LHC), запуск которого начался 10 сентября 2008 г. Крупнейший в мире ускоритель элементарных частиц строился с 90-х годов усилиями физиков и инженеров из многих стран. Ученые надеются, что результаты исследований позволят подтвердить существование Хиггсовского бозона – частицы, отвечающей за массу всех других элементарных частиц.

Первоначально термин «элементарная частица» подразумевал нечто абсолютно элементарное, первокирпичик материи. В 1950-х и 1960-х годах были открыты сотни *адронов* с похожими свойствами, стало ясно, что, по крайней мере, *адроны* обладают внутренними

степенями свободы, т.е. не являются в строгом смысле слова элементарными. Это подозрение в дальнейшем подтвердилось, когда выяснилось, что адроны состоят из кварков ([ru.wikipedia.org/wiki/Частица_\(физика\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Частица_(физика)); <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00093/06700.htm>).

В самом крупном масштабе Вселенная представляет собой расширяющееся пространство.

а) Адронная эра. При очень высоких температурах и плотности, в самом начале существования Вселенной, материя состояла из элементарных частиц. Вещество, на самом раннем этапе, состояло, прежде всего, из адронов, и поэтому ранняя эра эволюции Вселенной называется адронной, несмотря на то, что в то время существовали и лептоны. Никогда после этого сильное взаимодействие (ядерная сила) не проявлялась во Вселенной в такой мере, как в адронную эру, длившуюся всего лишь одну десятитысячную долю секунды.



Рисунок 1.3.1 Известные элементарные частицы. Протоны и нейтроны, образующие атомные ядра, сами состоят из кварков, которые сегодня считаются элементарными. В природе существуют также электроны и их более тяжелые короткоживущие аналоги – мюоны (μ) и тау-лептоны (τ). Кроме этого в природе имеются нейтрино трех типов, ν_e , ν_μ , ν_τ . Нейтрино не имеют электрического заряда и чрезвычайно слабо взаимодействует с веществом: в качестве иллюстрации, они пронизывают Землю, Солнце практически свободно. На рисунке не показаны фотоны и другие частицы, ответственные за взаимодействия, – $W^\pm$ - и Z-бозоны (Рубаков, В.А., 2005, <http://elementy.ru/lib/25560/25565>)

б) Лептонная эра. Когда энергия частиц и фотонов понизилась, в веществе было много лептонов. Температура была достаточно высокой, чтобы обеспечить интенсивное возникновение электронов, позитронов и нейтрино. Барионы (протоны и нейтроны), пережившие адронную эру, стали по сравнению с лептонами и фотонами встречаться гораздо реже. Лептонная эра начинается с распада последних адронов-пионов – в мюоны и мюонное нейтрино, а кончается через несколько секунд при температуре 10^{10} К, когда энергия фотонов уменьшилась, и материализация электронов и позитронов прекратилась. Во время этого этапа начинается независимое существование электронного и мюонного нейтрино, которые мы называем «реликтовыми». Всё пространство Вселенной наполнилось огромным количеством реликтовых электронных и мюонных нейтрино. Возникает нейтринное море.

в) Фотонная эра или эра излучения. Температура Вселенной понизилась еще больше, произошла только аннигиляция электронов и позитронов. Новые электронно-позитронные пары не могли возникать вследствие материализации, потому, что фотоны не обладали достаточной

энергией. Но аннигиляция электронов и позитронов продолжалась дальше, пока давление излучения полностью не отделило вещество от антивещества. Со времени адронной и лептонной эры Вселенная была заполнена фотонами. К концу лептонной эры фотонов было в два миллиарда раз больше, чем протонов и электронов. Важнейшей составной частью Вселенной после лептонной эры становятся фотоны, причем не только по количеству, но и по энергии.

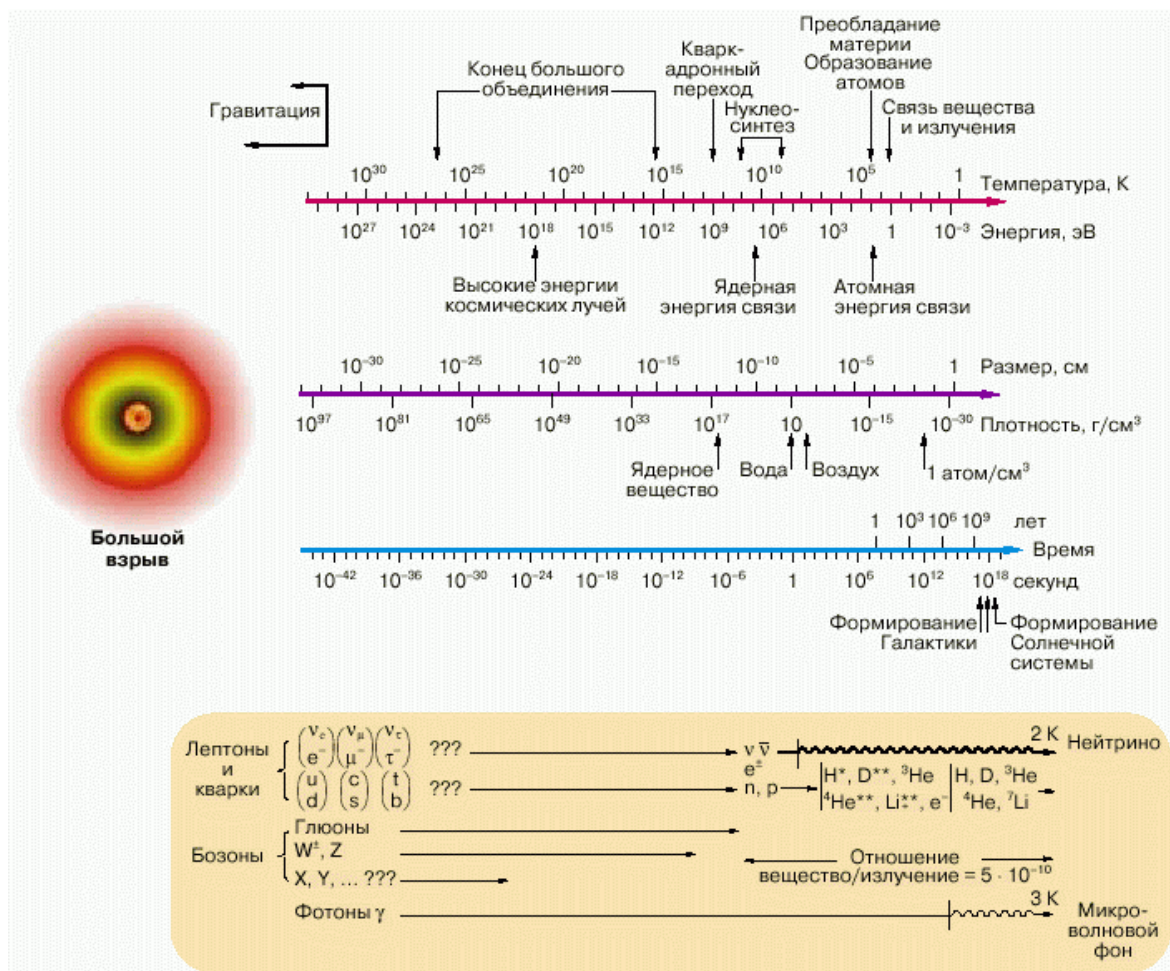


Рисунок 1.3.2 Связь температуры, энергии, размеров, плотности и времени в ранней Вселенной. Нижняя часть схемы показывает кварковый и лептонный состав материи (Пенионжкевич. Ю.Э., 1998; <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>)

Некоторые авторы (Волантэн, Л., 1986) рассматривают эволюцию Вселенной как смену четырех последовательных эр, в результате которой, согласно новейшим моделям, она пришла к своему теперешнему состоянию (10^{-30} г/см³, $T = 3$ K) (рисунок 1.3.2).

На рисунке 1.3.2 схематично показана эволюция Вселенной по шкалам сверху – вниз: связь температуры, энергии, размеров плотности и времени от Большого Взрыва до появления галактик, звезд, формирования Солнечной системы.... В нижней части этого рисунка 1.3.2 показана также схема эволюции основных элементарных частиц. Данные рисунков 1.3.1 и 1.3.2 сопоставимы.

В этих моделях предполагается, что Вселенная ведет себя как абсолютно черное тело, температура и плотность которого очень высокие (плотность его больше ядерной 10^{15} г/см³, а температура выше 1 ГэВ ($=10^{13}$ K)). Излучение этого абсолютно черного тела состоит из известных адронов, лептонов и фотонов и происходит до тех пор, пока температура выше, чем масса самого легкого из адронов, то есть р-мезона (140 МэВ, температура $1,6 \cdot 10^{12}$ K). Это

соответствует адронной эре, продолжительность которой составляет примерно 10^{-4} с. К концу ее плотность сравнима с плотностью ядерного вещества.

Когда температура становится ниже 100 МэВ (10^{12} К), адроны еще остаются, но уже не могут рождаться спонтанно в излучении абсолютно черного тела. Теперь излучение состоит главным образом из лептонов и фотонов, и так остается до тех пор, пока температура выше порога рождения пары $e^+ + e^-$, то есть примерно 1 МэВ. Охлаждение от 100 до 1 МэВ занимает около 1 с. Это время соответствует так называемой лептонной эре, к концу которой плотность становится 10^4 г/см³.

Возраст Вселенной	Температура, К	Состояние и состав вещества
10^{-2} с	10^{11}	n, p, e^- , e^+ , ν , в тепловом равновесии; n и p в одинаковом количестве
10^{-1} с	$3 \cdot 10^{10}$	Те же частицы, что и выше, но отношение числа нейтронов к числу протонов n : p, 3:5
1 с	10^{10}	n, отделяется от остальных частиц, e^- , e^+ начинают аннигилировать; n : p, 1:3
13,8 с	$3 \cdot 10^9$	Начинается образование D и ^4He ; исчезают e^- , e^+ ; есть также свободные n и p
35 мин	$3 \cdot 10^8$	Фиксируется количество D и ^4He по отношению к числу протонов и электронов; $^4\text{He}/\text{H} \sim 22\text{--}28\%$ (по массе)
$7 \cdot 10^5$ лет	$3 \cdot 10^3$	Химическая энергия связи становится достаточной, чтобы образовались устойчивые, нейтральные атомы. Вселенная прозрачна для излучения. Вещество начинает доминировать над излучением

Обозначения: n – нейтрон, p – протон, e^- – электрон, e^+ – позитрон, ν – нейтрино, $\bar{\nu}$ – антинейтрино, D – дейтерий, H – водород, He – гелий.

Таблица 1.3.1 Первичный нуклеосинтез (Пенионжевич, Ю.Э., 1998; <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>)

При температуре ниже 1 МэВ лептоны хотя и существуют как частицы, но уже не могут спонтанно рождаться в излучении абсолютно черного тела. Теперь излучение состоит преимущественно из фотонов. Это начало радиационной эры, конец которой определяется моментом, после которого излучение (фотонное) существует отдельно от вещества (адронов и лептонов). Эта эра заканчивается примерно через 10^6 лет после Большого взрыва (Пенионжевич, Ю.Э., 1998; <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>).

В работе Дж. Нарликар (1985) приводятся в хронологическом порядке события, которые происходили во Вселенной начиная с момента 10^{-2} с после ее рождения.

Из таблицы 1.3.1 видно, что процессы образования ядер прекращаются при $t = 35$ мин, когда температура Вселенной падает до $3 \cdot 10^8$ К. Это означает, что протоны и нейтроны уже не сливаются, образуя более тяжелые ядра. Следующий этап осуществляется, когда возраст Вселенной достигает $7 \cdot 10^5$ лет и температура падает до 3000 К. При такой температуре химическая энергия связи атомных ядер и электронов достаточно высока, чтобы удержать их вместе в виде нейтральных атомов. В эту эпоху происходит образование водорода и гелия. На этом завершается этап первичного нуклеосинтеза. Более тяжелые ядра образуются уже в

результате процессов, связанных с эволюцией звезд (Пенионжевич, Ю.Э., 1998; <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>).

Через несколько лет после открытия явления ядерных превращений Г.И. Покровский (1931 год, цит. по Соботович, Э.В., 1974) один из первых высказал предположение, что химические элементы должны были возникать в звездах в результате ядерных реакций и предложил «равновесную теорию». То есть, все химические элементы во Вселенной образовались одновременно, в результате единого акта творения. Сходная была идея была выдвинута в 1948 году Р. Альфером, Г. Бете, Дж.А. Гамовым нейтронного захвата ($\alpha\beta\gamma$ -теория). Авторы этих теорий предполагали, что за 15 минут путем последовательного захвата нейтронов и бета-распада образующихся ядер атомов возникли все существующие в природе нуклиды. По этой теории процесс образования химических элементов начался вместе с расширением Вселенной. Эти идеи были развиты С. Вейцеккером, В.В. Чердынцевым, Ф. Хойли и другими учеными.

Р.Дж. Тейлер, один из ведущих специалистов в области происхождения химических элементов пишет по этому поводу следующее: «Естественно ожидать, что в большинстве галактик – если не во всех – процессы образования элементов протекали аналогично, но имеющиеся в нашем распоряжении подробные данные наблюдений относятся главным образом к нашей Галактике». ... И далее, «химический состав различных звезд нашей Галактики неодинаков» ... «некоторые очень старые звезды содержат, лишь весьма малые количества элементов тяжелее гелия и что химический состав, возможно, зависит от положения звезды в Галактике». ... При этом «очень низкие содержания тяжелых элементов наблюдаются только в самых старых звездах. Таким образом, создается впечатление, что если первоначальное содержание тяжелых элементов было однородным в пространстве, то оно было исключительно низким, а значительная часть тяжелых элементов, существующая сейчас, образовалась в течение времени, очень короткого по сравнению с возрастом Галактики». ... И далее «содержание тяжелых элементов в молодых звездах вблизи центра Галактики, по-видимому, выше, чем в ее внешних областях, а химический состав звезд одного и того же возраста, несомненно, не вполне одинаков. Это указывает на то, что скорость образования тяжелых элементов не была повсюду одинаковой, и что они, возможно, создавались преимущественно в центральных областях Галактики». ... «Характерная особенность наблюдаемых содержаний тяжелых элементов состоит в том, что в большинстве звезд, за исключением некоторых звезд с необычным – пекулярным – химическим составом, смесь тяжелых элементов примерно одинакова, хотя их общее количество сильно варьирует. Это привело к предположению, что большая часть тяжелых элементов образовалась в объектах одного типа» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 154-155).

В настоящее время принята теория образования химических элементов на всех этапах развития звезд, то есть, этот процесс продолжается и сейчас. Авторами этой теории являются американские физики В. Фаулер, Е. Сальпентер, А. Камерон, Л. Гринштейн и английские космофизики Д. Бербридж, Ф. Хойл. Все известные химические элементы образовались в результате наложения ряда процессов. Д. Бербридж дает 8 процессов, необходимых для образования всех химических элементов. Сочетание этих 8 типов ядерных процессов качественно, а в отдельных случаях и количественно объясняет распространенность элементов в пределах Солнечной системы и некоторых ближайших звезд (рисунок 1.3.3).

Наблюдения химического состава космических объектов подтверждают гипотезу, согласно которой первоначальное вещество Вселенной содержало одни легкие элементы, а тяжелые элементы были созданы позже ядерными реакциями.

Элементы вплоть до области железа в периодической системе могут образовываться в реакциях ядерного синтеза, освобождающих энергию. Для того, чтобы начались реакции синтеза, создающие более тяжелые элементы, необходимо поступление энергии. А так как реакции между ядрами, обладающими большими зарядами, происходят очень медленно, поэтому предполагается, что тяжелые ядра были построены путем захвата нейтронов.

Существует два типа процессов нейтронного захвата.

s-Процесс – в котором нейтроны захватываются настолько медленно, что неустойчивые ядра распадаются, не успев присоединить следующий нейтрон. В.Н. Рыжов считает, что s-процесс идет в недрах звезд при их нормальной стадии эволюции (Рыжов, В.Н., 2000). И r-процесс, – в котором ядро успевает присоединить много нейтронов, прежде чем произойдет распад. Тяжелые и сверхтяжелые элементы, находящиеся в таблице Д.И. Менделеева за *Bi* образуются в результате r-процесса (Рыжов, В.Н., 2000). Быстрый r-процесс создает большую часть изотопов, богатых нейтронами, включая все ядра, обладающие естественной радиоактивностью. В медленном s-процессе создаются изотопы с относительно большим числом протонов. В сумме все эти процессы приводят к тому, что кривая распространенности элементов имеет пики в областях магических чисел нейтронов (Тейлер, Р.Дж., 1975).

p-Процесс представляет собой образование редких, богатых протонами ядер путем захвата протонов или позитронов, так как ни одним процессом нейтронного захвата эти ядра не могут быть созданы. К таким ядрам следует отнести в первую очередь изотопы ^{111}Sn , ^{112}Sn , ^{115}Sn . Физические модели условий протекания p-процесса в звездах остаются пока в большей степени неоднозначными по сравнению с процессами захвата нейтронов (Рыжов, В.Н., 2000).

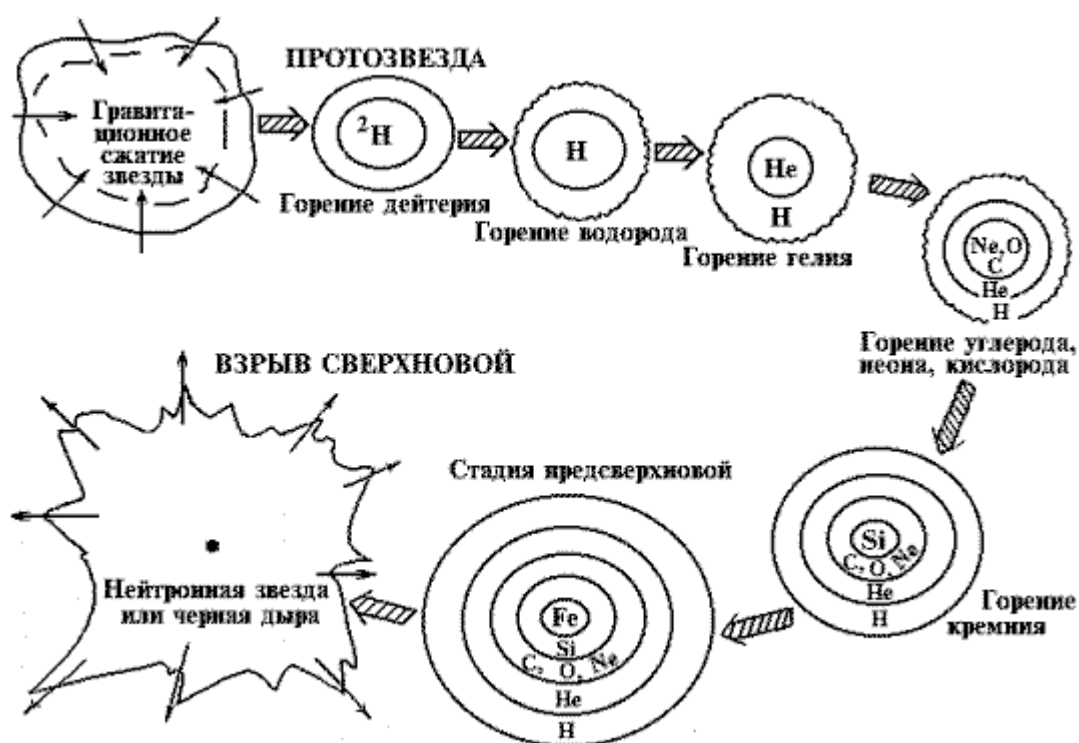


Рисунок 1.3.3 Основные этапы эволюции массивной звезды и звездного нуклеосинтеза (Физика экзотических ядер | распространенность элементов <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>)

Если вещество, первоначально состоящее из легких элементов, постепенно нагревается, то в нем развиваются в определенной последовательности ядерные реакции. При температурах 10^7 , 10^8 , $5 \cdot 10^8$, 10^9 К происходит соответственно горение водорода, гелия, углерода, кислорода. При температуре $2 \cdot 10^9$ К происходит горение кремния, которое приводит к образованию химических элементов «железного пика» (рисунок 1.3.3).

Горение кремния является конечной стадией термоядерного синтеза нуклидов в массивных звездах, на которой образуются ядра группы железа. Эти ядра обладают максимальной удельной энергией связи (Рыжов, В.Н., 2000). Последняя стадия звезды не может существовать долго, так как в центре ее термоядерные силы угасают. Это состояние звезды называется предсверхновой, предшествующее взрыву звезды вследствие нарушения в ней равновесия (Рыжов, В.Н., 2000).

Последовательность реакций синтеза развивается в медленно эволюционирующих звездах, но реакции могут происходить и взрывообразно, если вещество внезапно нагревается до температуры, превосходящей минимум, необходимый для наступления ядерных реакций. Взрывные процессы существенным образом участвовали в образовании химических элементов (Бронштейн, В.А., 1974; Шкловский, И.С., 1975; Тейлер, Р.Дж., 1975).

Ни одна из теорий: $\alpha\gamma$ -теория, теория равновесного процесса, полинейронная теория не могут объяснить наблюдаемую распространенность химических элементов, более того, в пределах нашей Галактики имеются существенные различия в химическом составе различных звезд.

Две немногочисленные группы изотопов с низкими относительными содержаниями не могли быть созданы ни нейтронным захватом, ни термоядерным синтезом. Это наиболее богатые протонами изотопы тяжелых элементов, которые, вероятно, являются продуктами быстрого протонного захвата, а также химические элементы литий, бериллий, бор. Эти элементы образуются, по-видимому, в результате расщепления более тяжелых ядер при столкновении с протонами (Тейлер, Р.Дж., 1975).



Рисунок 1.3.4 Звездный нуклеосинтез (Ишханов, Б.С., Капитонов, И.М., Тутынь, И.А., 1998, <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuclsynt/index.html#i>)

Таким образом, в общем плане упрощенная схема образования химических элементов может определяться следующими основными ядерными процессами:

1. Термоядерный синтез (образуются химические элементы до $Z = 26$);
2. Нейтронный захват:
 - а) s-процесс (образуются химические элементы с относительно большим числом протонов до $Z = 83$);
 - б) r- процесс (образуется большая часть изотопов, богатых нейтронами).
3. Быстрый протонный захват – образуются богатые протонами изотопы тяжелых элементов (^{112}Sn , ^{114}Sn , ^{115}Sn – p-процесс).
4. Расщепление более тяжелых ядер при столкновении с протонами.

Последовательность термоядерных реакций образования изотопов химических элементов представлена на рисунке 1.3.4.

Итак, образование химических элементов происходит с помощью ядерных процессов в звездах, которые проходят свой жизненный цикл. «Мы начали исследовать внутреннее

строение звезды и вскоре обнаружили, что исследуем строение атома»... (Эддингтон, А., цит. Климишин, И.А., 1989, с. 279).

В процессе эволюции звезды есть период, когда температура в ее недрах повышается, и там развивается последовательность ядерных реакций синтеза. Чем больше масса звезды, тем больше максимальная внутренняя температура и тем больший спектр возможных ядерных реакций (таблица 1.3.2).

Масса M_0	Ядерные реакции
0,08	Нет
0,3	Горение H
0,7	Горение H, He
5,0	Горение H, He, C
30,0	Все реакции синтеза, освобождающие энергию

Таблица 1.3.2 Ядерные реакции, происходящие во время нормальной эволюции в звездах разной массы. Приведены приближенные значения масс. Если звезда взрывается, в ней могут развиваться и другие реакции
(Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 158)

Массивные звезды должны завершать свою эволюцию гораздо быстрее, чем звезды малой массы. Звезды, менее массивные, чем Солнце, остаются на главной последовательности достаточно долго и не могут играть существенной роли в полезном синтезе химических элементов. Полная последовательность ядерных реакций синтеза, с помощью которых создаются тяжелые химические элементы, происходит очень быстро, в виде взрыва. Такие звезды в момент взрыва называют сверхновыми.

Тяжелые химические элементы, выброшенные сверхновыми звездами, представляют собой полезный выход реакций образования тяжелых химических элементов, которые вероятно были образованы на более ранних стадиях эволюции звезды или в ядерных реакциях протекающих взрывообразно во время вспышки сверхновой звезды. Станет ли остаток сверхновой звезды белым карликом, нейтронной звездой, черной дырой (коллапсаром), определяется массой остатка. Помимо сверхновых звезд поступление тяжелых химических элементов в некоторой мере происходит из новых звезд, планетарных туманностей, звезд главной последовательности и звезд красных гигантов. Однако основным поставщиком тяжелых химических элементов в межзвездную среду и определяющим круговорот материи в Галактике являются вспышки сверхновых.

За образование химических элементов могут быть ответственны два типа объектов: звезды и некоторые объекты, более массивные, чем звезды (смотри выше).

Анализируя имеющийся материал Р.Дж. Тейлер (1975, с. 180-182) приходит к выводу, что в данных наблюдениях и теориях много неопределенного и все эти неопределенности можно свести к следующим положениям:

1. Самые старые звезды в гало галактики содержат очень мало элементов тяжелее гелия.
2. В звездах диска Галактики содержание тяжелых элементов мало отличается от их содержания в Солнце, причем это справедливо и для звезд, которые лишь немного моложе, чем старые звезды гало.
3. В большинстве звезд, для которых удалось определить содержание гелия, оно составляет около 25 % по массе, но возможно, что в самых старых звездах гелий по существу отсутствует.
4. Скорость образования тяжелых элементов в первые 10 % времени жизни Галактики должна быть значительно выше, чем потом.
5. Необходимо выяснить, мог ли весь гелий, содержащийся в Галактике, образоваться за время ее существования, если он не входил в состав первозданного вещества.
6. Из всех звезд, наблюдающихся в наше время, только сверхновые могут создавать тяжелые элементы с необходимой скоростью.

7. Если тяжелые элементы синтезированы в сверхновых, то их содержание в межзвездном веществе должно изменяться в пространстве плавно.

8. Химический состав межзвездной среды неоднороден и, в частности, возможно, что содержание тяжелых элементов вблизи галактического центра выше, чем в остальной Галактике. Однако ясных указаний на значительные вариации химического состава в небольших областях пространства не существует.

9. Объекты, в которых происходил быстрый синтез тяжелых элементов в начале истории Галактики, могут принадлежать к типу, не являющемуся обычным для ее современного населения.

10. Полная скорость образования тяжелых элементов должна быть больше скорости «полезного выхода», так как часть тяжелых элементов заключена в остатках взорвавшихся звезд. Полная масса Галактики и пропорции вещества, содержащегося в ней в форме водорода, гелия и тяжелых элементов, известны очень плохо, но в первом приближении можно считать, что:

11. Полный «полезный выход» тяжелых элементов должен быть порядка $2 \cdot 10^9 M_{\odot}$.

12. Если гелий – не первозданный, то его «полезный выход» должен быть примерно в 10 раз превосходить «полезный выход» тяжелых элементов, так как в настоящее время в молодых объектах содержание гелия именно во столько раз больше содержания тяжелых элементов.

«У нас есть некоторые соображения о полном количестве тяжелых элементов в Галактике в настоящее время. Полная масса Галактики заключена, вероятно, между 10^{11} и $2 \cdot 10^{11} M_{\odot}$, а масса тяжелых элементов в наблюдаемых звездах и в межзвездной среде составляет около $2 \cdot 10^9 M_{\odot}$ или больше» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 157).

«Как следует из наблюдений химического состава звезд различного возраста, образование элементов в начале существования Галактики должно было происходить значительно быстрее, чем теперь, а это в свою очередь предполагает, что самые ранние поколения звезд состояли преимущественно из массивных звезд.

Если тяжелые элементы образуются в звездах, то попасть в межзвездное пространство они могут, по-видимому, главным образом в результате взрывов сверхновых. Недавно было установлено очень важное обстоятельство, а именно: ядерные реакции, происходящие во время взрывов сверхновых, сильнее сказываются на окончательном химическом составе выбрасываемого газа, чем ядерные реакции, протекающие в эволюционирующей звезде до взрыва. Кажется возможным (но не очевидным), что взрывы сверхновых происходят достаточно часто для того, чтобы обеспечить современную скорость поступления тяжелых элементов в межзвездную среду, но в первых поколениях массивных звезд частота вспышек сверхновых должна быть значительно больше». ... «Хотя гипотеза образования тяжелых элементов в звездах кажется вполне правдоподобной, наблюдающиеся в центральных областях некоторых галактик взрывы, в которые, несомненно, вовлечены значительно большие массы вещества, чем взрывы сверхновых, наводят на мысль, что в образовании элементов могли играть существенную роль объекты, гораздо более массивные, чем обычные звезды. Удовлетворительной теории взрывов, наблюдающихся в центрах галактик, пока не существует, хотя некоторые исследователи высказывали предположение, что это не взрывы сверхновых, а «всплески рождения вещества». Расчеты построения элементов в этих «малых взрывах» показывают, что в них могут образовываться гелий и тяжелые элементы, но в настоящее время их не считают основным источником тяжелых элементов, так как они, по-видимому, не обеспечивают нужного состава смеси тяжелых элементов» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 202-203).

Таким образом, в первичном космическом котле могли быть созданы не все химические элементы таблицы Д.И. Менделеева (как думал и мечтал Гамов, Г.А.), а только самые легкие и больше всего по массе до 25 % – гелия. Тяжелые химические элементы синтезируются позднее, при эволюции звезд, взрывах сверхновых, взрывах в центрах галактик, больших массах вещества, гораздо более массивных, чем обычные звезды и т.д.

Вопрос об образовании химических элементов можно условно разделить на две части: образование первичного вещества (материи) и образование (и последующую трансформацию) химических элементов. Образование вещества и химических элементов тесно связано с вопросом происхождения и развития Вселенной.

Первичный нуклеосинтез. В процессе первичного нуклеосинтеза образуются элементы не тяжелее лития. Стандартная модель Большого Взрыва предсказывает следующее соотношение элементов: H – 75 %, ^4He – 25 %, $\text{D} = 3 \times 10^{-5}$, $^3\text{He} = 2 \times 10^{-5}$, $^7\text{Li} = 10^{-9}$, что хорошо согласуется с экспериментальными данными.

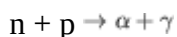
Как уже отмечалось, важную роль в ранней Вселенной играло излучение. Это излучение имеет тепловой спектр, и его интенсивность U можно характеризовать температурой T согласно соотношению $U = aT^4$, где a – постоянная излучения. По мере продвижения к начальному этапу температура излучения растет по закону $T = T_p(1 + Z)$, где T_p – температура излучения сегодня и Z – величина, соответствующая красному смещению.

Для раннего периода, когда излучение доминировало, существует простое соотношение между температурой T и временем t , прошедшим с момента Большого взрыва:

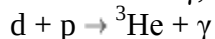
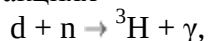
$$T = \alpha \frac{10^{10}}{\sqrt{t}}$$

Время t здесь выражено в секундах, а температура T – в кельвинах. Эта постоянная имеет величину порядка единицы и зависит от состояния вещества и излучения во Вселенной. Если положить $\alpha = 1$, то, согласно этому соотношению, спустя 1 с после Большого взрыва температура излучения во Вселенной была 10^{10} К. При такой температуре в ранней Вселенной, состоящей из электронов, позитронов, нейтрино, антинейтрино, нейтронов, протонов и фотонов, могли образоваться различные ядра, начиная с дейтронов и кончая гелием. Более тяжелые ядра, такие, как ядра углерода, кислорода и т.д., могли синтезироваться лишь в ходе термоядерных реакций в звездах. Причина этого заключается в том, что есть некоторый интервал неустойчивости легких ядер, расположенных около ядра лития, и этот интервал не удается преодолеть в ходе первичного нуклеосинтеза. Поэтому синтез в раннюю эпоху останавливается на стадии образования гелия.

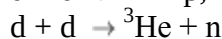
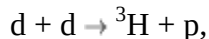
Полагают, что одной из первых реакций, приводящей к образованию тяжелых ядер, является реакция



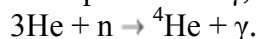
Как показали расчеты, эта реакция идет при температуре $T = 9 \cdot 10^9$ К, что соответствует соотношению нейтронов и протонов во Вселенной $N_n / N_p = 0,2$ и времени ~ 3 с. При этих условиях дейтерий образуется в достаточном количестве для производства ядер с массой 3 в реакциях



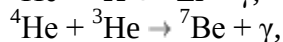
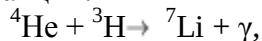
или



и окончательно ${}^4\text{He}$ может образоваться в результате реакций



Так как не существует стабильной массы 5, то ${}^4\text{He}$ является последним ядром в начальном этапе нуклеосинтеза. В принципе он мог бы образовать более тяжелые ядра ($A = 7$) в результате реакций:



но кулоновский барьер для этих реакций около 1 МэВ, тогда как ядра при температуре $T = 9 \cdot 10^8$ К имеют кинетическую энергию только 0,1 МэВ.

Звездный нуклеосинтез. В процессе эволюции Вселенная постоянно обогащается все более тяжелыми химическими элементами. На стадии главной последовательности звезда излучает энергию, которая поставляется ядерными реакциями, превращающими водород в гелий, гелий в

углерод и так далее. В звездах на этой стадии и происходят все типы ядерных реакций, приводящих к образованию всего спектра химических элементов, причем звезды, проходя по диаграмме путь слева – сверху, вправо – вниз, накапливают все больше тяжелых элементов (рисунок 1.3.5).

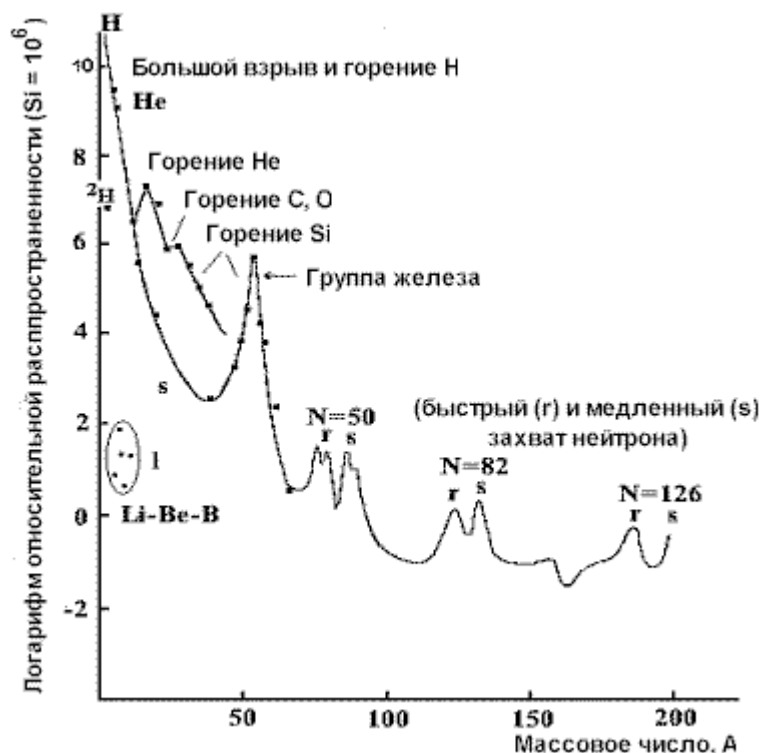


Рисунок 1.3.5 Распространенность нуклидов относительно Si в зависимости от массового числа (выбраны такие единицы, в которых распространенность Si равна 10^6).

Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах. На рисунке показана относительная распространенность элементов на Земле, в метеоритах, на Солнце, и в звездах (Ишханов, Б.С., Кэбин, Э.И., 2000)

Распространенность химических элементов во Вселенной определяют разными способами – по спектру излучения звезд, путем химического элементарного анализа земных и космических образцов (метеоритов, лунных образцов). Полученная таким образом кривая распространенности элементов показана на рисунке 1.3.5.

Кривая имеет максимумы для группы кремния и группы железа, после чего кривая распространенности распадается на две ветви: одна включает нейтронообогащенные изотопы и характеризуется тремя двойными пиками вблизи магических чисел $N = 50, 82$ и 126 , а вторая включает менее распространенные обогащенные протонами изотопы. Одной из ступеней нуклеосинтеза являлось образование ^{12}C . Как было показано, углерод может быть образован в результате реакции $^4\text{He} + ^8\text{Be} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$.

Однако ядро ^8Be является нестабильным по отношению к распаду на две α -частицы и живет 10^{-16} с. Между тем при температуре, близкой к 10^8 К, и плотности порядка 10^5 г/см² три ядра ^4He могут образовать ядро ^{12}C в результате двухступенчатой реакции $^4\text{He} + ^4\text{He} \rightarrow ^8\text{Be} + ^4\text{He} \rightarrow ^{12}\text{C} + \gamma$, вторая часть которой носит резонансный характер. Эта реакция позволяет объяснить существование углерода, а с ним и других наблюдаемых изотопов. На каждой стадии слияния ядер, инициируемых взрывами внешней оболочки звезд, образуются всё более тяжелые ядра ^4He , ^{12}C , ^{16}O , ^{28}S , ^{56}Fe . При этом процессы образования сопровождаются и процессами распада этих ядер (рисунок 1.3.5).

В этом случае в наиболее благоприятных условиях находятся изотопы, имеющие наибольшую стабильность (энергия связи на нуклон максимальна). К таким относятся ядра в области $A \approx 60$. Это объясняет повышение содержания ядер группы железа. Несколько иной механизм образования ядер тяжелее железа – это последовательные реакции радиоактивного захвата нейтронов элементами группы железа.

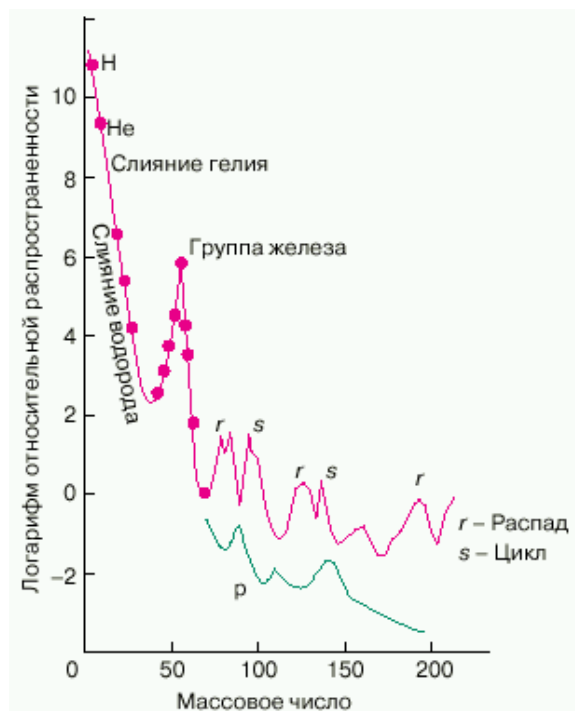


Рисунок 1.3.6 Кривая распространенности химических элементов. Верхняя кривая с двойными (r- и s-) пиками соответствует нейтроноизбыточным, нижняя (p-) – протоннообогащенными (Пенионжевич, Ю.Э., 1998, <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>)

На рисунке 1.3.6 представлена распространенность химических элементов во Вселенной, определенная разными способами: по спектру излучения звезд, путем химического анализа земных и космических образцов (метеоритов, лунных образцов).

Наличие двойных пиков в кривой распространенности элементов свидетельствует о двух различных процессах захвата нейтронов – r- и s-процессах. Эти два процесса соответствуют различным нейтронным плотностям. В случае малых плотностей нейтронов (s(slow)-процесс) при радиационном захвате $(A, Z) + n \rightarrow (A + 1, Z) + \gamma$ образуется изотоп с массой на единицу больше, чем масса ядра мишени. Если конечное ядро $(A + 1, Z)$ стабильно, то на нем также может произойти радиационный захват с образованием нового изотопа $(A + 2, Z)$. При малых потоках ядро $(A + x, Z)$ распадается раньше, чем поглотит нейтрон.

Железный пик – локальный максимум на графике распространённости химических элементов в районе железа (от скандия до никеля) (рисунок 1.3.7).

Закономерности энергии связи ядер таковы, что до ядер железного пика энергетически выгодны реакции синтеза, а после – деления. В результате в звёздах синтезируются все элементы до железного пика, но не после. Элементы с атомным номером больше 26 синтезируются при взрывах сверхновых звезд. Поэтому в космосе оказывается сравнительно больше этих элементов, чем соседних.

В основном оно распадается путем β -распада, в результате которого образуются новое ядро $(A + x, Z + 1)$ или же цепочка ядер, заканчивающаяся на ядре, время жизни которого будет достаточно большим для того, чтобы произошел новый радиационный захват. Этот процесс повторяется многократно и приводит к образованию нейтронодефицитных ядер с

массой до 200. После этого ядра с большой вероятностью делятся, что прерывает s-процесс. При больших плотностях нейтронов (r(rapid)-процесс) ядро ($A + x, Z$) поглотит нейтроны раньше, чем распадется, и происходят новые радиационные захваты. Это происходит до тех пор, пока цепочка захватов не дойдет до изотопа с очень малым периодом полураспада.

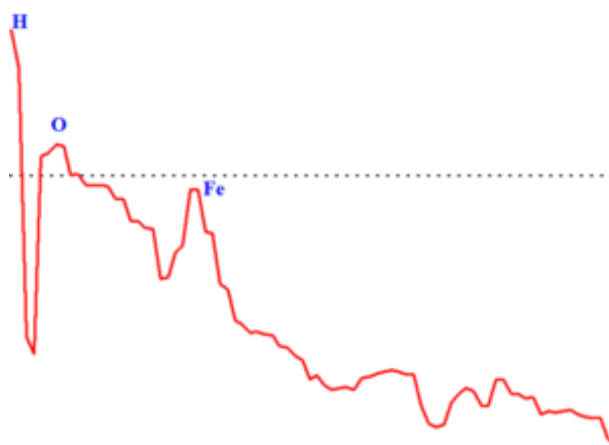
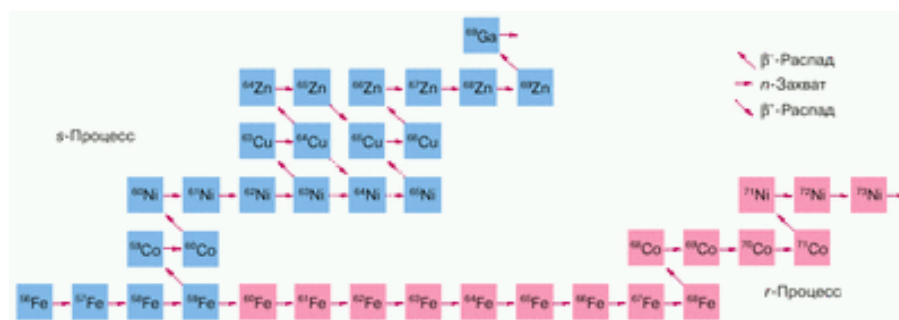


Рисунок 1.3.7 Железный пик (Fe) на графике распространённости химических элементов. Распространённость показана по сравнению с распространённостью кремния (пунктирная линия). Значения распространённости усреднены по двум соседним точкам для сглаживания. По горизонтальной оси отложен атомный номер (http://ru.wikipedia.org/wiki/Железный_пик)

На рисунке 1.3.8 показаны цепочки r- и s-процессов образования изотопов из ядра ^{56}Fe . Подтверждением существования r- и s-процессов является повышенное содержание изотопов при $N = 50, 82$ и 126 . Экспериментально показано, что распространённость элементов обратно пропорциональна полным сечениям захвата нейтронов. Для ядер с магическими числами (50, 82, 126) это сечение на несколько порядков ниже, чем для других соседних ядер. С точки зрения ядерной физики этот результат является проявлением магических чисел. Для астрофизики это доказательство существования s-процесса.



повышение стабильности сверхтяжелых ядер по отношению к α -распаду (Пенионжкевич, Ю.Э., 1995), что является дополнительным подтверждением возможного существования сверхтяжелых ядер вблизи $Z = 114$. Вместе с тем активные поиски в природных объектах (космических лучах, материалах, лунных образцах, концентратах тяжелых химических элементов земных образцов) не дали положительного результата (Флеров, Г.Н., Ильинов, Ф.С., 1977). Сейчас готовится несколько экспериментов на ускорителях в Дубне и Дармштадте (Германия), направленных на искусственный синтез сверхтяжелых элементов в ядерных реакциях с тяжелыми ионами, но естественно с меньшими временами жизни. Возможно в ближайшее время, наверное, будет дан ответ на вопрос существования сверхтяжелых элементов (Пенионжкевич, Ю.Э., 1998, <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>). 07.04.2010 получен 118 химический элемент.

Говоря о проблеме звездного нуклеосинтеза, нельзя также не упомянуть о некоторых процессах, происходящих в звездах и в том числе на Солнце, которые существенно меняют начальную распространенность элементов. В первую очередь это относится к так называемому CNO-циклу, в котором углерод, азот и кислород играют роль катализатора в образовании $4p\ ^4\text{He}$ (рисунок 1.3.9).

Легкие нуклиды ^6Li , ^7Li , ^9Be , ^{10}B , ^{11}B характеризуются более низкой распространенностью и стабильностью по отношению к He, C, N, O и не могут образовываться в процессе обычного нуклеосинтеза в недрах звезд, так как они легко разрушаются $^6\text{Li}(p, ^3\text{He})^4\text{He}$; $^7\text{Li}(p, \gamma)^8\text{B} \rightarrow 2^4\text{He}$; $^9\text{Be}(p, ^4\text{He})^6\text{Li}$; $^{10}\text{B}(p, ^4\text{He})^7\text{Be}$; $^7\text{Be}(e^-, \nu)^7\text{Li}$; $^{11}\text{B}(p, \gamma)^3^4\text{He}$. На сегодняшний день общепризнанной гипотезой образования легких ядер являются реакции скалывания – реакции деления ядер C, N, O при столкновении с ядрами H и He либо в космических лучах, либо космических лучей с атомами межзвездных газовых облаков (Рыжов, В.Н., 2000).

После истощения запасов водорода в ядре звезды в результате p-p- или CNO-циклов он продолжает гореть в слое, который окружает это гелиевое звездное ядро. Масса гелиевого ядра постепенно увеличивается, гравитационные силы в то же время сжимают ядро звезды, повышая его плотность и температуру. Оболочка звезды, напротив, сильно расширяется, приспособляясь к увеличивающейся поверхности звезды, температура поверхности звезды падает. Звезда сходит с главной последовательности диаграммы «спектр-светимость» и превращается в красный гигант (Рыжов, В.Н., 2000).

Согласно современным научным представлениям, практически все химические элементы образовались и образуются в результате процессов, происходящих в звездах, что приводит к эволюционным изменениям состояния звезд. Поэтому проблема образования нуклидов тесно связана и с вопросами эволюции звезд.

Таким образом, нуклеосинтез – это совокупность многих сложных процессов может происходить:

- 1) При большом взрыве.
- 2) В звездах, звездных образованиях, взрывах сверхновых звезд, центрах галактик.
- 3) В результате радиоактивного распада радиоактивных химических элементов.
- 4) Некоторые химические элементы образуются в результате взаимодействия космических лучей с межзвездной средой.
- 5) В ударных волнах. Ускорение частиц в космической плазме на фронтах сильных ударных волн при коллапсе звездного облака, взрыве сверхновой, биполярного истечения вещества звезды, взаимодействие протозвездного ветра с веществом аккреционного диска и т. п.
- 6) Нуклеосинтез в сверхновых, порождающих черные дыры и т. п.

Интерес к проблеме нуклеосинтеза не ослабевает. В настоящее время изучаются механизмы формирования изотопной гетерогенности первичного вещества в ударных волнах. Исследование изотопных аномалий и причин изотопной гетерогенности первичного вещества стало актуальнейшей проблемой современной космохимии. Ускорение в ударных волнах приводит к высоким интегральным потокам ядерноактивных частиц, к жесткому энергетическому спектру частиц и к обогащенности спектра тяжелыми ионами. Все это

сказывается на скоростях образования и соотношения изотопов (Фаулер, У.А., 1985; Вассербург, Г.Дж., Папанастасиу, Д.А., 1986; Устинова, Г.К., 1997; 1998; 2002).

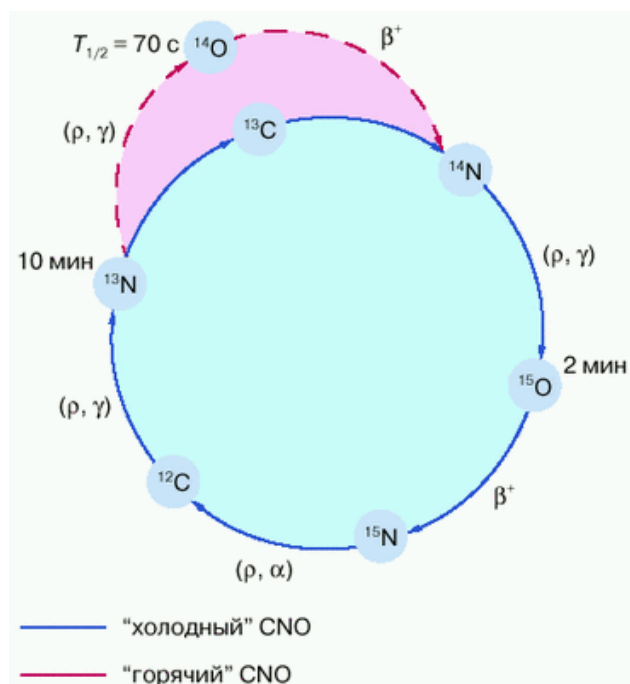


Рисунок 1.3.9 «Холодный» и «горячий» CNO-циклы. Указаны периоды полураспада $T_{1/2}$ для изотопов ^{13}N , ^{14}O , ^{15}O (Пенионжевич, Ю.Э., 1998, <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>)

Средний химический элементарный состав в Земле, метеоритах, Солнце, звездах, в газовых облаках диска Галактики сформировался в результате многих разных событий. Например, при одном и том же среднем «моменте» образования твердого вещества Солнечной системы интервалы его образования по разным изотопам различны, поскольку различны моменты генерации короткоживущих и более долгоживущих изотопов, так как они относятся к разным событиям, происходившим в Солнечной системе: к вспышке последней углеродно-детонационной сверхновой, к одной или нескольким предшествующим вспышкам сильно проэволюционировавших сверхновых, сбросивших свежие продукты (Фаулер, У.А., 1985; Вассербург, Г.Дж., Папанастасиу, Д.А., 1986; Барнс, С.А., 1986; Шуколюков, Ю.А., 1988; Устинова, Г.К., 2002).

Определенный интерес представляет изучение нуклеосинтеза в сверхновых, порождающих черные дыры (astro-ph/0306412 и astro-ph/0306417). Черные дыры образуются из наиболее массивных звезд (с массой выше 20-25 $M_{\odot}$). По своим «внешним» проявлениям такие явления занимают две крайние ниши – сверхновые с медленным вращением коллапсируют «тихо» и выбрасывают малое количество металлов. При быстром вращении черной дыры образуются гиперновые, которые синтезируют много металлов. Наблюдаемое в сверхбедных металлами звездах распределение химических элементов похоже на порождаемое сверхновой с черной дырой и существенно отличаются от того, что дают обычные сверхновые (Nomoto, K., et al, 2003, astro-ph/0306412, обзоры препринтов astro-ph <http://www.astronet.ru/db/msg/1191386>).

В современном виде перечень процессов нуклеосинтеза изотопов химических элементов выглядит следующим образом:

«U: Космологический нуклеосинтез до образования звезд.

H: Горение водорода.

N: Горение водорода при высоких температурах.

He: Горение гелия.

C: Взрывное горение углерода.

O: Взрывное горение кислорода.

Si: Взрывное горение кремния.

NSi: Обогащенное нейтронами горение кремния.

E: Ядерное статистическое равновесие. Нуклиды, образующиеся, когда температура вещества поднимается до значений достаточно высоких для того, чтобы установилось статистическое равновесие между синтезом и распадом атомных ядер.

s: s-Процесс. Продукты медленного захвата нейтронов.

r: r-Процесс. Продукты быстрого захвата нейтронов.

p: p-Процесс. Протонный захват....

X: Дробление космическими лучами. Нуклиды, образующиеся в основном в результате взаимодействия космических лучей с атомными ядрами межзвездной среды» (Ишханов, Б.С., Капитонов, И.М., Тутьин, И.А., 1998; <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuclsynt/index.html#i>).

За последние десятилетия получено много новых фактов удивительной картины астрофизического нуклеосинтеза. Многие фрагменты этой картины еще не закончены, некоторые могут быть неверными, но в основных чертах она убедительна и впоследствии будет оставаться богатейшим запасом знаний о Вселенной (Рыжов, В.Н., 2000).

Механизмы образования изотопов химических элементов неразрывно связаны с механизмами происхождения и эволюции звезд, галактик, Вселенной. Изотопы химических элементов, как и звезды, рождаются, живут и умирают в нейтронных звездах, черных дырах, чтобы вновь возродиться из нейтронного вещества, кварк-глюонной плазмы...на качественно новом уровне.

Итак, очевидно, любые космические объекты Вселенной рождаются (галактики, звезды..., химические элементы), живут и умирают в нейтронных звездах, черных дырах, что бы возродиться вновь. На новом уровне? В новом качестве? В каком?

И, наконец, о бесконечно разнообразных формах материи (барионная, темная материя, энергия). Одним из видов существования обычной материи являются ядра атомов, элементы. Но известно, что окружающий нас мир, в пределах доступного изучению, состоит из ядер атомов, элементов, построенных из одних и тех же составляющих: электронов, протонов, нейтронов. Возможно, существуют ядра атомов, «химических элементов», построенные по другим принципам, из других элементарных частиц (слагаемых), например, мезоатомы, образованные обычными ядрами с вращающимися вокруг них отрицательными мезонами, или антиатомы, то есть такие системы атомов, ядра которых состоят из антипротонов и антинейтронов с вращающимися вокруг них позитронами или положительными мезонами и т. п. Возможность существования подобного рода атомов не отрицается (Семишин, В.И., 1972; Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005). Вселенная, вполне возможно, может состоять из различных типов, построений материи (элементарных частиц, ядер атомов, химических элементов...). Все космологические модели, отражают какие-то законченные, конечные фрагменты существования различных типов материи. Или, может быть правильное, окружающий нас мир состоит из некоторого (бесконечного) количества набора пространств (блоков), характеризующегося определенным типом (видом) материи. Причем, каждое такое пространство «живет» по своим физическим, химическим, биологическим (информационным) законам. Совокупность таких пространств и является Вселенной. Вполне возможно, периодическая система Д.И. Менделеева, являющаяся химической, а сейчас уже не только химической классификацией атомов определенного типа (барионной материи): нейтроно-протоно-электронных, есть ветвь, часть более общего Закона природы (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 68-70).

Глава 2 Химические элементы

2.2 Количественное соотношение устойчивых и неустойчивых изотопов химических элементов

Решение многих теоретических и практических проблем современного естествознания требует изучения вопроса о распространенности химических элементов в природе, то есть знания их количественного содержания и соотношения в биохимических, геохимических, космохимических системах (живая материя, живое вещество, геосферы Земли, объекты Космоса) и биологической роли в животных организмах.

Распространенность химических элементов и их изотопов в окружающем нас мире – один из важнейших параметров среди тех немногих, которыми до настоящего времени располагает ядерная физика. С.И. Вавилов считал, что «есть все основания думать, что такие явления, как знаменитое, красное смещение в спектрах спиральных туманностей, законы распределения химических элементов на Земле и во Вселенной и основные биологические явления видоизменяют в будущем современную физику» (цит. Гаврусевич, Б.А., 1968).

Процесс познания химического элементарного состава окружающей среды можно условно разделить на несколько этапов.

Первый этап – это стихийное, случайное выделение тех или иных химических элементов в чистом виде (металлы – Au, Ag, Cu, Pb, Sn, Fe, Hg, а также неметаллы – S и C), который охватывает период более чем в 10 тысяч лет.

Второй этап, также стихийный, обязан расцвету алхимии в средние века. До 1700 года были извлечены из соединений P, As, Sb, Bi, Zn. Несколько позднее в XVIII веке с развитием металлургии в рудах были обнаружены Pt, Co, Ni.

Третий этап обязан появлению в XVIII – начале XIX века новых методов качественного и количественного анализа, что позволило открыть Mg, Ca, Mn, Ba, Mo, W, Te, U, Zr, Sr, Ti, Cr, Be, Y, Ta, Ce, F, Pd, Rh, Os, Ir, N, O, Cl. Анализ минералов с использованием количественных методов привел к открытию B, Li, Cd, Se, Si, Br, Al, I, La, Nb и др. Освоение методов, связанных с электрическим током, позволило получить K, Na, Mg и др. Метод спектрального анализа (вторая половина XIX века) позволил открыть Cs, Rb, Tl, In и приступить к изучению химического элементарного состава объектов Космоса.

Д.И. Менделеев, создавая классификацию химических элементов, знал свойства 63 химических элементов. После открытия периодического закона в 1869 году, с учетом закономерностей, лежащих в его основе, открыты Ga, Ge, Sc, инертные газы, позднее – редкоземельные элементы – La и его аналоги (лантаноиды).

Четвертый этап связан с открытием явления радиоактивности и выделении новых неизвестных науке радиоактивных природных элементов. В 1911 году Эрнест Резерфорд доказал, что атомы состоят из ядра и окружающих его электронов, причем изменение свойств химических элементов связаны со структурой их электронных оболочек, особенно внешних. Позже обнаружилось, что химический элемент состоит из нескольких сортов атомов – изотопов, отличающихся числом нейтронов в ядре. В 1934 году И. и Ф. Кюри показали, что радиоактивные ядра химических элементов можно получать искусственно, путем их бомбардировки ускоренными тяжелыми элементарными частицами – протонами, нейтронами (Виноградов, А.П., в предисловии к монографии Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968).

В таблице 2.1.1 представлены данные об изотопах химических элементов (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968): в первой колонке Z – атомный номер изотопов химических элементов, во второй колонке представлены первичные устойчивые, стабильные (долгоживущие) изотопы химических элементов, которые содержались в смеси изотопов химических элементов с начала образования Солнечной системы и планеты Земля. Представлен символ изотопа, перед символом вверху приведено массовое число A, в скобках, после символа изотопа, дается доля изотопа в смеси изотопов каждого конкретного химического элемента в процентах. В третьей колонке приведены данные о вторичных неустойчивых (естественных, постоянно

образующихся на планете из других изотопов) изотопах химических элементов вследствие их радиоактивного распада. Для некоторых из них представлен период полураспада изотопов.

Z	Устойчивые изотопы	Вторичные неустойчивые изотопы
1	^1H	^3H [T] $T_{1/2}=12,262$
2	^3He ($1,3 \cdot 10^{-4}\%$), ^4He	
3	^6Li (7,98%), ^7Li	
4	^9Be	
5	^{10}B (от 18,45 до 18,98%), ^{11}B (от 81,02 до 81,55%)	
6	^{12}C , ^{13}C (1,08%)	^{14}C $T_{1/2}=5,73 \cdot 10^3$
7	^{14}N (99,635%), ^{15}N	
8	^{16}O (99,759%), ^{17}O (0,037%), ^{18}O (0,204%)	
9	^{19}F	
10	^{21}Ne , ^{22}Ne , ^{20}Ne (90,92%)	
11	^{23}Na	
12	^{24}Mg (78,70%), $^{25-26}\text{Mg}$	
13	^{27}Al	
14	^{28}Si (92,18%), $^{29-30}\text{Si}$	
15	^{31}P	
16	^{32}S (95,018%), $^{33,34,36}\text{S}$	
17	^{35}Cl (75,53%), ^{37}Cl	$^{36,38,39}\text{Cl}$
18	$^{36,38}\text{Ar}$, ^{40}Ar (99,60%)	
19	^{39}K (93,10%), ^{41}K	
20	^{40}Ca (96,97%), $^{42-44,46,48}\text{Ca}$	
21	^{45}Sc	
22	$^{46-50}\text{Ti}$, ^{48}Ti (73,99%)	
23	^{51}V (99,76%)	
24	$^{50,52}\text{Cr}$ (83,76%), $^{53,54}\text{Cr}$	
25	^{55}Mn	
26	$^{54,56}\text{Fe}$ (91,66%), $^{57,58}\text{Fe}$	
27	^{59}Co	
28	^{58}Ni (67,88%), $^{60,61,62,64}\text{Ni}$	
29	^{63}Cu (69,09%), ^{65}Cu	
30	^{64}Zn (48,89%), $^{66,67,68,70}\text{Zn}$	
31	^{69}Ga (60,2%), ^{71}Ga	
32	5; $A=70 \div 76$, ^{74}Ge (36,74%)	
33	^{75}As	
34	6; A от 72 до 82, ^{80}Se (49,82%)	
35	^{79}Br (50,5%), ^{81}Br	
36	$^{78,80,82,83,84}\text{Kr}$ (56,90%), ^{86}Kr	^{85}Kr (?)
37	^{85}Rb (72,15%)	
38	$^{84,86,88}\text{Sr}$ (82,56%)	^{87}Sr (?)
39	^{89}Y	
40	^{90}Zr (51,46%), $^{91,92,94,96}\text{Zr}$	
41	^{93}Nb	
42	7; A от 92 до 100, ^{98}Mo (23,75%)	

Z	Устойчивые изотопы	Вторичные неустойчивые изотопы
43		$^{99}\text{Tc}(\sim 3 \cdot 10^{-13} \text{ г Тс/г})$
44	5[?]; А от 96 до 104, ^{102}Ru (31,63%)	
45	^{103}Rh	
46	6; А от 102 до 110; ^{105}Pd (22,8%), ^{106}Pd (27,2%), ^{108}Pd (26,8%)	
47	^{107}Ag (51,35%), ^{109}Ag	
48	6; А от 106 до 116, ^{112}Cd (24,07%), ^{114}Cd (28,86%)	
49	^{113}In (4,28%)	
50	10; А от 112 до 124, ^{120}Sn (32,97%)	
51	^{121}Sb (57,25%)	
52	7; $^{120,122,124-126,128}\text{Te}$, ^{130}Te (34,39%)	
53	^{127}I	^{129}I
54	9; А от 124 до 136, ^{129}Xe (26,44%), ^{131}Xe (21,18%), ^{132}Xe (26,89%)	
55	^{133}Cs	
56	7; А от 130 до 138, ^{138}Ba (71,66%)	
57	^{139}La (99,911%)	
58	$^{136,138}\text{Ce}$, ^{140}Ce (88,48%)	
59	^{141}Pr	
60	6; $^{142,143,145,146,148,150}\text{Nd}$	
61		$^{147,149}\text{Pm}$
62	8; $^{140,142,144,148-150,152}\text{Sm}$ (26,63%), ^{154}Sm (22,53%)	
63	^{151}Eu (47,77%), ^{153}Eu	
64	6; А от 153 до 160, ^{156}Gd (20,47%), ^{158}Gd (24,87%), ^{160}Gd (21,90%)	
65	^{159}Tb	
66	7; А от 156 до 164, ^{162}Dy (25,53%), ^{163}Dy (24,97%), ^{164}Dy (28,18%)	
67	^{165}Ho	
68	7; А от 162 до 170, ^{166}Er (33,41%), ^{167}Er (22,94%), ^{168}Er (22,07%)	
70	7; А от 168 до 176, ^{174}Yb (31,84%)	
71	^{175}Lu (97,40%)	
72	5; А от 174 до 180, ^{180}Hf (35,22%)	
73	^{181}Ta (99,9877%)	
74	5; А от 180 до 186, ^{184}W (30,6%), ^{186}W (28,4%)	
75	^{185}Re	
76	7; А от 184 до 192, ^{192}Os (41%)	$^{187}\text{Os } T_{1/2}=3 \cdot 10^{10}$
77	^{191}Ir (38,5%), ^{193}Ir	
78	4; А от 191 до 198, ^{194}Pt (32,8%), ^{195}Pt (33,7%)	
79	^{197}Au	
80	7; А от 196 до 204, ^{202}Hg (29,80%)	$^{206}\text{Hg } T_{1/2}=8,6 \text{ мин}$
81	^{203}Tl , ^{205}Tl (70,50%)	

Z	Устойчивые изотопы	Вторичные неустойчивые изотопы
82		^{209-212,214} Pb
83		^{210-212,214} Bi
84		^{210-212,214-216,218} Po
85		^{215,218,219} At
86		^{219,220,222} Rn
87		²²³ Fr
88		^{223,224,226,228} Ra
89		^{227,228} Ac
90		^{227,228,230,231,234} Th
91		^{231,234} Pa
92		
93		$T_{1/2}=2,2 \cdot 10^6 \rightarrow ^{237}\text{Np}$ $T_{1/2}=10^{18}, ^{239}\text{Np}$
94		²³⁹ Pu

Таблица 2.1.1 Устойчивые и вторичные неустойчивые изотопы химических элементов (часть таблиц, схем, рисунков и некоторые расчеты сделаны Соковым, А.Л.)

Имеют устойчивые первичные изотопы химические элементы с Z от 1 до 81 включительно (таллий) всего 79 элементов. Не имеют устойчивые изотопы химические элементы с Z 43 и 61 (технеций и прометий). По одному устойчивому изотопу имеют химические элементы: ¹H, ⁹Be, ¹⁹F, ²³Na, ²⁷Al, ³¹P, ⁴⁵Sc, ⁵¹V, ⁵⁵Mn, ⁵⁹Co, ⁷⁵As, ⁸⁵Rb, ⁸⁹Y, ⁹⁵Nb, ¹⁰³Rh, ¹¹³In, ¹²¹Sb, ¹²⁷I, ¹³³Cs, ¹³⁹La, ¹⁴¹Pr, ¹⁵⁹Tb, ¹⁶⁵Ho, ¹⁶⁹Tm, ¹⁷⁵Lu, ¹⁸¹Ta, ¹⁸⁵Re, ¹⁹⁷Au, причем некоторые из них в смеси изотопов химических элементов имеют долю несколько процентов. Все эти изотопы имеют нечетное массовое число. Например, ¹¹³In, устойчивый изотоп в смеси двух естественных изотопов имеет долю 4,28 %, а 95,72 % приходится на долю радиоактивного ¹¹⁵In с $T_{1/2} = 5,2 \cdot 10^{10}$ лет. Остальные (четные) химические элементы представлены на планете двумя и более устойчивыми изотопами. Максимальное количество устойчивых изотопов имеет олово – 10, с A от 112 до 124, причем доля самого распространенного изотопа олова ¹²⁰Sn составляет лишь 32,97 % от общей смеси устойчивых изотопов олова.

Вторичные неустойчивые изотопы постоянно образуются на планете или вследствие действия космических лучей на изотопы других химических элементов, или вследствие радиоактивного распада присутствующих на планете других радиоактивных изотопов химических элементов (в настоящее время и искусственных радиоактивных элементов), или радиоактивного распада естественных (природных) радиоактивных семейств: ⁹⁰Th²³²; ⁹²U²³⁸; ⁹²U²³⁵; ⁹³Np²³⁷.

В таблице 2.1.2 (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968) представлены естественные, первичные, то есть существовавшие в момент образования Солнца и планетарной системы, неустойчивые, то есть радиоактивные изотопы. В первой колонке таблицы приведены атомные номера химических элементов – Z, во второй колонке представлены «вымершие» изотопы химических элементов: символ химического элемента, перед символом вверху массовое число изотопа – A, после символа – период полураспада в количестве лет. В третьей колонке представлены естественные неустойчивые изотопы: символ химического элемента, перед символом – массовое число A, после символа в скобках даются количественная распространенность изотопа и его период полураспада в количестве лет. В следующей, четвертой колонке представлены, вероятно (возможно), неустойчивые естественные изотопы, символ изотопа,

массовое число, его количественная распространенность (если об этом есть данные) и период полураспада в количестве лет.

Z	Вымершие	«Неустойчивые»	Вероятно неустойчивые
1		$^2\text{H}[\text{D}]$ (0,015% в обычной воде)	
17	^{36}Cl ; $T_{1/2}=3,08 \cdot 10^5$		
19		^{40}K (0,0118%); $T_{1/2}=1,25 \cdot 10^9$	
23		^{50}V (0,24%); $T_{1/2}=1 \cdot 10^{15}$	
26	^{60}Fe ; $T_{1/2}=3 \cdot 10^5$		
37		^{87}Rb (27,85%); $T_{1/2}=5,2 \cdot 10^{10}$	
46	^{107}Pd ; $T_{1/2}=7,5 \cdot 10^6$		
48			^{106}Cd ; $T_{1/2}>10^{16}$ - ^{107}Cd ; $T_{1/2}>10^{16}$ - ^{116}Cd ; $T_{1/2}>10^{16}$ - ^{107}Cd
49		^{115}In (95,72%); $T_{1/2}=6,9 \cdot 10^{14}$	
51			^{123}Sb (42,75%); $T_{1/2}\leq 9 \cdot 10^{14}$
52			^{123}Te ; $T_{1/2}=1,2 \cdot 10^{13}$
53	^{129}I ; $T_{1/2}=1,7 \cdot 10^7$		
57		^{138}La (0,089%); $T_{1/2}=1 \cdot 10^{11}$	
58			^{142}Ce (11,07%); $T_{1/2}=5 \cdot 10^{15}$
60		^{144}Nd (23,87%); $T_{1/2}=2 \cdot 10^{15}$	
62		^{147}Sm (5,07%); $T_{1/2}=1,05 \cdot 10^{11}$	
64			^{152}Gd (0,2%); $T_{1/2}=1,08 \cdot 10^{14}$
71		^{176}Lu (2,6%); $T_{1/2}=3,6 \cdot 10^{10}$	
72			^{147}Hf (0,163%); $T_{1/2}=2 \cdot 10^{15}$
73			^{180}Ta (0,0123%); $T_{1/2}\geq 2 \cdot 10^{13}$
74			^{178}W ; $T_{1/2}=6 \cdot 10^8$

75		^{187}Re (62,93%); $T_{1/2}=4\cdot 10^{12}$	
78		^{190}Pt (0,012%); $T_{1/2}=5,9\cdot 10^{11}$	^{192}Pt (0,78%); $T_{1/2}\sim 10^{15}$
82			^{204}Pb (1,48%); $T_{1/2}=1,4\cdot 10^{17}$
83			^{209}Bi ; $T_{1/2}=2\cdot 10^{17}$
90		^{232}Th (~100%); $T_{1/2}=1,4\cdot 10^{10}$	
92		^{234}U (0,0058%); $T_{1/2}=8\cdot 10^5$	
		^{235}U (0,0714%); $T_{1/2}=7,13\cdot 10^8$	
		^{238}U (99,28%); $T_{1/2}=4,5\cdot 10^9$	
93		^{237}Np ; $T_{1/2}=2,2\cdot 10^6$	
94	^{244}Pu ; $T_{1/2}=7,6\cdot 10^7$		
96	^{247}Cm (?)	^{247}Cm ; $T_{1/2}\geq 10^7$	
98	^{254}Cf (?)		

Таблица 2.1.2 Естественные радиоактивные изотопы

Итак (таблицы 2.1.1 и 2.1.2), в смеси естественных первичных изотопов, обнаруживаемых в Солнечной системе, имеется и, вероятно, 13 неустойчивых изотопов, представителей 12 химических элементов, но которые возможно могут быть и устойчивыми изотопами химических элементов. Кроме этого, в процессе эволюции изотопного состава Солнечной системы и планет Солнечной системы, появились устойчивые вторичные изотопы химических элементов, например, изотопы свинца. Природный свинец состоит из четырех изотопов с массовыми числами 204 (1,48 %), 206 (23,6 %), 207 (22,6 %), 208 (52,3 %). Последний изотоп имеет два магических числа: $Z = 82$; $N = 126$. Вероятно, что первый из этих изотопов является α -излучателем с исключительно большим периодом полураспада ($1,7\cdot 10^{17}$ лет, см. таблицу 2.1.2). В радиоактивных рудах три других изотопа радиогенного происхождения являются конечными продуктами распада трех естественных радиоактивных семейств: $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$, $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$. Конечным продуктом четвертого радиоактивного семейства ^{237}Np является ^{209}Bi (Кондрашов, А., 2002, с. 77).

Если предположить, что весь земной свинец с массовыми числами 206, 207, 208 радиогенного происхождения, то можно, измерив, относительные количества этих изотопов, установить возраст планеты. Возраст Земли, рассчитанный по этому методу, равен $\sim 5\cdot 10^9$ лет (Гайсинский М., Адлов Ж., 1968, с. 162).

М. Гайсинский, Ж. Адлов (1968) приводят в своем справочнике данные по радиоактивным изотопам и изомерам на январь 1967 года и более поздним. В то время было известно около 1500 изотопов химических элементов 104 химических элементов (в предисловии к русскому

изданию справочника, Виноградов, А.П., 1968, с. 5). Изомеры с периодом полураспада менее миллисекунды в справочнике М. Гайсинский, Ж. Адлов (1968) не приведены. В анализе, таблицах 2.1.1 и 2.1.2 использованы сведения только о природных изотопах химических элементах. Всего в этом справочном издании приведены примерные, ориентировочные сведения в сумме об естественных и искусственных стабильных и радиоактивных ~ 1786 изотопах химических элементов.

Химический элемент	Нестабильный изотоп	Содержание от общего (%)	Содержание в породах (г/г)	Преобразование (β) или распад (α)	Период полураспада (Т-лет)	Продукт превращения
Углерод	C ¹¹ и C ¹⁴	-	-	α	20,3м-5730л	Be ⁷ , C ¹²
Алюминий	Al ²⁶	?	0,0001	β	7,4·10 ¹² л	Mg ²⁶ , Si ²⁶
Магний	Mg ²⁵	-	-	α	21ч	Al ²⁵ , Mg ²⁶
Фосфор	P ³² и P ³³	-	-	β	14м-25л	S ³² , Cl ³³
Калий	K ⁴⁰	0,47	117,0	β, К	1,4·10 ⁹ л	Ca ⁴⁰ , Ar ⁴⁰
Титан	Ti ⁴⁴	-	0,0014	α	47л	Sc ⁴³
Ванадий	V ⁵⁰	0,25	0,075	β, К	6,0·10 ¹² л	Cr ⁵⁰ , Ti ⁵⁰
Цинк	Zn ⁶³	0,001	?	β	245л	Cu ⁶³
Селен	Se ⁷⁵	-	-	β	118,5л	As ⁷⁵ , Br ⁷⁵
Рубидий	Rb ⁸⁷	27,83	42,0	β	4,8·10 ¹⁰ л	Sr ⁸⁷
Серебро	Ag ¹⁰⁸ и Ag ¹¹¹	-	-	β	250м-7,5л	Cd ¹⁰⁸ , Cd ¹¹¹
Кадмий	Cd ¹⁰⁹ и Cd ¹¹³	0,04	-	β	462л и 44л	Ag ¹⁰⁹
Индий	In ¹¹³	95,70	0,13	β	7,0·10 ¹⁴ л	Cd ¹¹³
Теллур	Te ¹²³	0,908	0,00001	К, β	1,2·10 ¹² л	Sb ¹²³
Лантан	La ¹³⁸	0,089	0,02	β, К	1,0·10 ¹¹ л	Ba ¹³⁸ и Ce ¹³⁸
Церий	Ce ¹⁴²	11,07	7,5	α	5,0·10 ¹⁶ л	Ba ¹³⁸
Неодим	Nd ¹⁴⁴	23,87	9,0	α	5,0·10 ¹² л	Ce ¹⁴⁰
Самарий	Sm ¹⁴⁷	26,70	2,0	α	3,0·10 ¹¹ л	Nd ¹⁴³
Гадолиний	Gd ¹⁵²	0,20	0,015	α	1,0·10 ¹⁴ л	Sm ¹⁴⁸
Гафний	Hf ¹⁸⁰	0,162	0,0017	α	4,3·10 ¹² л	Y ¹⁷⁶
Лютеций	Lu ¹⁷⁶	2,60	0,002	β	5,0·10 ¹⁰ л	Hf ¹⁷⁶
Рений	Re ¹⁸⁷	62,93	0,0004	β	4,3·10 ¹⁰ л	Os ¹⁸⁷
Платина	Pt ¹⁹¹	0,003	?	α	3,0л	Os ¹⁸⁷
Ртуть	Hg ¹⁹⁶ и Hg ²⁰³	0,004 и 0,0006	-	β	64ч и 46 ч	Au ¹⁹⁷ и Tl ²⁰³
Примечание: М – изотоп в изотопах; д – дней; л – лет; ч – часов; м – минут в «Т»						

Таблица 2.1.3 Данные по распределению и превращениям наиболее активных нестабильных изотопов химических элементов в природных системах (Бадалов, С.Т., 2007)

Значительную часть естественных первичных изотопов Солнечной системы составляли первичные неустойчивые изотопы, часть из которых «вымерла», и, наконец, в течение всего эволюционного периода смеси ядер атомов постоянно с определенной частотой возникают

вторичные неустойчивые изотопы, которые затем с определенной скоростью превращаются в другие неустойчивые и устойчивые (долгоживущие) формы ядер.

С.Т. Бадалов (2006; 2007) приводит иные, отличные от данных М. Гайсинского, Ж. Адлова (1968) показатели соотношений, существующих в природе, изотопов химических элементов. С.Т. Бадалов считает, что все «превращения нестабильных изотопов одних элементов в изотопы других элементов, почти независимо от их атомных масс, являются основополагающим доказательством того, что фактически все химические элементы со всеми их стабильными и, особенно, нестабильными изотопами, представляют собой генетически единое семейство элементов через очень тесно взаимосвязанных между собой изотопов. Общее количество нестабильных изотопов только у стабильных элементов достигает более 600» (Бадалов, С.Т., 2007).

Все взаимопревращения нестабильных изотопов могут происходить и происходят в природных системах, в том числе и в живом веществе (таблица 2.1.3). В организме человека происходят следующие превращения: Na^{14} в C^{12} , C^{13} , C^{14} ; K^{40} в Ca^{40} ; P^{32} в S^{32} ; Fe^{59} в Co^{59} ; S^{35} в Cl^{35} ; Zn^{65} в Cu^{65} ; Rb^{87} в Sr^{87} ; Re^{187} в Os^{187} и др. (Бадалов, С.Т., 2007).

Это относится и к химическим элементам – моноизотопам, у каждого из которых много нестабильных короткоживущих изотопов. К моноизотопам относятся: F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Au, Bi, Pr, Pm, Tb, Ho, Tm – всего 20 (Бадалов, С.Т., 2007).

И далее С.Т. Бадалов приводит результаты собственных расчетов:

«Нестабильные изотопы элементов с их превращениями имеют особое значение в жизнедеятельности живой материи в связи с чем приводим некоторые наиболее интересные данные об их распределении среди элементов (массы изотопов):

По одному нестабильному изотопу имеется у следующих 18 элементов: H – 3; F – 18; Al – 26; Mg – 28; Si – 32; S – 35; Cl – 35; Ti – 44; Cr – 57; Se – 75; Kr – 85; Rh – 105; La – 137; Dy – 154; Ho – 166; Tm – 170; Ta – 182 и Ir – 192.

По два нестабильных изотопа у 21 элемента: Be – 7; C – 11, 14; Na – 22, 24; P – 32, 33; Ar – 37, 39; Ca – 45, 47; Cu – 64, 67; Zn – 65, 69; Br – 77, 82; Rb – 85, 86; Y – 88, 90; Pd – 103, 108; Ag – 110, 111; Xe – 127, 133; Nd – 144, 147; Er – 169, 171; Yb – 169, 175; Lu – 176, 177; W – 185, 187; Hg – 197, 203 и Tl – 203, 205.

По три нестабильных изотопа у 17 элементов: O – 15, 19, 29; Sc – 44, 46, 47; Mn – 53, 54, 56; Ga – 68, 71, 77; Ge – 68, 71, 74; As – 73, 74, 76; Zr – 95, 96, 97; Ru – 97, 103, 106; Cd – 109, 115, 115m; In – 111, 113, 114; Sb – 122, 124, 125; Ba – 133, 135, 140; Cs – 134, 135, 137; Os – 185, 186, 191; Re – 186, 187, 188; Au – 195, 198, 199; Pb – 205, 210, 214.

По четыре нестабильных изотопа у 9 элементов: B – 8, 9, 12, 13; Fe – 52, 55, 59, 60; Co – 56, 57, 58, 60; Sr – 82, 85, 89, 90; I – 123, 125, 129, 131; Ce – 139, 141, 143, 144; Gd – 152, 153, 159, 161; Hf – 172, 175, 181, 182; Pt – 190, 192, 195, 187.

Пять нестабильных изотопов только у Bi – 206, 207, 208, 210 и 210m.

Семь нестабильных у Ni – 56, 57, 59, 63, 65, 66 и 67.

По восемь и более нестабильных изотопов у: V их 8; Sn их 10; Mo их 11; у Te, Sm, и Eu более 10; Nb их 14; K их 11; Pr их 14; Tb – более 15.

Таким образом, только у 77 учтенных стабильных химических элементов, имеющих нестабильные изотопы, оказалось около 300 нестабильных изотопов, каждый из которых способен в живом веществе, в т.ч. в организме человека, к превращениям в изотопы других элементов, которые по своим массам обычно изобарны создавшим их» (Бадалов, С.Т., 2007).

По С.Т. Бадалову (2006) по данным литературы известен «81 стабильный химический элемент (из 83 – от H до Bi) в земных условиях представлены 451 изотопом, из которых 180 способны превращаться в изотопы других элементов». По данным М. Гайсинского и Ж. Адлова (1968) из первых по Z от 1 до 81 химического элемента всего 79 первичных стабильных химических элементов. Химический элемент Z = 82 (Pb) состоит из вторичных природных изотопов. Висмут-209 (Z = 83) некоторые исследователи относят к стабильным изотопам, радиоактивен, его период полураспада велик и равен $1 \cdot 10^{17}$ лет (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968; <http://www.alhimikov.net/element/Bi.html>).

В костной и живой материи имеется три природных изотопа углерода ^{12}C ; ^{13}C ; ^{14}C . Э.М. Галимов считает, что внутри организмов белки, жиры, углеводы различаются (по соотношению $^{12}\text{C} : ^{13}\text{C} : ^{14}\text{C}$) по изотопному составу, то есть происходит фракционирование изотопов углерода (Майшев, А., 2007). Удельная активность углерода-14 равна 15,3 распад/(мин·г) (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 190). В человеке весом 70 кг содержится 12600 грамм углерода (МКРЗ), то есть количество распадов ^{14}C в «стандартном» человеке за одну минуту равно 192780. За час в организме «стандартного» человека в углеродосодержащих тканях происходит $\sim 1,16 \cdot 10^7$, за сутки $\sim 2,8 \cdot 10^8$, за год $\sim 1,0 \cdot 10^{11}$ распадов, только по углероду-14, а с учетом всех естественных радиоактивных изотопов химических элементов, содержащихся в тканях человека, значительно больше.

По расчетам С.Т. Бадалова все нестабильные изотопы химических элементов в сумме в организме человека дают более 500000 распадов и превращений в минуту (Бадалов, С.Т., 2006). Следует отметить, 4-5 млрд. лет назад концентрация некоторых радиоактивных изотопов была в десятки и сотни ... раз выше, чем в настоящее время (Бадалов, С.Т., 2006).

Очевидно, часть вновь возникающих изотопов химических элементов, в том числе и стабильных, может быть полезной для животного организма. Фактически, часть изотопов химических элементов, необходимых для жизнедеятельности, не только поступает извне, но образуется в организме вследствие процессов превращений и взаимопревращений нестабильных изотопов химических элементов уже поступивших в организм (Бадалов, С.Т., 2007).

С учетом радиоактивности изотопов химических элементов функционируют все ферментативные, гормональные структуры и, собственно, исходя из этого, построен весь метаболизм живого на планете.

Таким образом, окружающий нас мир (в том числе живое вещество, животные организмы, человек) состоит из природной, динамически развивающейся (или «умирающей») смеси разнообразных ядер: устойчивые, стабильные (скорее долгоживущие) изотопы химических элементов, всего примерно 267; вероятно неустойчивые, всего примерно 13; первично-неустойчивые изотопы химических элементов, всего примерно 16; вторично-неустойчивые постоянно образующиеся на планете изотопы химических элементов, всего примерно 50; и, конечно, изотопы, которые образуются в результате распада «вторичных» неустойчивых ядер химических элементов, количество которых очень велико и в нашем анализе не учитывается. То есть, в природе в настоящее время существуют, без учета постоянно образующихся изотопов вследствие распада естественных «вторичных» неустойчивых изотопов, всего примерно 346 естественных изотопов химических элементов (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968), а с учетом данных, приводимых С.Т. Бадаловым (2006; 2007), их значительно больше. Так какое же количество природных изотопов химических элементов и химических элементов находится на нашей планете? Таблицу Д.И. Менделеева замыкает 92 химический элемент – уран? Существование $Z = 93$ химического элемента Np маловероятно. Однако следы ^{237}Np найдены в некоторых урановых рудах ($2 \cdot 10^{-12}$ г на 1 г руды), где он образуется под действием нейтронов на ^{238}U : $^{238}\text{U} (n, 2n) ^{237}\text{U} \beta^- \rightarrow ^{237}\text{Np}$. Это справедливо и для ^{239}Np , который образуется при β^- -распаде ^{239}U (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 122). В следовых количествах определяется ^{239}Pu , $Z = 94$ ($3 \div 20$) $\cdot 10^{-12}$ г на грамм урана в урановой смолке и монацитах из разных источников. Весьма вероятно плутоний образуется при захвате нейтронов $^{238}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np}$ и последующем β^- -распаде ^{239}Np (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 139). Изотоп ^{247}Cm имеет период полураспада несколько больший 10^7 лет, и его присутствие в земной коре, как считают, подтверждает сопоставимый по величине возраст Земли. Следы кюрия открыты в некоторых радиоактивных рудах... (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 97).

То есть, эти ~ 346 естественных природных изотопов химических элементов являются представителями химических элементов, имеющих Z от 1 до 94, но могут быть обнаружены на планете следы $Z = 95$, ^{243}Am ; $Z = 96$, ^{247}Cm ; $Z = 98$, ^{254}Cf и, может быть, многих других (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 97).

Теоретически допускается существование 250, 282, 300... естественных природных стабильных изотопов из более чем 3000 нуклидов, известных науке. Допускается также, что число разновидностей изотопов, способных к существованию, может достигать порядка 6000 (<http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=634542>; <http://www.chem100.ru/text.php?t=1857>; ru.wikipedia.org/wiki/Радиоактивные_изотопы Радиоактивные изотопы – Википедия).

Итак, происхождение живого возможно благодаря той потенциальной энергии, которая была получена химическими элементами в момент их образования, а эволюция живого идет параллельно формированию и эволюции изотопного химического состава планеты Земля и Солнечной системы (см. ниже периоды химической и биологической эволюции).

Вполне вероятно, само происхождение и последующая эволюция живого возможна не только вследствие эволюции ядер изотопов химических элементов в окружающей среде, но и вследствие взаимопревращений их в живом. Это взаимозависимые (синергетические) процессы. А, исходя из второго закона термодинамики (процессов дивергенции и диссипации материи по стреле времени и необратимости этих процессов) можно сделать вывод: все известные на сегодняшний день изотопы химических элементов являются нестабильными, временными во Вселенной, как и сама Вселенная в той форме, в какой мы ее наблюдаем.

2.2 Краткая характеристика физических, физико-химических, химических свойств химических элементов

Каждый химический элемент, в схеме периодической системы, представлен совокупностью изотопов, которая обладает именным набором физико-химических свойств. Изменение свойств (совокупности физико-химических констант) происходит скачкообразно, что приводит к появлению совокупности изотопов другого элемента, при этом, естественно, скачкообразно изменяются «именные» физико-химические свойства сообщества изотопов, представляющих определенный химический элемент.

Эти группы изотопов одного элемента и его разнообразных химических соединений взаимодействуют с группами изотопов других элементов и их соединений. При этом, в каждой совокупности изотопов, есть доминирующий изотоп, например, среди изотопов водорода – это протий, углерода – это ^{12}C (98 %), серы – это ^{32}S (95 %), железа – это ^{56}Fe (91,66 %) и так далее, это изотопы – доминанты.

Изотопы – доминанты преобладают в различных биохимических соединениях количественно, и только, хотя, вероятно, должны быть различия между химическими соединениями изотопов одного и того же химического элемента. Отсюда белки и белковоподобные соединения самоорганизуются из сообществ изотопов шести химических элементов, взаимодействуют со стабильными изотопами химических элементов на принципах статистической, вероятностной основе. При этом строго сохраняются индивидуальные, информационные характеристики каждой отдельной ячейки, совокупности изотопов, того или иного элемента. То есть, мы оперируем усредненными данными на один химический элемент, той или иной ячейки периодической системы.

Химические элементы в каждой клетке (ячейке) периодической системы, за редким исключением, представлены совокупностью изотопов. Изотопы одного химического элемента имеют небольшие различия в физических, физико-химических свойствах, которые называют изотопными эффектами. Например, атомные веса изотопов водорода различны и равны: $\text{H} = 1,007826$ Да, $\text{D} = 2,014083$ Да, $\text{T} = 3,016026$ Да, различны и потенциалы ионизации $\text{H} < \text{D} < \text{T}$, температура плавления, кипения и т.д.

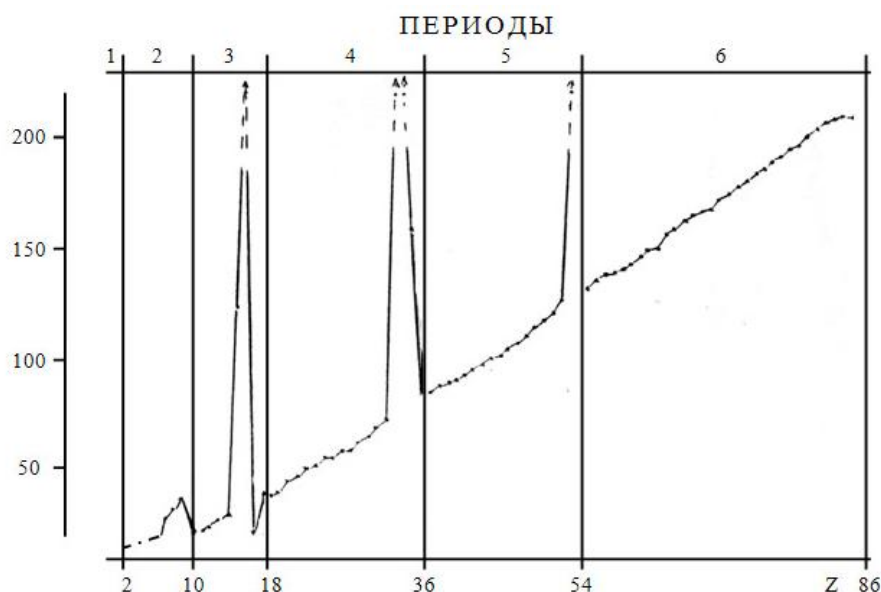


Рисунок 2.2.1 Молекулярный вес (дальтон)

Каждый элемент обладает именным набором физико-химических свойств. Изменение свойств (совокупности физико-химических констант) происходит скачкообразно, что приводит

к появлению новой совокупности изотопов другого элемента, при этом, естественно, скачкообразно изменяются «именные» физико-химические свойства сообщества изотопов, представляющих этот элемент.

Вероятно, биологические системы способны различать изотопы химического элемента. Так изотопный состав природной серы изменяется в зависимости от природы и происхождения образца. Изменение отношения $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ может достигать 8 %, наименьшие величины наблюдались для сульфатов, а наибольшие для сульфидов осадочного происхождения, природной серы, сероводорода и органической серы. Это изотопное фракционирование объясняется бактериальным восстановлением сульфатов и обменными реакциями. В метеоритах изотопный состав серы постоянный (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968).

В основе классификации химических элементов периодической системы лежат характеристики, вытекающие из самой природы химического элемента, фундаментального свойства – положительного заряда – числа Мозли. Элементы в периодической системе расположены в порядке возрастания заряда ядра атома на единицу слева направо. Численно заряд ядра совпадает с порядковым номером химического элемента.

Атомные и молекулярные веса элементов изменяются, нарастают слева направо, также как и порядковый номер. Если порядковый номер химических элементов увеличивается последовательно на одну единицу, то интенсивность изменения молекулярного веса химических элементов примерно в 2,5 раза выше. В общем, заряды ядер, порядковые номера, атомные и молекулярные веса химических элементов изменяются не периодически, а линейно. Заряд ядра, его масса определяет последовательность расположения химических элементов в периодической системе

Периодические свойства химических элементов связаны с электронной оболочечной структурой атома. Известно, что электроны, количество которых в нейтральном атоме равно числу протонов, порядковому номеру, расположены в атоме послойно. Число слоев – это число периодов, в периодической системе которых, как известно, семь. Слой или уровень определяется расстоянием электрона от ядра атома, а также энергией связи, сопряженно-связанной с расстоянием. Уровень, на котором располагается электрон, обозначают главным квантовым числом n , имеющим значения 1, 2, 3, 4,... или буквенные обозначения K, L, M, N... Энергетические уровни распределяются на подуровни, и электроны одного уровня расположены на разных подуровнях, число которых равно номеру уровня. То есть первый уровень включает один подуровень, второй – два, третий – три, четвертый – четыре и т. д. Каждому подуровню отвечает определенное значение орбитального квантового числа $l = 0, 1, 2, 3, \dots, (n - 1)$. Физический смысл этого квантового числа заключается в том, что движущийся вокруг ядра электрон создает орбитальный механический момент, возможные значения которого и определяются величинами l . Обычно вместо числовых значений l используют буквенные обозначения, так $l = 0$ обозначается буквой s, $l = 1$ – буквой p, $l = 2$ – буквой d, $l = 3$ – буквой f... (Яворский, Б.М., Детлаф, А.А., 1968).

Все объекты химии – атомы, молекулы, ионы и т.д. – являются квантовыми объектами. Главное в химии химическая реакция – это тоже квантовое событие.

Физический фундамент химии – три основных элемента квантовой механики:

1) понятие волновой функции электрона как распределенного в пространстве и времени заряда и спина (углового момента);

2) принцип Паули, «организующий» электроны по энергетическим уровням и спиновым состояниям, «рассаживающий» электроны по их собственным орбиталям (волновым функциям);

3) уравнение Шредингера как квантовый наследник уравнений классической механики.

Эти три элемента преобразовали периодическую таблицу Менделеева – в Периодический закон. В таблице химические элементы располагаются в порядке по массам атомных ядер, Периодический закон управляет заполнением электронных оболочек в ряду элементов, он диктует химическое поведение атомов, из него следует вся теория химического строения вещества.

Уравнение Шредингера – ключ всей химии. Уравнение имеет вид:

$$H\Psi = E\Psi, (1)$$

где H есть оператор энергии

$$H = p^2/2m + e^2/r, (2)$$

который включает кинетическую энергию электрона $p^2/2m$ (p – импульс, m – масса электрона) и его потенциальную энергию e^2/r (e – заряд электрона и протона, r – электрон-протонное расстояние).

Функции $\Psi(r)$ есть водородные волновые функции; это базовые атомные орбитали – из них составлены электронные оболочки всех атомов и молекул, всех химических частиц, всего химического мира (а значит, и мира вообще).

Этих функций всего 16: одна s -орбиталь, три p -орбитали, пять d -орбиталей и семь f -орбиталей. Из 16 простых атомных орбиталей – химических нот – сотворена, построена вся химическая архитектура мира. Химия – это «16-нотная музыка» (Бучаченко, Л.П., 2001).

В уравнениях (1) и (2) потенциальная энергия электрон-протонной химической системы включает единственное взаимодействие – кулоновское.

Волновые функции (атомные орбитали) получены из уравнения Шредингера с кулоновским потенциалом. И отсюда следуют сразу два фундаментальных вывода.

Во-первых, уравнение Шредингера правильно описывает химический мир.

Во-вторых, экспериментальное доказательство точности атомных базисных орбиталей – это надежное доказательство, что в химии работает только кулоновское взаимодействие. Из этой кулоновской единственности, рождается богатство химических связей (ионные, ковалентные, донорно-акцепторные, водородные, металлические, вандерваальсовы и т.д.), богатство химических частиц (атомы, ионы, карбены, эксимеры, ридберги, эксиплексы, молекулярные сэндвичи, вандерваальсовы молекулы, кластеры, радикалы и др.), богатство механизмов реакций (ионные, молекулярные, нуклеофильные, электрофильные, радикальные, цепные, разветвленно-цепные и т.д.), богатство химических состояний (молекулярных, зарядовых, спиновых состояний, различающихся по электронной и ядерной симметрии, и т.д.).

В кулоновском взаимодействии электрон-электрон есть часть, зависящая от электронного спина (она следует из антисимметрии полной волновой функции по принципу Паули, ибо электроны являются фермионами). Эта часть кулоновской энергии называется обменной энергией; она выстраивает угловые моменты (спины) электронов и создает ферромагнетизм, на котором построены ферромагнитные вещества – без них не обходятся радио, телевидение, связь, они в основе производства стиральных машин, лифтов, компьютеров и прочих бесчисленных благ цивилизации. Можно образно сказать, что если химический мир построен «на Кулоне», то цивилизация держится «на Паули» (Бучаченко, Л.П., 2001).

Итак, кроме главного и орбитального квантовых чисел характер движения электронов в атоме определяется магнитным и спиновым квантовыми числами. Магнитное квантовое число m принимает целостные значения: $0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$. Эти значения определяют ориентацию орбиталей в пространстве, их число на данном орбитальном подуровне E_{nl} и магнитный энергетический подуровень E_{nlm} . Спиновое квантовое число s принимает два значения: $+\frac{1}{2}$ и

$-\frac{1}{2}$, характеризует собственное вращательное движение электрона. Четыре квантовых числа n, l, m, s характеризуют различные типы пространственного квантования при движении одного электрона в атоме и определяют соответствующие квантовые энергетические уровни.

Периодически изменяющиеся свойства химических элементов связаны с поведением электронов, расположенных на внешних оболочках, то есть валентных электронов. Строение электронных оболочек, их энергия определяют химические и физические свойства, поведение химических элементов в различных системах. Если валентные электроны химических элементов располагаются на s -подуровне, их относят к s -семейству (блоку) химических элементов или называют s -элементами, если валентные электроны располагаются на p -

подуровне, то эти химические элементы относят к р-элементам или называют элементами р-семейства (блока) и т.д.

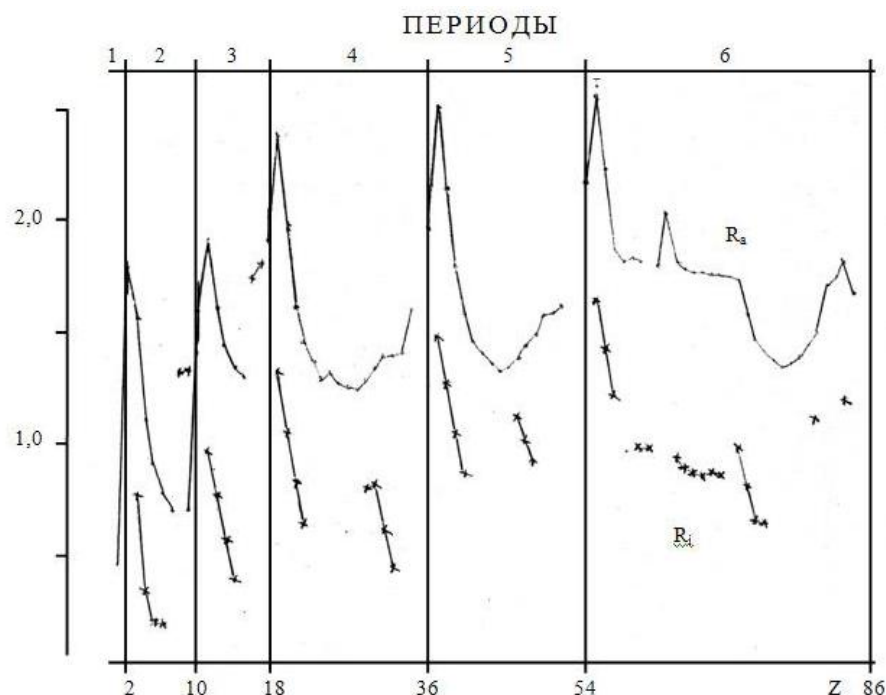


Рисунок 2. 2. 2 Радиусы атомов (R_a) и радиусы ионов (R_i) в ангстремах ($\text{\AA}$)

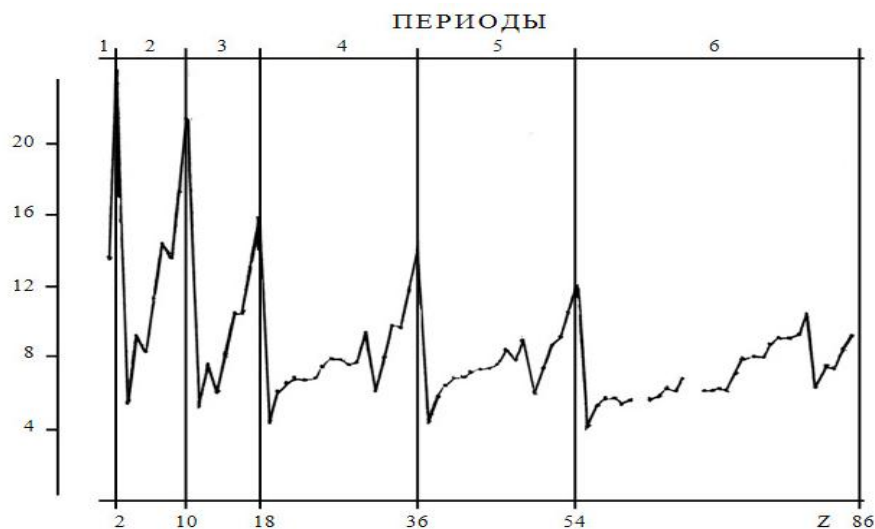


Рисунок 2.2.3 Потенциал первичной ионизации, эВ

Следует отметить, что химические свойства элементов, принадлежащих к одному и тому же семейству, сходны и отличают одно семейство химических элементов от другого. Законы квантовой механики, определяющие последовательность формирования электронных оболочек, определяют физические, физико-химические, химические константы элементов. Это и размеры, объемы атомов, их радиусы, различного рода энергетические характеристики валентных (внешних) электронов, связанные как с отдачей, так и с присоединением электрона в тех или иных физических и химических процессах. Так как все эти константы связаны с периодическим характером застройки электронных орбит, величина их тоже носит периодический, относительно порядкового номера, характер.

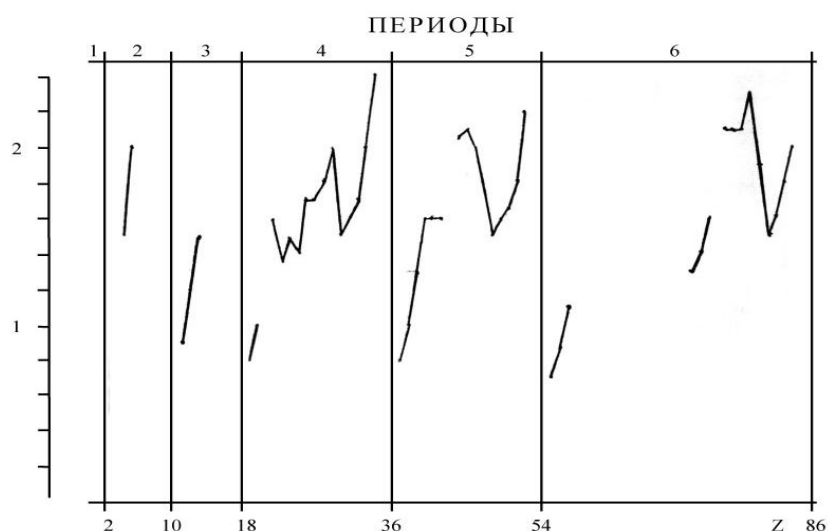


Рисунок 2.2.4 Значение электроотрицательности ($\chi = I + E$, то есть это сумма показателей потенциалов ионизации и сродства к электрону)

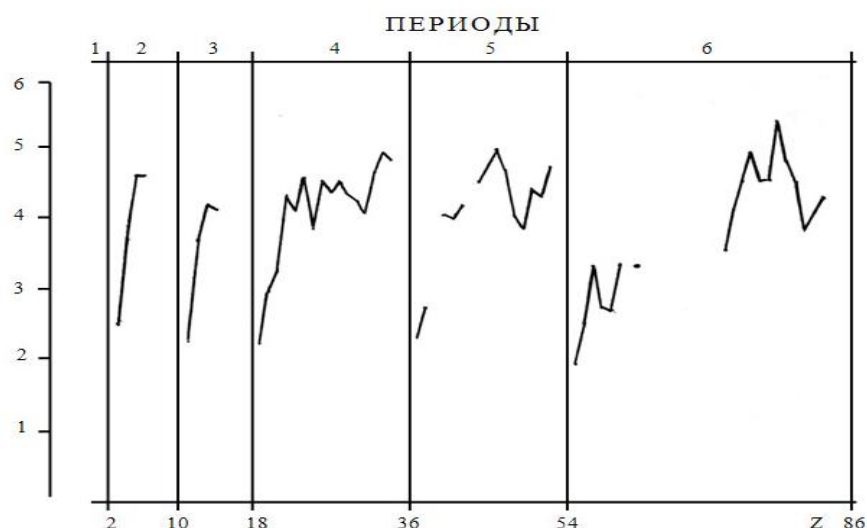


Рисунок 2.2.5 Работа выхода электрона, эВ

Атомные радиусы, в известной мере, характеризуют прочность связи электрона в атоме, чем больше радиус атома, тем меньше притяжение электрона к ядру и тем легче удаляется электрон. Радиусы атомов возрастают от инертных газов к IА подгруппе элементов, а затем уменьшаются в подгруппах d-элементов. В общем, изменение величины радиусов атомов для химических элементов, принадлежащих к разным семействам, происходит закономерно, сходно в каждом последующем периоде. Радиусы ионов меньше, чем радиусы атомов, они тем меньше, чем выше заряд ядра. Радиусы атомов же, наоборот, относительно увеличиваются с увеличением заряда ядра.

Ионные потенциалы — это отношение заряда к радиусу иона, а энергия гидратации пропорциональна квадрату заряда иона и обратно пропорциональна ионному радиусу. Как энергия гидратации, так и ионные потенциалы сопряженно связаны с радиусом иона, величина которого в свою очередь зависит от валентности иона. Известно, что у многих химических элементов существует не одна, а несколько валентностей, то есть в зависимости от условий присоединяется или отдается одним и тем же элементом 1, 2 или 3 и т.д. электрона.

Обычно, на практике используются значения радиусов ионов, ионных потенциалов, энергии гидратации элементов, валентность которых одна и та же, независимо от изменения условий.

Или же, используются физико-химические константы химического элемента главной, основной валентности.

Важным свойством химических элементов является степень прочности связи электронов в атоме. Энергия или сила, необходимая (выделяющаяся) для отрыва или присоединения электрона, выражается различными характеристиками. Это может быть потенциал ионизации (первый, второй и т.д.), значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона.

Потенциал ионизации указывает на энергию, которую необходимо приложить, чтобы удалить электрон из атома. Энергия отрыва электрона из атома возрастает при удалении от первого к последующим электронам. Первый и последующие потенциалы ионизации для химических элементов, расположенных в порядке возрастания атомного номера, периодичны в зависимости от периодичности электронного строения атомов. Потенциал первичной ионизации у металлов меньше, чем у неметаллов. Потенциал ионизации, в общем, уменьшается с увеличением порядкового номера, а внутри отдельных периодов возрастает от щелочных металлов к инертным газам. При химических реакциях элементы с малым потенциалом ионизации легко отдают внешние электроны, а химические элементы с большим потенциалом ионизации, наоборот, принимают электроны.

Значение электроотрицательности включает совокупность свойств, связанных с поведением внешних электронов в атоме. Электроотрицательность характеризует способность атома в молекуле притягивать электроны. Значение электроотрицательности в периодической системе химических элементов растет слева направо, сверху вниз. Чем больше значение электроотрицательности, тем труднее отделить электрон от атома. Электроотрицательность рассматривается как величина, выражаемая количественно суммой потенциала ионизации и сродства к электрону. Широко известная шкала относительных атомных электроотрицательностей Л. Полинга охватывает значения от 0,7 для атомов цезия до 4,0 для фтора. F – наиболее электроотрицательный элемент, за ним следует O (3,5) и далее N, Cl (3,0). Активные щелочные и щелочноземельные металлы имеют наименьшие значения электроотрицательности, лежащие в интервале 0,7-1,2, а галогены – наибольшие значения, находящиеся в интервале 4,0-2,5. Электроотрицательность типичных неметаллов находится в интервале значений близких к 2 или немного больше 2. Электроотрицательность H равна 2,1. Значения электроотрицательности большинства переходных металлов находится в интервале 1,5-2,0. Значения электроотрицательностей тяжелых элементов главных подгрупп равно ~ 2. Существует несколько шкал электроотрицательности, в основу которых положены разные свойства веществ. Но относительное расположение химических элементов в них примерно одинаково (<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%9E>).

Сродство к электрону – это энергия, выделяемая при образовании отрицательного иона из нейтрального атома и электрона, то есть отвечающая процессу $A + e = A^-$. Сродство к электрону с обратным знаком представляет собой потенциал ионизации, то есть энергию, необходимую для отрыва электрона от отрицательного (в данном случае) иона с образованием нейтрального атома.

Работа выхода электрона – это энергия, которая связана с выделением электрона из атома.

Эти четыре константы – потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону и работа выхода электрона, определяют энергетические взаимоотношения валентных электронов с остальной частью атома и выражаются количественно в электрон-вольтах (необязательно). Все эти константы носят периодический характер, определяемый последовательной периодичностью застройки подуровней электронных орбит, а также закономерным распределением электронов в подуровнях.

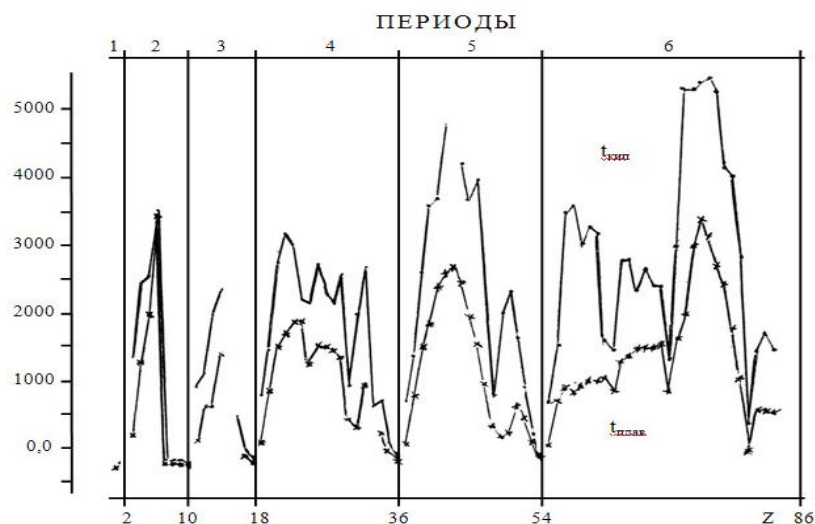


Рисунок 2.2.6 Температура кипения ($t_{\text{кип}}$, °C, при 1 атм) и плавления ($t_{\text{плав}}$, °C, при 1 атм)

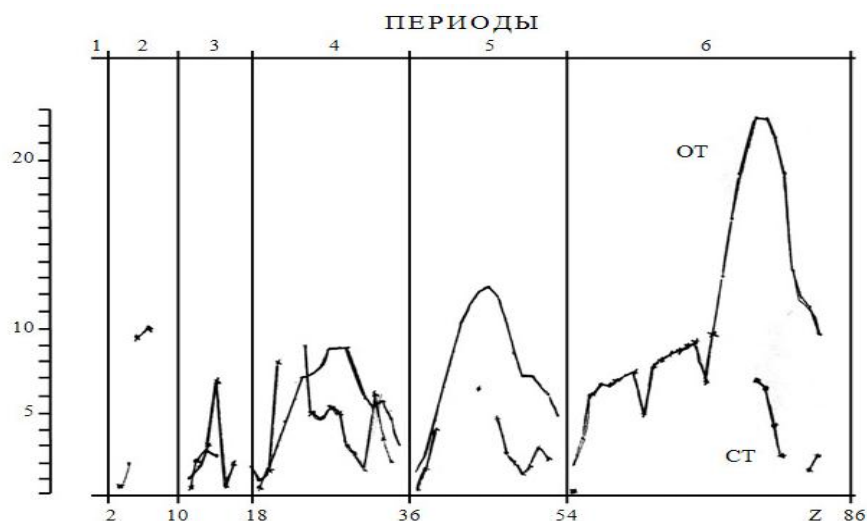


Рисунок 2.2.7 Относительная плотность (при 20° C), сравнительная твердость (по 10-балльной шкале)

Следующие шесть констант характеризуют физические стороны свойств элементов. Это температуры плавления и кипения, относительная плотность, сравнительная твердость, теплопроводность, электропроводность. И эти константы имеют четко выраженный периодический характер. Так температуры кипения и плавления химических элементов, в общем, плане увеличиваются слева направо с увеличением заряда ядра атома, а внутри отдельных периодов периодической системы от щелочных, щелочноземельных металлов, к элементам d-блока, с последующим уменьшением к элементам p-блока, достигая минимума у инертных газов. Относительная плотность и сравнительная твердость изменяется у химических элементов аналогично или, точнее, сходно (имеется в виду характер кривых, пики максимумов и минимумов) с изменением их температур плавления и кипения.

Значения теплопроводности и электропроводности имеются в справочной литературе для относительно ограниченного круга химических элементов, примерно для 60% от всех известных. Тепло- и электропроводность изменяется периодически внутри отдельных периодов периодической системы. Пики максимумов в четвертом – шестом периодах приходятся на элементы IB подгруппы – медь, серебро, золото.

Обратные показатели констант нестойкости комплексных соединений pK гидрокомплексов, комплексов с этилендиаминтетрауксусной кислотой, с лимонной кислотой, являются отрицательными логарифмами констант нестойкости (K) этих соединений:

$$pK = -\lg K, K = \frac{[M][A]^i}{[M \cdot A_i]},$$

где M – центральный ион, A – координируемая молекула, а $M \cdot A_i$ – комплексное соединение с числом аддендов, равным i .

Чем больше pK , тем прочнее комплексное соединение (Яцимирский, К.Б., Васильев, В.П., 1959; Мусакин, А.П., 1971). Показатели стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА изменяются периодически: возрастают от представителей IА ко IIА подгруппе элементов, затем уменьшаются к переходным металлам VB-VIВ подгрупп, с последующим новым повышением.

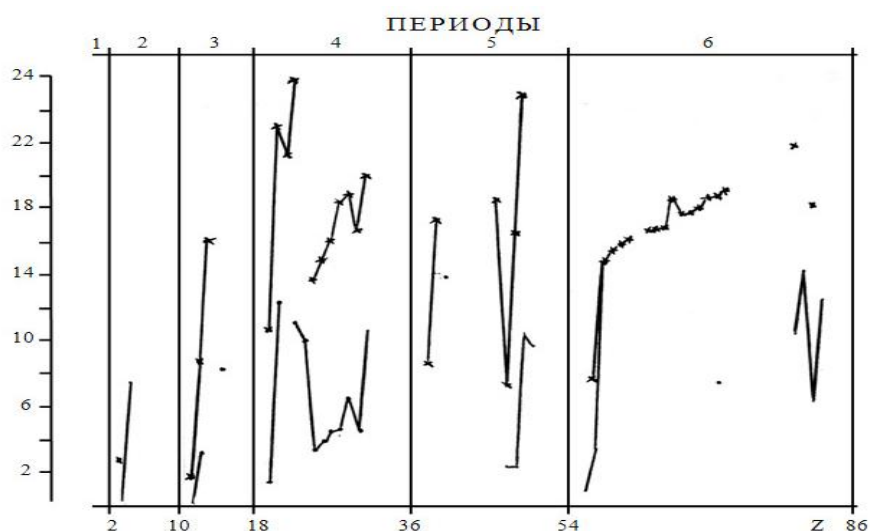


Рисунок 2.2.8 Константы стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА (pK)

В аналитической работе, корреляционном анализе использовали только показатели ниже перечисленных физических, физико-химических, химических констант химических элементов, имеющиеся в справочной литературе на 1972 год:

1. Молекулярный вес;
2. Радиус атома, $R_a \text{ \AA}$;
3. Радиус иона, $R_i \text{ \AA}$;
4. Ионные потенциалы (отношение заряда иона к его радиусу);
5. Энергия гидратации (ккал / г-ион);
6. Потенциал первичной ионизации (эВ);
7. Значение электроотрицательности ($X=I+E$, то есть это сумма потенциалов ионизации и сродства к электрону);
8. Сродство к электрону (эВ);
9. Работа выхода электрона (эВ);
10. Температура кипения (в градусах по Цельсию, при 1 атм.);
11. Температура плавления (в градусах по Цельсию, при 1 атм.);
12. Относительная плотность (при 20 градусах по Цельсию);
13. Сравнительная твердость (по 10-балльной шкале);
14. Теплопроводность ($0 < t < 100$ градусов по Цельсию кал/см·сек·град);
15. Электропроводность (при комнатной температуре, $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \cdot 10^{-4}$);
16. Стабильность гидрокомплексов (pK);
17. Стабильность комплексов с EDTA (pK);
18. Стабильность комплексов цитратов (pK);

Все константы связаны не только со строением электронных оболочек, но и с зарядом ядра атома. Об этом говорит относительное уменьшение или увеличение значений констант с ростом ядерного заряда. Так или иначе, являясь функцией строения атома в целом, константы в той или иной степени связаны между собой (Лурье, Ю.Ю., 1962; Перельман, В.И., 1964; Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968; Яцимирский, К.Б., Васильев, В.П., 1959; Оргел, Л., 1964; Справочник химика под ред. Никольского, Б.П., 1961-1971; Краткий справочник физико-химических величин под ред. Мищенко, К.П., Равделя, А.А., 1972).

Кроме того в дальнейшем анализе и корреляционном анализе использованы атомный (порядковый) номер ячейки химического элемента (число протонов в ядре атома – Z , число Мозли), квантовые числа – главное, побочное, принадлежность химических элементов s -, p -, d -, f -семействам (блокам), группам, подгруппам периодической системы. В работе использован собственный экспериментальный материал поведения 26 химических элементов в системе «кровь-почки». Кроме этого для решения поставленной цели и ряда, вытекающих из нее, задач в исследованиях был использован, доступный в то время, справочный материал по космической распространенности химических элементов, химического элементарного состава метеоритов-хондритов, лунного грунта, земной коры, океанической воды, живого вещества, человека, систем, органов, тканей, процессов поступления и выведения химических элементов из организма. Целью работы было выявление базовых механизмов самоорганизации химических элементов от первичной распространенности до появления живого вещества... с позиции периодического закона, основных положений квантовой механики.

Глава 3 Распространенность химических элементов и формирование объектов Космоса

3.1 Распределение химических элементов между объектами Космоса

Одна из важнейших задач геохимии – определение распространенности химических элементов в земной коре. Собственно, с этих исследований во многом и началась геохимия как наука. Долгое время распространенность различных простых веществ невольно связывалась с их практическим применением. С этой точки зрения должны были бы считаться распространенными все металлы древности (<http://chemistry.narod.ru/razdeli/geochemistry/rasprost.htm>).

Впервые попытка выяснить химический состав окружающей среды В. Филлипс (Phillips, V., 1815; 1819; 1826). Он сделал это для десяти химических элементов, в общем, правильно выяснив количественно в первом приближении порядок их распространенности. Английский минералог В. Филлипс определил, что в неорганической природе резко преобладают кислород и оксиды кремния, алюминия и железа, подобно тому, как в живой природе «царствует» четверка элементов-органогенов: кислород, водород, углерод и азот (<http://allind.ru/geohim.html>; <http://chemistry.narod.ru/>; Ферсман, А.Е., 1955. Т. III). В дальнейшем эти числа были переработаны и систематизированы F. Clark (1889; 1924) и J. Vogt (1898; 1899; 1901; 1903). J. Vogt распространил эти данные на нетронутые F. Clark редкие элементы – многие металлы и поставил задачу охватить все элементы (Ферсман, А.Е., 1955. Т. III). Изучением распространенности элементов в различных объектах занимались В.И. Вернадский (1909; 1914-1915; 1922; 1923), В.М. Гольдшмидт (1923-1935), В.И. Ноддаки (1930-1934), Г. Хевеши (1928), Х.У. Свердруп (1938; 1942; 1957), А.П. Виноградов (1930-1936; 1975,...) позднее К. Ранкама, Т. Сахама (1950), С.П. Соловьев (1952) и многие другие. Параллельно накоплению материала производился анализ. Эта работа продолжается и в настоящее время. При полетах в космос одной из основных задач беспилотных и пилотируемых аппаратов (НАСА США и РФ) является определение химического элементарного состава изучаемого объекта.

Еще в 1869 году Д.И. Менделеев в первой формулировке своего периодического закона впервые подчеркнул в особом пункте геохимические особенности легких элементов и установил связь между распространенностью элемента и его атомным весом.

В настоящее время относительно хорошо изучен химический элементарный состав самых различных объектов космоса, планеты Земля, ее геосфер, живого вещества, человека... Ниже представлен в виде рисунков и таблиц химический элементарный состав самых различных объектов.

В 1889 году Ф. Кларк опубликовал первую сводную таблицу среднего химического состава земной коры. Это было лишь начало. Спустя 20 лет появился гораздо более капитальный труд, в котором Ф. Кларк обобщил работы почти 1000 исследователей. В этом справочнике можно было найти данные о составе горных пород, почв и вод. Вскоре Ф. Кларк с помощью геолога Г. Вашингтона произвел классический расчет среднего содержания химических элементов в условном слое земной коры толщиной 16 км. Полученные данные для наиболее распространенных элементов с тех пор изменялись в незначительной степени. Вот эти данные:

порядок физической распространенности химических элементов в земной коре,

O – 1; Si – 2; Al – 3; Fe – 4; Ca – 5; Na – 6; K – 7; Mg – 8; Ti – 9; H – 10; P – 11; Mn – 12; F – 13; S – 14; Sr – 15; Ba – 16; C – 17; Cl – 18; Cr – 19; Zr – 20; Rb – 21; V – 22; Ni – 23; Zn – 24; N – 25; Ce – 26; Cu – 27; Y – 28; Li – 29; Nd – 30; Nb – 31; Co – 32; La – 33; Ga – 34; Pb – 35

состав литосферы (% от массы земной коры),

1. O 46,60	8. Mg 2,09	15. Sr 0,045	22. V 0,0110	29. Li 0,0030
2. Si 27,72	9. Ti 0,44	16. Ba 0,040	23. Ni 0,0080	30. Nd 0,0024
3. Al 8,13	10. H 0,140	17. C 0,032	24. Zn 0,0065	31. Nb 0,0024
4. Fe 5,00	11. P 0,118	18. Cl 0,020	25. N 0,0046	32. Co 0,0023
5. Ca 3,63	12. Mn 0,100	19. Cr 0,0200	26. Ce 0,0046	33. La 0,0018

6. Na 2,83 13. F 0,070 20. Zr 0,0160 27. Cu 0,0045 34. Ga 0,0015
 7. K 2,59 14. S 0,052 21. Rb 0,0120 28. Y 0,0040 35. Pb 0,0015
 кларки химических элементов (% от массы земной коры),
 1. O 49,50 8. Mg 1,95 15. S 0,048 22. Ni 0,015 29. Ce 0,0043
 2. Si 25,80 9. H 0,88 16. N 0,030 23. Sr 0,014 30. Co 0,0037
 3. Al 7,57 10. Ti 0,410 17. Rb 0,029 24. V 0,014 31. Sn 0,0035
 4. Fe 4,70 11. Cl 0,190 18. F 0,028 25. Sn 0,012 32. Y 0,0026
 5. Ca 3,38 12. P 0,090 19. Ba 0,026 26. Cu 0,010 33. Nd 0,0022
 6. Na 2,63 13. C 0,087 20. Zn 0,021 27. W 0,0064 34. Nb 0,0019
 7. K 2,41 14. Mn 0,085 21. Cr 0,019 28. Li 0,0060 35. Pb 0,0018

В сумме эти числа дают около 98 %. Следовательно, на долю всех остальных элементов, существующих на Земле, приходится немногим более 2 %. Словом, геохимия констатирует крайне неравномерное распределение химических элементов в земной коре.

А есть ли возможность оценить состав земного шара в целом, а не только его тонкой поверхностной «кожуры»? В принципе такая возможность – во многом, конечно, теоретическая – существует. Она требует учета большого количества физических и химических данных, и прежде всего выбора определенной гипотезы о внутреннем строении Земли. Например, можно предположить, что мантия и кора содержат вещество, состав которого в среднем близок к составу метеоритов. Одна из попыток рассчитать средний химический состав планеты Земля принадлежит американскому исследователю Б. Мэйсону.

Вот предложенная им последовательность химических элементов (% от массы) в земном шаре: железо – 38,8, кислород – 27,17, кремний – 13,84, магний – 11,25, сера – 2,74, никель – 2,70, алюминий – 1,07, кальций – 1,07, натрий – 0,51, кобальт – 0,20. Такова первая десятка наиболее распространенных химических элементов планеты Земля (<http://chemistry.narod.ru/razdeli/geochemistry/rasprost.htm>).

Массо- вые %	Млн ⁻¹ или г/т	Массо- вые %	Млн ⁻¹ или г/т	Млрд ⁻¹	Массо- вые %	Млн ⁻¹ или г/т	Млрд ⁻¹
1,0	10000	1·10 ⁻³	10	—	1·10 ⁻⁶	0,01	10
0,1	1000	1·10 ⁻⁴	1	1000	1·10 ⁻⁷	0,001	1
0,01	100	1·10 ⁻⁵	0,1	100	1·10 ⁻⁸	0,0001	0,1

Таблица 3.1.1 Соотношение между различными единицами измерения среднего содержания химических элементов (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>)

В 1923 году А.Е. Ферсман ввел понятие «кларк» в честь F. Clark, обозначив им содержание химического элемента в земной коре и гидросфере. В настоящее время этот термин распространен на самые различные объекты. В США и других западных странах используют термин «распространенность химических элементов». Кларковое число (или кларки элементов, еще чаще говорят просто кларк элемента) – числа, выражающие среднее содержание химических элементов в земной коре, гидросфере, Земном шаре, атмосфере, живых организмах, породах Луны, метеоритах и других геохимических или космохимических объектах. Различают весовые (% , г/т или г/г), объемные и атомные кларки (таблица 3.1.1). Проценты объемов атомов химических элементов от общего объема земной коры или их числа от общего числа атомов в земной коре и получили название соответственно объемные или атомные кларки. Часто употребляют методику расчета количество атомов на 10⁶ атомов Si, и т.д.

В таблице 3.1.2 представлены результаты абсолютных и относительных разбросов кларковских содержаний в магматических породах континентов и в образовании океанического

дна для 55 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Как видим разброс в аналитических данных значителен. Здесь же представлены кларки земной коры.

Элемент	№ элемента	Кларк земной коры	АР в породах		ОР в породах континентов	АР в образованиях дна Океана	ОР в образованиях дна Океана
			магматических	континентов			
Ag	47	$7 \cdot 10^{-6}$	2,9	13,5(3)	4,5	2,2	0,7
Al	13	8,05	4,4	24,9	5,7	4,2	0,9
As	33	$1,7 \cdot 10^{-4}$	2	13	6,5	13	6,5
Au	79	$4,3 \cdot 10^{-7}$	1,5	6	4	1,5	1
B	5	$1,2 \cdot 10^{-3}$	3,3	33,3	10	76,7	23,2
Ba	56	$6,5 \cdot 10^{-2}$	4000	4000	1	5750	1,4
Be	4	$3,8 \cdot 10^{-4}$	6	12(6)	2(1)	5,2	0,9
Bi	83	$9 \cdot 10^{-7}$	1,4	1,4	1	?	?
Br	35	$2,1 \cdot 10^{-4}$	4,5	6,2	1,4	70	15,6
Ca	20	3,96	14,9	59,3	4	12,5	0,84
Cd	48	$1,3 \cdot 10^{-6}$	3,8	16,7	4,3	10	2,6
Ce	58	$7 \cdot 10^{-3}$	322	322	1	690	2,14
Cl	17	$1,7 \cdot 10^{-2}$	8,7	52	6	350	40,4
Co	27	$1,8 \cdot 10^{-3}$	150	1500	10	214,3	1,4
Cr	24	$8,3 \cdot 10^{-3}$	800	800	1	145	0,18
Cs	55	$3,7 \cdot 10^{-4}$	8	24	3	15	1,9
Cu	29	$4,7 \cdot 10^{-3}$	17,4	21,7	1,3	25	1,4
Er	68	$3,3 \cdot 10^{-4}$	14	14	1	30	2,1
Eu	63	$1,3 \cdot 10^{-4}$	5,6	14	2,5	12	2,1
F	9	$6,6 \cdot 10^{-2}$	12	12	1	13	1,1
Fe	26	4,65	6,6	24,8	3,7	10,5	1,6
Ga	31	$1,9 \cdot 10^{-3}$	20	20	1	13,3	0,7
Gd	64	$8 \cdot 10^{-4}$	36	36	1	76	2,1
Ge	32	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1,5	25(10)	16,7(6,6)	10	6,7
Hf	72	$1 \cdot 10^{-4}$	18,3	36,7	2	10	0,6
Hg	80	$8,3 \cdot 10^{-6}$	1,8	40(13)	22,2(7,2)	10	5,6
Ho	67	$1,7 \cdot 10^{-4}$	7	11,7	1,7	15	2,1
In	49	$2,5 \cdot 10^{-5}$	26	26	1	22	0,8
J	53	$4 \cdot 10^{-5}$	1	10(4)	10(4)	10	10
K	19	2,5	1200	1200	1	625	0,5
La	57	$2,9 \cdot 10^{-3}$	140	184	1,3	230	1,6
Li	3	$3,2 \cdot 10^{-3}$	80	132	1,7	114	1,4
Lu	71	$8 \cdot 10^{-5}$	4,2	10,5	2,5	9	2,1
Mg	12	1,87	127,5	127,5	1	51	0,4
Mn	25	$1 \cdot 10^{-1}$	4,1	32,4	7,8	6,7	1,6
Mo	42	$1,1 \cdot 10^{-4}$	5	13	2,6	90	18
N	7	$1,9 \cdot 10^{-3}$	5	166,7(100)	33,3(20)	3,3	0,7
Na	11	2,5	9,62	101	10,5	9,5	1
Nb	41	$2 \cdot 10^{-3}$	2,1	700	333	4,1	1,9
Nd	60	$3,7 \cdot 10^{-3}$	130	130	1	280	2,1
Ni	28	$5,8 \cdot 10^{-3}$	500	1000	2	66,7	0,1
P	15	$9,3 \cdot 10^{-2}$	5	6,5	1,3	6,82	1,4
Pb	82	$1,6 \cdot 10^{-3}$	19	20	1	80	4,2
Pd	46	$1,3 \cdot 10^{-6}$	24	24	1	6	0,2
Pr	59	$9 \cdot 10^{-4}$	30	30	1	66	2,2
Rb	37	$1,5 \cdot 10^{-2}$	850	1000	1,2	550	0,6
S	16	$4,7 \cdot 10^{-2}$	1	12,5	12,5	4,3	4,3
Sb	51	$5 \cdot 10^{-5}$	5	40	8	10	2
Sc	21	$1 \cdot 10^{-3}$	10	30	3	15	1,5
Se	34	$5 \cdot 10^{-6}$	1	60(12)	60(12)	3,4	3,4
Si	14	29	1,7	15,3	9	7,81	4,6
Sm	62	$8 \cdot 10^{-4}$	36	36	1	76	2,1
Sn	50	$2,5 \cdot 10^{-4}$	10	20	2	3	0,3
Sr	38	$3,4 \cdot 10^{-2}$	465	610	1,3	2000	4,3
Ta	73	$2,5 \cdot 10^{-4}$	4,2	84	20	22	5,2

Таблица 3.1.2 Значения абсолютных (АР) и относительных (ОР) разбросов кларковых содержаний химических элементов в магматических породах, в породах континентов и в образованиях океанического дна
(<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>)

Примечания: Черта под цифрой символизирует минимальный абсолютный разброс в магматических породах; две черты – максимальный абсолютный разброс в магматических породах и максимальный относительный разброс. В скобках приведены данные без учета содержаний в почвах.

Элементы распространены в земной коре крайне неравномерно. Одних из них в миллиард миллиардов раз (от $n \cdot 10$ до $n \cdot 10^{-16}$) больше, чем других. На долю только О и Si приходится около 70 % массы земной коры. Если к ним добавить еще шесть элементов (Al, Fe, Ca, Mg, K, Na), то их суммарная масса составит около 99 % массы коры. Добавив к ним еще 29 наиболее распространенных элементов, получим прибавку всего около 1 %, при этом на большую часть (по числу) всех оставшихся элементов будут приходиться лишь сотые доли процентов массы земной коры. Если учитывать объемы атомов, то рассматриваемая неравномерность станет еще более контрастной.

Многие исследователи группировали химические элементы с учетом их кларкового содержания. Так, иногда порообразующими называются 9 наиболее распространенных в литосфере химических элементов: О, Si, Al, Fe, Ca, K, Na, Mg, Ti. На их долю приходится 99,5 % массы земной коры.

Элементы с массовыми кларками меньше $1 \cdot 10^{-2}$ % часто называют редкими. Однако при таком подходе к редким следует относить более 70 % химических элементов, известных в земной коре. Ясна бессмысленность такого названия. Но, даже уменьшив еще в 100 раз пороговое содержание (до $1 \cdot 10^{-4}$ %), придется считать «редкими» более трети элементов. Совершенно иной смысл в это понятие вкладывал И.И. Гинзбург, относивший к редким элементам, редко используемые химические элементы человечеством. Приведенные данные указывают на необходимость осторожного подхода к термину «редкие элементы».

Часто употребляют (особенно в биогеохимической литературе) термин «микроэлементы». А.И. Перельман рекомендует (1979) употреблять этот термин только с указанием конкретной природной системы. Так Al – микроэлемент в организмах и макроэлемент в литосфере. За пороговое значение предложено брать $1 \cdot 10^{-2}$ % (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>). Полученные Ф.У. Кларком (1889) цифры процентного содержания химических элементов в составе земной коры, впоследствии были уточнены А.Е. Ферсманом. Средние содержания химических элементов в земной коре, в современном понимании ее как верхнего слоя планеты выше границы Мохоровичича, вычислены А.П. Виноградовым (1962), американским ученым С.Р. Тейлором (1964), немецким – К.Г. Ведеполом (1967). Преобладают химические элементы малых порядков: 15 наиболее распространенных химических элементов, кларки которых выше 100 г/т, обладают порядковыми номерами до 26 (Fe).

В серии рисунков 3.1.1-3.1.6 представлены и проанализированы графически данные о среднем содержании химических элементов в самых различных объектах. По оси абсцисс – число протонов, по оси ординат в десятичных логарифмах – показатели среднего содержания химических элементов в объекте.

На рисунке 3.1.1 представлены данные о космической распространенности химических элементов А. Камерона, 1968, выраженные в числе атомов на 10^6 атомов Si. На рисунке 3.1.2 представлены показатели о среднем химическом элементарном составе метеоритов, выраженные в вес %, данные С.В. Козловской, Б.Ю. Левина (Ферсман, А.Е., 1952-1960). На рисунке 3.1.3 даны в вес % показатели химического элементарного состава земной коры, данные А.П. Виноградова, с дополнением данных по К.Г. Ведеполю. На следующем, 3.1.4 рисунке представлены показатели среднего химического элементарного состава океанической воды по Э.Д. Гольдбергу, сверенный с данными Х.У. Свердрупа, А.П. Виноградова, в вес %.

На рисунках 3.1.5 и 3.1.6 представлены показатели содержания химических элементов в живом веществе и «стандартного» человека, вес %. Эти показатели химического элементарного состава заимствованы у А.П. Виноградова, 1932; 1933; МКРЗ, 1961; Рекомендации ..., 1977.

В 1923-1928 годах А.Е. Ферсман на основании своих работ и анализа данных различных ученых дал таблицу кларков земной коры и метеоритов. Эти величины кларков и поныне сопоставляются с величинами кларков, предлагаемыми другими учеными.

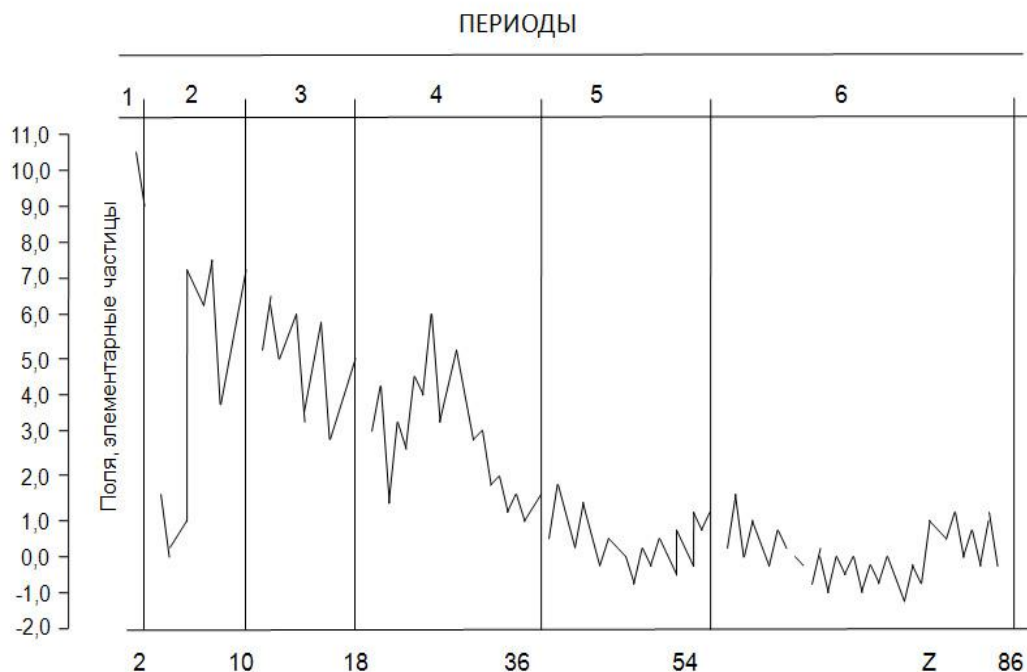


Рисунок 3.1.1 Распространенность химических элементов в космосе, в зависимости от атомного номера, число атомов на 10^6 атомов Si (в построении графика использованы данные Камерона, А., 1968 /Соботович, Э.В., 1974/)

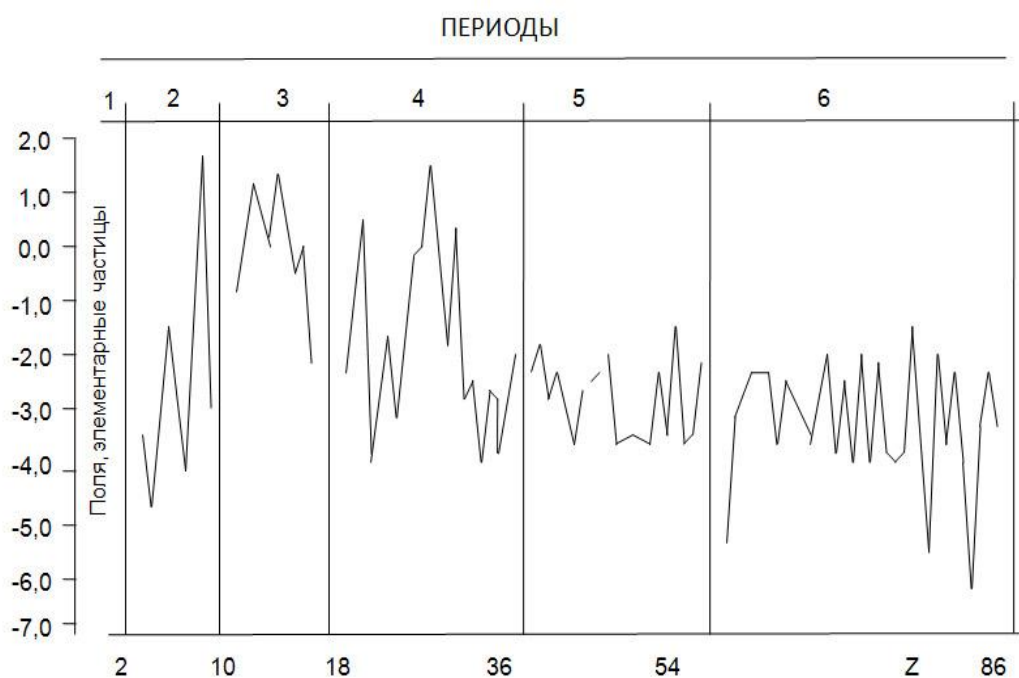


Рисунок 3.1.2 Средний химический элементарный состав метеоритов, вес % (в построении графика использованы данные Козловской, С.В., Левина, Б.Ю., 1954)

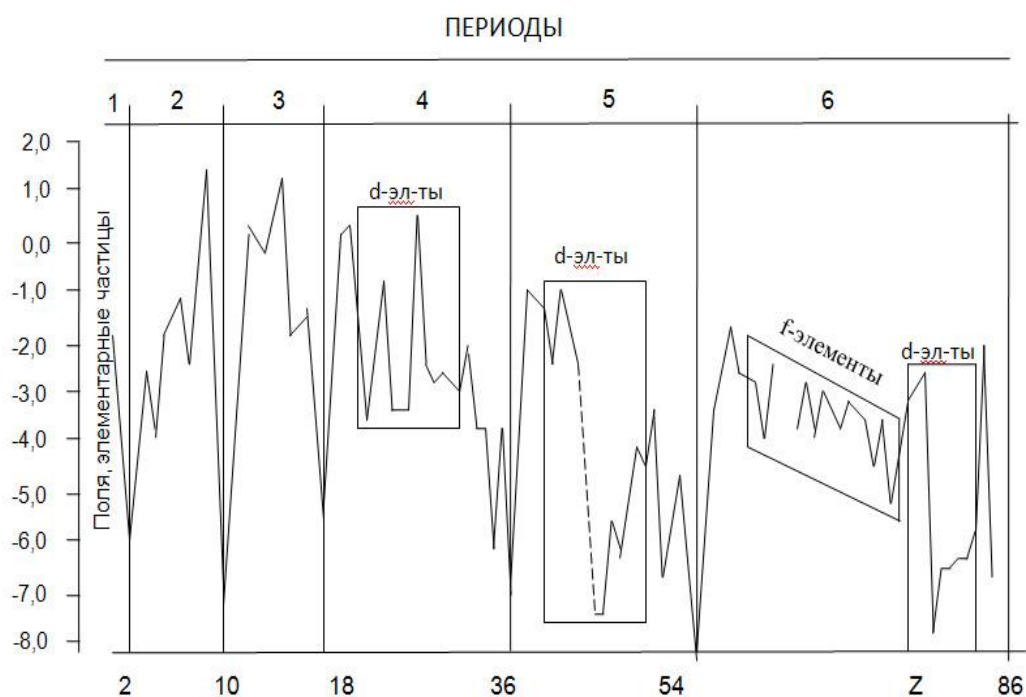


Рисунок 3.1.3 Содержание химических элементов в земной коре, вес %
(в построении графика использованы данные Виноградова, А.П. с дополнением
данных по Ведеполю, К.Г.)

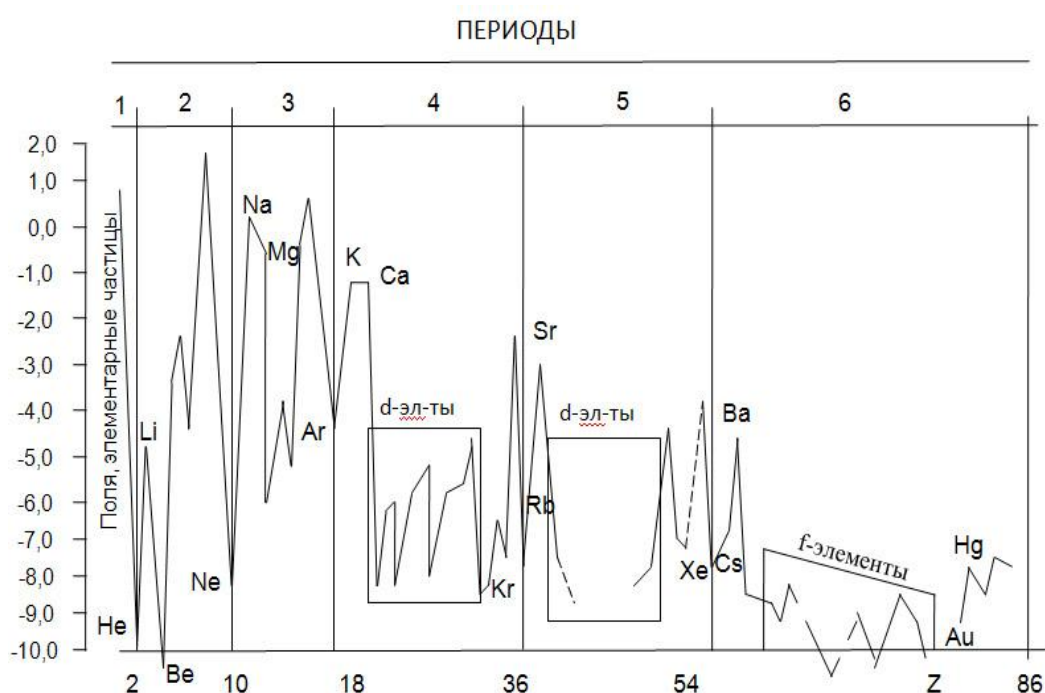


Рисунок 3.1.4 Содержание химических элементов в океанической воде, вес %
(в построении графика использованы данные Гольдберга, Э.Д., сверенные с данными
Свердруп, Х.У, Виноградова, А.П.)

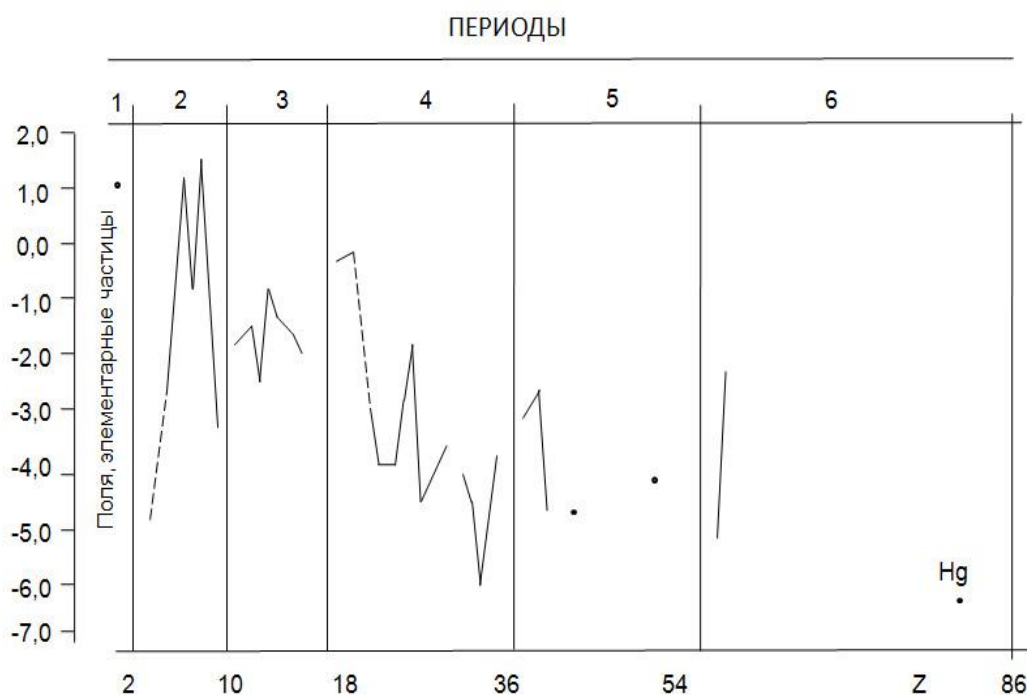


Рисунок 3.1.5 Содержание химических элементов в живом веществе вес % (в построении графика использованы данные Виноградова, А.П., 1932; 1933)

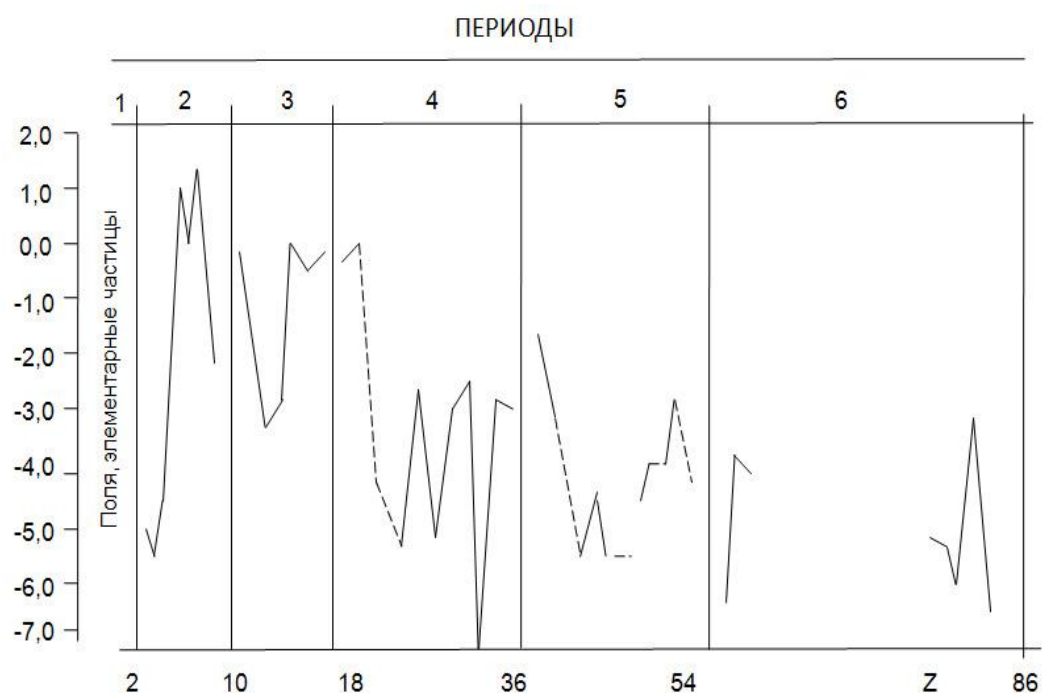


Рисунок 3.1.6 Содержание химических элементов в организме стандартного человека, вес % (в построении графика использованы данные МКРЗ, 1961; 1977)

Однако если изучением величин кларков различных объектов занимался относительно широкий круг исследователей, то круг лиц, изучавших закономерности кларков, невелик. Как пишет А.Е. Ферсман (1955, т. III) «в сущности, по сравнению с грандиозностью той работы и многочисленностью тех исследователей, которые принимали участие в проработке самих цифр кларков, список лиц, пытавшихся разгадать их природу, невелик и, собственно говоря, ограничивается следующими именами: Оддо (1914), Гаркинс (1915-1928), Зондер (1923-1932),

Астон (1924), Нигли (1928) и Гольдшмидт (1930). Если сюда прибавить еще отдельные частные замечания общего характера Кларка (1924), В.И. Вернадского (1922-1930) и А.Е. Ферсмана (1911, 1928, 1932), то этим, в сущности, ограничивается список главнейших исследователей...».

Труды А.Е. Ферсмана в виде избранных произведений были изданы в 1952-1960 годах в объеме 6 томов ~ 3500 страниц, являются, пожалуй, и до настоящего времени основным, наиболее полным источником истории геохимии, путей ее развития, основных законов, закономерностей и идей, которые не потеряли своей актуальности и в наши дни.

Подводя итог анализу колоссального эмпирического материала, ряда закономерностей, найденных различными авторами в разное время, в III томе, в приложении, страница 371, А.Е. Ферсман дает сводный анализ кривых кларков, основные положения которого следующие:

«1. Кривые кларков, независимо от наложения процессов позднейшего перераспределения, носят на себе черты первичных количественных соотношений между отдельными атомами на основе, вероятно, особенностей их строения и в первую очередь строения их ядер.

2. Первое соотношение проявляется в суммарной зависимости кларков от величины атомного веса (то есть количества протонов) и выражается в определении функциональной зависимости этих величин, выраженной некоторой кривой, которая мною была названа гелиохимической и которая определяется обратной пропорциональностью между кларком и порядковым числом элемента.

3. Второе соотношение проявляется в законе четности Гаркинса (Ферсман, А.Е. неправ, это закон Оддо Г., в настоящее время, этот «закон» называют правилом Оддо-Гаркинса) подтвержденном экспериментально блестящим анализом Гольдшмидта редких земель (где, как и следовало ожидать ослаблено действие внешних электронов), а также в преобладание изотопов элементов, построенных из гелиогрупп, то есть отвечающих $4q$.

4. Третье соотношение устанавливается некоторой зависимостью величин $E = A - Z$ для кларков целой группы соседних элементов и некоторой общей зависимостью кривой кларков от кривой эффекта упаковки (дефекта массы) Астона.

5. Не наблюдая вообще параллелизма между индивидуальными особенностями строения ядер атомов и их кларками, мы, тем не менее, можем наметить закономерные черты в характере величин: В, Ве, Са, Sr, Ва и Рg (атомный номер – 4, 5, 20, 38, 56, 81)».

С первыми тремя пунктами можно почти полностью согласиться, четвертое нуждается в уточнении, так как неясна природа сил, связывающих между собой составные частицы в ядре. Основная проблема теории атомного ядра заключается в выяснении природы этих сил. Дефект массы можно выразить через «коэффициент упаковки», последний связан с энергией связи частиц в ядре. Таким образом, дефект массы является не чем иным, как выражением энергий связи. Следует отметить, что энергия связи частиц атомов не объясняет полностью величину кларков и их соотношения. Что касается пункта 5, то он просто ошибочен, так как противоречит как пункту 1, так и пункту 4.

Затем А.Е. Ферсман переходит к анализу периодических свойств кривых кларков:

«1. Наличие периодичности кларков не подлежит сомнению и должно быть объяснено или периодичностью свойств ядра и, следовательно, некоторой первичной периодичностью самих качеств, или наложением на первичные соотношения таких закономерностей, которые носят сами периодический характер и вызывают вторичную периодичность, как результат перераспределения (а не образования) элементов.

2. Первое предположение не может быть доказано и не находит себе пока прямых доводов в физике, но весьма вероятно и частично намечается при анализе изотопов. Однако полное объяснение наблюдаемых кривых такой первичной периодичности маловероятно.

3. Наиболее вероятно объяснение, по крайней мере, части периодических свойств кривых влиянием тех характерных свойств наружных электронов, которые были объединены Ридбергом... в группу... и могут быть определены как стойкость данного атома против механических, термических или электростатических воздействий.

4. Некоторые свойства этой группы (особенно температура кипения, кривые теплоемкости, критическая температура и т.д.) несомненно, играют большую роль в величинах кларков,

особенно для газовых атмосфер космических тел и, очевидно, накладываясь на первичные количества, вызывают более резкие отклонения от нормы, выражаемые определенной периодической функцией.

5. Значение п. 4 не должно быть переоценено, и было бы ошибкой думать, что весь ход кривых кларков в целом может быть объяснен их влиянием. Целый ряд моментов (сходство в общем ходе кривых таких разнородных тел, как и газовые атмосфера и лишенные летучих компонентов метеориты) говорит за то, что влияние вторичных термических факторов сказывается не на общем ходе кривых, а лишь на деталях (пиках) ее строения.

6. Влияние периодического фактора этой группа позволяет объяснить общий характер пиков вверх (для элементов особенно стойких, например, кремний, железо, цирконий, обладающих высокой критической температурой) и особенно пиков вниз для элементов очень подвижных, летучих и потому особенно дефицитных в таких дегазированных системах, как метеориты (индий, таллий, галлий, литий, отчасти рений, германий, особенно резко – галоиды).

7. Влияние термического фактора вызывает и образование эндотермических соединений, свойства которых нам очень малоизвестны, но которые, вероятно, играют огромную роль в условиях повышенных температур космоса (таковы, например, соединения типа окиси титана, циркония и т.д.).

8. Подмеченная И.И. Заславским некоторая связь кларков с кривой атомных объемов относится к этому же циклу периодических факторов Ридберга.

9. Наложение периодических функций на первичные должно сопровождаться ослаблением проявления закона четности, который, таким образом, может служить лишь условно некоторым мерилем количественных соотношений между обоими факторами (первичной устойчивостью и позднейшей термической стойкостью)».

В первом пункте этой сводки выводов дается четко и ясно – кривые кларков периодичны, и тут же – причины этой периодичности неясны так как (пункт 2) указаний на периодичность строения ядер атомов нет (сейчас уже есть) и в то же время эта периодичность не совпадает с периодической застройкой электронных орбит элементов, то есть с химической периодичностью.

«Еще Э. Резерфорд предсказывал наличие ядерной периодичности и сформулировал следующий тезис: ядра с возрастанием их заряда обнаруживают периодичность строения, но поскольку при этом существенны два типа частиц (протоны и нейтроны), а не один, периодическая система ядер может оказаться гораздо более сложной, и для ее иллюстрации может понадобиться, скорее, поверхность, а не плоскость, как для периодической системы атомов. После работ М. Гепперт-Майер и Йенсена, разработавших теорию распределения квантовых уровней в атомных ядрах с квантовыми числами, подобными квантовым числам для электронных оболочек атомов, стало возможным сопоставление ядерной и электронной (т.е. химической) периодичности» (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 10-11).

А.Е. Ферсман не отрицает влияние на величину кларков таких факторов как термические, электростатические, механические, атомные объемы, и тут же отмечает (пункт 5), влияние этих факторов сказывается не на общем ходе кривых, а лишь на деталях (пиках) ее строения. Надо отметить, что эти построения А.Е. Ферсмана носят в общем умозрительный и, пожалуй, даже демагогический характер.

Дополнительно к приведенным выше положениям, по мнению А.Е. Ферсмана все наши представления о кларках могут быть суммированы так:

«1. Относительное количество определенного элемента в различных частях космоса (земной коре, метеоритах, атмосферах Солнца и звезд и т.д.) являются весьма характерной величиной, постоянной константой космической системы и данного элемента...

2. В логарифмической диаграмме кларков земной коры, как и других частей Космоса, построенной на порядковых числах и соответственных логарифмах кларка, все кларки элементов занимают определенный пояс, падающий в сторону атомов с большим положительным зарядом, причем в этом поясе можно условно провести две оси: одну,

основную – для четных элементов, и другую, – добавочную – для нечетных, отстоящую от оси четной на $1/2-1$ порядок (вниз).

3. Упомянутые выше оси довольно близки к прямой, наклоненной к горизонтальной координате в некотором определенном отношении....

4. Ломаная линия, соединяющая точки клерков четных элементов (также и нечетных), представляет собой отклонения от оси, согласно определенным законам, которые численно можно вывести (при известных допущениях) из модели атома Бора.

5. Условные кривые кларков для земной коры и для сходных с ними метеоритов и солнечной системы по Ресселу подучаются путем применения особого метода «квантования кларков», исходя из теоретического предположения, что всякое изменение в строении атомов (появление новых орбит, перегруппировок числа электронов на существующих орбитах и т. д.) ведет за собой закономерное приращение или сокращение величины кларков.

6. При применении таких методов получается весьма характерное совпадение вычисленных кривых и аналитических данных...

7. Наиболее вероятным является установление связи самой кривой со строением ядра, связи отклонения от кривой с явлениями некоторого периодического характера, связанными, вероятно, с периодическими свойствами атомов. Таким образом, можно объяснить кривые кларков как наложение двух систем, связанных в основе с ядром, а в деталях и в отклонениях от некоторой нормы – с наружными электронами.

8. Периодический характер второй зависимости позволил представить себе Менделеевскую таблицу разбитой на отдельные части, которые я называю волнами и которые, направляясь от тяжелых элементов к легким, начиная от радия (88) до водорода (1), представляют правильную перемежаемость цифр 6 и 12, на что в свое время уже обратил внимание Ниггли, при этом основные шестерки намечают группы построения кларков, весьма сходных между собой, начиная с группы радиоактивных элементов до свинца (88-82) и далее налево каждые 12 и 6; в каждом из этих отрезков мы видим вначале понижение (более резкое в шестерках и менее резкое в дюжинах).

9. При последнем анализе я исходил не из порядкового числа, а из клеток Менделеевской таблицы, то есть принял все редкие земли за единицу...».

И далее следуют выводы 10-16, которые характеризуют не столько распространенность, сколько перемещение элементов в различных объектах.

И, наконец, в последнем 17 выводе А.Е. Ферсман пишет: «настоящие мои выводы не являются результатом каких-либо теоретических соображений, основанных на ряде гипотез и допущений, а представляют собой элементарно простую численную обработку экспериментального материала».

К таким выводам А.Е. Ферсман пришел, анализируя кларки космических образований, земной коры и живого вещества.

Проблема сравнительного изучения химического элементарного состава живых организмов на основе геохимии впервые была сформулирована В.И. Вернадским (1916; 1922; 1922А и т.д.).

Начиная с 1916 года В.И. Вернадский разрабатывал учение о связи между химическим элементарным составом организмов и химическим элементарным составом земной коры. Он показал, что среда и организм неразрывно связаны общей историей атомов химических элементов, то есть геохимические процессы, протекающие в земной коре, и эволюция химического элементарного состава живого, являются сопряженными процессами.

В.И. Вернадский выдвинул предположение: в любом грамме любого объекта природы находятся все известные на Земле изотопы химических элементов. Это положение о всеобщем рассеянии химических элементов называется законом Кларка-Вернадского. Химический элементарный состав живого неразрывно связан с химическим элементарным составом земной коры (Вернадский, В.И., 1922Б; 1926; 1940; 1960; 1985; 1967). В.И. Вернадский (1922) впервые свел имевшиеся в тот период данные по химическому элементарному составу в таблицу среднего химического элементарного состава живого вещества. В изучении химического элементарного состава живого вещества и человека принимали участие ученые разных стран

(таблицы 3.1.3; 3.1.4). В.И. Вернадским химические элементы по содержанию в окружающей среде, в том числе и в живом, разбиты на декады, а А.П. Виноградовым на макро-, микро-, ультрамикроэлементы (Виноградов, А.П., 1933-1935).

В.И. Вернадским выделены основные биогеохимические функции и принципы, которые указывают на роль живого вещества в перемещение элементов и построения верхних геосфер Земли. Им же было показано, что все химические элементы Менделеевской таблицы, по-видимому, закономерно охвачены живым веществом. По данным М.Г. Коломийцевой, Р.Д. Габович (1970) в живых организмах обнаружено около 80 элементов периодической системы. Очевидно, в живом могут быть найдены все химические элементы и их изотопы, присутствующие на планете.

Макроэлементы ($n \cdot 10^{-3}\%$... $n \cdot 10\%$) и микроэлементы ($< n \cdot 10^{-3}\%$)				Микроэлементы ($< n \cdot 10^{-3}$)			
Эле- менты	% содер- жание	Эле- менты	% содер- жание	Эле- менты	% содер- жание	Эле- менты	% содер- жание
<u>O</u>	70	Mn	$9,6 \cdot 10^{-3}$	Pb	$1 \cdot 10^{-4}$	Be	$4 \cdot 10^{-6}$
<u>C</u>	18	Al	$5 \cdot 10^{-3}$	Ni	$8 \cdot 10^{-5}$	Ga	$2 \cdot 10^{-6}$
<u>H</u>	10,5	Zn	$2 \cdot 10^{-3}$	Cr	$7 \cdot 10^{-5}$	Se	$2 \cdot 10^{-6}$
<u>N</u>	$3 \cdot 10^{-1}$	Sr	$1,6 \cdot 10^{-3}$	V	$6 \cdot 10^{-5}$	Ag	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Ca	$5 \cdot 10^{-1}$	Ti	$1,3 \cdot 10^{-3}$	Li	$6 \cdot 10^{-5}$	W	$1 \cdot 10^{-6}$
K	$3 \cdot 10^{-1}$	B	$1 \cdot 10^{-3}$	Co	$4 \cdot 10^{-5}$	U	$8 \cdot 10^{-7}$
Si	$2 \cdot 10^{-1}$	Ba	$9 \cdot 10^{-4}$	La	$3 \cdot 10^{-5}$	Hf	$5 \cdot 10^{-7}$
Na	$2 \cdot 10^{-1}$	Cu	$3,2 \cdot 10^{-4}$	Y	$3 \cdot 10^{-5}$	Sb	$2 \cdot 10^{-7}$
P	$7 \cdot 10^{-2}$	Zr	$3 \cdot 10^{-5}$	Mo	$2 \cdot 10^{-5}$	Cd	$2 \cdot 10^{-7}$
S	$5 \cdot 10^{-2}$	Rb	$2 \cdot 10^{-4}$	I	$1,2 \cdot 10^{-5}$	Hg	$< n \cdot 10^{-7}$
Mg	$4 \cdot 10^{-2}$	Br	$1,6 \cdot 10^{-4}$	Sn	$1 \cdot 10^{-5}$	Au	$n \cdot 10^{-8}$
Cl	$2 \cdot 10^{-2}$	Br	$1,6 \cdot 10^{-4}$	As	$6 \cdot 10^{-6}$	Ra	$n \cdot 10^{-12}$
Fe	$1 \cdot 10^{-2}$	F	$1,4 \cdot 10^{-4}$	Cs	$6 \cdot 10^{-6}$		
Примечание: подчеркнутые элементы – воздушные мигранты, все остальные – вводные.							

Таблица 3.1.3 Среднее содержание химических элементов в живом веществе (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>)

Эле- мент	Живое веще- ство	Чело- век	Эле- мент	Живое веще- ство	Чело- век	Эле- мент	Живое веще- ство	Чело- век	Эле- мент	Живое веще- ство	Чело- век
O	70	61	Ca	0,5	1,4	Na	0,2	0,14	F	0,0001	0,003
C	18	22	P	0,07	1,1	Cl	0,02	0,13	Zn	0,003	0,003
H	10,5	10	K	0,3	0,2	Mg	0,04	0,02	Rb	0,0002	0,0009
N	0,3	2,5	S	0,05	0,2	Fe	0,01	0,005	Sr	0,001	0,0004

Таблица 3.1.4 Средние процентные содержания в живом веществе планеты и в человеке наиболее распространенных химических элементов (Emsley, J., Bowen, H.J., Перельман, А.И., Алексеенко, В.А.)

Найдено, что элементарный состав живого пропорционален элементарному составу окружающей среды с поправкой на растворимость соединений этой среды (Виноградов, А.П., 1932; 1933; 1935; 1945). Главную массу организмов составляют те химические элементы, которые легко образуют газы и водорастворимые соединения, очень подвижные в условиях биосферы. Те же элементы, которые не дают в условиях биосферы легко растворимых соединений, встречаются в организмах в ничтожных количествах. В.И. Вернадский (1933) считал, что элементарный химический состав живых организмов в главной части по весу должен определяться гидrogenическими химическими элементами.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА																	
I						VII						VIII					
1	H	2	He	3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F
10	Ne	11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co
28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh
46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu
64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu	72	Hf
73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl
82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn	87	Fr	88	Ra	89	Ac	90	Th
91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es
100	Fm	101	Mn	102	Sg	103	Bh	104	Hs	105	Ds	106	Uu	107	Uub	108	Uut

Таблица 3.1.5 Линия питательных веществ
(<http://bibhl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>)

Исходя из пропорциональности накопления химических элементов в живых организмах из окружающей среды А.П. Виноградов (1946; 1949; 1949А) создал учение о биогеохимических провинциях.

Особенности распространения химических элементов в земной коре сказались на развитии и составе живых организмов планеты. Химические элементы, наиболее необходимые в значительных содержаниях для нормального развития организмов, расположены или непосредственно на «линии жизни» или вблизи от нее. Сама линия жизни (ее еще называют «линией питательных веществ») представляет собой ломаную, соединяющую в таблице Д.И. Менделеева углерод с железом и калием (таблица 3.1.5).

Считается, что чем дальше и ниже от линии жизни расположены элементы таблицы Д.И. Менделеева, тем более опасны они для большинства живых организмов, в том числе и для человека, при высокой концентрации в среде обитания этих организмов. На большинство организмов, также включая человека, отрицательно воздействует недостаток в первую очередь тех элементов, которые расположены в непосредственной близости от линии жизни.

Особенности распространенности химических элементов в земной коре оказали влияние и на химический состав живого вещества. Так, в него входят практически все химические элементы, известные в земной коре. Причем неравномерность распространения химических элементов в земной коре в общей массе живых организмов еще более усилилась, и на долю всего трех элементов (О, С, Н) приходится свыше 98 % массы живого вещества (таблицы 3.1.3; 3.1.4; 3.1.5).

Основным элементом в организмах, как и в земной коре, является кислород. Основу живого вещества составляют химические элементы, доминирующий изотоп которых построен по типу $4n$ (^{12}C , ^{16}O , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S , ^{40}Ca , ^{60}Fe). При этом легкие элементы преобладают над тяжелыми химическими элементами. Закономерности, указанные для всей массы живого вещества, справедливы и для человеческого организма (таблицы 3.1.3; 3.1.4; 3.1.5).

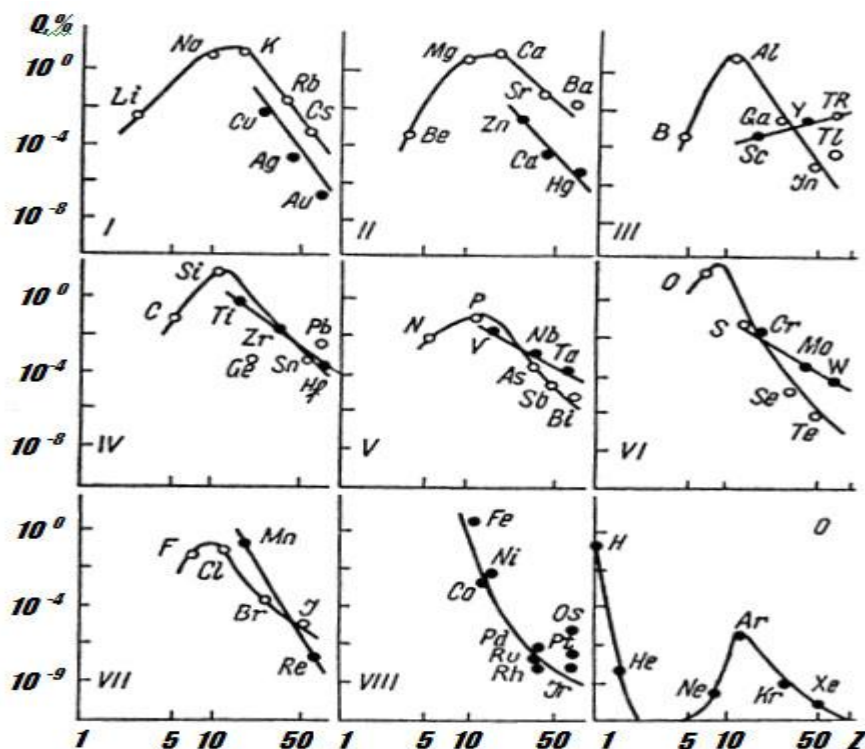


Рисунок 3.1.7 Распространенность химических элементов в земной коре как функция порядкового номера и номера группы (Кист, А.А., 1973, рис. 2, с.13)

В отличие от А.Е. Ферсмана, А.А. Кист и его группа (1967; 1969; 1970; 1973) предложили рассматривать кларки химических элементов первичной распространенности, в объектах биосферы не как функцию заряда или атомного веса для всей периодической системы в совокупности, а отдельно для каждой подгруппы. Такой подход показал, что кривые распространенности могут быть аппроксимированы сходными для отдельных подгрупп кривыми. Авторами этих работ изучался элементарный состав земной коры, воды морей, почвы, живого вещества, организма человека и т.д.

А.А. Кист (1973) считает более перспективным рассматривать распространенность химических элементов «отдельно для каждой подгруппы периодической системы, причем, как и следует из развернутой формы периодической таблицы, отдельно рассматриваются элементы s-, p-, d-, f-семейств, поэтому распространенность химического элемента приходится рассматривать как сложную функцию от порядкового номера (заряда) и подгруппы (орбитального квантового числа)» (Кист, А.А., 1973, с. 12).

А.А. Кист выделяет следующие закономерности (рисунок 3.1.7):

- «1. Кривые для d-семейства сходны для всех подгрупп.
2. Кривые для s- и p-семейств сходны для всех подгрупп.
3. Кривая распространенности элементов d-семейства (малых подгрупп) в первом приближении удовлетворительно интерпретируется прямой линией (кроме триад восьмой группы).

4. Кривые распространенности для элементов s- и p-семейств (больших подгрупп) характеризуется наличием максимума в районе заряда, равного 14, причем обе ветви кривой можно приближенно считать симметричными относительно вертикальной оси.

Отклонений от указанных закономерностей сравнительно немного. Часть из них, возможно, объясняются недостаточно надежной информацией».

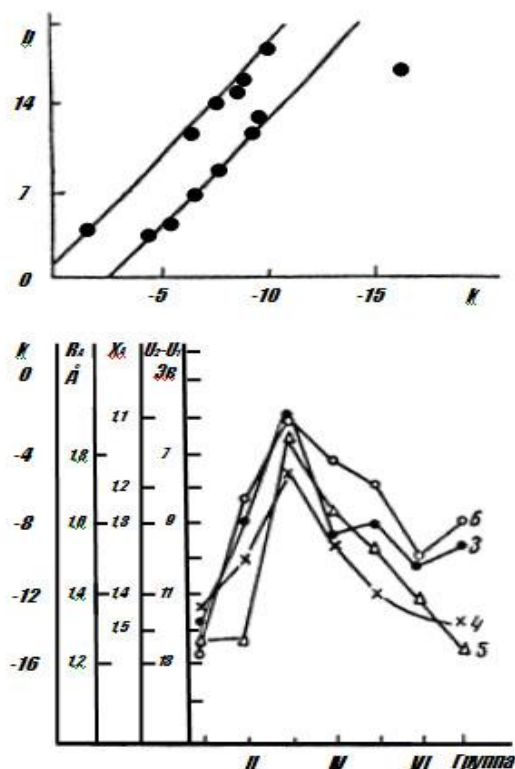


Рисунок 3.1.8 Связь углового коэффициента и свободного члена уравнений для Вселенной и литосферы, верхний рисунок. Нижний рисунок, связь космической распространенности химических элементов, ось ординат слева направо: угловой коэффициент (кривая 3) атомный радиус (4), электроотрицательность (5) и разность первых двух потенциалов (6), по оси абсцисс – группы химических элементов (Кист, А.А., 1973, рис. 6, с. 17)

На рисунке 3.1.8 вверху представлено соотношение углового коэффициента (k) и свободного члена (b) уравнений для Вселенной, на графике слева, и литосферы – справа. Ниже представлена связь космической распространенности химических элементов с угловым коэффициентом (кривая 3), с атомным радиусом (4), электроотрицательностью (5), разностью первых двух потенциалов ионизации (6). Значения углового коэффициента и свободного члена взаимосвязаны.

Связь эта записывается уравнением:

$b = -1,66k + 0,87$; тогда уравнение распространенности можно записать так:

$$\lg Q = k (\lg Z - 1,66) + 0,87.$$

На основании этого анализа А.А. Кист делает вывод: «сравнение изменения углового коэффициента с различными характеристиками... на основе большого сходства кривых позволяет заметить, что и угловой коэффициент является функцией определенного энергетического параметра, определяющего строение атома. Тот же параметр может оказаться аргументом для таких величин, как разность первых двух потенциалов ионизации, атомного радиуса».

В общем упрощенном виде «простая феноменологическая модель» заключается в описании распространенности d-элементов уравнением прямой

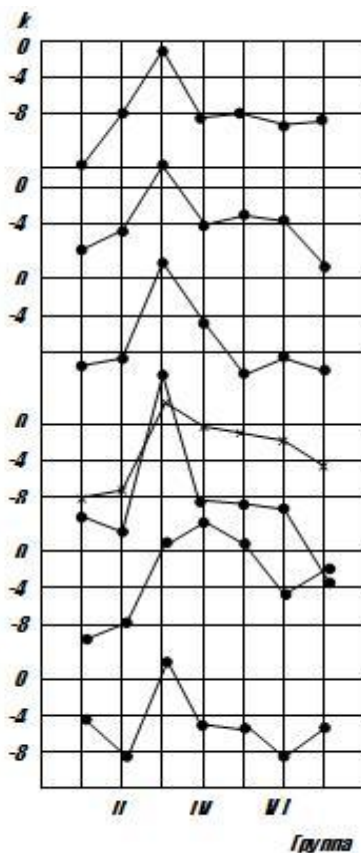
$$\lg Q = k \lg Z + b.$$


Рисунок 3.1.9 Значение углового коэффициента для различных систем сверху вниз: вселенная, литосфера, почва, покрытосемянные, зола растений, организмы млекопитающих, морская вода (Кист, А.А., 1973, рис. 13, с. 26)

Прямая постановка коэффициентов в уравнение затруднена тем, что угловые коэффициенты колеблются в сравнительно узком интервале (рисунок 3.1.9), в то время как свободные члены могут различаться. Принимая во внимание значение углового коэффициента (т.е. наклон прямой) определяющим для данной зависимости, в дальнейшем будем считать, что свободный член является специфичной для каждой группы и каждой системы характеристикой, связанной с химическими свойствами элементов данной группы, как показано на примере распространенности химических элементов в литосфере и морской воде (Кист, А.А., 1973, с. 26).

Кривая (рисунок 3.1.10) характеризуется большим разбросом отдельных точек. При этом максимум по-прежнему находится вблизи зарядов 13-14. Четкая связь с ионными потенциалами была обнаружена только в случае малых подгрупп. Зависимости, представленные на рисунке 3.1.10, являются весьма грубым приближением.

Вероятно, механизмы образования современного состава морей значительно сложнее для химических элементов больших подгрупп, чем для малых и не определяются одной растворимостью. Имеется весьма четкая зависимость между отношением распространенности щелочных элементов в морской воде и литосфере и растворимостью хлористых солей в воде. Связь эта обратна, то есть чем больше растворимость соли, тем ниже относительная распространенность элемента. Это может быть одной из причин

несколько увеличенного разброса на кривой (рисунок 3.1.10) и требует углубленного изучения.

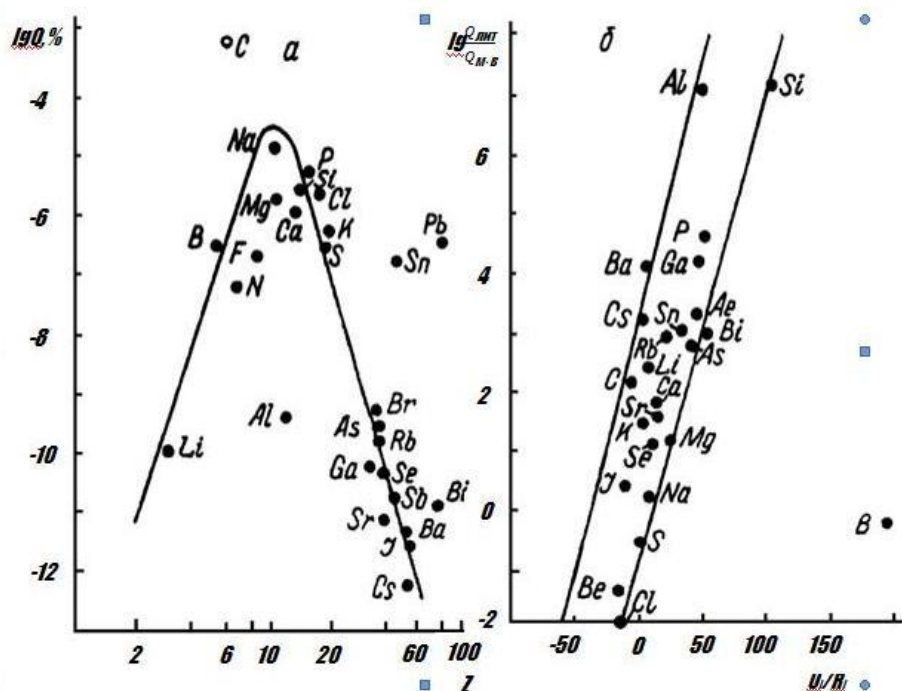


Рисунок 3.1.10 Распространенность химических элементов больших подгрупп в морской воде (а) и связь коэффициента обогащения для морской воды с ионным радиусом и потенциалом ионизации (б) (Кист, А.А., 1973, рис.16, с.31)

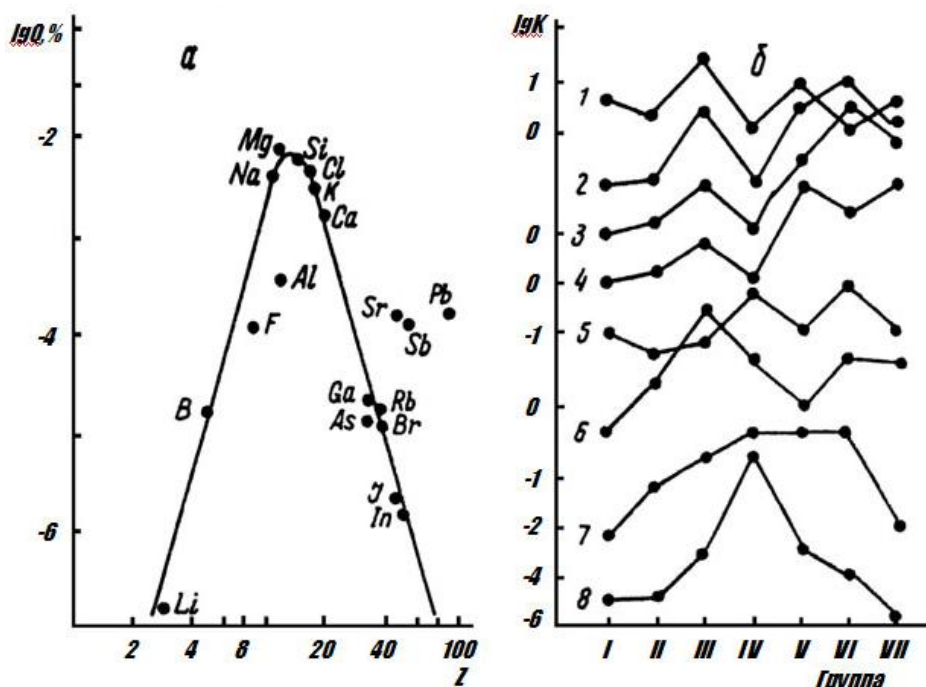


Рисунок 3.1.11 Распространенность химических элементов больших подгрупп в организме млекопитающих (а) и связь коэффициенты групповой распространенностью для различных систем (б): 1 – солнечная система; 2 – литосфера (ат. %); 3 – литосфера (вес %); 4 – почва; 5 – зола растений; 7 – млекопитающие; 8 – морская вода (Кист, А.А., 1973, рис. 18, с. 31)

Сравнение кривых и уравнений, описывающих различные системы, позволяет отметить определенные закономерности. Коэффициенты групповой распространенности приведены на рисунке 3.1.11. Для солнечной системы и, частично, для литосферы и почвы характерно превышение коэффициентов нечетных групп над коэффициентами четных в полном соответствии с законом Оддо-Гаркинса. Для почвы и растений зависимость коэффициентов групповой распространенности от растворимости соединений элементов незаметна. Сходство между коэффициентами для покрытосеменных и для золы растений и земной коры почти идентично. Чрезвычайно четко показана связь состава организма млекопитающих с земной корой и морской водой. Разность коэффициентов для млекопитающих и литосферы практически полностью симметрична разности для млекопитающих и морской воды.

Приведенные выше примеры свидетельствуют о том, что использованные феноменологические модели, несмотря на грубость приближения, достаточно полно описывают распространенность химических элементов и в общем виде универсальны для всех перечисленных систем. Для d-элементов характерно изменения углового коэффициента распространенности, а для s- и p-элементов – коэффициента групповой распространенности и ординаты максимума кривой распространенности.

В конце монографии А.А. Кист суммирует полученные результаты:

«Рассматривая отдельно большие и малые подгруппы, обнаруживаем четкую связь распространенности химического элемента с его порядковым номером, т.е. распространенность химических элементов можно рассматривать как сложную функцию от положения в периодической системе (порядковый номер и орбитальное квантовое число), умноженную на коэффициент, специфичный для данной системы. Параболическая аппроксимация (для больших подгрупп) и линейная (для малых) являются практически универсальными для всех рассмотренных систем.

Пределы колебания состава живых систем и устойчивость химизма внешней среды к колебаниям являются закономерными и зависят от среднего содержания элемента. Данную закономерность можно сформулировать следующим образом: толерантность живых организмов к изменению химизма внешней и внутренней среды тем больше, чем меньше среднее содержание элемента в системе и чем ниже стоит организм на эволюционной лестнице.

Использование феноменологических моделей значительно упрощает представление аналитического материала и одновременно отражает межэлементные и межгрупповые отношения. Этот путь перспективен и для перехода от тавтологического определения элементного состава к более обоснованному и может послужить основой для классификации химических элементов с точки зрения их биологической роли.

Применение предложенных феноменологических моделей при рассмотрении эволюции химического состава живых организмов позволяет установить определенные закономерности, в частности, сдвиг максимума на кривой распространенности щелочных элементов, пропорциональный возрасту вида».

А.А. Кист (1973, с. 9-10) считает, что в ближайшем будущем вероятность сформулировать общие закономерности среднего элементарного состава на структуре атомов мала. «Эти слова еще в большей степени относятся к биологическим свойствам химических элементов и полностью оправдывают целесообразность феноменологического подхода к решению проблемы...».

В последней своей работе А.А. Кист рассматривает элементарный состав различных объектов не только в связи с атомным номером, но и с учетом орбитальных квантовых чисел.

Все работы А.А. Кист носят феноменологический характер и относятся по классификации А.Е. Ферсмана к первому – второму направлениям (см. ниже). Подобного рода исследования не только чрезвычайно важны, они необходимы, так как идеальное описание кривых кларков (различных объектов) может иметь не только чисто формальный характер, но и естественнонаучный смысл.

3.2 Роль физико-химических свойств химических элементов в животных организмах

Способность живого использовать атомы в процессах жизнедеятельности, несомненно, определяется свойствами изотопов химических элементов. Несмотря на то, что процесс познания продолжается в этом направлении около 150 лет, найти общие закономерности обмена, ответственные за самоорганизацию и функционирование живого с позиции периодической системы, не удалось.

Работ, в которых бы изучались закономерные связи между положением химических элементов в периодической системе и поведением в организме немного, если сравнить с общим количеством работ по минеральному, изотопному обмену, биологической их роли и т.п., и ограничивается десятками. По существу, даже в значительной части этого типа работ, изучение связи между положением химических элементов в периодической системе и их обменом в живом, является как бы побочным делом, не является самостоятельной задачей исследования. Причем зачастую авторы дают лишь общую, качественную, ориентировочную оценку связи – обмен, кинетика – положение в периодической системы.

Так, принцип группировки микроэлементов по положению в периодической системе в связи с наиболее выраженными и изученными сторонами их биологической активности частично нашел отражение в монографии А.О. Войнар (1953, 1955, 1960). Но это лишь принцип группировки материала. А.О. Войнар отмечает, что близкие по химические свойствам элементы обычно содержатся в организмах в таких же соотношениях, в каких они встречаются в неживой природе (Co : Ni, Mn : Fe некоторые другие). При повышении содержания в организме определенных макроэлементов, как правило, увеличивается и содержание спутников этого макроэлемента (например, спутников калия – рубидия и цезия) пропорционально их содержанию в окружающей среде. Это явление объясняется близостью радиусов ионов этих родственных элементов (ионный радиус калия – 1,39 Å, рубидия – 1,49 Å, цезия – 1,65 Å).

И, тем не менее, обнаружены наиболее значимые физико-химические константы, ответственные за некоторые стороны метаболизма химических элементов в живом. Так, прочность комплексов зависит от радиуса иона металла. Она тем выше, чем меньше радиус иона металла. Устойчивость комплексов связана с электронной конфигурацией атома металла. Константа стабильности комплексного соединения коррелирует с электронной структурой металла, она тем выше, чем больше электросродство катиона, чем ниже его потенциал ионизации, меньше атомный радиус. Так константа стабильности комплексных соединений хорошо коррелирует с первым потенциалом ионизации (Foreman, H., 1965).

R. Williams (1953), H. Irving, et al (1953) установили, что порядок стабильности комплексных соединений переходных металлов 4 периода мало зависит от природы лиганда. Среди переходных металлов устойчивость комплексных соединений увеличивается в порядке возрастания их атомных номеров: $Ti < V^{2+} < Cr^{2+} < Mn < Fe^{2+} < Co < Ni < Cu^{2+} < Zn$, независимо от комплексона (Williams, R., 1953; Irving, H., et al, 1953; Passow, H., et al, 1961; Rolf-Dieter, F., 1962). И лишь в отдельных случаях сродство к определенным лигандам некоторых металлов разительно отличается от сходных по физико-химическим характеристикам элементов. Вероятно, эти особенности некоторых металлов, для некоторых комплексонов объясняют эффекты биологической избирательности.

Тяжелые металлы дают прочные комплексы, металлы с полностью заполненной внешней орбитой образуют мало устойчивые комплексы, например, металлы IA подгруппы – литий, натрий, калий, рубидий, цезий, IIА подгруппы – магний, кальций, стронций, барий, радий. Способность щелочноземельных металлов к комплексообразованию уменьшается от кальция к радью ($Ca > Sr > Ba > Ra$) (Балабуха, В.С., Фрадкин, Г.Е., 1958, с. 10).

Э.Н. Левина (1972), проанализировав сродство металлов к различным комплексонам в зависимости от их физико-химических свойств, приходит к выводу, что можно проследить

определенную связь между положением металла в периодической системе элементов и стабильности образуемых ими комплексных соединений.

Помимо работ общего плана, где исследуются общие качественные связи между обменом групп элементов и их положением в периодической системе, имеются также немногочисленные работы, авторы которых находят отдельные, так же в основном качественные зависимости между некоторыми параметрами обмена ограниченных элементов и их физико-химическими свойствами, например, радиусом иона, валентностью, атомным весом и т.п. (Войнар, А.О., 1953, 1955, 1960; Балабуха, В.С., и соавторы, 1958, 1962; Москалев, Ю.И., 1955, 1965; Семенов, Д.И., Трегубенко, И.П., 1958; Pecher, C., 1941; Durbin, P., 1962; Peters, C., et al, 1965; Walser, M., Rahill, W., 1964, 1965; и некоторые другие). Так по данным Bouman, Searle (1956, цит. Коломийцева, М.Г., Габович, Р.Д., 1970) интенсивность поглощения микроэлементов органами и тканями пропорциональна их атомному весу. По данным С. Pecher (1941) скорость всасывания щелочноземельных элементов (кальций, стронций, радий) обратно пропорциональна их атомным весам. Zevitus, Anbor, Gutman (1960, цит. Коломийцева, М.Г., Габович, Р.Д., 1970) придают значение размеру ионов. Это предположение авторы высказали в результате изучения избирательного накопления макроэлементов щитовидной железой. Вычислив размер различных ионов, поглощаемых этой железой, авторы обнаружили значительную близость в размерах ионов. Микроэлементы с одинаковым размером ионов (марганец, рений, технеций) хорошо аккумулировались щитовидной железой. С. Peters, V. Walser (1968) нашли отчетливую зависимость между скоростью перехода через стенку желчного пузыря кролика элементов щелочной и щелочноземельной группы (натрий, калий, рубидий, цезий, кальций, стронций) и их ионным радиусом. Величина перехода щелочных и щелочноземельных элементов через стенку желчного пузыря линейно уменьшается с увеличением их кристаллического ионного радиуса. Исключением из этой закономерности является величина перехода через стенку желчного пузыря лития и магния. В некоторых работах высказывается предположение и приводятся доказательства, что реабсорбция в канальцах почек элементов, принадлежащих к различным группам (щелочной и щелочноземельной) происходит с помощью единого механизма (Walser, M., et al, 1961, 1962, 1964; Rahill, W.J., et al, 1965; Copp, H., McIntost, H.W., 1962; Giordo, G., et al, 1968 и другие).

Р. Durbin (1962) установила линейную зависимость между положением в скелете и печени элементов групп лантаноидов и актинидов и их ионным радиусом (отдельно для 3-х и 4-х валентных). Так для трехвалентных: лантана, церия, празеодима, неодима, прометия, самария, европия, гадолиния, тербия, диспрозия, гольмия, эрбия, иттрия, тулия, иттербия, лютеция, при уменьшении радиуса с $1,06 \text{ \AA}$ до $0,85 \text{ \AA}$ депозиция вышеуказанных радиоизотопов в скелете повышается с 18,4 % до 67,6 % от введенного количества, в печени наоборот понижается с 67,4 % до 10 %, для трех – пятивалентных радиоизотопов: актиния, тория, америция, кюрия, калифорния, протактиния, плутония, нептуния, при уменьшении ионного радиуса с $1,11 \text{ \AA}$ до $0,88 \text{ \AA}$, отложение в скелете увеличивается с 6,8 % до 44,4 % от введенного количества, в печени уменьшается с 62,2 % до 17,8 %. Автор объясняет найденную закономерность тем, что эти группы элементов не являются биологически необходимые, то есть для них не могут существовать биологически активные (специфические для каждого элемента) системы транспорта и фиксации.

Е.П. Овчаренко (1969) в обзоре данных литературы по переходу радиоактивных веществ от матери к плоду располагает материал соответственно группам периодической системы Менделеева. При рассмотрении перехода элементов 2-й группы периодической системы Е.П. Овчаренко откачает, что с увеличением массового числа величина перехода изотопа от матери к плоду (кальций > цинк > стронций > барий) уменьшается.

В.Г. Куликова (1970) отмечает, что переход радиоизотопов через плаценту к плоду зависит как от физиологических факторов, так и физико-химических свойств элементов, связанных с их местоположением в периодической системе. В.Г. Куликова отмечает, что проникновение радиоизотопов через плаценту к плоду зависит от атомного веса элементов.

В заключение можно сослаться на работу Ю.И. Москалева от 1965 года, в которой автор приходит к выводу, что поведение некоторых групп радиоизотопов в организме человека и животных сходно и определяется положением этих групп в периодической системе.

Попытки раскрыть причины использования организмами определенных химических элементов для построения живого вещества и для процессов жизни делались неоднократно. Одна из наиболее обстоятельных попыток – исследование W.H.R. Schaw (1960). W.H.R. Schaw, исходя из общепризнанного положения, что периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева является наиболее совершенной классификацией всех известных в природе атомов, сопоставляет их электронную структуру, атомный вес и атомное число с физико-химическими свойствами (электроотрицательность, способность образовывать комплексы с главной связью через кислород, кислород и фтор, через азот, серу, фосфор, фосфор и серу, галоиды, углерод; стабильность комплексов; состояние окисления; радиусы – ионный, квантовый; ионный потенциал, стандартный электронный потенциал, потенциал ионизации) и способностью живого вещества использовать атомы в процессах жизни. Цель этих сопоставлений – отыскать физико-химические параметры, делающие атомы необходимыми. Сопоставляемые физико-химические свойства атомов позволяют выделить те из них, которые обладают преимуществами при использовании их живыми организмами. Решающее значение при этом имеет соотношение различных свойств, присущих атомам, их доступность организмам в окружающей среде, способность организмов их избирательно поглощать и концентрировать (Ковальский, В.В., 1974, с. 21-22).

В отличие от обмена элементов в живых системах, биологические свойства элементов (вся совокупность физиологических, нервно-психических и т.п. функций) с позиций периодической системы практически не изучаются.

Исследуется биологическая роль лишь отдельных элементов, иногда их групп в том или ином физиологическом или нервно-психическом процессе. Особенно интенсивно изучается (так же изолировано) биологическая роль макроэлементов.

Автором рукописи в 1966-1968 годах также найдены отдельные закономерные связи между положением небольших групп химических элементов в периодической системе и их поведением в системе «кровь-почки-выделение». Полученные зависимости указывают на возможность существования подобных закономерностей и для других биопараметров, так как работа различных систем организма взаимосвязана (Соков, Л.А., 2006).

С целью выявления подобного рода закономерностей исследована зависимость поведения химических элементов в ряде систем организма: скорость исчезновения радиоизотопов из кровотока через 5-15' после их внутривенного введения, доля связываемого белками сыворотки, всасывание из желудочно-кишечного тракта, отложение в печени, период биологического полувыведения, величина фильтрации и канальцевого переноса от таких физико-химических характеристик как радиус иона, энергия гидратации иона, и т.п.

Исследовались показатели химических элементов (радиоизотопов), связанные белками плазмы, определенные по разнице между общим содержанием их в плазме и ультрафильтруемой частью, как функция величины ионного радиуса. Данные о показателях химических элементов (калий, ниобий, железо, цинк, плутоний, магний, рутений), связанных белками плазмы крови, взяты из работ Д.И. Семенова и соавторов, 1983; С.М. Пучковой, 1969; Т.В. Архангельской и соавторов, 1966; Ю.А. Беляева, 1964; Yoshikawa и соавторов, 1942; Foradori и соавторов, 1967.

В интервале величин ионных радиусов приблизительно от 0,9 Å до 1,66 Å наблюдаемая зависимость для изотопов: Cs, Ca, Sr, Y, Ce, Te описывается степенной функцией с высоким коэффициентом корреляции по уравнению:

$$(1) \quad Y \% \text{ связанного} = 39,4 \cdot Ri^{-7,03}, \quad r = 0,97, \quad p < 0,01$$

Литературные данные о количестве связанного белками калия, цинка, ниобия, марганца и других хорошо соответствуют найденной закономерности. Однако показатели связанного натрия, магния, титана, кремния, натрия ... не соответствует полученной зависимости. В работе P. Clarence и M. Walser (1966) данные по магнию также выходят из общего ряда. Отклоняется

от полученного ряда и величина связанного таллия, если принять его за одновалентный. В случае, если таллий в плазме находится в трехвалентной форме, доля не ультрафильтруемого изотопа хорошо соответствует ожидаемой величине на основании полученной линии регрессии. Известны металлоорганические комплексы таллия, в которых валентность металла только III (Гайчинский, М., Адлов, Ж., 1968).

Доля элемента, связанная белками плазмы крови, определяет величину фильтрации в клубочках почек. На рисунке 3.2.1 представлены величина фильтрации и реабсорбции химических элементов (собственные данные) как функция их ионных радиусов. Как видно, величина фильтрации и реабсорбции химических элементов закономерно связана с величиной их ионных радиусов. С увеличением радиуса иона величины фильтрации и канальцевого переноса элементов увеличиваются, причем при увеличении радиуса иона элемента 2,5-3 раза величина канальцевого переноса увеличивается примерно вдвое, фильтрация же возрастает примерно в 1500 раз. Следует отметить, что зависимость величины фильтрации химических элементов от их радиуса иона обратна зависимости доли химического элемента, связанного белками плазмы крови, от этой же физико-химической величины.

Перемещение химических элементов происходит в жидкостях тела, поэтому целесообразно сопоставить, например, долю связанных в плазме химических элементов с энергией гидратации иона.

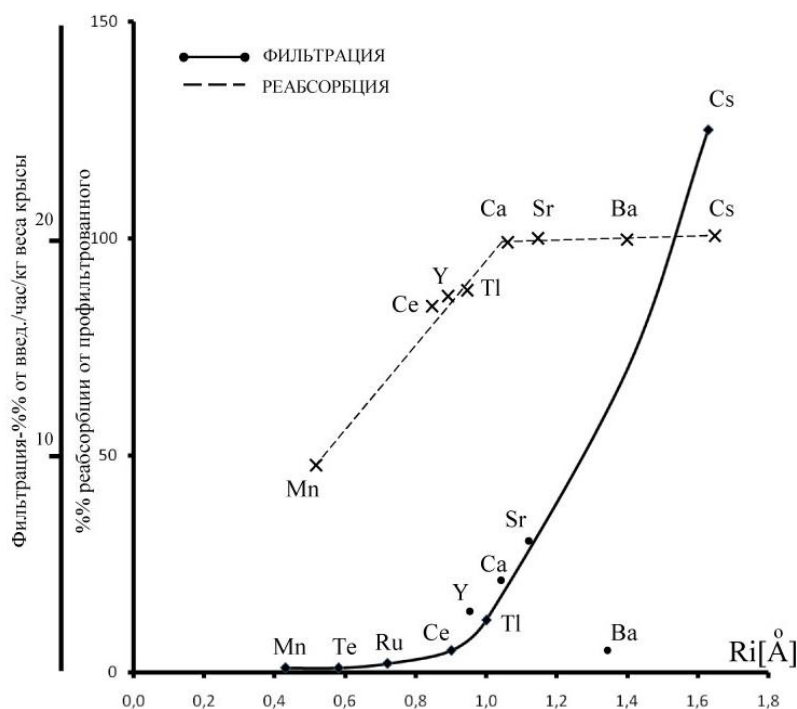


Рисунок 3.2.1 Зависимость величины фильтрации в клубочках почек и реабсорбции химических элементов от их ионного радиуса (R_i)

В общем виде энергия гидратации пропорциональна квадрату заряда иона и обратно пропорциональна ионному радиусу («Краткая химическая энциклопедия»). Энергию гидратации ионов, соответствующих элементов, определяли по формуле:

$$E = \frac{e^2}{R_i} 100,$$

где: e – валентность элемента;

R_i – ионный радиус (Å).

На рисунке 3.2.2 представлены показатели связанного в плазме химического элемента как функция его энергии гидратации (E -ккал/г-ион).

Наблюдается линейная зависимость между количеством связанного химического элемента и энергией гидратации до $E \approx 1300$. После этой величины различия в степени связывания между химическими элементами незначительны и статистически недостоверны. Интересно, что в этом случае и данные по магнию не выходят из общего ряда.

Полученная зависимость описывается уравнением экспоненциальной функции:

$$(2) Y \% \text{ связанного} = 9,77 \cdot e^{0,005E}, \quad \rho = 0,744, \quad p < 0,001$$

На этом же рисунке показаны доли радиоактивных изотопов, исчезающих из крови за первые 5-15 мин после внутривенного введения крысам (Хевеши, Г., 1950; Семенов, Д.И. и соавторы, Архангельская, Т.В. и соавторы; Москалев, Ю.И., 1961; Заликин, Г.А., 1966; Калистратова, В.С. и соавторы, 1966, а, б). Несмотря на большой разброс данных, который, прежде всего, следовало бы объяснять неточно фиксированным сроком наблюдения, можно отметить явную тенденцию к снижению скорости исчезновения из крови элементов по мере увеличения степени их связи в плазме. Для коротких сроков исследования этот эффект следовало ожидать, если допустить, что скорость исчезновения из крови в первые минуты после введения обусловлена скоростью фильтрации элемента во внеклеточную жидкость, которая в свою очередь зависит от ультрафильтруемости катиона. Можно предположить, что зависимость прочности связи элемента с органическими структурами от энергии гидратации должна существовать и в более поздние сроки. Чтобы получить сведения по этому вопросу, была проанализирована величина отложения в печени крыс различных элементов на 4-5 суток после однократного внутривенного их введения, приведенная в различных работах (Хевеши, Г., 1950; Семенов, Д.И. и соавторы, 1958, 1968; Архангельская, Т.В. и соавторы, 1966; Заликин, Г.А. 1966; Калистратова, В.С. и соавторы, 1966 а,б; Москалев, Ю.И., 1984; Городецкий, А.А. и соавторы, 1959; Балабуха, В.С. и соавторы, 1962).

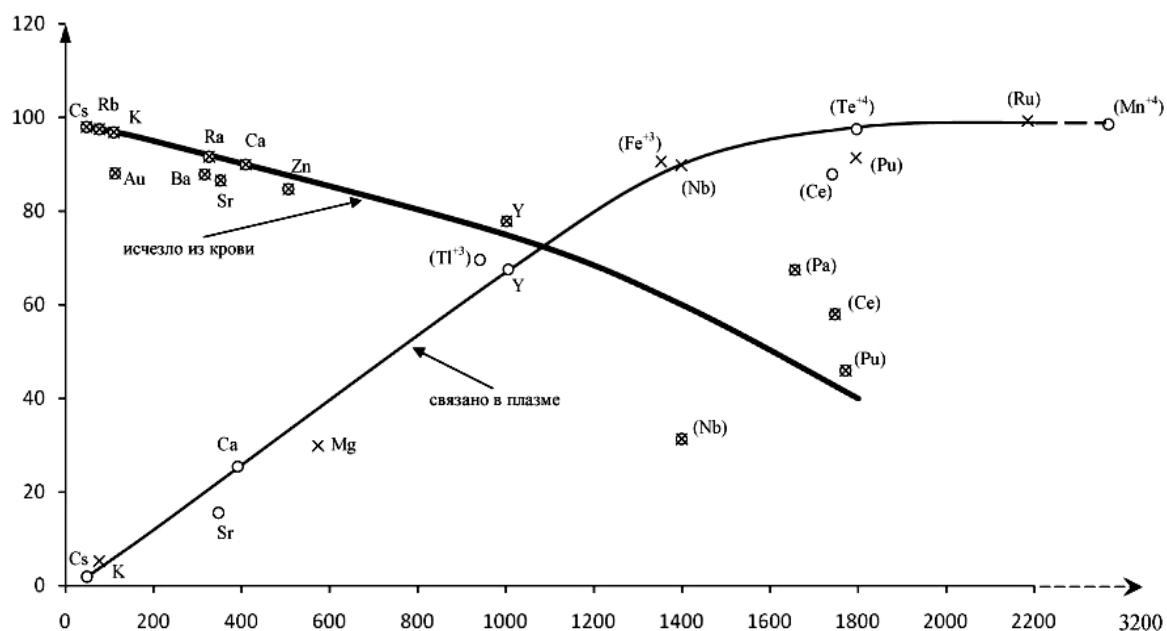


Рисунок 3.2.2 Зависимость от энергии гидратации (E) показателей связывания химических элементов белками плазмы крови (% от содержания в плазме) и скорости исчезновения из кровотока за первые 5-15' после внутривенного введения (% отведенного). Тонкая линия – связано белками плазмы крови, жирная линия – исчезло из кровотока; Точка – собственные данные по скорости исчезновения из кровотока, х в кружке – данные литературы; кружок – собственные данные по показателям связывания химических элементов белками плазмы крови, х – данные литературы (Дубровина, З.В., Соков, Л.А., 1970)

Как видно из данных рисунка 3.2.3, задержка в печени химических элементов тем выше, чем больше энергия их гидратации. Характер линий регрессии весьма схож с таковой для доли элементов в плазме крови (рисунок 3.2.2). Здесь же на этом рисунке приведены данные разных авторов о величине всасывания из желудочно-кишечного тракта различных элементов у крыс (Хевеши, Г., 1950; Семенов, Д.И., и соавторы, 1950; 1958; 1966; Москалев, Ю.И., 1961, 1964; Городецкий, А.А. и соавторы, 1959; Дубровина, З.В., 1966; Булдаков, Л.А. и Москалев, Ю.И., 1968). Из графика видно, что величина всасывания уменьшается с увеличением энергии гидратации ионов.

На рисунке 3.2.4 приведены два различных параметра: период биологического полувыведения цезия, рубидия и калия из мышечной ткани человека (Радиационная защита. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, 1961) и задержка в организме человека кальция, стронция, бария, радия к 25 суткам после их внутривенного введения (Harrison, G. и соавторы, 1967). Как видно из графика, между указанными параметрами и энергией гидратации элементов существует линейная зависимость. Если найденный линейный характер зависимости этих биопараметров от энергии гидратации элементов правомерен, то можно путем экстраполяции определить те же параметры и для других ионов. Так, например, в соответствии с линией регрессии, приведенной на рисунке 3.2.4, период биологического полувыведения фракция из организма человека должен быть равен 150 суткам. Если $T_{\text{биол.}}$ для кальция у человека 18000 дней (Радиационная защита. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, 1961), то $T_{\text{биол.}}$ для стронция должен составлять 9000-11000 дней, для радия – 3000-4000 дней (Müller, J., Thomas, I., 1968), $T_{\text{эфф}}$ стронция-90 у человека равен 3000 дней).

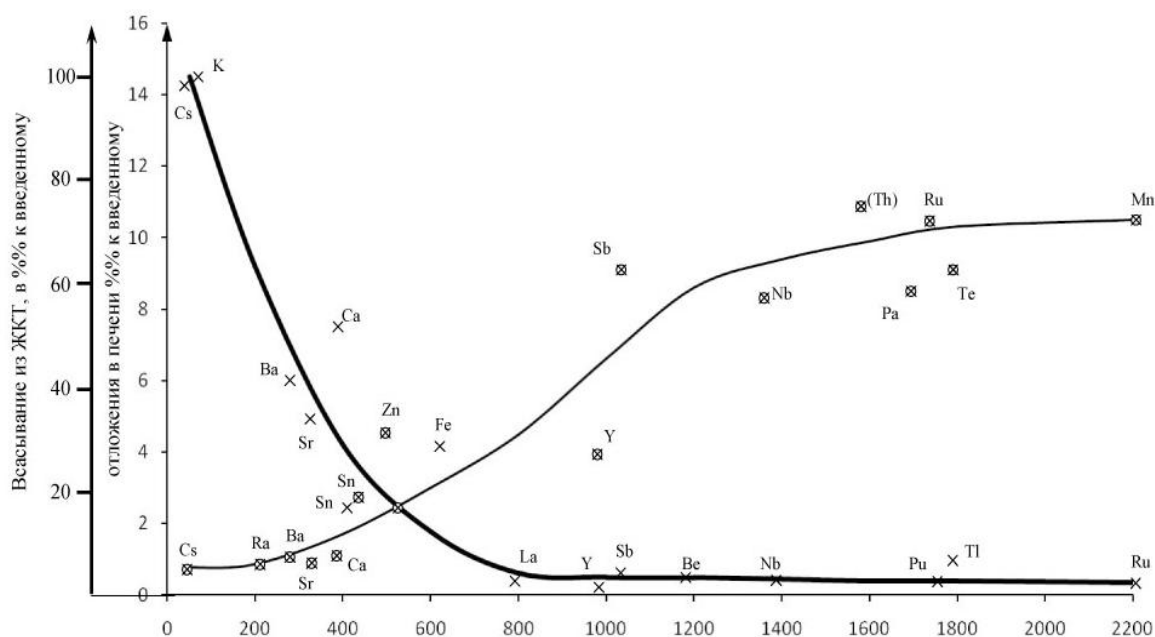


Рисунок 3.2.3 Зависимость всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта (% от поступления в кишечник) и отложения в печени (% от введенного) крыс на 4-6-е сутки после внутривенного введения от энергии гидратации (Е): х в кружке отложение химических элементов в печени, х – всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта (Дубровина, З.В., Соков, Л.А., 1970)

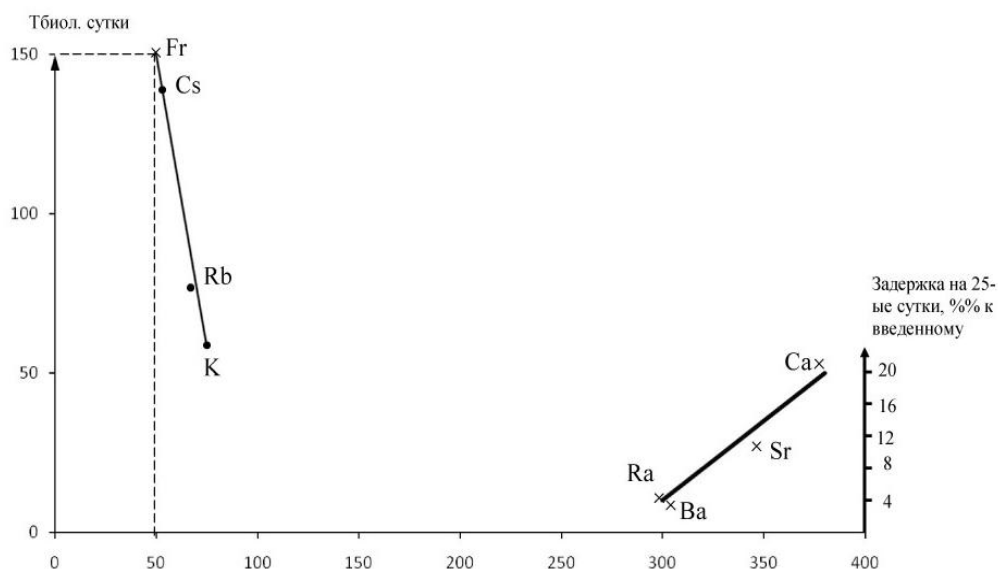


Рисунок 3.2.4 $T_{\text{биол}}$ щелочных химических элементов и задержка в организме щелочноземельных химических элементов (Дубровина, З.В., Соков, Л.А., 1970)

При этом задержка в организме человека элементов щелочноземельной группы от E описывается линейным уравнением:

$$(3) \quad Y = -120,8 + 0,43 \cdot E$$

Аналогичные зависимости могут быть получены и для других биопараметров, например, коэффициента концентрации элементов щелочной группы линейно зависят от E или R_i . С увеличением энергии гидратации коэффициент концентрации элементов щелочной группы в мышечной и почечной ткани уменьшается, с увеличением радиуса иона коэффициент концентрации этих же элементов в мышце возрастает. Коэффициент концентрации щелочных элементов в клеточной фазе может быть записан линейным уравнением:

$$(4) \quad Y = -79,8 + 75,4 \cdot R_i \quad \rho = 0,86, \quad p < 0,05$$

где R_i – радиус иона в Å.

Зависимость величин различных биопараметров от энергии гидратации можно представить схематически (схема 3.2.1 на оси ординат – относительные значения биопараметров, на оси абсцисс – значения энергий гидратации E – ккал/г-ион).

На схеме 3.2.1 внизу изображен ряд процессов (всасывание из желудочно-кишечного тракта и легких, ультрафильтруемость в плазме крови, скорость удаления их из кровотока за период 5-15 минут, отложение в коже после ингаляционного поступления ряда радиоизотопов в организм, фильтрация и реабсорбция их в почках), параметры которых с увеличением энергии гидратации (E) уменьшаются. На схеме 3.2.1 вверху представлены процессы, величины которых с увеличением энергии гидратации увеличивается. То есть, все процессы, протекающие в организме, можно подразделить как будто на два типа:

1 – идущие с уменьшением величины фиксации, транспорта химических элементов при увеличении энергетических характеристик – в данном случае энергии гидратации;

2 – идущие с увеличением связывания, поглощения химических элементов в органе, ткани при возрастании энергии гидратации.

Из такого подразделения процессов на два вида вытекает следующее. Пропорциональность между содержанием химических элементов в окружающей среде и организме возможна благодаря тому, что процессы, обуславливающие жизнедеятельность организма, не вступают в противоречие с таким тезисом как распространенность и «доступность» химических элементов в окружающей среде. Содержание минеральных элементов в пищевом рационе отражает их содержание в биосфере. Из пищи, поступившей в желудочно-кишечный тракт, всасывание идет по тому же принципу «доступности». Из желудочно-кишечного тракта химические элементы

поступают в кровь. В крови определенная часть химических элементов находится в свободном, не связанном белками плазмы (ультрафильтруемом – опять же «доступном»), состоянии.

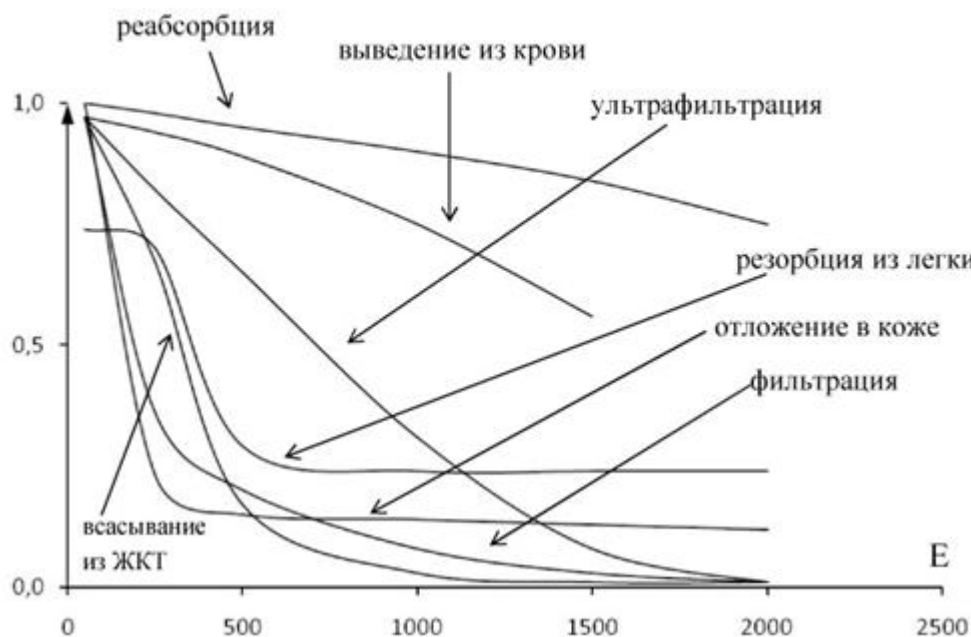


Схема 3.2.1 Ориентировочная зависимость биологических процессов от энергии гидратации (E)

Причем, между ультрафильтруемостью и скоростью удаления химических элементов из кровотока (в ткани и органами экскреции) также есть связь – чем меньше связан химический элемент белками плазмы, тем быстрее он удаляется из кровотока, причем накопление химического элемента в органе, ткани зависит на первом этапе и от скорости кровотока, то есть, чем «доступнее» ион в плазме, чем больше скорость кровотока в данном органе, тем больше его

профильтрывается в этот орган, ткань. Величина фиксации в органах и тканях в общем виде, обратна величине мобильности химических элементов в жидких средах организма. Выделение химических элементов через почки идет по тому же принципу: фильтрационный заряд тем выше, чем меньше химический элемент, связав белками плазмы крови.

Таким образом, можно говорить о количественной зависимости между самыми различными параметрами, характеризующими поведение ограниченных групп химических элементов в организме, и их энергией гидратации (для изученных групп элементов, разумеется). Как доказательство этого, в дополнение к вышеизложенному, можно привести параметры функции вида $Y = AE^b$ с помощью которой описывается зависимость различных биологических процессов от энергии гидратации ионов (таблица 3.2.1). Как видно из данных таблицы 3.2.1, коэффициенты корреляции достаточно высоки. Обращает на себя внимание близкие значения показателя степени «b», характеризующего угол наклона линии регрессии, для трех параметров: задержка в печени, связывание белками плазмы, количества химического элемента, не всосавшегося из желудочно-кишечного тракта.

Интенсивность изменения показателей концентрации в моче изучена для тринадцати химических элементов, интенсивность изменения показателей очистки ультрафильтрата плазмы крови, скорости клубочковой фильтрации (СКФ) и канальцевого транспорта определены для тех химических элементов, для которых изучены параметры поведения их в крови и ее фракциях.

Из тринадцати химических элементов девять – представители металлов (Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, Y, Ce, Mn, Ru), четыре металлоида (Tl, Sb, Te, I). Соотношение биопараметров, характеризующих выведение химических элементов через почки, с физическими, физико-химическими свойствами в виду различия физико-химических свойств металлов и металлоидов целесообразно рассматривать отдельно.

№ п/п		A	b	r	p
1	Всасывается из ЖКТ в % к поступающему	851	-1,898	-0,824	0,01
2	Связано с белками плазмы, в % с содержанию во всей плазме	0,204	0,821	0,936	0,01
3	Задержка в печени на 4-5-е сутки в %% к введенному	0,012	0,687	0,682	0,01
4	Количество невсосавшегося из ЖКТ, в % к поступающему	0,025	1,186	0,841	0,01

Таблица 3.2.1 Параметры функции вида $Y = A \cdot E^b$

Для этого данные почасовой динамики СКФ и канальцевого транспорта обработаны с помощью корреляционно-регрессионного анализа. Динамика показателей СКФ и канальцевого транспорта хорошо описывается уравнением $Y = A \cdot t^b$ с высокими коэффициентами корреляции (таблица 3.2.2), где A – СКФ в первый час эксперимента. Показатель степени «b» характеризует наклон линии регрессии или изменение СКФ в течение суток ($1 \leq t \leq 24$ час). Коэффициенты корреляции равны $r = 0,432 \div 0,930$, при уровне значимости во всех случаях $p < 0,01$.

В таблице 3.2.3 представлены показатели канальцевого транспорта химических элементов, где коэффициент A – величина канальцевого транспорта химических элементов в % от введенного мл/час/кг веса крысы в 1-й час эксперимента, коэффициент «b» – наклон линии регрессии или изменение величины канальцевого транспорта химических элементов за период времени t от 1-го часа к 24-му часу. Коэффициенты корреляции $r = 0,39 \div 0,93$. Уровень значимости найденных зависимостей $p < 0,01$.

В таблице 3.2.4 представлены показатели степени «b», характеризующие интенсивность изменения ряда биопараметров в течение суток и физико-химические характеристики соответствующих химических элементов.

Как видно из представленного, коэффициент «b», характеризующий интенсивность изменения концентрации химических элементов в моче, уменьшается с уменьшением радиуса атома или увеличением потенциала первичной ионизации, значения электроотрицательности, работы выхода электрона в ряду элементов Rb-Y. Так, величина коэффициента «b» Rb и Cs равна соответственно 0,1796 и -0,5376; Ca, Sr, Ba равна соответственно -1,2248, -0,9962 и -1,5307 и для Y -1,4068, радиусы атомов химических элементов в этом ряду уменьшаются с 2,51 и 2,70 Å для Rb и Cs соответственно и до 1,8 Å для Y.

В этом же ряду химических элементов потенциалы первичной ионизации, значение электроотрицательности, величина работы выхода электрона увеличиваются соответственно с 4,2 до 6,4; с 0,8 до 1,3 и с 2,13 до 2,52 (для Ba). Показатели степени «b» для Ce, Mn, Ru не укладываются в найденную закономерность, что, вероятно, связано с особенностями физических и физико-химических свойств этих химических элементов, а эти особенности, естественно, определяют и их поведение в организме.

Все элементы по характеру застройки поверхностных орбит электронов подразделяются на s-, f-, d-, p-типы (блоки, семейства), причем металлы это в основном s-, d-, f-элементы.

В нашем случае к s-элементам относятся Rb, Cs, Ca, Sr, Ba; к d-элементам – Y, Mn, Ru; к f-элементам – Ce; к p-элементам – Tl, Sb, Te, I. Естественно, что тенденция к закономерному изменению скорости концентрации химических элементов в моче прослеживается для s-элементов – Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, а также непосредственно примыкающего к ним d-элемента – Y (то есть элементов IA, IIA, IIIB подгрупп). А d-элементы – Mn, Ru, представляют VIIIB и VIIIIB подгруппы, Ce – f-элемент.

№ п/п	Элемент	A	b	r
1	Cs-137	12,030	-0,2559	0,432
2	Rb-86	6,328	-0,3995	0,633
3	Ca-45	61,830	-0,6797	0,775
4	Sr-90	34,420	-0,3371	0,720
5	Y-91	332,600	-1,1362	0,930
6	Ce-144	1,308	0,3290	0,777
7	Sb-125	6,219	-0,8913	0,806
8	Te-127 _m -127	1,295	-0,4518	0,522

Таблица 3.3.2 СКФ химических элементов (% от введенного/час/кг веса крысы, $1 \leq t \leq 24$). Формула вида $Y = A \cdot t^b$, $p \leq 0,01$

№ п/п	Элемент	A	b	r
1	Cs-137	10,190	-0,2496	0,391
2	Rb-86	6,177	-0,4092	0,629
3	Ca-45	61,49	-0,6775	0,876
4	Sr-90	33,20	-0,3279	0,706
5	Y-91	310,9	-1,1202	0,928
6	Ce-144	0,999	0,4408	0,796

Таблица 3.3.3 Канальцевый транспорт химических элементов (% от введенного/час/кг, $1 \leq t \leq 24$). Формула вида $Y = A \cdot t^b$, $p \leq 0,01$

Можно допустить, что скорости изменения концентрации s-, f-, d-, p-элементов в моче (также как и величины других биопараметров) могут изменяться закономерно, в общем виде (иметь тенденцию, зависимость, направленность – увеличиваться или уменьшаться) с увеличением или уменьшением их физических, физико-химических, химических свойств от I к VIII группе химических элементов. Но для того, чтобы выявить эту тенденцию (закономерность), необходимы дополнительные сведения об обмене s-, d-, f-, p-элементов в изучаемой системе, так как из 12 известных s-элементов только для 5 элементов получены значения интенсивности изменения концентрации их в моче. Из 32 d-элементов такие сведения получены лишь для трех элементов. Из 30 p-элементов соответствующие данные имеются лишь для 4 элементов. И из 28 f-элементов экспериментальные данные в этом плане имеются лишь для одного химического элемента.

Изменение величин клиренсов ультрафильтрата плазмы крови в суточной динамике для исследуемой группы химических элементов не связано с изменением физических и физико-химических их свойств. Это можно в первую очередь объяснить недостатком экспериментального материала. В то же время следует отметить, что показатель степени «b» клиренсов внутри IA и IIA подгрупп химических элементов закономерно изменяется с закономерным изменением физических, физико-химических свойств химических элементов внутри этих подгрупп.

№ п/п	Сравниваемые показатели Элемент	«b» концентрация в моче	«b» клиренс	«b» СКФ	«b» канальцевой транспорт	Радиус атома А	Потенциал первичной ионизации	Значение электро- отрицательности	Работа выхода электрона
1	Rb-86	0,1796	-0,5139	-0,3995	-0,4092	2,51	4,2	0,8	2,13
2	Cs-137	-0,5376	-0,1154	-0,2259	-0,2496	2,70	3,9	0,7	1,94
3	Ca-45	-1,2248	-0,9051	-0,6797	-0,6775	1,97	6,1	1,0	2,98
4	Sr-90	-0,9962	-0,3158	-0,3371	-0,3279	2,15	5,7	1,0	2,74
5	Ba-140	-1,5307	—	—	—	2,24	5,2	0,85	2,52
6	Y-91	-1,4068	-0,4384	-1,1362	-1,1202	1,80	6,4	1,3	—
7	Ce-144	-0,8042	-0,7131	0,3290	0,4408	1,82	5,6	—	2,74
8	Mn-54	0,6064	—	—	—	1,31	7,4	1,4	3,85
9	Ru-106	-1,1050	—	—	—	1,32	7,4	2,05	4,52
10	Tl-204	0,5393	—	—	—	1,70	6,1	1,5	3,86
11	Sb-125	-1,2371	-0,7766	-0,8913	—	1,61	8,6	1,8	4,33
12	Te-127 _m -127	-0,3575	-0,3477	-0,4518	—	—	9,0	2,2	4,73
13	I-131	-0,9514	—	—	—	—	10,4	—	—

Таблица 3.2.4 Соотношение между скоростями изменения концентрации в моче, клиренса ультрафильтрата плазмы крови, СКФ, канальцевого транспорта химических элементов (показатель степени «b» уравнения $Y=A \cdot t^b$, где Y – величина биопараметра в момент времени t, A – величина этих биопараметров в 1-й час эксперимента) с их физическими и физико-химическими свойствами. Коэффициенты корреляции приводимых значений r равны от 0,43 от 0,98, при $p \leq 0,01$

Интенсивность изменения показателей СКФ, канальцевого транспорта химических элементов (исходя из имеющихся экспериментальных данных по 6 металлам, исключая Ce) закономерно зависят от закономерного изменения их физических, физико-химических свойств. Так, показатели степени «b» этих биопараметров в ряду химических элементов Rb, Cs, Ca, Sr, Y, уменьшаются с уменьшением радиусов атомов и увеличением потенциала первичной ионизации, значения электроотрицательности, работы выхода электрона. Внутри подгрупп IA

и ПА коэффициент «b» изменяется также сопряженно с изменением тех же физических и физико-химических величин химических элементов.

Таким образом, по характеру выведения с мочой все химические элементы можно условно разделить на 4 (3) группы:

1) наблюдается последовательное уменьшение выделения химических элементов с мочой (Cs, Te, Ca, Y).

2) уменьшение выведения химических элементов наблюдается только после первоначального 2-х–3-х часового периода, или непродолжительного, иногда в несколько раз в течение первых нескольких часов нарастания выведения с мочой (Sb, Sr, Ru, I, Ba).

3) после первоначального уменьшения величины выведения в течение 2-х–3-х часов происходит последовательное нарастание величины выведения химических элементов с мочой (Rb);

4) последовательное нарастание величины выведения химических элементов с мочой в течение суток (Mn, Tl).

Падение концентрации химических элементов в моче происходит в 0,8–16,0 раз быстрее падения концентрации в ультрафильтрате плазмы крови.

Степень извлечения химических элементов из плазмы крови или ультрафильтрата плазмы крови, а также скорость очистки этих фракций крови почками, непропорциональна изменению концентрации химических элементов в этих фракциях в почасовой динамике в течение суток.

По характеру этих процессов все изучаемые химические элементы можно условно разделить на группы:

1) величина извлечения или скорость очистки (клиренс) ультрафильтрата плазмы крови возрастает или остается постоянной в течение нескольких первых часов эксперимента, а затем следует уменьшение концентрационных индексов и клиренсов и наступает их относительная стабилизация или повторное повышение к 24-му часу (Cs, Sr, Sb, Te, Rb);

2) последовательное уменьшение концентрационных индексов и клиренсов в течение первых 5-7 часов наблюдения с последующей их относительной стабилизацией (Ca, Y, Ce).

Изменение показателей СКФ химических элементов в динамике идет пропорционально изменению их ультрафильтруемости в плазме крови.

Сопоставление скоростей изменения концентрации химических элементов в плазме, ультрафильтрате плазмы крови, в моче, скоростей очистки плазмы и ультрафильтрата плазмы крови, величины СКФ, реабсорбции, секреции-диффузии при выведении их из организма в динамике, указывает на непропорциональность изменения отдельных парциальных функций почек – фильтрации, реабсорбции, секреции при выведении химических элементов, особенно в первые 5-7 часов после их поступления в организм.

Соотношение этих отдельных процессов изменяется со временем и может, вероятно, зависеть как непосредственно от интимных внутри почечных процессов, возможно вследствие их первичного накопления в почечной ткани, так и от изменения их физико-химического состояния в ультрафильтруемой фракции плазмы крови (Ca, Sr, Y, Ce ...).

Химические элементы – Sb, Te, Ru выводятся через почки преимущественно за счет секреторно-диффузионных механизмов, так как они обнаруживаются в моче в больших количествах, чем профильтровываются в клубочках почек. Для остальных химических элементов секреторно-диффузионные механизмы выведения являются, вероятно, вспомогательными фильтрационно-реабсорбционным. Причем вклад секреторно-диффузионных механизмов выведения через почки для некоторых химических элементов довольно значителен (Mn, Tl – нарастание концентрации их в моче в течение суток). У других химических элементов (Ca, Sr, Rb, Cs, I и др.) секреторно-диффузионные механизмы особенно проявляют себя в первые часы после их внутривенного введения. Об этом косвенно говорят изменение показателей концентрационных индексов, клиренсов, СКФ и т.п. в суточной динамике. Вероятно, Rb, Cs, K выводятся почками с помощью сходных механизмов.

Найденные закономерности нельзя распространять на все изотопы химических элементов периодической системы в целом.

Во-первых эти закономерные зависимости получены только для ограниченной группы химических элементов (I-IIА подгрупп; частично для III-VIIIВ подгрупп химических элементов – натрий, калий, рубидий, цезий, кальций, стронций, барий, радий, магний, иттрий, церий, таллий, железо, ниобий, теллур, плутоний, рутений, марганец и некоторые другие), при этом не учитывается их принадлежность к семействам химических элементов.

Во-вторых, неизвестна валентность многих химических элементов в организме, а радиус иона и энергии гидратации определяются и валентностью химического элемента тоже. Так, например, можно ожидать, что в жидкой среде организма железо и марганец должны находиться в двухвалентной форме. Однако в этом случае данные по белковосвязанной доле железа и марганца в плазме совершенно не соответствует найденной линии регрессии и, наоборот, они полностью ей соответствуют, если в плазме железо трехвалентно, а марганец трех- или четырехвалентен. То же относится, как уже упоминалось, к таллию. Совсем неясны результаты с теллуром, этот химический элемент был введен в организм в анионной форме, но при поглощении белками плазмы вел себя как четырехвалентный катион и т.д., и т.п.

В-третьих, нельзя распространять эти закономерности на все катионы (s-, d-, f- и частично p- семейств элементов) и на катионы и анионы в целом.

В-четвертых, радиус иона и энергия гидратации иона и другие физико-химические константы не отражают всю совокупность свойств химических элементов, проявляемых ими в живых системах.

В-пятых, при увеличении количества анализируемого материала строгой зависимости, например, величина биопараметра – радиус иона, энергия гидратация, не наблюдается (например, фиксация в печени, почках...).

И, наконец, в-шестых, необходимо проводить анализ, с учетом принадлежности химических элементов к семействам периодической системы.

Отдельные физико-химические константы дают ориентировочную направленность изменения величины биологического параметра, например, от энергии гидратации или радиуса иона. Формулы, записывающие найденные зависимости, могут дать значение соответствующего биопараметра для того или иного химического элемента с определенной долей вероятности и, следовательно, не могут быть использованы для вычисления и оценки показателей метаболизма. Показатели метаболизма не могут определяться каким-то одним физико-химическим свойством (константой) химического элемента.

Таким образом, общие количественные закономерности, характеризующие поступление, распределение по органам и тканям, выведение из организма элементов и их соединений в связи с положением в периодической системе до сих пор еще не сформулированы. Имеется лишь общее ориентировочное представление, частные количественные связи для отдельных групп элементов, в отдельных процессах, в связи с их закономерным расположением в периодической системе. По существу до настоящего времени обмен элементов в живом организме изучается отдельно, изолированно, исследуются специфические особенности поведения отдельных элементов в отдельных системах или, реже, изучается обмен ограниченных групп элементов, как правило, без последующего анализа с их физико-химическими характеристиками.

3.3 Перемещение химических элементов между объектами Космоса, геосферами Земли, живым веществом

Из предыдущего изложения ясно, кларки различных объектов несут на себе черты как первичные, связанные с законами образования элементов, так и вторичные, связанные с процессами распределения, перемещения элементов внутри и из объекта в объект. В общем плане можно выделить три группы факторов миграции, распределения (по Ферсману А.Е. – понятие «миграции» впервые введено им, более того, это практически единственный человек, кто занимался проблемой миграции химических элементов, как Космосе, так и более частных его образованиях):

«1. Явления образования и преобразования элементов во времени.

2. Явления распределения уже готовых атомов элементов в пространстве под влиянием космических причин (тяготение, световое давление, излучение и др.).

3. Явления физико-химического и химического перераспределения групп атомов и молекул».

Далее эти три основных положения А.Е. Ферсман детализирует:

«1. Силы мирового тяготения.

2. Силы светового давления.

3. Силы радиоактивного распада и излучения...

4. Силы теплового движения молекул и атомов (силы диффузии).

5. Силы химического сродства и силы кристаллизационные (связанные с внешними электронами).

6. Движение космических тел.

7. Падение метеоритов.

8. Унос легких газовых молекул.

9. Механические движения в космическом теле.

10. Дифференциация магмы.

11. Разделение по агрегатному состоянию.

12. Перенос в водных растворах и газовых струях.

13. Перераспределение под влиянием органического мира и деятельности человека».

Анализируя соотношение кларков различных объектов, А.Е. Ферсман делает ряд интересных выводов:

«- Современное распределение элементов в Космосе является лишь временной фазой постоянного сложного процесса перераспределения вещества.

- Перераспределение элементов идет как в первичных стадиях зарождения и созидания космических тел, так и во всей их дальнейшей истории.

- Химические силы... связанные с внешними валентными электронами... играют столь большую роль в химических сочетаниях; в космических явлениях перераспределения они играют сравнительно меньшую, но все же еще не познанную роль, и только в условиях процессов, сходных с теллурическими, приобретают большее значение.

«... В истории Земли в космическую стадию зарождения инопланетной системы главная роль в перераспределении элементов принадлежала соотношению ньютоновских сил и сил светового давления, в планетарную – мирового тяготения и физико-химического распределения фаз, а в геологическую – геохимическим факторам физико-химического равновесия».

И, наконец, заключающее: «Основные проблемы химии космоса при современных наших знаниях не могут быть решены, они могут быть только поставлены».

С последним положением можно поспорить.

А.Е. Ферсман не прав, уже в то время (и сейчас ничего в этом плане качественно не изменилось) имелось достаточное количество материала – известны кларки основных образований Солнечной системы, нашей Галактики, более того и сам А.Е. Ферсман приходил к выводу, что Космос построен из тех же (92, 94, 95, 96 ?) химических элементов, известных на Земле. Количественные характеристики кривых кларков различных образований Космоса

имеют одни и те же черты. Известны основные физические, физико-химические и химические константы элементов, построена классификация химических свойств элементов – таблица Д.И. Менделеева. Что же еще нужно? Нужен правильный подход, нужно как-то выделить только одно из свойств кривых кларков в чистом виде – количественную характеристику их перемещения.

С появлением достаточного количества величин среднего содержания химических элементов в различных объектах делаются попытки связать распределение химических элементов с положением их в периодической системе Д.И. Менделеева. А.Е. Ферсман выделяет в этом плане три основных течения: «Первое намечало чисто формальную связь распределения с Менделеевской системой. Второе, возникшее позднее, намечало связь распределения элементов со строением атома (Гаркинс, Мейтер и др.). Наконец, третье пыталось достроить общую картину происхождения элементов, связывая их в генетическую цепь рядом чисто спекулятивных, иногда весьма интересных идей (Крукс, Морозов, Н., Шмидт, К. и др.)».

В общем, эти три направления существуют в науке об элементах и сейчас.

К первому же течению А.Е. Ферсман относит работы Ф. Кларка (1890), Акронд (1902), Уэдделс (1912).

Пожалуй, одним из первых, кто пытался разделить таблицу Менделеева на поля соответственно значимости элементов был Карнели (1884, по Ферсману, А.Е.).

В 1920 году Г.С. Вашингтон (по Ферсману, А.Е.) дал новую классификацию элементов в связи с Менделеевской таблицей. По его мнению, все элементы делятся на две группы, из которых одна обнимает более легкие, наиболее распространенные элементы, образующие горные породы, а вторая состоит из более редких, тяжелых элементов, по преимуществу образующих рудные скопления. Г.С. Вашингтон опубликовал свою форму таблицы Менделеева с разделением элементов на поля.

Идеи Г.С. Вашингтона продолжает и углубляет П. Ниггли.

А.Е. Ферсман (1921-1923) также занимался аналогичными построениями и предложил свою форму таблицы Менделеева, которая и поныне стоит на вооружении геохимиков. «Совершенно независимо от Вашингтона мною дана геохимическая таблица на основе закона Менделеева, и эта схема, только в другом внешнем построении, намечает ту же закономерность» ... и далее «в основу таблицы я беру последние известные мне данные о природе элементов и их взаимных отношениях. В моей таблице и горизонтальном ряду 1-2 расположены элементы порядковых номеров 1-10; в рядах 3-4 порядковые номера 11-28; в рядах 5-6 порядковые номера 29-46; в рядах 7-8 порядковые номера 47-48, при этом на долю редких земель приходятся номера 57-71; наконец, на долю радиоактивных элементов приходятся номера 81-91, оканчивающиеся ураном...

... Вся таблица разбита на три больших раздела, которые я условно называю полями: обычными (верхнее), жильным (нижнее левое), кислым (нижнее правое)...

... Таким образом, при рассмотрении Менделеевской таблицы, мы устанавливаем известную закономерность распределения в ней четырех (или пяти если выделить ультраосновную) групп элементов, то есть тех типических геохимических ассоциаций, которые мы устанавливаем на основании суммирования отдельных наблюдений и анализа, минеральных ассоциаций в породах различной кислотности».

Ко второму течению А.Е. Ферсман причисляет работы Г. Оддо, К. Шмидта, Ф. Кларка, Нерета, Р.А. Зондера, В.И. Вернадского. Работы А.Е. Ферсмана также в основном можно отнести ко второму направлению. Сюда же можно отнести работы А.А. Кист – семидесятые годы.

Анализируя свои построения, а также закономерности, вскрытые другими авторами в связи с положением элементов в периодической системе, А.Е. Ферсман делает следующие суммированные выводы:

«1. Таблица Менделеева дает выражение ряду закономерностей в распределении элементов в земной коре и, вероятно, на всей Земле и метеоритах.

2. Преобладающая роль на Земле и в метеоритах принадлежит только первым двум большим периодам таблицы, составляющим как бы поля наиболее распространенных, наиболее обычных элементарных тел.

3. В общем, среднее распространение элементов в каждой вертикальной группе сначала быстро растет, потом, достигнув максимума в третьем или четвертом малом периоде, быстро падает (на это впервые обратил в 1902 году Акройд, эта связь более определенно выявлена в 1914 году Уэдделс).

4. Элементы после 28 номера могут быть с геохимической точки зрения разбиты на два поля.

5. Поле из металлических элементов включает в себя почти все тяжелые металлы, носит определенно характер электроположительный и, занимая в Менделеевской таблице строго определенное место, вполне отвечает особой группе – «металлогенической» в идеях Вашингтона.

6. Поле тяжелых электроотрицательных элементов занимает в Менделеевской таблице вполне замкнутое место и характерно для кислых пород.

7. Если поле кислое характерно для более поверхностных зон, особенно Sal , то положение металлического поля менее определенно в земных оболочках и лишь с некоторой вероятностью может быть отнесено к сульфидной оболочке Гольдшмидта.

8. Поле обычное самой последовательностью элементов от № 1 до 28 как бы намечает постепенное увеличение содержания элемента с глубиной, начиная с атмосферы и кончая группой средних и основных пород с металлическим ядром из железа и никеля.

9. Последние элементы обычного поля определяют типичный валовый состав метеоритов.

10. Помимо вышеперечисленных закономерностей, связывающих геохимическое распространение элементов на Земле и в метеоритах с Менделеевской таблицей, есть еще ряд других, основывающих ту же связь на сравнительное изучении строения металлов».

Все эти построения носят, в общем, субъективный характер, разделение периодической системы на поля условно, без связи с периодическим характером устройства атомов и их ядер. Выводы пунктов 2 и 3 характеризуют в большей степени распространенность, чем распределение. Эти два понятия – распространенность и распределение (миграция), нужно четко разграничивать, хотя, естественно, они генетически связаны.

Подводя итог многолетним исследованиям, А.Е. Ферсман формулирует свое представление о кларках сводной таблицей, которую называет космической системой кларков (таблица 3.3.1). Соответствующие объяснения к этой таблице и сама таблица даны в общих теоретических и экспериментальных выводах (то, что относится к распространенности приведено почти целиком выше). Ниже дается таблица А.Е. Ферсмана и сопровождающие ее выводы-объяснения:

«10. На основании приведенных соображений намечается схема кларков в Космосе, изображенная в таблице, причем в ее основе лежат, несмотря на различие, значительное сходство общих черт кривых кларков.

11. Приведенная таблица синтезирует ваши выводы и показывает, что разным состояниям вещества в различных частях Космоса отвечают и различные состояния атомов и различные их относительные количества, очевидно, в пределе стремящиеся к определенному равновесию.

Космическая система кларков А. Е. Ферсмана по изданию 1955, т. III, стр. 381

Законы кларков	Космическая система	Состояние атома, температур	Типы кривых	Колебания величины кларков
Первый закон (1) астрохимичес	(по Пейн) звездные атмосферы весьма	Ионы и сильно ионизированные атомы (5000-	Кривая как функция порядкового	От 10^0 до 10^{-6} (исключитель но

кий	высоких температур	25000°C)	числа (преимущественно зависимость от ядра). Влияние закона четности, закона	радиоактивные элементы)
Второй закон (2) гелиохимический	(по Ресселу) Солнечная атмосфера, низкие звездные температуры, метеориты, пятна	Атомы, молекулы слабо ионизированные, многофазные системы (1800-4000°C)	Две приблизительно параллельные ломанные линии, как отклонения от прямой (зависимость от ядра). Влияние закона б	Отклонения от кривой (1) до $10^{\pm 2}$
Третий закон (3) геохимический	(по Ноддак) земная кора до глубины около 20 км	Молекулы – соединения атомов или ионов (1800-0°C)	Небольшие отклонения (вниз) от предыдущей линии (зависимость преимущественно от наружных электронов)	Отклонения от кривой (2) от 10^{-1} до 10^{-2}
Четвертый закон (4), кристаллохимический	Отдельные участки земной коры (месторождения)	Кристаллы химические соединения, молекулы их атомов или ионов (1200-0°C)	Сложная картина рассеяния и концентрации элементов (зависимость исключительно от наружных электронов)	Отклонения от кривой (3) от 10^2 до 10^{-12}

Таблица 3.3.1 Космическая система кларков А.Е. Ферсмана (по изданию 1955, т. III, с. 381)

12. Анализ элементов звездных атмосфер далеко еще непроработан, но по данным Пейн, дает довольно простую кривую, как раз отвечающую той, которая лежит в основе всех моих построений. Эта кривая определяет собой астрономический закон, говорит об относительно малом отклонении элементов от нее, указывает на необычайную редкость элементов более тяжелых и увеличение числа атомов Менделеевской таблицы. Все те зубцы и зигзаги, которые были исходными в построениях моей первой схемы, здесь или ослаблены, или совершенно отсутствуют. Связано ли это с ионизацией атомов звездных атмосфер (вопрос огромного теоретического значения), уравнивая их свойства, остается вопросом открытым, но, во всяком случае, мы имеем дело с влиянием высоких температур.

13. Вторым законом, который я называю гелиохимическим, отвечает Земле в целом, атмосфере Солнца (как одной из наиболее холодных звезд) и метеоритам и есть как раз тот основной закон, с некоторыми отклонениями от которого, видимо, и приходится сталкиваться в земной коре. И метеориты по подсчетам Ноддака, и атмосфера Солнца, по данным Рессела, лежат гораздо ближе к моей «теоретической» диаграмме, чем земная кора, и для меня совершенно ясно, что моя теоретическая кривая будет больше отвечать правильному соотношению различных типов метеоритов, чем такому сложному продукту дифференциации Земли как земная кора. Очевидно, здесь мы имеем, наиболее, резкое проявление периодических свойств в кривых.

14. Третьим законом я называю те закономерности геохимического характера, которые определяют отклонения состава земной коры от кривой Земли в целом.

15. Наконец, наиболее сложным является вопрос о законах, которые определяют распределение и накопление элементов в земной коре и которые вскрыты классическим исследованием Гольдшмидта под названием..., Законы кристаллохимические определяют ход и направленность миграции элементов в земной коре, накопления и рассеяние атомов и образование концентраций, называемых «месторождениями», они связаны с эффективным радиусом ионов и атомов и выражаются на космической диаграмме кларков большими зигзагами, из которых верхние зубцы достигают иногда 10^2 , а другие уходят вниз до 10^{-11} .

16. Анализируя характер кривых кларков звезд и других космических тел, мы сделали бы большую ошибку, если бы старались видеть в них исключительное выражение тех первичных взаимоотношений количеств, которые бы отвечали условиям их образования. Мы не делаем такого допущения, когда изучаем кривые кларков земной коры, и должны быть столь же осмотрительны при анализе кларков звездных атмосфер, где мы имеем дело с несомненно наружными оболочками космических тел, которые и физически и химически должны отличаться от более центральных частей. Правда, в звездах, благодаря значительной ионизации, распределение разных типов атомов по глубинным уровням будет иного слабее, чем в телах, образованных дифференциацией огненно-жидких тел, тем не менее, и там мы должны ожидать наличия некоторой неоднородности. Мы сможем высказать в этом направлении такое положение:

Во всех доступных нашему исследованию частях Космоса, мы можем наблюдать лишь такие совокупности атомов, которые, соответственно термодинамическим условиям обстановки, дифференцированы в определенную сторону; тем не менее, наименьшего перераспределения и наибольшего приближения к «первичным количественным соотношениям» мы вправе ожидать в атмосферах высоко нагретых звезд, резких проявлений вторичных термических факторов, будем ожидать в условиях более холодных звезд и метеоритов – и наибольшие отклонения от «первичных соотношений» мы встретим в кривых земной коры».

Первое, что бросается в глаза обилие законов – кривая кларков объекта, системы – закон этого объекта, системы и т.п. Это сводка «космическая система кларков» скорей всего сводка закономерностей или даже отдельных фактов, трактовка, сжатая характеристика кривых кларков. Построения А.Е. Ферсмана – умозрительные, феноменологические, с помощью своих построений А.Е. Ферсман пытается объяснить сразу качественно различное, имеющее отличные генетические корни: образование, распространенность (количество), распределение (миграция). Кривые кларков любой системы в той или иной степени интегрируют все три положения.

Закон или законы кларков А.Е. Ферсман, несмотря на огромное желание (это остро чувствуется при чтении его трудов), открыть так и не смог. К началу XXI века коренных изменений в этом направлении науки не произошло. Труды А.Е. Ферсмана очень сложно изучать, на них тратишь массу времени. И в то же время – это уникальная сводка фактов, закономерностей, идей и гипотез космо-, гео-, в меньшей степени биогеохимии середины XX века, не потерявшая своей ценности и в наши дни.

Во второй половине XX века появились новые факты о материи и устройстве Вселенной. В космическом пространстве, кроме привычной для нас барионной материи, существуют темная

материя и темная энергия. Барионная материя – химические элементы, это лишь 4 % от общей массы материи в галактиках, Вселенной.... Какие силы и как участвуют в распределении и перераспределении химических элементов в космическом пространстве?

Глава 4. Дифференциация и самоорганизация первичного космического барионного вещества

Вселенная имеет сложную, до конца не изученную, морфологическую ячеисто-сетчатую структуру. В трехмерном пространстве Вселенной обнаружена четкая периодичность распределения сверхскоплений различных типов галактик. Галактики, в свою очередь, состоят из космических объектов следующего уровня: звезды Главной последовательности, сверхгиганты, ядра планет и туманностей, красных гигантов, белых, черных, красных карликов, нейтронных звезд, черных дыр и т.д.

Солнце, звезда третьего поколения, желтый карлик, относится к типу G2V, и, как и все звезды Главной последовательности вырабатывает энергию путем термоядерного синтеза гелия из водорода. Вокруг Солнца вращаются космические объекты следующего подуровня – планеты, карликовые планеты, планетоподобные образования, астероиды, метеориты и т.д. и т.п.: Меркурий, Венера, Земля (Луна), Марс (Фобос, Демос), Церера, Юпитер (Внутренние спутники, Галилеевы спутники, Группа Гамалии, Группа Ананке, Группа Карме, Группа Пасифе – всего 63 спутника), Сатурн (имеет 62 спутника с подтвержденной орбитой – 53 имеют названия, самый большой из них Титан), Уран (имеет 27 спутников, из них пять самых крупных: Миранда, Ариэль, Умбриэль, Титания, Оберон). Нептун (имеет 13 спутников, из них самый крупный – Тритон), Эрида (Дисномия), Плутон (Харон, Гидра, Никта), Макемаке, Хаумеа (Намака, Хииака), Седна, Орк, 2007OR₁₀, Квавар и т.п. и т.д. К малым планетам относят космические объекты, расположенные за Нептуном. Их называют транснептуновыми объектами (пояс Койпера). Первый объект пояса Койпера открыт ~ 30 лет назад. Сейчас этих объектов несколько сот, но их количество оценивается астрономами в десятки и сотни тысяч (Пояс Койпера: немного статистики <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1164059>).

Цель работы – выявить общие закономерности, лежащие в основе физической и физико-химической дифференциации первичного космического вещества – первичной смеси изотопов химических элементов системы их образования с позиции периодического закона, основных положений квантовой механики.... Исходили из представления, что самоорганизация материи происходит только с помощью «слепых» сил физики. Не существует ничего сверхъестественного, никакой «жизненной силы», конкурирующей с фундаментальными физическими силами. Природа в самоорганизации живого «использует законы физики и ничего кроме законов физики» ... «единственный «часовщик» в природе – слепые силы физики, хотя и очень специфически работающие здесь» (Dawkins, R., 1986; <http://lib.rus.ec/b/153786/read#t1>).

В 1920-25 годах была создана теория ионизации атомов (Саха, М.) и применена к истолкованию звездных спектров и изучению атмосфер звезд – Г.Н. Рессел, А. Милн, С. Пейн-Гапошкина (www.portalus.ru). По С. Пейн в звездных атмосферах с температурой 5000-25000°С наблюдаются ионы и сильно ионизированные атомы, по Г.Н. Ресселу в низких звездных температурах 1800-4000°С наблюдаются атомы, слабо ионизированные молекулы, по И. Ноддак в земной коре до глубины 20 км при температурах 0-1800°С наблюдаются соединения ионов или атомов – молекулы (в том числе смотри выше, таблица 3.2.1, Ферсман, А.Е., 1955, Т. III. С. 381; Тяпкин, А.А., <http://bourabai.kz/tyapkin/noddack.htm>).

Согласно существующим теориям, планеты Солнечной системы появились из газопылевого диска, оставшегося после формирования Солнца. Первыми образовались газовые гиганты, а каменные планеты, то есть Марс, Земля, Венера, Меркурий появились позже. Формирование

последних проходило в несколько этапов: сначала появилось большое количество протопланет, которые начали объединяться. Протопланеты и первичный нелетучий материал Солнечной системы находится в Главном поясе астероидов между Марсом и Юпитером. Согласно одной из теорий, Главный пояс астероидов содержит материал, оставшийся после формирования Солнечной системы (<http://physics03.narod.ru/Interes/News/142nsp.htm>; Снытников, В.Н., 2006). Протопланеты и пояс астероидов могут нести большое количество информации о ранних стадиях формирования планет Марс, Земля, Венера и Меркурий. В связи с этим были проведены сравнительные исследования между космической распространенностью и химическим элементарным составом метеоритов-хондритов, между химическим элементарным составом метеоритов-хондритов и Земным шаром, земной корой, океанической водой, живым веществом... (Соков, Л.А., 2008).

Изучались и анализировались соотношения химического элементарного состава различных космических объектов и корреляционные связи между 20 космохимическими, геохимическими, биогеохимическими объектами, живым веществом, «стандартным» человеком, системами, органами, тканями, белками плазмы крови, процессами поступления химических элементов в организм, выведения из организма (T_6) и физико-химическими свойствами. При корреляционном анализе учитывалась принадлежность химических элементов к s-, p-, d-, f-семействам.

За модель исследования взята Солнечная система (схема 4.1), которая состоит из плазмы, нелетучего и летучего вещества. Агрегатное и фазовое состояние вещества Солнечной системы определяется процессами фракционирования, которые касаются и атомного и изотопного состава (Виноградов, А.П., БСЭ; <http://dic.academic.ru>).

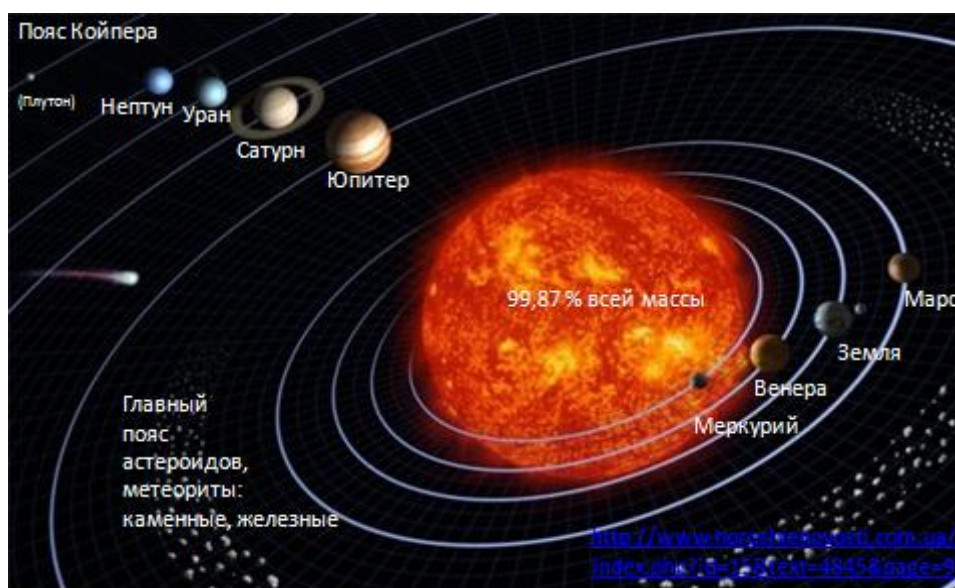


Схема 4.1 Исследование провели с учетом космической распространенности химических элементов в космическом пространстве, метеоритах-хондритах, Земном шаре, геосферах планеты, живом веществе, человеке, системах, органах, тканях (видоизмененная схема www.horoshienovosti.com.ua/index.php?id=15&text=4845&page=9)

Плотность плазмы на поверхности Солнца: $2,07 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3 = 0,00016$ плотности воздуха. Химический состав на поверхности: 70 % водорода (H), 28 % гелия (He), 2 % остальных элементов (C, N, O, ...) по массе (http://www.tesis.lebedev.ru/sun_vocabulary.html?topic=8&news_id=920). Масса Солнца равна 99,87 % всей массы Солнечной системы (Виноградов, А.П., БСЭ; <http://dic.academic.ru>).

Нелетучее вещество Солнечной системы – это 4 планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля и Марс), их спутники, Главный пояс астероидов, протопланеты (Цецера, Веста,

Паллада...), метеориты, каменные, железные... (Снытников, В.Н., 2006; <http://physics03.narod.ru/Interes/Newsp/142nsp.htm>).

Летучее вещество Солнечной системы – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, (Плутон), кометы, кентавры и транснептуновые объекты: пояс Койпера – общее число объектов в котором оценивается в десятки и сотни тысяч (http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/EightTNOs_ru.pnghttp://www.krugosvet.ru/en/c/nauka_i_tehnika/astronomiya/SOLNECHNAYA_SISTEMA.html<http://kosmos19.narod.ru/>; http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_система).

К летучему веществу Э.М. Галимов относит соединения углерода, азота, серы, воду, которые легко испаряются при прогреве до температуры 100-200°C. При температурах 300-500°C, в условиях низких давлений и космического вакуума летучесть свойственна элементам, входящим в состав твердых веществ (Галимов, Э.М., 2005; <http://ziv.telescopes.ru/rubric/astronomy/index.html?pub=9> Текстовая копия
<http://hghltd.yandex.net/yandbtm?qtrees=9pTRwtpWxFsVl%2B%2BKihbVKECdOuix7gcDfyC0bdZfPa9mfoJa2fFx>).

В настоящее время создана необходимая база для тесного сближения геологической и космической областей знаний. А.А. Баренбаум (2002) построил модель Галактики, в которой рассматривалось движение Солнца вокруг ее центра. «Астрономическим тестом служило соответствие рассчитанных взаимных движений Солнца, звезд струйного потока Ориона-Лебедя и ветвей Персея и Киля-Стрельца координатам 1 и 2 вертексов Я. Каптейна [49]. Геологическим тестом, на первом этапе, являлось согласие времен попадания Солнца в струйные потоки Галактики [50, 51] с границами стратонов геохронологических шкал фанерозоя [52] и венда [53], а на втором этапе – совпадение времен попадания Солнца также в спиральные галактические рукава [54] с эпохами массового вымирания на Земле живых существ [55]» (Баренбаум, А.А., 2002; http://www.abitura.com/modern_physics/barenbaum_7.htm).

Согласно построенной А.А. Баренбаум (2002) модели, «Солнце возникло в одном из четырех рукавов Галактики на удалении ~ 8 кпк от галактического центра. После конденсации оно обрело почти круговую орбиту, лежащую в галактической плоскости, в которой движется и сегодня. В результате многократных взаимодействий Солнца с другими звездами Галактики его орбита к настоящему времени приобрела и заметный эксцентриситет.

В результате оптимизации найдено [1], что современная солнечная орбита имеет форму эллипса с большой полуосью 10.17 кпк и эксцентриситетом 0.36,... Сидерический и аномалистический периоды Солнца составляют 223 млн. лет и 250 млн. лет. В настоящий момент времени Солнце движется со скоростью 253.5 км/с и ускорением +3.2 км/с в млн. лет к перигалактической точке орбиты.

Вследствие эволюции Галактики период движения Солнца и средний радиус его орбиты со временем растут, а его средняя орбитальная скорость падает. ... Так что в прошлом радиус орбиты и период движения Солнца в Галактике были меньше, чем сегодня» (Баренбаум, А.А., 2002; http://www.abitura.com/modern_physics/barenbaum_7.htm).

Итак, Солнечная система (схема 4.1) вращается по эллипсу вокруг центра Галактики за ~ 223-250 млн. лет. За время своего существования Солнечная система вместе со своими дочерними образованиями ~ 30 раз обернулась вокруг центра Галактики. Влияние Галактических сил на физические, климатические явления, происхождение, эволюцию живого в Солнечной системе, на планете Земля, несомненно. На планете – это связано с циклическим вращением, формой орбиты, движений литосферных плит, изменением океанических течений, флюктуацией оси вращения планеты.... (Косарев, А.В., new-idea.kulichki.net/pubfiles/110119190826.doc).

Несколько десятков лет назад автором этой рукописи предложена гипотеза: на Галактической эллиптической орбите Солнца в зависимости от близости Солнечной системы к центру Галактики создаются периодически благоприятные условия для возникновения жизни то на одной планете, то на другой... или на нескольких сразу. Движение к перигалактической

точке орбиты Солнечной системы, означает, что на нашей планете наступает очередной «летний период».

4.1 Главная последовательность дифференциации первичного космического вещества

«Non sunt entia multiplicanda praeter necessitatem»
(«Не нужно множить сущности без необходимости»).

William of Occam, 1285–1349

Уильям Оккам

Изучение законов происхождения живого является одной из важнейших проблем современного естествознания, не потерявших актуальности и в начале XXI века.

Происхождением жизни в Российской Федерации в течение последних 10 лет интенсивно занимается более 50 академических учреждений РАН (шесть из девяти ее отделений) и многих других организаций. Например: Программа № 18 (бывшая 25) Подпрограмма I «Происхождение и эволюция биосферы» (Координаторы программы акад. В.М. Виноградов, акад. Э.М. Галимов) и Программа № 25 Подпрограмма II (Координаторы – акад. Добрецов Н.Л., акад. Заварзин Г.А., Заместитель координаторов – чл.-корр. Розанов А.Ю.) сейчас «Происхождение жизни и эволюция гео-биологических систем». Координатор Программы акад. Г.А. Заварзин, Заместители Координатора акад. Н.А. Колчанов, акад. А.Ю. Розанов. Ключевое место в этих Программах занимает проблема происхождения жизни. Есть сайт ИЦиГ СО РАН, посвященный Подпрограмме II, в нем есть литература и статьи, несколько сот источников с кратким резюме (<http://evol.paleo.ru/index> ; <http://www.bionet.nsc.ru/live/live.php?r..>).

По этим Подпрограммам выпущены сотни статей и несколько монографий. Например: Галимов, Э.М. Феномен жизни: Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. Изд. 3, стереот. 2009. 256 с. (<http://www.urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=77382>). Проблемы зарождения и эволюции биосферы : сборник / Рос. акад. наук, Совет Подпрограммы 1 Программы № 18 Президиума РАН «Проблемы зарождения и эволюции биосферы» ; под ред. Э.М. Галимова. – М. : URSS, 2008. – 552 с. (<http://www.urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=ru&blang=ru&page=Book&id=85506>). Известно около 4000 работ и десятки монографий, посвященных проблеме происхождения жизни (Костецкий, Э.Я., 2005; <http://evol.paleo.ru/index>)).

По своим планам, целям и задачам NASA Request For Information (RFI): Scientific Connections between NASA's Earth Science Division and Astrobiology Program «**The Past, Present, and Future of Life on Earth**» от 30.07.2010, практически не отличается от исследований, проводимых в России в течение последних 10 лет.

При изучении проблемы происхождения живого, несомненно, большое значение имеет знание законов формирования объектов Солнечной системы или любой другой звездной системы, сходной по ряду параметров с Солнечной системой. При оценке условий, обеспечивающих возникновение жизни на Земле или какого-нибудь космического объекта, сходного с нашей планетой, должны рассматриваться так же такие факторы, как наличие воды, соотношение солей, температуры, так как процессы в организме любой сложности протекают в водной среде, в которой растворены различные ионы (Наточин, Ю.В., 1982; 1984).

Самоорганизация материи (и происхождения живого) может быть рассмотрена с разных сторон, в том числе и с позиции формирования химического элементарного состава объектов космо-, гео-, биосферы, живого вещества и человека. С этой целью получена схема дифференциации первичного космического вещества.

Для получения схемы использованы следующие литературные и справочные данные по кларкам биологических, биогеохимических, геохимических и космохимических объектов:

1. Космическая распространенность химических элементов по А. Камерону, атом на 10^6 атомов Si (Соботович, Э.В., 1974);
2. Средний элементарный состав метеоритов-хондритов по С.В. Козловской, Б.Ю. Левину, атом на 10^6 атомов Si и в вес % (Ферсман, А. Е., 1952-1960);
3. Элементарный состав земной коры, данные А.П. Виноградова с дополнением данных по К.Г. Ведеполу, вес % (Вернадский, В.И., 1967; Щербина, В.В., 1972);
4. Элементарный состав океанической воды по Э.Д. Гольдбергу, сверенный с данными Свердрука, А.П. Виноградова, вес % (Щербина, В.В., 1972);
5. Элементарный состав живого вещества, вес % (Виноградов, А.П., 1932;1933);
6. Элементарный состав «стандартного» человека (Рекомендации..., 1961; Человек. ... 1977).

Ниже представлена схема дифференциации первичного космического вещества – от первичной космической распространенности химических элементов до химического элементарного состава живого вещества и человека.

Химический элементарный состав Земного шара рассчитывался по Чемберлену и Салюсбери (Гаврусевич, Б.А., 1968; Тейлер, Р.Дж., 1975). Для достижения поставленной цели и решения ряда задач проведен парный корреляционно-регрессионный анализ между кларками ряда космических объектов (1-6) (Алгоритмы..., 1966).

Сопоставляемые объекты выражали в натуральных числах (тип сопоставления 1 или 4), десятичных логарифмах (2 или 5) и натуральных логарифмах (3 или 6). Сопоставлялся химический элементарный состав объектов, в состав которых входили все элементы периодической системы (s-, p-, d-, f-блоков, коэффициенты корреляции r_1, r_2, r_3) или только металлы (химические элементы s-, d-, f-блоков, коэффициенты корреляции r_4, r_5, r_6). В результате анализа учитывались и получены: число сопоставляемых парных единиц – n , критерий Стьюдента – t , коэффициент корреляции выборочной совокупности – r (в зависимости от типа сопоставления $r_1, r_2, r_3, \dots, r_6$). Для каждого типа сопоставления найдены: средняя ошибка коэффициента корреляции – σ_r , вариансное отношение – F , преобразованный коэффициент корреляции – z , коэффициенты уравнений регрессии – a_0 и a_1 или A и a_1 и уравнения регрессии $Y = a_0 + a_1 \cdot x$ или $Y = A \cdot x^{a_1}$, где x – соответствующий кларк исследуемого объекта, средняя ошибка коэффициента a_1 – σ_{a_1} , нормированное отклонение для a_1 – t_{a_1} , вероятность коэффициента a_1 – p_{a_1} . Обнаруженные корреляционные связи записаны уравнениями регрессии.

Следует отметить, выборочная совокупность химических элементов исследуемых объектов составляет от ~ 40 до 80 % от генеральной совокупности.

Уровень значимости представленных на схеме 4.1.1 сопоставлений $p \leq 0,001$, если не указано при коэффициенте корреляции. Сопоставление химического элементарного состава Космоса (по космической распространенности химических элементов) с химическим элементарным составом метеоритов-хондритов (элементарный состав Земного шара – на схеме 4.1.1 нелетучее космическое вещество) показывает, что эти два объекта очень сходны между собой. Коэффициент корреляции при линейном сопоставлении численных значений этих объектов в натуральных числах $r_1 = 0,88$, при числе сопоставляемых пар $n = 76$, преобразованный коэффициент корреляции (z) равен 2,76, вариансное отношение (F) равно 247, среднее квадратичное отклонение коэффициента корреляции $\sigma_r = 0,03$, нормированное отклонение $t_r = 32,8$, а уровень значимости найденной корреляционной связи $p_r \leq 0,001$.

Космическую распространенность (кр) химических элементов, выраженную в количестве атомов на 10^6 атомов кремния, можно воспроизвести по линейному уравнению:

$$Y_{кр} = 1,1 \cdot 10^5 + 6,3 \cdot M,$$

где M – содержание того или иного химического элемента в метеоритах-хондритах, выраженное в количестве атомов на 10^6 атомов кремния, средняя ошибка коэффициента a_1

уравнения $Y = a_0 + a_1 \cdot x$ равна 0,4, нормированное отклонение $ta_1 = 15,7$, достоверность коэффициента $a_1 - q \geq 0,999$.

Абсолютные количества химических элементов в объектах космоса, живом веществе, «стандартном» человеке в значительной степени предопределены ядерно-физическими процессами, идущими в местах их образования (абсолютные величины /содержание/ химических элементов в системах образования, объектах Солнечной системы с $Z = 1-94$, находятся в пределах от ~ 1 до 10^{-15} вес %, в живом веществе, «стандартном» человеке от ~ 1 до 10^{-11} вес %).

Все представленные на схеме 4.1.1 объекты достоверно и в определенной последовательности связаны между собой. Элементарный состав Земного шара (на схеме 4.1.1 – нелетучее космическое вещество) связан с элементарным составом живого вещества и человека. Коэффициенты корреляции между элементарным составом нелетучего космического вещества и живым веществом равны $r_1 = 0,67$, $n_1 = 36$; $r_3 = 0,64$, $n_3 = 36$; $r_5 = 0,71$, $n_5 = 21$; $r_6 = 0,71$, $n_6 = 21$, а между элементарным составом нелетучего космического вещества и «стандартного» человека равны $r_1 = 0,66$, $n_1 = 36$; $r_3 = 0,64$, $n_3 = 36$; $r_5 = 0,71$, $n_5 = 21$; $r_6 = 0,71$, $n_6 = 21$. Во всех случаях $p \leq 0,001$. Химический элементарный состав океанической воды тесно связан как с химическим элементарным составом Земного шара ($r_1 = 0,71$, $n_1 = 63$; $r_2 = 0,62$, $n_2 = 63$; $r_5 = 0,69$, $n_5 = 41$; $r_6 = 0,68$, $n_6 = 41$, при p во всех случаях $\leq 0,001$), так и с химическим элементарным составом земной коры ($r_1 = 0,82$, $n_1 = 69$; $r_2 = 0,46$, $n_2 = 69$; $r_3 = 0,55$, $n_3 = 41$; $r_6 = 0,70$, $n_6 = 43$, при p во всех случаях $\leq 0,001$).

То есть, скорее всего, происхождение живого связано с нелетучей фракцией вещества Солнечной системы: с планетой Земля, ее спутником Луной, возможно, с планетами Земной группы (Меркурий, Венера, Марс), погибшим Фазтоном или объектами и остатками объектов сходными по химическому элементарному составу с этими планетами (метеоритами...) (Kvenvolden, A., Lawless, J.G., 1971; Libby, W.F., 1971; Sagan, C., 1994; Резанов, И.А., 2001; Cooper, G., et al, 2001; Юшкин, И.П., 2002).

Вполне вероятно, самосборка известного нам типа живого вещества во Вселенной на базе углерода возможна только в нелетучей фракции барионного космического вещества.

Обнаруживаются высокие коэффициенты корреляции между химическим элементарным составом живого вещества и «стандартного» человека с одной стороны и химическим элементарным составом Земного шара и земной коры с другой (схема 4.1.1). Однако химический элементарный состав живого вещества более тесно связан с химическим элементарным составом океанической воды. Наивысшие значения коэффициентов корреляции наблюдаются при сопоставлении вышеуказанных объектов в том случае, если кларки объектов были выражены в натуральных числах. Так коэффициенты корреляции между кларками океанической воды ($Y_{14(1 \text{ или } 4)}$, вес % $\cdot 10^6$) и живого вещества (жв, вес %) $r_1 = \mathbf{0,97}$ ($n = 37$; $\sigma_r = 0,01$; $t_r = 90$; $p_r \leq 0,001$; $F = 518$; $z = 3,12$; $Y_{14(1)}$, вес % $\cdot 10^6 = a_0 + a_1 \cdot x = -4,3 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^6 \cdot \text{жв}$ вес %; $\sigma_{a1} = 5 \cdot 10^4$; $t_{a1} = 22,7$; $p_{a1} \leq 0,001$) и $r_4 = \mathbf{0,99}$ ($n = 22$; $\sigma_r = 0,003$; $t_r = 364$; $p_r \leq 0,001$; $F = 1616$; $z = 3,69$; $Y_{14(4)}$, вес % $\cdot 10^6 = a_0 + a_1 \cdot x = 1,9 \cdot 10^4 + 1 \cdot 10^6 \cdot \text{жв}$ вес %; $\sigma_{a1} = 2,5 \cdot 10^5$; $t_{a1} = 40,2$; $p \leq 0,001$) для представителей s-, p-, d-, f- и s-, d-, f-семейств химических элементов соответственно (схема 1). Коэффициенты корреляции между кларками «стандартного» человека ($Y_{9(1 \text{ или } 4)}$, вес % $\cdot 10^4$) и океанической воды (ов, вес % $\cdot 10^6$) для представителей s-, p-, d-, f- и s-, d-, f-семейств химических элементов соответственно равны $r_1 = \mathbf{0,95}$ ($n = 46$; $\sigma_r = 0,01$; $t_r = 68,3$; $p_r \leq 0,001$; $F = 432$; $z = 3,0$; $Y_{9(1)}$, вес % $\cdot 10^4 = a_0 + a_1 \cdot x = 7215 + 0,0075 \cdot \text{ов}$, вес % $\cdot 10^6$; $\sigma_{a1} = 3,6 \cdot 10^4$; $t_{a1} = 20,8$; $p_{a1} \leq 0,001$) и $r_4 = \mathbf{0,985}$ ($n = 25$; $\sigma_r = 0,006$; $t_r = 162$; $p_r < 0,001$; $F = 767$; $z = 3,32$; $Y_{9(4)}$, вес % $\cdot 10^4 = a_0 + a_1 \cdot x = 345 + 0,0092 \cdot \text{ов}$, вес % $\cdot 10^6$; $\sigma_{a1} = 3,3 \cdot 10^4$; $t_{a1} = 27,7$; $p_{a1} \leq 0,001$), а между химическим элементарным составом «стандартного» человека ($Y_{9(1 \text{ или } 4)}$, вес % $\cdot 10^4$) и живого вещества (жв, вес %) для представителей s-, p-, d-, f- и s-, d-, f-семейств химических элементов соответственно равны $r_1 = \mathbf{0,99}$ ($n = 34$; $\sigma_r = 0,004$; $t_r = 242$; $p_r \leq 0,001$; $F = 1354$; $z = 3,6$; $Y_{9(1)}$, вес % $\cdot 10^4 = a_0 + a_1 \cdot x = 4643 + 9251 \cdot \text{жв}$, вес %; $\sigma_{a1} = 251$; $t_{a1} = 36,8$; $p_{a1} \leq 0,001$) и $r_4 = \mathbf{0,995}$ ($n = 19$; $\sigma_r = 0,0026$; $t_r = 384$; $p_r \leq 0,001$; $F = 1576$; $z = 3,68$; $Y_{9(4)}$, вес % $\cdot 10^4 = a_0 + a_1 \cdot x = 573 + 9509 \cdot \text{жв}$, вес %; $\sigma_{a1} = 239$; $t_{a1} = 39,7$; $p_{a1} \leq 0,001$).

С учетом максимальной величины и степени значимости коэффициентов корреляции, изучаемые объекты можно представить в виде следующей «генетической» последовательности: космическая распространенность химических элементов (которая в той или иной степени характеризует элементарный состав системы их образования) → метеориты-хондриты – Земной шар → земная кора – океаническая вода → живое вещество (домены: эукариоты, бактерии, археи...) – человек.

Найденные коэффициенты корреляции между элементарным составом океанической воды и элементарным составом живого вещества приближаются к единице, а это почти «функциональные» связи.

На схеме 4.1.1 представлена Главная последовательность дифференциации первичного Космического вещества. Главная – так как в результате именно такого типа дифференциации первичного Космического вещества и в такой последовательности образуются живое вещество, человек. Исходный материал, согласно Главной последовательности дифференциации первичного Космического вещества на составляющие объекты, процессы и связанные с ними явления, один и тот же (Ферсман, А.Е., 1952-1960; Гаврусевич, Б.А., 1968; Щербина, В.В., 1972; Бронштейн, В.А., 1974; Соболевич, Э.В., 1974; Тейлер, Р.Дж., 1975; Шкловский, И.С., 1975; Ярошевский, А.А., 1993; 1997).

Главная последовательность может быть реализована (по «стреле времени») с той или иной долей вероятности (в том числе по принципу Эффекта бабочки – Э. Лоренца), на представленных «площадках» (схема 4.1.1): Земной шар → земная кора → океаническая вода... → человек → а кто и что дальше?, по типу «ветвей» бифуркаций. «Площадки» – «перекрестки» связаны между собой многочисленными «каналами», «руслами», которые определяются аттракторами, действующими с той или иной долей вероятности, в тот или иной отрезок времени каскадного процесса самоорганизации, запущенного $\sim 14 \cdot 10^9$ лет назад.

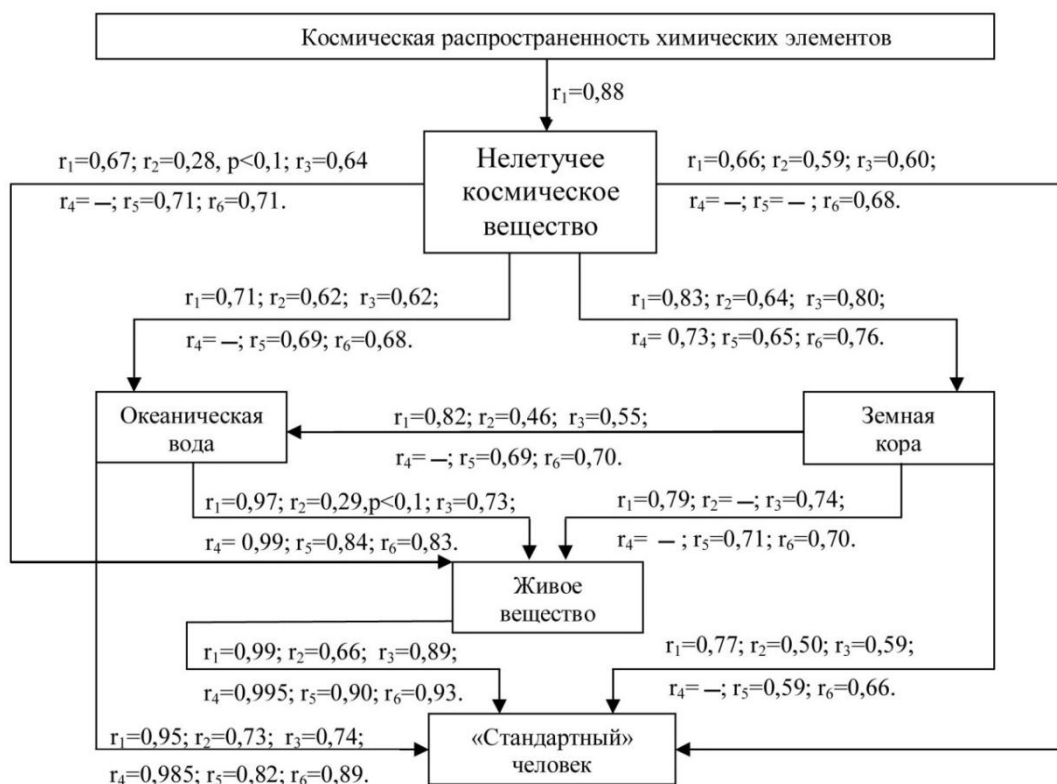


Схема 4.1.1 Главная последовательность дифференциации первичного космического вещества. Схема генетических связей.

На схеме представлена лишь одна (из бесконечного множества) «результативная» ветвь каскада бифуркаций, произошедших и, вероятно, происходящих во Вселенной.

А.И. Опарин, Дж. Холдейн, Дж. Бернал, S.L. Miller, Н. Пири, М. Руттен, Л. Орджел, М. Эйген, Ф. Дайсон, Ю.А. Злобин и другие обнаружили существенные доказательства происхождения жизни естественным путем (Опарин, А.И., 1938, 1952; Miller, S.L., 1953; Руттен, М., 1973; Ленинджер, А., 1974; Злобин, Ю.А., 2001, и т.д.). К настоящему времени предложены десятки, сотни идей, гипотез, теорий происхождения, самоорганизации живого.

Живое вещество в схеме дифференциации первичного космического вещества жестко связано своим происхождением с химическим элементарным составом океанической воды. «Выход» живого вещества из воды на сушу способствовал накоплению в них М-металлов (с валентными s-, d-, f-электронами) и, очевидно, формированию новых металлоферментных систем, появлению новых белков, увеличению белкового разнообразия, то есть резко ускорил и расширил возможности эволюционного процесса.

Генетический код живого планеты Земля приспособлен к функционированию и самовоспроизводству только при определенном наборе и количественном соотношении изотопов химических элементов. В условиях геохимических аномалий и биогеохимических провинций возрастает вероятность мутаций. Мутации могут происходить на различных уровнях организации наследственных структур: геном, хромосомном, геномном (Ковальский, В.В., 1974; Соков, Л.А., 2006, с. 76-77). В элементарных единицах живого вещества, длительно занимающих определенную ступеньку, нишу в эволюционном пространстве биосферы, воспроизводящих себя в течение большого числа поколений, в совокупностях особей одного вида, способных реагировать на изменения среды перестройкой своего генома, в популяциях увеличивается количество организмов с врожденной патологией. Изменяется генотип и фенотип биологического объекта. Появляются новые виды и подвиды живого, вымирают старые. Меняется генофонд планеты.

Независимо от космологических пристрастий в той или иной степени объясняющих происхождение химических элементов, первичное космическое вещество параллельно и последовательно дифференцируется по цепочкам с той или иной долей вероятности: межгалактическое вещество, галактики, звезды, планеты....

Живое вещество формируется закономерным образом, проходя ряд стадий.

1 стадия химической эволюции:

а) реализация свойств $Z = 6$ начинается уже в космических лучах, газопылевых скоплениях в виде простейших соединений углерода;

б) в некоторых протопланетных образованиях, когда, вероятно, и появляются белковоподобные образования, а может быть и белки;

в) на поверхностях планет (их спутников и т.п.), в гидросферах, где появляются первые белково-матричные системы.

2 стадия – стадия биологической эволюции.

При образовании изотопов химических элементов действуют физические процессы (Большой взрыв, взрывы сверхновых звезд, ядерные процессы в ударных волнах и т.п., Устинова, Г.К., 2002), в самоорганизации космических объектов участвуют физические и физико-химические процессы (линейные динамические, нелинейные термодинамические процессы).

Если образование химических элементов во Вселенной определяется одними и теми же законами, то набор химических элементов с учетом заряда ядра атома от 1 до или более 100, а также их количественные соотношения должны быть одинаковыми. И, как свидетельствуют наблюдения, максимальный разброс в количественной распространенности химических элементов в различных космических объектах не превышает 2 раз (Тейлер, Р.Дж., 1975). А так как образующиеся химические элементы распределены в системах образования без учета своих физико-химических свойств и поэтому обладают колоссальной потенциальной энергией, которая по мере физико-химической дифференциации первичной системы, взаимодействия элемент-элемент переходит в кинетическую энергию, то последующая дифференциация первичного космического вещества является обязательной.

Учитывая результаты в виде Главной последовательности дифференциации первичного космического вещества (схема 4.1.1) и следующие факты:

- 1) единство законов Космоса;
- 2) колоссальные запасы потенциальной энергии;
- 3) одинаковый или сходный набор химических элементов в различных объектах космоса;
- 4) одни и те же или сходные количественные соотношения химических элементов;
- 5) наличие различных физических, физико-химических свойств химических элементов;
- 6) неизбежность последующей физической и физико-химической дифференциации первичного космического вещества – можно сделать заключение: дифференциация первичного наблюдаемого космического вещества во Вселенной должна проходить через одни и те же этапы.

Отсюда основные положения процесса самоорганизации материи можно сформулировать следующим образом:

- каждая единицы материи (калибровочные бозоны, лептоны, кварки, адроны, барионы... или их комбинации в виде изотопов химических элементов и различные сочетания изотопов химических элементов..., полей) обладает информацией, по которой ее можно определить и выделить из других единиц материи;
- каждая информационная единица материи обладает способностями к взаимодействию с другими информационными единицами и системами информационных единиц;
- каждая информационная единица, взаимодействуя с другой информационной единицей (единицами) материи, получает новую информативную значимость (уровень, структурированность, пространственную структуру – конфигурацию, конформацию, хиральность), отличную от родительских информационных единиц материи;
- любая информационная единица материи или комбинации информационных единиц материи обладает индивидуальными информационными характеристиками, способностями, памятью, программой;
- любая информационная единица материи обладает определенной мерой (уровнем) энергии;
- различные комбинации информационных единиц материи обладают способностью перемещать и локализовывать источник энергии внутри того или иного материального информационно-энергетического объекта или системы объектов;
- информационные единицы материи или системы информационных единиц материи, в том числе и барионная форма живого вещества (человек – Цивилизация), обладают способностью целенаправленно познавать окружающий мир (материю) и преобразовывать его.

Материя преобразовывается материей. Материя агрессивно активна.

По результатам корреляционного анализа (схема 4.1.1), материя (изотопы химических элементов...) обладает информационными свойствами и способна к самоорганизации, самопрограммированию, самоанализу, самопознанию, самопреобразованию и преобразованию окружающей среды (в том числе и Космоса – Вселенной в целом). Антропный принцип Вселенной реализуется с помощью информационных свойств материи. Информационные системы – барионные цивилизации на различных космических объектах и системах космических объектов, являются обязательными в схеме дифференциации первичного космического вещества (Соков, Л.А., 2000; 2001; 2006; 2008). Вполне вероятно схема 4.1.1 происхождения и эволюции живого в виде Главной последовательности может быть периодически реализована (и реализуется) на одной из планет Земной группы в зависимости от места нахождения Солнечной системы, схема 4.1, на траектории в нашей Галактике.

Структурные компоненты и свойства процесса самоорганизации изотопов химических элементов обеспечиваются: гомеостазом, обратной связью, информацией. Свойства структуры – вместе с физическими параметрами вещества (агрегатное и фазовое состояние, энергия), химическим составом и феноменом структурной памяти, являются результатом процесса самоорганизации. Эти свойства обеспечивают как изменчивость, способность к эволюционному развитию, так и динамическую устойчивость, стационарность, функциональность любых систем, в том числе жизнеспособность, жизнестойкость живых систем...

С возникновением теории вероятностей и методов математической статистики, с развитием теплофизики и открытием второго закона термодинамики (Никола Садди Карно, Бенуа Поль Клапейрон, Уильям Томсон), введением понятия энтропии (Рудольф Юлиус Эмануэль Клаузис), и, наконец, с установлением связи через энтропию между статистической физикой и термодинамикой (Л. Больцман), радикальным образом изменились взгляды на фундаментальные позиции естествознания (Бочкарева, Т.С., 2007, с. 172-173).

Вторая физическая парадигма, пришедшая на смену первой ньютоновской, возникнув в теплофизике, в настоящее время охватывает всю физикохимию, химию, биологию, социологию.... И если исходить из новой эволюционной физической парадигмы, второго начала термодинамики – в природе, в самоорганизации живого, действуют стохастические законы (Пригожин, И., Стенгерс, И., 2008).

А с формированием, следующей, третьей физической парадигмы, квантово-полевой картины мира (Бочкарева, Т.С., 2007, с. 186) можно утверждать, что живое вещество – это квантово-волновая иерархическая структура, в которой все изотопы химических элементов не просто «закономерно охвачены живой материей», а жизненно необходимы для существования живого вещества, животных организмов на планете.

В самоорганизации, последующей эволюции и жизнедеятельности живого вещества, животных организмов принимает участие весь «ансамбль» изотопов химических элементов, электромагнитные, гравитационные, сильные и слабые взаимодействия, в том числе корпускулярные потоки и поля планеты, планет Солнечной системы, Солнца, галактики, Вселенной.

Причем эволюция живого сопряженно связана с эволюцией изотопного состава химических элементов, полей, объектов Солнечной системы.... И если вдруг «вымирает» какой-либо изотоп того или иного химического элемента, изменяется изотопный состав планеты Земля, ее геосфер, живого вещества, животных организмов. Физическая, а в настоящее время и антропогенная эволюция смеси ядер изотопов химических элементов на планете является одним из решающих факторов эволюции живого. Какую роль в процессах взаимодействия и самоорганизации барионной материи играет темная материя и темная энергия – неизвестно. Пока.

4.2 Самоорганизация нелетучего барионного вещества Солнечной системы

С учетом полученных предварительных результатов был проведен графический анализ кривых, характеризующих перемещение химических элементов как внутри различных систем, так и от одной системы к другой. При построении кривых учитывались все возможные реальные генетические связи (схемы 4.1 и 4.1.1). Так, химический элементарный состав Солнечной системы должен определяться как химическим элементарным составом нашей Галактики, так и последующим радиоактивным распадом и дополнительным образованием химических элементов непосредственно в Солнечной системе. Другими словами, дифференциация вещества происходит и в самой Галактике и в Солнечной системе. Дифференциация вещества на основе физических и физико-химических свойств химических элементов, с помощью физических и физико-химических процессов идет всегда, является постоянным фактором, свойством химических элементов, причем идет параллельно их образованию и последующему радиоактивному распаду.

Поэтому естественна такая позиция: дифференциация вещества происходит как в пределах галактик, Вселенной, так и в пределах отдельных звездных систем и их образований, в нашем случае в пределах Солнечной системы.

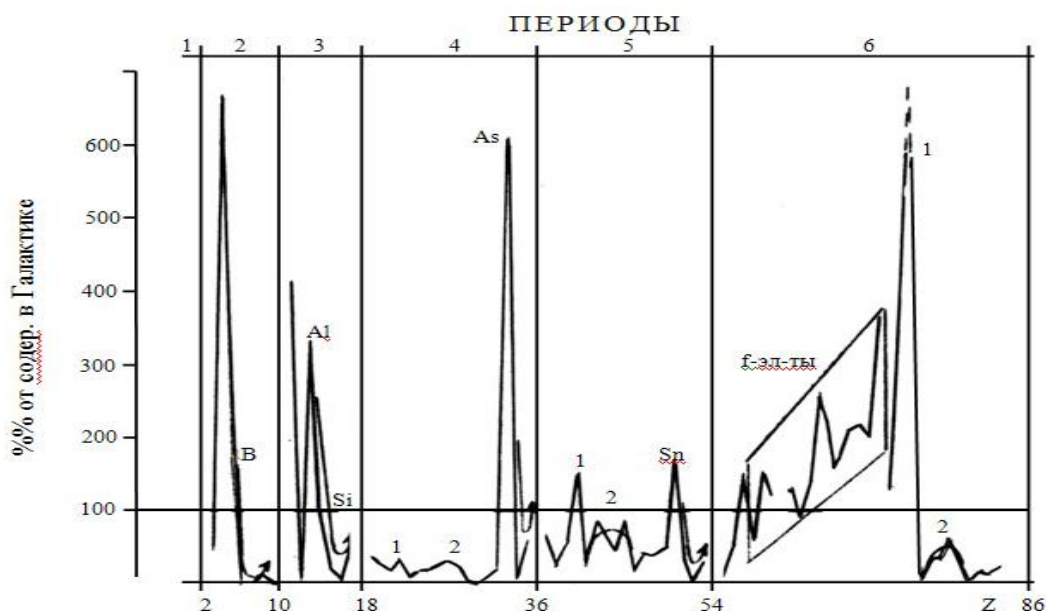


Рисунок 4.2.1 Перемещение химических элементов из космического пространства в Солнечную систему

Имея данные о космической распространенности элементов и среднем элементарном составе метеоритов, естественно стремление сопоставить эти два параметра. Выразив элементарный состав метеоритов в % от космической распространенности, получаем кривую, рисунок 4.2.1, где на оси абсцисс – порядковый номер элементов, на оси ординат – содержание элементов в метеоритах, в процентах от их космической распространенности, или, что вероятно точнее, в процентах от распространенности элементов в пределах нашей Галактики.

Все поле рисунка 4.2.1 разделено прямыми линиями, ограничивающими периоды периодической системы. При тщательном рассмотрении полученной кривой, нельзя не отметить следующие три особенности:

а) для большинства элементов содержание их в метеоритах меньше, чем в Галактике, от оси ординат, от цифры 100, параллельно оси абсцисс проведена прямая линия;

б) в общем, содержание элементов в метеоритах, по сравнению с их космической распространенностью, с увеличением атомного номера увеличивается;

в) на кривой отчетливо видны пики максимумов и минимумов, имеющие периодический характер, связанный с периодическим характером застройки электронных орбит.

Из семейства s-элементов, щелочные элементы более подвижны, чем щелочноземельные. Элементы IIА подгруппы в пространстве нашей Галактики содержатся меньших количествах, чем IA. Это справедливо для химических элементов 3, 4, 5 периодов – натрий > магний, калий > кальций, рубидий > стронций. Соотношение пар элементов, принадлежащих ко 2 и 6 периодам обратное – литий < бериллий, цезий < барий. Вероятно, эти соотношения связаны не с миграцией элементов, а с физико-химическими особенностями этих пар химических элементов и ядерно-физическими процессами, имеющими место как в Галактике в целом, так и в пределах Солнечной системы.

В поведении p-элементов исключений нет. Так во втором периоде пик максимума приходится на бор, причем в данном случае пик максимума у p-элементов замаскирован s-элементом бериллием. В третьем периоде пик максимума приходится на алюминий, в четвертом – на мышьяк, в пятом – на олово, то есть пик максимума имеет тенденцию к сдвигу вправо. Следует вспомнить, что свойства p-элементов изменяются по диагонали, атомный номер 5-85 – это граница между металлами и металлоидами. После пика максимума, следует понижение содержания p-элементов в метеоритах, затем следует повторный подъем. На рисунке 4.2.1 поведение p-элементов подчеркнуто стрелками.

Поведение элементов d-семейства также закономерно. На рисунке 4.2.1 для d-элементов арабскими цифрами отмечены два максимума 1 и 2. Первый максимум приходится на элементы IVB подгруппы – титан, цирконий, гафний, в шестом периоде к гафнию присоединяются тантал и вольфрам, содержание последнего в метеоритах особенно увеличено. После пика максимума идет минимум на элементах VB – ванадий, ниобий – для четвертого и пятого периодов и VIIB – рений – шестой период, то есть и в d-элементах также имеется сдвиг пиков максимумов и минимумов по диагонали слева направо. Следующий, 2, пик максимума приходится не на одну группу элементов, а на несколько, в четвертом периоде это хром, марганец, железо, кобальт, никель; в пятом – это молибден, рутений, родий, палладий, серебро; в шестом – осмий, иридий, платина и золото, то есть второй пик максимума приходится на элементы от VI-VII до VIII-IB подгрупп элементов. С увеличением номера периода второй пик максимума у d-элементов также имеет тенденцию к сдвигу вправо.

И, наконец, поведение элементов f-семейства – с увеличением атомного номера переход элементов f-семейства из Галактики в Солнечную систему, в общем увеличивается. Следует отметить, что пики максимумов и минимумов, а также тенденция к увеличению и уменьшению, выделялись лишь в том случае, если разница в содержании отдельных или групп элементов превышает рядом стоящие в среднем в десять и более раз (рисунок 4.2.1).

Что такое космическая распространенность элементов, что она отражает? По Б.А. Гаврусевич (1968) космическая распространенность элементов – это распространенность элементов в пределах нашей Галактики. По Э.В. Соботович (1974) – это распространенность элементов только в пределах системы звезды Солнце. Тогда кларки метеоритов, что они отражают? Содержание элементов в планетах Меркурий-Марс или средний элементарный состав Солнечной системы (Соботович, Э.В., 1974, с. 161). Полученная периодическая кривая может также характеризовать сумму процессов, сил, с помощью которых происходило выделение планеты Земля из Солнечной системы. Так или иначе, кларки метеоритов, в процентах от космической распространенности элементов, в графическом изображении дают периодическую кривую, периодичность которой связана с периодической застройкой электронных орбит химических элементов. Следует здесь же отметить, что как кларки метеоритов, так и космическая распространенность элементов, то и другое отдельно, в графическом изображении имеют пики максимумов и минимумов, связанные не с электронным строением, а со свойствами ядер. Маловероятно, что полученная периодическая закономерность, изображенная на рисунке 4.2.1, носит случайный характер.

Итак, химические элементы космического пространства можно условно разделить на нелетучее вещество и летучее вещество. Образование нелетучего космического вещества Солнечной системы происходит с помощью единых физических и физико-химических механизмов. В схеме дивергенции (и диссипации) материи химический элементарный состав Земного шара и земной коры, тесно связан с космической распространенностью химических элементов (Соков, Л.А., 2006; 2008).

«Известно, что Луна в первые 400-600 млн. лет своей истории подвергались бомбардировке крупными телами. Очевидно, и Земля претерпела жесткую метеоритную обработку. Неясно, какого состава были эти тела. Но вряд ли они существенно отличались от состава тех метеоритов, которые нам известны сегодня. Ведь большинство метеоритов имеет возраст, сопоставимый с возрастом Земли, т.е. 4,56 млрд. лет. Среди метеоритов известны так называемые углистые хондриты» (Галимов, Э.М., 2009, с. 106). Следует только надеяться, что интенсивное поступление вещества углистых хондритов на Луну и планету Земля во время и после их образования, не изменило, существенным образом, их химический элементарный состав.

Если исходить из общепринятого представления: все космические объекты и планеты земной группы являются продуктами нелетучей фазы протозвездной – протопланетной стадии формирования Солнечной системы. Этот процесс был «запущен» 4,56 млрд. лет назад. Формирование земной коры и лунной коры прошло фазу дегазации и космической бомбардировки роем тел, полученных в результате взрыва (гравитационного коллапса) протозвезды-кокона (Снытников, В.Н., 2006). Сопоставив химический элементарный состав лунных пород и вещества земной коры с химическим элементарным составом метеоритов-хондритов, можно получить характеристику основных физических и физико-химических процессов, ответственных за формирование этих объектов. На рисунках 4.2.2 и 4.2.3 представлены результаты такого анализа.

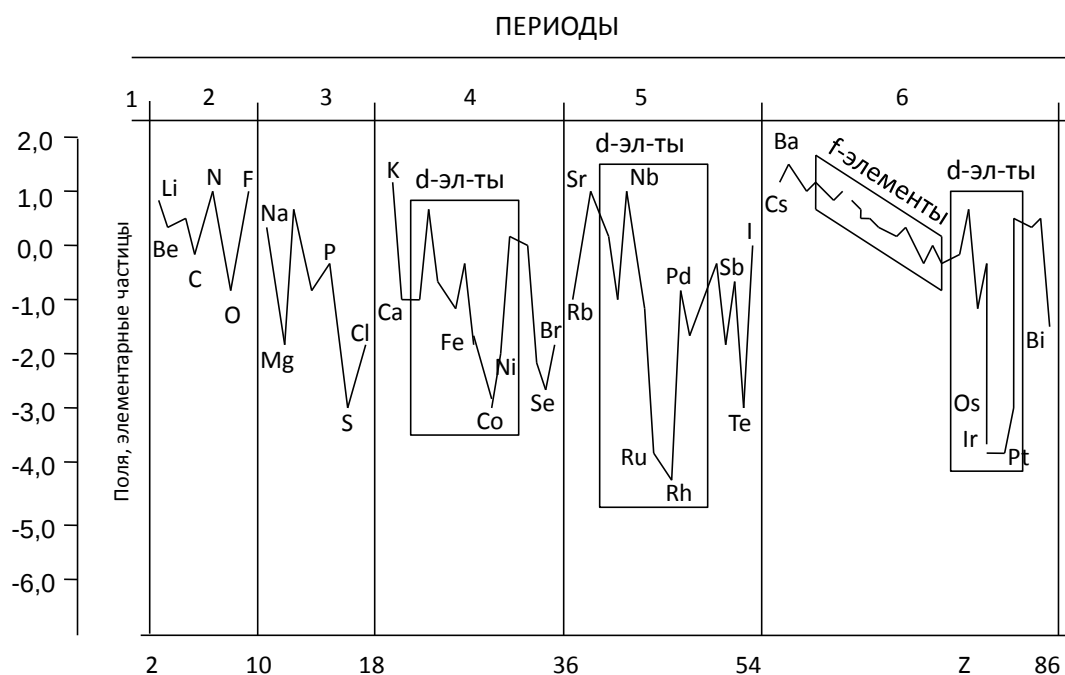


Рисунок 4.2.2 Содержание химических элементов в земной коре ($n \cdot 10^4$), % от содержания в Земном шаре

На рисунке 4.2.2 представлено содержание элементов в земной коре ($n \cdot 10^4$) в % от содержания в Земном шаре. На оси абсцисс – атомный номер, на оси ординат – % содержания в Земной шаре. Все поле рисунка разбито вертикальными линиями на периоды соответственно периодам периодической системы. Элементы d- и f-семейств заключены в геометрические

фигуры. Как видно поведение элементов s-семейства для первых трех периодов, имеется в виду 2-4 периоды, закономерно. Из Земного шара в земную кору щелочные металлы перемещаются в больших количествах, чем щелочноземельные: литий > бериллий; натрий > магний; калий > кальций. Соотношение пар рубидий – стронций и цезий – барий обратное.

Однако едва ли щелочноземельные элементы стронций и барий перемещаются из Земного шара в земную кору с помощью каких-то других механизмов, отличных от механизмов, перемещавших элементы – бериллий, магний, кальций. Скорей всего эти обратные отношения – содержание щелочного элемента к содержанию щелочноземельного, связаны с ядерно-физическими процессами, приведшими к уменьшению содержания рубидия и цезия в земной коре на счет радиоактивного распада и преобразования их в соответственно (добавочные) стронций и барий. То есть увеличение стронция и бария в земной коре произошло не только за счет увеличенного их перехода из земного шара, они перемещались также в таких же или аналогичных пропорциях как литий / бериллий, натрий / магний, калий / кальций, но и за счет распада радиоактивных рубидия и цезия.

Известно, что в геохронологии используется отношение рубидий / стронций, по величине этого отношения судят о времени различного рода геологических процессов. И в настоящем случае по соотношению рубидий / стронций и цезий / барий можно определить время образования, а значит и механизм образования земной коры.

Поведение элементов p-семейства также закономерно связано с их электронным строением. Соотношения в величинах процентного перехода элементов p-семейства из Земного шара в земную кору второго и третьего периодов аналогичны: 2-й период – бор > углерод < азот > кислород < фтор; 3-период, элементы тех же групп – алюминий > кремний < фосфор > сера < хлор. Пики максимумов у элементов p-семейства второго и третьего периодов периодической системы приходятся на элементы III, V, VIIA подгрупп, то есть на нечетные подгруппы. Элементы p-семейства 4-6 периодов перемещаются из Земного шара в земную кору сходно, как и элементы 2-3 периодов, или точнее аналогично:

4-й период – галлий > германий $\geq$ мышьяк > селен < бром;

5-й период – индий > олово < сурьма > теллур < вод;

6-й период – таллий $\leq$ свинец $\geq$ висмут....

Как видно в данном случае имеется два исключения – это в четвертом периоде мышьяка меньше переходит, чем германия. С чем это связано? Или с неточными данными по мышьяку или также с увеличением германия за счет радиоактивного распада каких-то элементов или же распадом части уже имевшегося в земной коре мышьяка. Ну а относительное большее количество свинца по сравнению с висмутом и таллием связано с увеличением содержания уже имевшегося свинца за счет распада урана. Как отмечалось выше (2.1), природный свинец состоит из четырех изотопов с массовыми числами 204, 206, 207, 208. Вероятно, что первый из этих изотопов является α -излучателем с исключительно большим периодом полураспада ($1,7 \cdot 10^{17}$ лет). В радиоактивных рудах три других изотопа радиогенного происхождения являются конечными продуктами распада трех естественных радиоактивных семейств: $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$, $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$, $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$ (Кондрашов, А., 2002, с. 77). Если данные по висмуту правильны, то свинца в земной коре по отношению к Земному шару в целом, в начале процесса формирования планеты, в гранитах, должно содержаться не 3,73 %, а менее $2,7 \cdot 10^{-2}$ %, то есть меньше раз в сто.

Переход элементов d-семейства 4-6 периодов в земную кору из Земного шара происходит с помощью качественно однородных процессов. Обращает на себя минимум, провал, на элементах VIII подгруппы – железо-кобальт-никель – 4-й период, рутений-родий – 5-й период и осмий-иридий-платина – 6-й период. И, наконец, элементы f-семейства, переход их из Земного шара в земную кору так же закономерно определяется как порядковым номером, последовательностью застройки электронных орбит, так и физико-химическими свойствами – содержание элементов f-семейства в земной коре, % от Земного шара, уменьшается закономерно с увеличением порядкового номера более чем на порядок. Так или иначе, отдельные «исключения» на кривой объясняются добавочным «поступлением» тех или иных

элементов, за счет ядерно-физических процессов, то есть радиоактивного распада ряда материнских элементов. То есть первоначально в момент образования или иначе графическое изображение химического элементарного состава земной коры, % от Земного шара (4.2.2), отражает сумму процессов, которые продолжаются и поныне, и является интегрирующей как механических, так и физико-химических, ядерно-физических сил.

Обращает на себя внимание строгая периодичность кривой, периодичность – связанная периодической застройкой электронных орбит химических элементов. Этот график (4.2.2) не случаен и является неоспоримым доказательством того, что тела Солнечной системы от Меркурия до Марса включительно имеют химический элементарный состав аналогичный химическому элементарному составу метеоритов. Следует напомнить, средний состав Земного шара рассчитывался по среднему составу метеоритов.

Если же допустить, что земная кора не является продуктом Земного шара, но то, что земная кора генетически связана с элементарным составом метеоритов – это бесспорно, на это указывает периодический характер кривой (рисунок 4.2.2), то метеориты являются специфическими телами, а ведь их генезис до сих пор оспаривается, причем оспаривается даже их принадлежность к Солнечной системе, а образование земной коры – наслоение метеоритов, что невероятно, и противоречит нашим современным знаниям об образовании тел Солнечной системы. Отсюда:

во-первых – элементарный состав планет Меркурий, Венера, Земля, Марс аналогичен элементарному составу метеоритов;

во-вторых – земная кора – в основном продукт дифференциации Земного шара;

в-третьих – в образовании земной коры принимали участие силы физико-химического, химического и в меньшей степени механического порядка: периодический характер кривой (рисунок 4.2.2) связан с периодическим характером застройки электронных орбит.

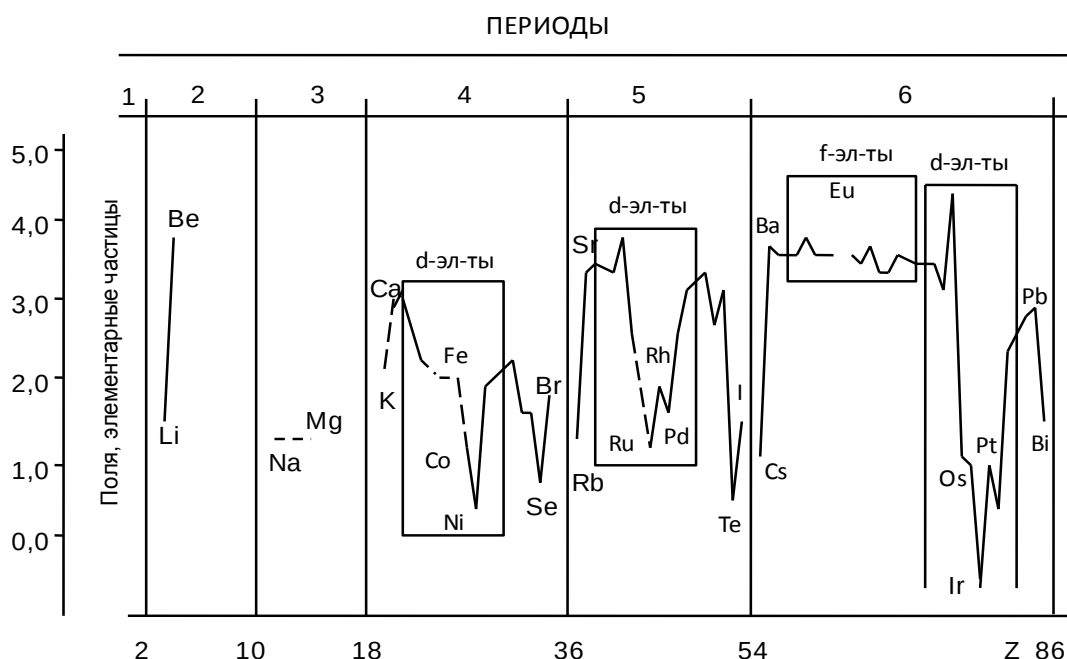


Рисунок 4.2.3 Содержание химических элементов в образцах реголита, доставленных «Луной-16», % от содержания в метеоритах – хондритах

Так как все космические образования, геосферы и гео-, биогеохимические объекты планеты связаны между собой Главной последовательностью самоорганизации первичного космического вещества, можно на примере химического элементарного состава земной коры и лунного грунта с позиции электронного строения химических элементов изучить физические,

физико-химические механизмы формирования химического элементарного состава земной коры и лунного грунта. Эти механизмы можно считать общими для нелетучей фракции барионной материи Вселенной.

Для этого использовали данные химического элементарного состава лунной коры – содержание химических элементов в образцах реголита, доставленных «Луной-16» (морской реголит) и метеоритах-хондритах (10^{-4} %). Содержание химических элементов в образцах реголита – это данные А.П. Виноградова, а также Д.К. Лаула, Д.В. Моргана, П.А. Хелмке, Д. Жерома и других (в образцах минералов, доставленных экспедициями серии «Апполон» 11, 12, 14, 15, 16, 17), в метеоритах – по подсчету Г.П. Вдовыкина (Вдовыкин, Г.П., 1975).

Кроме того, в работе использовали, данные по химическому элементарному составу земной коры, данные А.П. Виноградова, с дополнением данных по К.Г. Ведеполлю (Вернадский, В.И., 1967; Щербина, В.В., 1972) и данные по среднему химическому элементарному составу метеоритов-хондритов по С.В. Козловской, Б.Ю. Левину, вес % (Ферсман, А. Е., 1952-1960).

Эти два «пакета» экспериментальных и аналитических данных, не связаны между собой и получены в разное время, разными группами ученых.

На рисунке 4.2.3 по оси ординат $\lg$ % содержания химических элементов в лунной коре (в образцах реголита) от содержания их в метеоритах – хондритах. После оси ординат отмечено – поля, элементарные частицы. Объекты Солнечной системы находятся во «взвешенном» состоянии в пространстве темной энергии, темной материи, гравитационном и электромагнитном полях, потоках космических ядер и элементарных частиц.... По оси абсцисс – число протонов в ядрах атомов, Z (порядковое число, число Мозли). Информационное поле рисунка 4.2.3, как и 4.2.2 разделено вертикальными линиями, соответственно главному квантовому числу n (периодам периодической системы). Заключены в прямоугольные фигуры d-, f-блоки химических элементов согласно орбитальному квантовому числу l . На рисунке 4.2.3 положение Na, Mg, K, Fe представлено как вероятное, на основании данных по земной коре и метеоритам.

Лунная кора – понятие находится в стадии формирования. Во всех случаях, лунная кора дает картину ранней эволюции планет земного типа (Мартынова, Г.И., 1978). Реголит, доставленный «Луной-16», по сравнению с метеоритами значительно обогащен Sr, Y, Zr, Ba, Sc, Nb, Mo, Cd, редкоземельными химическими элементами, Hf, Ta, W, Th, U, то есть в основном тугоплавкими химическими элементами, и обеднен легколетучими химическими элементами – Cl, Cu, Zn, Ge, As, Se, Te, I, Cs, Bi и типично метеоритными химическими элементами – Co, Ni, Re, Os, Ir, Pt, Au. Очевидно, первоначальная конденсация лунного вещества и его дифференциация происходила в высокотемпературных условиях (Вдовыкин, Г.П., 1975).

На рисунках 4.2.2 и 4.2.3 можно найти существенные закономерные различия только по щелочным и щелочноземельным химическим элементам (IA и IIA подгрупп периодической системы), вероятно связанные с энергетическими процессами, сопровождавшими формирование этих объектов. Отношение этих групп химических элементов для реголитов равно: 2, 4, 5, 6-й периоды IA<IIA, 3-й период IA~IIA; для земной коры равно: 2, 3, 4-й периоды IA>IIA, 5, 6-й периоды IA<IIA.

Температура плавления и кипения щелочных химических элементов (в градусах Цельсия равна соответственно: Li 186, 1336; Na 97, 880; K 62,3, 760; Rb 38,5, 700; Cs 28,4, 690) значительно ниже, чем щелочноземельных (в градусах Цельсия равна соответственно: Be 1284, 2970; Mg 651, 1107; Ca 842, 1240; Sr 800, 1150; Ba 850, 1140) (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968). Температура плавления и кипения химических элементов имеет периодический характер (смотри рисунок 2.2.6) и определяется периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов. Очевидно, разница в температурах плавления и кипения летучего и нелетучего вещества сыграла существенную роль в формировании показателей химического элементарного состава лунной и земной коры.

Поведение химических элементов d-блока 4, 5, 6-го периодов носит однотипный характер. Содержание химических элементов d-блока в лунной и земной коре уменьшается от

представителей химических элементов IIIБ подгруппы к представителям VII-VIIIБ подгрупп, а затем увеличиваются к представителям I-IIIБ подгрупп. Содержание химических элементов f-блока в лунной и земной коре закономерно уменьшается от Z-58 к Z-71. За исключением данных по европию для лунного грунта (рисунок 4.2.3).

В остальном это фрактальные (квантово-волновые), качественно однородные четко периодические графики, характер которых можно объяснить однотипными (сходными) физическими, физико-химическими процессами и реакциями, ответственными за формирование их химического элементарного состава, за исключением, вероятно, условий их протекания – температурного режима. Периодический характер выявленных и представленных закономерностей на рисунках 4.2.2, 4.2.3 связан с закономерностями застройки электронных орбит химических элементов в периодической системе.

Итак, показатели химического элементарного состава лунной, земной коры, выраженные в % от их содержания в метеоритах – хондритах, представленные с учетом главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел, последовательно слева направо, в порядке возрастания числа протонов в ядрах атомов, имеют периодический характер.

Проблема происхождения Луны обсуждается в научной литературе уже более ста лет. К середине прошлого века сформировалось несколько гипотез происхождения Луны: отделение Луны от Земли; случайный захват Луны на околоземную орбиту; коаккреция Луны и Земли из роя твердых тел и т.п. и т.д.

Изобретались хитроумные, но маловероятные сценарии того, как Луна могла бы потерять избыточное железо. В 60-х годах одной из основных была гипотеза коаккреции, разработанная отечественными исследователями, учениками О.Ю. Шмидта, В.С. Сафроновым и Е.Л. Рускол (Рускол, Е.Л., 1975). Ее слабая сторона – неспособность объяснить разную плотность Луны и Земли (Галимов, Э.М., 2005).

Когда стали известны детали химического строения и состава Луны, и эта гипотеза была окончательно отвергнута. Как раз в середине 1970-х гг. появился новый сценарий образования Луны. Американские ученые А. Камерон и В. Уорд и одновременно В. Хартман и Д. Дэвис в 1975 году предложили гипотезу образования Луны в результате катастрофического столкновения с Землей крупного космического тела, размером с Марс (гипотеза мегаимпакта). В результате огромная масса земной материи и частично материала ударника (небесного тела, столкнувшегося с Землей) расплавилась и была выброшена на околоземную орбиту. Этот материал быстро аккумулялировался в компактное тело, которое стало Луной. Несмотря на кажущуюся экзотичность, эта гипотеза стала общепринятой, поскольку она предлагала простое решение целого ряда проблем. Как показало компьютерное моделирование, с динамической точки зрения, сценарий столкновения космических тел вполне осуществим. Вопрос дефицита железа на Луне в гипотезе происхождения Луны играл решающую роль. Гипотеза мегаимпакта оставляла в тени другую фундаментальную проблему – сверхобедненность естественного спутника Земли летучими элементами (Галимов, Э.М., 2005).

Элемент	Li	Na	K	Rb	Cs	Bi	Tl
Земля/CI	0.72	0.50	0.43	0.27	0.086	0.007	0.022
Луна/CI	0.24	0.09	0.066	0.038	0.02	0.0005	0.0024

Таблица 4.2.1 Обедненность Луны и Земли летучими элементами относительно углистых хондритов (CI) (Галимов, Э.М., 2005)

Луна содержит во много раз меньше K, Na и других летучих элементов по сравнению с углистыми хондритами. Состав углистых хондритов рассматривается как наиболее близкий к первоначальному космическому веществу, из которого формировались тела Солнечной системы. Земля тоже содержит мало летучих элементов, но Луна заметно обеднена ими даже по сравнению с Землей (таблица 4.2.1).

Десять лет назад Э.М. Галимов выдвинул гипотезу, смысл которой состоял в том, что Луна сформировалась не вследствие катастрофического удара, а как двойная система одновременно с Землей в результате фрагментации облака пылевых частиц. Так образуются двойные звезды. Железо, которым Луна обеднена, было утрачено вместе с другими летучими химическими элементами в результате испарения. Предложенная Э.М. Галимовым динамическая модель хорошо объясняет возможность возникновения двойной системы Земля – Луна (рисунок 4.2.4).

Несколько исследователей во главе с Э.М. Галимовым объединились в группу для изучения этой проблемы и решения динамической задачи образования Луны и Земли: акад. Т.М. Энзеев, акад. В.П. Мясников, чл.-корр. РАН А.В. Забродин, д.ф.-м.н. М.С. Легкоступов, д.х.н. Ю.И. Сидоров, д.ф.-м.н. А.М. Кривцов.

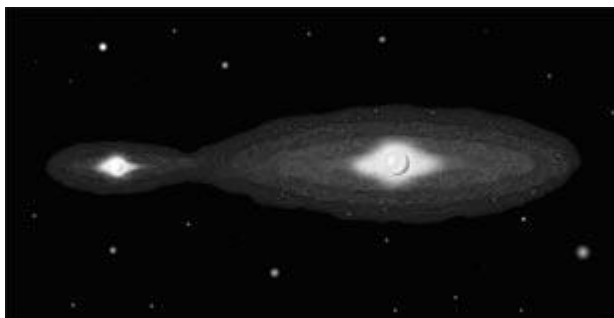


Рисунок 4.2.4 Формирование Земли и Луны из общего пылевого диска в соответствии с гипотезой о происхождении Земли и Луны как двойной системы (Галимов, Э.М., 2005)

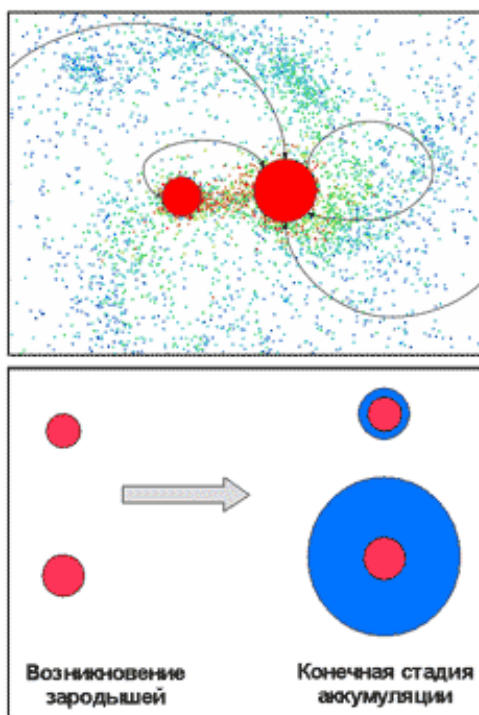


Рисунок 4.2.5 Компьютерное моделирование показывает, что больший из образовавшихся зародышей развивается гораздо быстрее и аккумулирует большую часть оставшегося исходного облака частиц (Галимов, Э.М., 2005)

В результате компьютерного моделирования (рисунок 4.2.5) найдено: зародыш меньшего размера лишь немного изменяет свой состав, в то время как зародыш большего размера

(будущая Земля), аккумулирует практически все первичное вещество облака и, в конечном счете, приобретает состав, весьма близкий к составу первичного хондритового вещества, за исключением наиболее летучих компонентов, безвозвратно покидающих коллапсирующее облако. Утрата летучих элементов в этом случае происходит не за счет испарения в пространстве, а за счет выжимания остаточного пара коллапсирующим облаком.

Российская модель объясняет сверхобедненность Луны летучими химическими элементами и дефицит железа в ней. Главная особенность модели – введение в рассмотрение фактора испарения, причем в условиях, исключающих или сводящих к малым величинам фракционирование изотопов. Этим преодолевается фундаментальная трудность, с которой сталкивается гипотеза мегаимпакта. Фактор испарения впервые позволил получить математическое решение развития двойной системы Земля – Луна при реальных физических параметрах. Новая русская концепция происхождения Луны из первичного вещества, а не из мантии Земли, лучше согласуется с фактами, чем американская гипотеза мегаимпакта. Очевидно, с появлением этой теории возникает необходимость пересмотра теории аккумуляции планет Солнечной и других звездных систем (Галимов, Э.М., 2005).

Найденные фрактальные, квантово-волновые, качественно однородные четко периодические графики (4.2.2-4.2.3), характер которых определяется сходными физическими, физико-химическими процессами и реакциями, за исключением, вероятно, условий их протекания – температурного режима, подтверждает теорию Э.М. Галимова и соавторов.

Итак, Луна и Земля – сестры, «монозиготные близнецы», самообразовавшиеся из одного общего протопланетного облака.

Волновой характер обычной материи проявляется в графиках показателей, характеризующих процессы самоорганизации в Главной последовательности дивергенции и диссипации барионной материи, и соответствует современной третьей, физической, квантово-полевой картине мира....

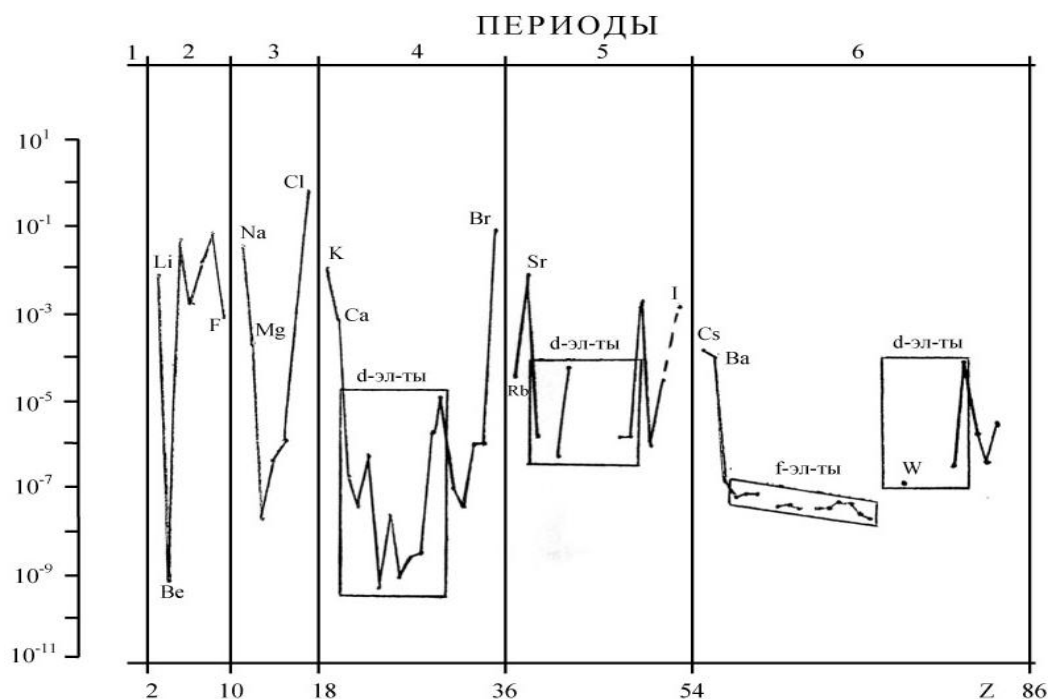


Рисунок 4.2.6 Содержание химических элементов в океанической воде, % от содержания в Земном шаре

На следующем рисунке 4.2.6 представлено содержание элементов в океанической воде в % от их содержания в Земном шаре, где на оси абсцисс – порядковый номер элементов, на оси ординат – % от содержания в Земном шаре. Эта кривая имеет также периодический характер,

связанный с периодическим характером застройки электронных орбит. Поведение элементов, принадлежащих к различным семействам, сходно. Например, s-элементы – щелочные металлы в океанической воде содержатся в относительно больших количествах, чем щелочноземельные: литий > бериллий, калий > кальций, рубидий < стронций и цезий > барий. Исключение одно: рубидия меньше стронция. Причины этого исключения имеют ту же природу и объясняются радиоактивным распадом рубидия и превращения его в стронций.

Элементы p-семейства накапливаются в океанической воде также закономерно, так в 3-4 периодах содержание p-элементов увеличивается с ростом электронов на p-подуровне от алюминия к хлору – в третьем периоде, от германия мышьяка, селена к бром – в твердом периоде. В пятом периоде также имеется тенденция к увеличению относительного содержания p-элементов в океанической воде с ростом номера групп – от олова и сурьме к йоду, отсутствуют сведения о теллуре. Поведение d-элементов также, вероятно, связано с закономерностями застройки их электронных орбит. Вероятно, так как данные о d-элементах неполные, сведения для части d-элементов 5-6 периодов отсутствуют. Обращает на себя внимание верхняя граница содержания элементов d-семейства в океанической воде. Для представителей 4-5 периодов она равна $10^{-40}\%$ от содержания в Земном шаре, содержание f-элементов с увеличением атомного номера закономерно уменьшается примерно в пределах одного порядка.

На рисунке 4.2.7 представлено содержание элементов в океанической воде в процентах от содержания в земной коре. Обозначения осей ординат и абсцисс по аналогии с предыдущими рисунками. Как видно и в этом случае содержание элементов в океанической воде описывается достаточно строгой периодической кривой, периодичность которой определяется принципами застройки электронных орбит.

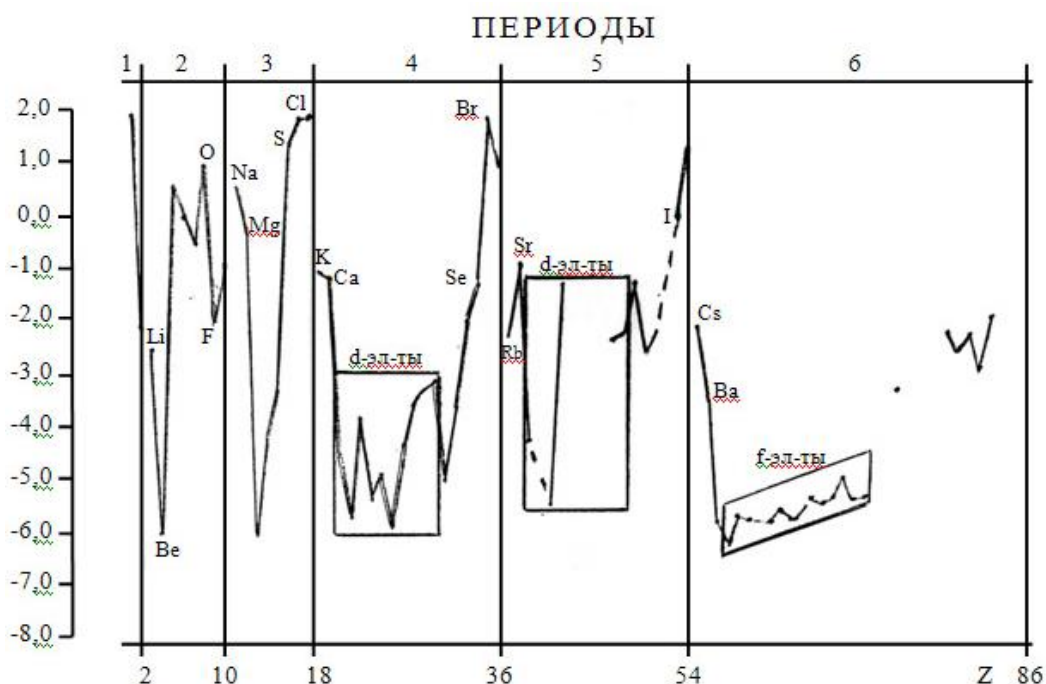


Рисунок 4.2.7 Содержание химических элементов в океанической воде, % от содержания в земной коре и океанической воде

Здесь обнаруживаются те же соотношения щелочных и щелочноземельных элементов: щелочных элементов переходит из земной коры больше, чем щелочноземельных, имеются и те же исключения – стронция из земной коры в океаническую воду «переходит» больше, чем

рубидия. Также увеличивается содержание в океанической воде элементов р-семейства от III-IV к VII-VIIA подгруппам, за исключением элементов 2-го периода.

Содержанием химических элементов f-семейства с ростом атомного номера увеличивается (рисунок 4.2.7), в отличие от данных, представленных на рисунке 4.2.6..

Содержание химических элементов в живом веществе и «стандартном» человеке, % от содержания в океанической воде, представлено на рисунках 4.2.8 и 4.2.9. На оси абсцисс – порядковый номер химических элементов, Z. На оси ординат – содержание химических элементов в живом веществе или «стандартном» человеке % от содержания в океанической воде. Поле рисунков, как и в предыдущих случаях, разделено вертикальными линиями, соответственно периодам в периодической системе. Как видно содержание химических элементов в живом веществе, выраженное % от содержания в океанической воде, описывается своеобразной периодической кривой, обратной кривым – содержание химических элементов в океанической воде, выраженное % от содержания или в Земном шаре в целом, или в земной коре. Непонятны исключения в поведении s-элементов – рубидий > стронций и цезий > барий.

В отличие от химического элементарного состава океанической воды, земной коры, химический элементарный состав живого вещества воспроизводится постоянно и на него не могут оказать прямое влияние изменения в химическом элементарном составе, связанные с ядерно-физическими процессами. С чем же связано относительно большое содержание рубидия и цезия по сравнению со стронцием и барием в живом?

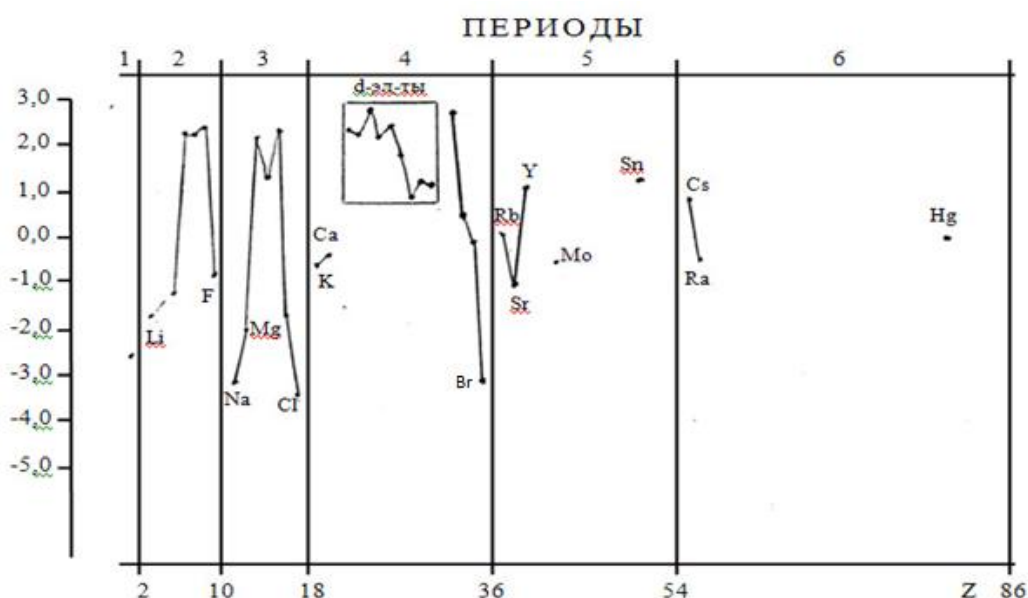


Рисунок 4.2.8 Содержание химических элементов в живом веществе, % от содержания в океанической воде

Содержание элементов р-семейства уменьшается к VIIA подгруппе элементов для представителей 2-4 периодов (данные об их содержании как в живом, так и в океанической воде, имеются только для этих периодов периодической системы). Следует отметить, что пик максимума здесь смещается от IV-VIA подгрупп элементов – 2-й период, в IVA – 4-й период. Соотношение между элементами s- и р-семейств с одной стороны и d-элементами в живом веществе обратное их соотношению в океанической воде, элементарный состав которой выражается в % от их содержания в Земном шаре или земной коре. Элементы d-семейства 4-го периода фиксируются живым веществом по отношению к химическому элементарному составу океанической воды в среднем в относительно больших количествах, чем элементы d-семейства переходят из Земного пара и земной коры в океаническую воду.

Содержание химических элементов в «стандартном» человеке, рисунок 4.2.9, описывается периодической кривой, периодичность которой, как и во всех предыдущих случаях, связана с периодичностью застройки электронных орбит элементов. Как и в случае живого вещества, сведения об элементарном составе «стандартного» человека неполны и ограничивается в основном данными об элементах s-, p-семейств. Имеются более или менее полные данные для элементов d-семейства 4-го периода. Относительное содержание щелочных химических элементов «стандартного» человеке закономерно меньше, чем их соседей по s-семейству щелочноземельных элементов, при одном и том же, повторяющемся во всех рассмотренных выше случаях, исключении – рубидия содержится относительно больше, чем стронция. Причина этого исключения, вероятно, та же, что и в случае живого вещества. Элементы p-семейства имеют пик максимума, который приходится на элемента IV-VA подгрупп 2-3-го периодов. Вероятно пик максимума и в 4-6 периодах приходится на эти же группы элементов, но может быть он смещается до представителей VIA подгруппы (для химических элементов VIA подгруппы, 5-6 периодов отсутствуют данные).

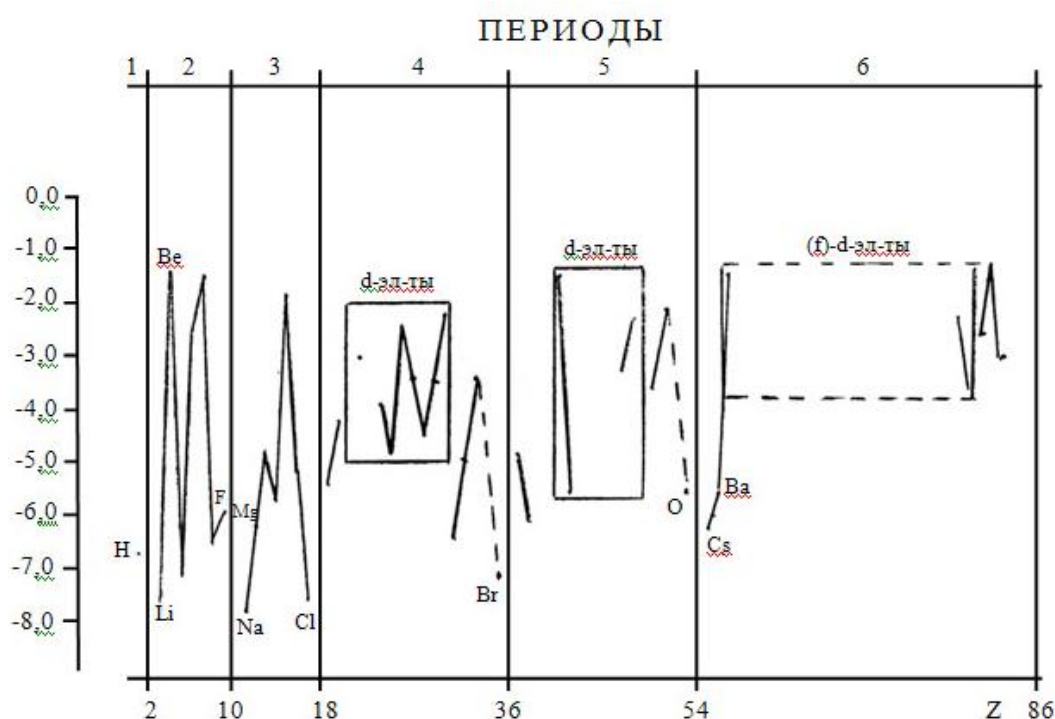


Рисунок 4.2.9 Содержание химических элементов в «стандартном» человеке, % от содержания в океанической воде

Графики рисунков 4.2.1-4.2.3 и 4.2.6-4.2.9 резко отличаются по характеру от графиков, изображенных на рисунках 3.1.1-3.1.6. Различия эти в качестве периодичности. Количественное описание кларков на этих графиках дано довольно полно (3.1-3.2), пожалуй, даже исчерпывающе. Периодичность кларков различных систем (3.1.1-3.1.6): космическая распространенность, метеориты, земная кора,... а также и живое вещество (Виноградов, А.П., 1933), в большей степени имеет ядерный характер, объясняется процессами, участвующими в их образовании и устойчивостью ядер и в меньшей степени последующими процессами дивергенции и диссипации. Пики максимумов и минимумов внутри семейств на этих графиках, не совпадают по группам, подгруппам химических элементов.

Естественно, на графиках кларков должен лежать не только отпечаток первичной распространенности, то есть законов их образования, но и последующего их перемещения. Изменения на графиках кларков различных объектов, связанные с перераспределением химических элементов, замаскированы количественным соотношением кларков отдельных элементов.

Так распространенность элементов в различных объектах, в общем, уменьшается в 10^9 - 10^{13} раз с увеличением атомного номера от 1 до 90. Кроме этого, пики максимумов приходятся на наиболее устойчивые элементы, имеющие число протонов 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82. И, тем не менее, на графиках кларков земной коры (Ферсман, А.Е.) или живого вещества (Виноградов, А.П.) имеются наметки периодичности, связанной с электронным строением. Каждый период в графическом изображении кларков земной коры, так и живого вещества резко ограничивается инертными газами, что связано с резким отличием их физико-химических свойств от остальных элементов. Следует отметить, что для живого вещества кларки инертных газов взяты расчетным путем. Как А.Е. Ферсман, так и А.П. Виноградов, некоторые нюансы отдельных кларков земной коры в живого вещества объясняют электронным строением элементов, то есть связывают их с перемещением, последующим перераспределением элементов. И в то же время ни А.Е. Ферсман, ни А.П. Виноградов периодичности, связанной с периодическим характером застройки электронных орбит не видели, да и не могли видеть. Например, А.П. Виноградов (кларки отдельных объектов для четных и нечетных элементов графически изображаются часто раздельно) дает для живого вещества следующую периодичность: для четных $2+6+6...$ и для нечетных $1+6+6...$ или для четных He, O, Si, Ca, Fe, Ge, Sr,..., для нечетных H, N, Al, K, Mn, Cd, Xe,... и т.д. Это типичная «ядерная» периодичность.

Таким образом, все рассмотренные объекты, процессы: содержание в метеоритах, % от космической распространенности, содержание в земной коре, % от содержания в Земном шаре, содержание в океанической воде, % от содержания в Земном шаре или земной коре, содержание в живом веществе, «стандартном» человеке, % от содержания в океанической воде, имеют периодический характер или характерные признаки периодичности.

Периодичность графиков, описывающих показатели химического элементарного состава процессов, объектов, определяется периодическим характером заполнения электронами электронных орбит химических элементов.

Рассмотренные процессы, объекты настолько качественно разнородны, что можно говорить об универсальности законов перемещения элементов в природе вообще. То есть любой процесс или объект, химический элементарный состав которого будет выражен в процентах или других относительных единицах от генетически связанной (материнской) системы, должен графически иметь периодическое построение, причем периодичность, соотношение элементов отдельных семейств, групп, подгрупп, будет связана с периодическим характером застройки электронных орбит.

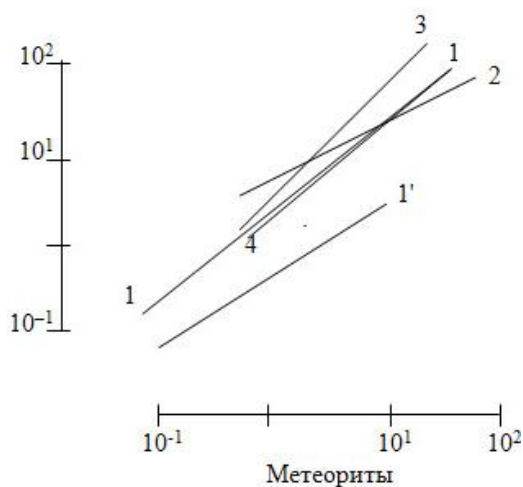


Рисунок 4.2.10 Соотношение химического элементарного состава земной коры (1, 1'), океанической воды (2), живого вещества (3), «стандартного» человека (4) с химическим элементарным составом метеоритов, вес %.

Следует ответить, что каждый объект, процесс изображается «своей» кривой, то есть в каждом конкретном случае, для каждого объекта, процесса существует свое особое соотношение (и количественное выражение) семейств, подгрупп, групп химических элементов и отдельных периодов. То есть каждая кривая отображает интегрально все присущие качественные, индивидуальные особенности, отличающее этот объект, процесс от всех других.

Соотношение и последовательность формирования химического элементарного состава из первичного нелетучего материала Солнечной системы (метеоритов) геосфер планеты Земля (земная кора, океаническая вода), живого вещества, человека представлены на рисунках 4.2.10-4.2.13.

На рисунке 4.2.10 дано соотношение химического элементарного состава земной коры, океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека с химическим элементарным составом нелетучей фракцией вещества Солнечной системы (метеоритов-хондритов). Как видно, соотношение химического элементарного состава земной коры, океанической воды, живого вещества описывается пучком прямых линий с углом наклона $\sim 35-50^\circ$. Соотношение между содержанием химических элементов в земной коре и «стандартном» человеке с содержанием их в метеоритах описывается примерно одной и той же прямой с углом наклона $\sim 45^\circ$, различия незначительные.

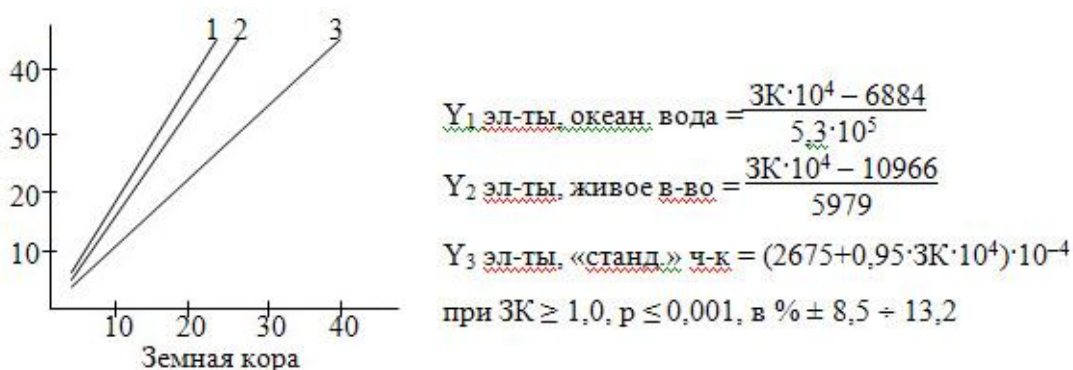
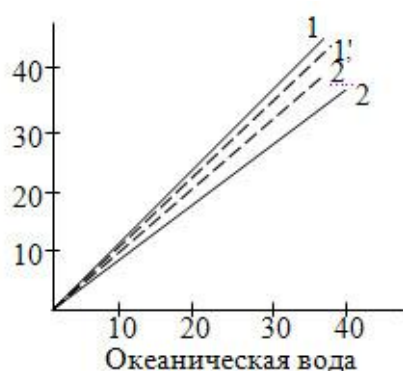


Рисунок 4.2.11 Соотношение химического элементарного состава океанической воды (1), живого вещества (2), «стандартного» человека (3) с химическим элементарным составом земной коры, вес %

То есть содержание химических элементов разной количественной распространенности уменьшается прямо пропорционально, в соотношении $\sim 1:1$ в земной коре и «стандартном» человеке, так же, как и в метеоритах. Химический элементарный состав живого вещества по отношению к химическому элементарному составу метеоритов содержит больше те химические элементы, кларки которых выше, а в океанической воде – наоборот.

На рисунке 4.2.11 представлено соотношение химического элементарного состава океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека с химическим элементарным составом земной коры и уравнения для расчета взаимозависимых величин. Интересна сама последовательность изменения угла наклона, который характеризует отношения кларков, абсолютная величина которых меньше, к кларкам, величина которых больше: океаническая вода $\rightarrow$ живое вещество $\rightarrow$ «стандартный» человек $\rightarrow$ земная кора (рисунок 4.2.11).

На рисунках 4.2.12-4.2.13 представлены соотношения химического элементарного состава «стандартного» человека и живого вещества и уравнения для расчета взаимозависимых величин. Если происхождение живого связано с химическими элементами (и их соединениями) океанической воды, то эволюция живого и появление человека напрямую зависит от химического элементарного состава земной коры.



$$Y_1 \text{ эл-ты. живое в-во} = (10^6 \cdot \text{ОВ} + 4,3 \cdot 10^5) \cdot 10^{-6}$$

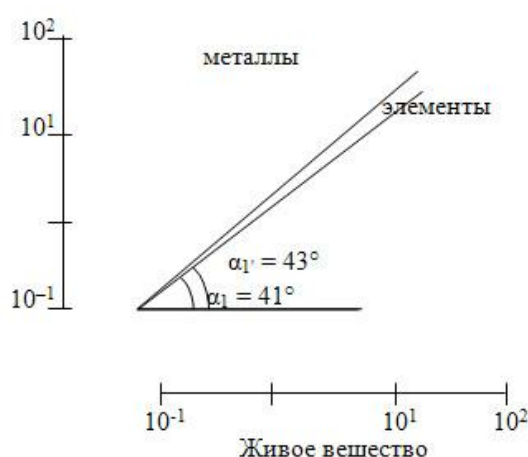
$$Y_1' \text{ м-ты. живое в-во} = (10^6 \cdot \text{ОВ} - 1,9 \cdot 10^4) \cdot 10^{-6}$$

$$Y_2 \text{ эл-ты. «станд.» ч-к} = (7275 + 7500 \cdot \text{ОВ}) \cdot 10^{-4}$$

$$Y_2' \text{ м-ты. «станд.» ч-к} = (345 + 9200 \cdot \text{ОВ}) \cdot 10^{-4}$$

при $\text{ОВ} > 0,01$, $p \leq 0,001$, в % $\pm 2,5 \div 5,0$

Рисунок 4.2.12 Соотношение химического элементарного состава живого вещества (1, 1'), «стандартного» человека (2, 2') с химическим элементарным составом океанической воды, вес %



$$Y_1 \text{ эл-ты. «станд.» чел-к} = (4643 + 9251 \cdot \text{ЖВ}) \cdot 10^{-4}$$

$$Y_1' \text{ м-ты. «станд.» чел-к} = (573 + 9509 \cdot \text{ЖВ}) \cdot 10^{-4}$$

при $\text{ЖВ} > 0,01$, $p \leq 0,001$, в % $\pm 2,5 \div 2,7$.

Рисунок 4.2.13 Соотношение химического элементарного состава живого вещества и «стандартного» человека, вес %

Самоорганизация и эволюция биологических систем и человека происходит за счет дополнительного привлечения, по сравнению с химическим элементарным составом океанической воды и живого вещества в метаболические цепи человека d- и f-элементов.

Матрица живого (генетический код живого планеты Земля) приспособлена к функционированию при определенном наборе и количественном соотношении нелетучего барионного вещества планеты Земля.

До последнего времени поведение химических элементов в среде обитания живого вещества (т.е. в различных геохимических системах) характеризовалось двумя основными показателями: распространенностью (содержанием) химических элементов и формой их нахождения. К ним целесообразно присоединить третий показатель – распределение химических элементов в конкретной крупной геохимической системе (Алексеев, В.А., 1997; 2000; 2003; <http://chemistry.narod.ru/razdeli/geochemistry/rasprost.htm>; <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php#>), живом веществе.

Развитие и существование жизни на Земле, несомненно, должны определяться распространенностью химических элементов в поверхностных частях земной коры, в пределах которых существуют организмы. Основу этих частей, как и земной коры, в целом, составляют

горные породы, образующие литосферу. Если рассматривать весь блок живого вещества Земли, то можно считать, что его существование обусловлено особенностями распространенности химических элементов в земной коре в целом. Эти особенности были довольно хорошо изучены такими выдающимися учеными, как В.И. Вернадский, А.Е. Ферсман, В.М. Гольдшмидт, Ф.У. Кларк, А.П. Виноградов, А.А. Кист и многими другими.

Основным элементом в организмах, как и в земной коре, является кислород. Базовым химическим элементом живого вещества является углерод (^{12}C , 6 протонов, 6 электронов, 6 нейтронов; ^{13}C , 6 протонов, 6 электронов, 7 нейтронов; ^{14}C радиоактивный, 6 протонов, 6 электронов, 8 нейтронов). Основу живого вещества составляют химические элементы, доминирующий изотоп которых построен по типу $4n$ (^{12}C , ^{16}O , ^{24}Mg , ^{28}Si , ^{32}S , ^{40}Ca , ^{60}Fe). Легкие химические элементы преобладают над тяжелыми химическими элементами. Закономерности, указанные для всей массы живого вещества, справедливы и для человеческого организма.

Как уже указывалось, с учетом форм нахождения химических элементов в составе земной коры при различных экологических исследованиях отдельно выделяются гидросфера, атмосфера, почва и живое вещество. Все они имеют свою специфику воздействия на безопасность жизнедеятельности людей.

Значительная часть живого вещества используется в качестве продукта питания для другой его части, включая человека. Основное количество химических элементов, обеспечивающих нормальные процессы жизнедеятельности, люди получают за счет потребления растительных и животных организмов. Содержание элементов в различных видах растений и животных изменяется в довольно широких пределах. Кларковое содержание рассчитано пока только для всей массы живого вещества. При этом при расчетах за основу берется масса растительных организмов, резко преобладающая над зоомассой. Данные о среднем содержании ряда химических элементов, наиболее распространенных в живом веществе, (кларки живого вещества), можно рассматривать как оптимальные для всего блока живого вещества, хотя для отдельных видов (например, для человека) они могут отличаться (Алексеев, В.А., 1969, 1997; 2000; 2003; Биосфера и жизнедеятельность; <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

По мнению В.И. Вернадского, большая часть химических элементов, составляющих общую массу живого вещества, раз попав в него, практически в нем и остается все время, переходя из одних организмов в другие, включая человека. Однако следует отметить, что существует постоянный отток элементов из живого вещества в окружающую среду в виде газов, водных растворов и минеральных соединений. Например, при бактериальном разложении многих органических соединений образуются газы (преимущественно CO_2) и вода. Часть отмерших организмов (в первую очередь скелетные образования, раковины, еще в теле живого организма состоявшие из минеральных соединений) переходит в значительной мере в косное минеральное вещество.

Многие химические элементы, ранее входившие в состав косного вещества биосферы, постепенно переходят в живое вещество. К ним относятся не только O, N, H, C, Ca, Mg, но и те, которые составляют менее 0,001 % их массы, в том числе металлы. Их количество в результате разнообразных процессов, в том числе и процессов жизнедеятельности людей значительно возросло во всех частях биосферы. В отдельных случаях их концентрация достигла значений, нарушающих саму безопасность этой жизнедеятельности. Многие данные о поглощении металлов организмами (в первую очередь растительными) были получены в процессе поисков месторождений полезных ископаемых при помощи опробования растений (биогеохимическими методами) (Кист, А.А., 1967-1987).

Оказалось, что при аномально высокой концентрации отдельных элементов в среде, окружающей и питающей организмы, последние в своем подавляющем большинстве не могут противостоять вхождению в них этих элементов. При этом существенно повышенная концентрация в организмах одних элементов может вызвать повышение или же понижение концентраций в этих же организмах других элементов, независимо от концентрации последних в окружающей среде (Алексеев, В.А., 1969, 2000; 2003; Биосфера и жизнедеятельность;

<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>). Иными словами, аномально высокое содержание в окружающей среде даже одного химического элемента может привести к дисбалансу многих химических элементов в организме. Избыток или недостаток химических элементов в окружающей среде отрицательно сказываются на состоянии живых организмов, а при определенных дозах могут вызвать их смерть (Биосфера и жизнедеятельность; <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

Изучение соотношения и последовательности формирования химического элементарного состава из нелетучей фракции барионной материи Солнечной системы, геосфер планеты Земля (земная кора, океаническая вода), живого вещества, человека..., привело к выводу – на планете происходит закономерное накопление в общей массе живого вещества редких химических элементов, с общей распространенностью менее 1 %.

Итак, значительная часть химических элементов, раз попав в живую материю, практически в ней и остается навсегда, переходя из одних организмов в другие, включая человека. Это определяется Главной последовательностью самоорганизации материи (Соков, Л.А., 2008), эволюцией самой барионной материи, основным гетеротрофным (а не автотрофным) механизмом существования живого (...позвоночных, млекопитающих) и усовершенствованием этого механизма (по эволюционной «стреле времени»), с усложнением аппаратов обмена веществ за счет дополнительного привлечения в метаболические цепи живых систем d- и f-металлов, p-элементов металлов. Эти химические элементы обладают способностью образовывать прочные комплексные соединения и часто период биологического полувыведения их из живого соизмерим с продолжительностью жизни этих биологических систем, что способствует естественному кумулятивному накоплению этих химических элементов в животных организмах. А ведь они поступают в живое ежедневно. Итак, мы состоим из изотопов химических элементов, большая часть которых уже побывала в живом (в том числе и человеке). Изменяются ли вследствие этого качественные, информационные характеристики изотопов химических элементов? Обладают ли эти химические элементы, сотни и тысячи лет «существующие» в живом, какими-либо добавочными свойствами? Влияют ли аккумулярованные в живое вещество изотопы химических элементов, «исключенные» из геохимического оборота, на эволюционные процессы живого? Планеты?

4.3 Корреляционные связи между распространенностью химических элементов в Космосе, геосферах Земли, живом веществе, «стандартном» человеке и их физико-химическими свойствами

Распространенность химических элементов в Космических образованиях, геосферах Земли океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека и т. д. несет на себе черты не только первичной распространенности, то есть не только результат законов их образования, но и является результатом последующего перераспределения. Перераспределение химических элементов, естественно, связано с ядерно-орбитальными свойствами элементов.

В таблице 4.3.1 представлены результаты корреляционного анализа между кларками метеоритов и физическими, физико-химическими и химическими свойствами элементов. Характеристика констант и алгоритм анализа представлены в главах 2 и 4. Как видно, величина кларков метеоритов определяется, прежде всего, величиной молекулярного веса.

№ п.п.	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-0,22	-0,40	-0,49	-0,26	-0,64	-0,57
		0,1	0,001	0,001	0,05	0,001	0,001
2.	Потенциал первичной ионизации	0,22	-	-	-	-	-
		0,1					
3.	Значение электроотрицательности	-	-0,28	-0,28	-	-	-
			0,05	0,05			
4.	Температура кипения	-	-	-	-	-0,35	-0,35
						0,01	0,01
5.	Относительная плотность	-	-0,45	-0,47	-	-0,35	-0,43
			0,001	0,001		0,01	0,001
6.	Сравнительная твердость	-	-	-	-	-0,32	-
						0,05	
7.	Электропроводность	-	-	-	-	-	0,31
							0,1
8.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-0,32	-	-	-	-
			0,1				
9.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА		-0,30	-0,29	-	-	-
			0,1	0,1			

Таблица 4.3.1 Корреляционные связи между кларками метеоритов, вес %, и физико-химическими свойствами химических элементов

Так, коэффициенты корреляции r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , r_5 , r_6 , между кларками метеоритов и величиной молекулярного веса равны соответственно -0,22; -0,40; -0,49; -0,26; -0,34; -0,57, при уровнях значимости для r_1 , и r_3 соответственно 0,1 и 0,05, во всех остальных случаях уровень значимости меньше 0,001. Связь между величинами кларков метеоритов и молекулярным весом элементов обратная, то есть чем больше молекулярный вес элементов, тем меньше величина кларков. Кроме этого, связь между указанными величинами нелинейная, так как коэффициенты корреляции выше в том случае, если кларки метеоритов выражены в десятичных или натуральных логарифмах.

Имеются корреляционные связи между кларками метеоритов и такими свойствами элементов как потенциал первичной ионизации, сравнительная твердость, электропроводность, константы стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА. Величины коэффициентов корреляции указывают на слабую связь между кларками метеоритов и этими константами, уровни значимости во всех случаях меньше 0,1, за исключением уровня значимости для коэффициента корреляции между кларками метеоритов и сравнительной твердостью элементов, где уровень значимости меньше 0,05. Связь между величинами кларков метеоритов и потенциалом первичной ионизации, электропроводностью прямая, со сравнительной твердостью элементов, константами стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА – обратная.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-0,19	-0,30	-0,38	-0,37	-0,55	-0,37
		0,1	0,01	0,001	0,01	0,001	0,01
2.	Радиус атома	-	-	-	-	0,20	-
						0,1	
3.	Радиус иона	-	0,37	-	-	-	-
			0,01				
4.	Потенциал первичной ионизации	-	-0,19	-0,28	-	-0,40	-0,42
			0,1	0,01		0,01	0,001
5.	Значение электроотрицательности	-0,23	-0,52	-0,64	-0,29	-	-0,65
		0,1	0,001	0,001	0,1		0,001
6.	Работа выхода электрона	-	-0,42	-0,47	-	-0,60	-0,53
			0,001	0,001		0,001	0,001
7.	Температура кипения	-	-	0,22	-0,25	-0,55	-0,50
				0,1	0,1	0,001	0,001
8.	Температура плавления	-	-	-	-	-0,50	-0,33
						0,001	0,02
9.	Относительная плотность	-0,21	-0,51	-0,61	-0,30	-0,80	-0,69
		0,1	0,001	0,001	0,05	0,001	0,001
10.	Сравнительная твердость	-	-	-0,26	-0,37	-0,35	-0,37
				0,05	0,01	0,02	0,02
11.	Электропроводность	-	-0,28	-	-	-	-
			0,1				
12.	Электропроводность	0,29	-	-	-	-	-
		0,1					
13.	Константы стабильности гидрокомплексов	-0,37	-	-	-	-	-
		0,02					
14.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	-	-0,38	-	-	-
				0,02			

Таблица 4.3.2 Корреляционные связи между кларками земной коры, вес %, и физико-химическими свойствами химических элементов

Корреляционные связи между кларками метеоритов и значением электроотрицательности элементов обратные, коэффициенты корреляций, r_2 и r_3 незначительны, при уровнях значимости меньше 0,05. Корреляционные связи между средним элементарным составом метеоритов и температурой кипения элементов (s-, d-, f-семейств, то есть только для металлов)

средние, величины коэффициентов корреляции r_5 и r_6 равны, тот и другой, -0,35, при уровнях значимости, в том и другом случае, меньше 0,01.

Имеются нелинейные корреляционные связи между кларками метеоритов и относительной плотностью элементов и только металлов (элементов s-, d-, f-семейств). Так коэффициенты корреляции r_2 , r_3 и r_5 , r_6 равны соответственно -0,45, -0,47 и -0,35, -0,35, при уровнях значимости меньше 0,001, за исключением где $p < 0,01$.

Таким образом, между r_2 и r_3 кларками метеоритов и целым рядом физических, физико-химических и химических свойств элементов обнаруживаются как обратные (в основном), так и прямые корреляционные связи, в большинстве своем имеющие нелинейный характер. Размеры коэффициентов корреляции указывают на слабую связь между изучаемыми величинами: потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сравнительная твердость, электропроводность, константы стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА; так и на среднюю: молекулярный вес, температура кипения (только для металлов), относительная плотность элементов. Иными словами, в формировании элементарного состава метеоритов ведущую роль играли такие свойства элементов как молекулярный вес, температура кипения и относительная плотность.

В таблице 4.3.2 представлены корреляционные связи между элементарным составом земной коры, вес %, и целым рядом физических, физико-химических и химических свойств элементов. Как видно, и в данном случае, между кларками земной коры и молекулярным весом элементов существуют определенные корреляционные связи. Коэффициенты корреляции, r_1 - r_6 , равны соответственно – -0,19; -0,30; -0,38; -0,37; -0,55; -0,37, при уровнях значимости от 0,1 до 0,001. Корреляционные связи обратные, нелинейные, в основном средней степени тесноты.

Обнаруживаются единичные корреляционные связи, в зависимости от характера сопоставления, с радиусом атома и иона, теплопроводностью, электропроводностью, константам: стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭДТА. Коэффициенты корреляции указывают как на прямые, так и обратные, как на линейные, так и на нелинейные связи. Размеры коэффициентов корреляции отражают как слабую, так среднюю степень тесноты связи между кларками земной коры и этими константами.

В формировании кларков земной коры большую роль играют две группы констант – физические: температура кипения и плавления, относительная плотность и сравнительная твердость и физико-химические, связанные с энергетическими характеристиками внешних электронов – потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, работа выхода электрона. Корреляционные связи отрицательные, то есть обратные, в основном, нелинейные. Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи, за исключением r_5 для относительной плотности элементов s-, d-, f-семейств, где коэффициент корреляции равен -0,80, при уровне значимости меньше 0,001.

Исходя из абсолютной величины коэффициентов корреляции, в формировании кларков земной коры из физических констант большую роль играет относительная плотность элементов, чем температура кипения или плавления элементов или, тем более сравнительная твердость, теплопроводность, электропроводность. А из физико-химических, энергетических характеристик, большая роль принадлежит значению электроотрицательности, в меньшей степени – работе выхода электрона или потенциалам первичной ионизации.

В следующей 4.3.3 таблице представлены корреляционные связи между кларками океанической воды и физическими, физико-химическими, химическими константами элементов. Величина кларков океанической воды коррелирует с молекулярным весом элементов. Чем больше молекулярный вес элементов, тем меньше их содержится в океанической воде. Корреляционные связи носят нелинейный характер. Так r_2 , r_3 и r_5 , r_6 равны соответственно -0,41; -0,52; -0,6; -0,54, при уровнях значимости во всех случаях меньшее 0,001. Коэффициент корреляции r_4 равен -0,28, при уровне значимости 0,1. Корреляция при линейном сопоставлении r_1 – отсутствует. Элементарный состав океанической воды связан обратно с радиусами атомов и прямо с радиусами ионов. Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи между радиусами атомов и ионов и

элементарным составом океанической воды. Средняя степень тесноты связи наблюдается при сопоставлении кларков океанической воды с ионными потенциалами и энергией гидратации. Корреляционные связи здесь носят обратный характер.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-0,41	-0,52	-0,28	-0,62	-0,54
			0,001	0,001	0,1	0,001	0,001
2.	Радиус атома	-0,34	-0,21	-0,32	-0,46	-	-
		0,01	0,1	0,01	0,001		
3.	Радиус иона	-	-	-	0,35	0,40	0,36
					0,1	0,05	0,1
4.	Ионные потенциалы	-	-0,43	-0,42	-	0,42	-
			0,05	0,05		0,1	
5.	Энергия гидратации	-	-	-0,38	-	-0,34	-0,59
				0,02		0,1	0,001
6.	Потенциал первичной ионизации	-	-	0,22	0,29	-	-
				0,1	0,05		
7.	Значения электроотрицательности	-0,29	-0,49	-0,51	-	-0,60	-0,58
		0,1	0,001	0,001		0,001	0,01
8.	Работа выхода электрона	-0,30	-0,29	-0,31	-0,28	-0,40	-0,43
		0,05	0,05	0,05	0,1	0,02	0,02
9.	Температура кипения	-0,22	-	-	-0,31	-0,50	-
		0,1			0,05	0,001	
10.	Температура плавления	-	-	-0,27	-	-0,40	-0,44
				0,05		0,01	0,01
11.	Относительная плотность	-0,23	-0,57	-0,69	-0,26	-0,53	-0,68
		0,1	0,001	0,001	0,1	0,001	0,001
12.	Сравнительная твердость	-	-0,45	-0,51	-0,30	-0,76	-0,71
			0,001	0,001	0,1	0,001	0,001
13.	Теплопроводность	-	-	0,30	-	-	0,46
				0,1			0,05
14.	Электропроводность	-0,32	-0,56	-0,60	-	-0,60	-0,67
		0,1	0,001	0,001		0,01	0,001
15.	Константы стабильности гидрокомплексов	-0,2	-0,56	-0,60	-	-0,60	-0,67
		0,001	0,001	0,001	0,05	0,01	0,02
16.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-0,48	-0,57	-0,64	-0,57	-0,70	-0,72
		0,001	0,001	0,001	0,05	0,01	0,02

Таблица 4.3.3 Корреляционные связи между кларками океанической воды, вес %, и физико-химическими свойствами химических элементов

Вероятно, в формировании кларков океанической воды не имеют большого значения такие константы элементов как первый потенциал ионизации, температура кипения и плавления, теплопроводность, электропроводность элементов. Корреляционные связи между кларками океанической воды и этими константами оказывают на слабую или среднюю тесноту связи. Корреляционные связи прямые, в случае потенциала первичной ионизации, теплопроводности, электропроводности и обратные, при сопоставлении элементарного состава океанической воды с температурой кипения и плавления. Количество достоверных коэффициентов корреляции с этими константами из шести вариантов сопоставления мало и равно 1-3, при небольших размерах коэффициентов корреляции, указывающих на слабую или среднюю тесноту связи.

Особую роль в формировании элементарного состава океанической воды играют такие константы как значение электроотрицательности, работа вывода электрода, относительная плотность, сравнительная твердость, константы стабильности гидрокомплексов и комплексов ЭЛТА (таблица 4.3.3). Коэффициенты корреляции между кларками океанической воды и значением электроотрицательности, r_1 , r_2 , r_3 , r_4 , r_5 , r_6 соответственно -0,29; -0,49; -0,51; -0,60; -0,58; при уровнях значимости для r_1 и r_6 соответственно меньше 0,1 и 0,01, во всех остальных случаях меньше 0,001. Коэффициента корреляции между элементарным составом океанической воды и работой выхода электрона наблюдаются во всех шести случаях сопоставлений, корреляция обратная, размеры коэффициентов корреляция указывают на слабую или среднюю степень тесноты связи между изучаемыми параметрами при уровнях значимости от 0,1 до 0,02.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	-0,47	-	-0,60	-0,58
				0,01		0,001	0,01
2.	Радиус атома	-0,40	-	-0,34	-0,49	-	-
		0,01		0,05	0,02		
3.	Потенциал первичной ионизации	0,35	-	-	0,67	-	-
		0,02			0,001		
4.	Значение электроотрицательности	-0,36	-	-0,50	-	-0,51	-0,46
		0,1		0,01		0,01	0,05
5.	Работа выхода электрона	-	-	-	-	-0,40	-
						0,1	
6.	Температура кипения	-	-0,32	-	-0,34	-0,60	-0,61
			0,1		0,1	0,001	0,01
7.	Относительная плотность	-0,37	-	-0,50	-0,37	-0,60	-0,48
		0,05		0,01	0,1	0,01	0,05
8.	Сравнительная твердость	0,45	-	-	-	-	-
		0,02					
9.	Электропроводность	-	-	-	-	-	0,46
							0,1
10.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-0,55	-	-	-0,60	-
			0,02			0,01	

Таблица 4.3.4 Корреляционные связи между кларками живого вещества, вес %, и физико-химическими свойствами химических элементов

Между относительной плотностью, сравнительной твердостью и кларками океанической воды корреляционные связи также обратные. Так коэффициенты корреляция для относительной плотности r_2 , r_3 и r_5 , r_6 равны соответственно -0,67; -0,61 и -0,53; -0,68 при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Коэффициенты корреляции r_2 , r_3 , и r_5 , r_6 , выше по абсолютным величинам, чем коэффициенты корреляции r_1 и r_3 , а также обладают наивысшей достоверностью. Коэффициенты корреляции со сравнительной твердостью r_2 , r_3 , и r_5 , r_6 равны соответственно -0,45; -0,51 и -0,76; -0,71; при уровнях значимости меньше 0,001.

Корреляционные связи между константами стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭЛТА с кларками океанической воды также нелинейные в обратные. Коэффициенты корреляции между содержанием элементов в океанической воде и константами стабильности

гидрокомплексов равны: $r_1 = -0,32$; $r_2 = -0,56$; $r_3 = -0,60$; $r_5 = -0,60$; $r_6 = -0,67$; а с константами стабильности комплексов с ЭДТА равны: $r_1 = -0,48$; $r_2 = -0,57$; $r_3 = -0,64$; $r_4 = -0,57$; $r_5 = -0,70$; $r_6 = -0,72$.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-0,32	-0,38	-0,34	-0,45	-0,48
			0,02	0,01	0,1	0,01	0,02
2.	Радиус атома	-0,41	-	-0,34	-0,43		
		0,01		0,05	0,02		
3.	Потенциал первичной ионизации	0,38	0,45	0,42	0,62		
		0,01	0,001	0,01	0,001		
4.	Значения электроотрицательности	-0,29	-0,40	-0,38	-	-0,40	-0,37
		0,1	0,01	0,02		0,05	0,1
5.	Работа выхода электрона	-	-	-	-	-0,31	-
						0,1	
6.	Температура кипения	-	-	-	-0,33	-0,40	-0,48
					0,1	0,02	0,02
7.	Относительная плотность	-	-0,40	-0,44	-	-0,35	-0,42
			0,01	0,01		0,05	0,05
8.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-0,45	-	-	-0,49	-
			0,02			0,1	
9.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	-0,40	-	-	-	-
			0,1				

Таблица 4.3.5 Корреляционные связи между кларками «стандартного» человека, вес %, и физико-химическими свойствами химических элементов

Уровни значимости для большинства приведенных коэффициентов корреляции (таблица 4.3.3) меньше 0,001. Если считать, что константы стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА ориентировочно характеризуют прочность комплексов элементов с самыми различными соединениями вообще, то элементарный состав океанической воды в общем виде обратный (нелинейно) способности элементов к образованию комплексов в земной коре и Земном шаре в целом. Следует отметить, что такие свойства элементов, как константы стабильности комплексных соединений, имеющие принципиальное значение в формировании элементарного состава океанической воды, не играют ведущей роли в формировании кларков метеоритов или земной коры.

В формировании химического элементарного состава живого вещества и «стандартного» человека большое значение имеют константы стабильности гидрокомплексов (таблицы 4.3.4 и 4.3.5). Так коэффициенты корреляции между кларками живого вещества и константами стабильности гидрокомплексов r_2 и r_5 , равны соответственно -0,55 и -0,60, при уровнях значимости соответственно меньше 0,02 и 0,01. Коэффициенты корреляции для этой же константы в случае «стандартного» человека равны -0,45 и -0,40, при уровнях значимости меньше 0,02 и 0,1 соответственно. Корреляционные связи между константами стабильности гидрокомплексов с одной стороны и кларками живого вещества, «стандартного» человека с другой, нелинейные, обратные. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи между изучаемыми параметрами.

Кларки живого вещества и элементарный состав «стандартного» человека коррелируют с молекулярным весом химических элементов. И в том и другом случае – чем больше молекулярный вес, тем меньше их содержание в живом веществе и «стандартном» человеке. Собственно, содержание химических элементов в любых объектах – кларки метеоритов, земной коры, океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека соотносятся с молекулярным весом так: чем больше молекулярный вес химического элемента, тем меньше его содержание в объекте.

Определенную роль в формировании кларков живого вещества играет радиус атома, чем больше радиус атома, тем меньше его содержание элемента в живом веществе, таблица 4.3.4. Такое же соотношение наблюдается при сопоставлении элементарного состава «стандартного» человека и радиусов атомов элементов (таблица 4.3.5), наблюдаемые коэффициенты корреляции отрицательные.

Между кларками живого вещества и «стандартного» человека с одной стороны и потенциалом первичной ионизации с другой, наоборот, коэффициенты корреляции положительные, связь прямая, а в случае элементарного состава живого вещества, только линейная. Так коэффициент корреляции между кларками живого вещества и потенциалом первичной ионизации равен $r_1 = 0,35$, при уровне значимости меньше 0,02, $r_4 = 0,67$, при уровне значимости меньше 0,001. В случае кларков живого вещества прямые корреляционные связи наблюдаются со сравнительной твердостью, электропроводностью химических элементов. Со всеми остальными константами: значение электроотрицательности, работа выхода электрона, температура кипения, относительная плотность, а для «стандартного» человека еще и константы стабильности комплексов с ЭДТА, корреляционные связи обратные, то есть отрицательные. Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи между кларками живого вещества, «стандартного» человека и выше перечисленными константами.

Исходя из частоты появления коэффициентов корреляции при шести видах сопоставления в каждом отдельном случае, а также учитывая размер коэффициентов корреляции, уровень значимости, можно выделить ведущие, главные константы – это молекулярный вес, значение электроотрицательности, относительная плотность, а только для живого вещества – температура кипения. Следует отметить, что эти константы являются ведущими (частота проявления, размер коэффициентов корреляции, уровни значимости) не только для живого вещества и «стандартного» человека, но и для кларков метеоритов, земной коры, океанической воды.

Каждый объект характеризуется своим набором физических, физико-химических и химических констант, с которыми обнаруживаются корреляционные связи.

Общим же для всех объектов, помимо 3-4 главных констант, является:

во-первых – в основном их нелинейный характер;

во-вторых – почти все корреляционные связи отрицательные, обратные.

Таким образом, кларки самых различных образований – метеоритов, земной коры, океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека несут на себе черты как первичные, связанные непосредственно с образованием элементов, так и вторичные черты, обязанные перераспределению элементов или сумме процессов, сил участвующих в постоянном воспроизводстве объектов – это относится только к живому веществу и «стандартному» человеку.

Первичные – это корреляционные связи с физическими, физико-химическими и химическими константами элементов. В каждом отдельном случае, каждой кривой кларков, или их числовым значениям, соответствует определенный набор физических, физико-химических и химических констант, величина и характер корреляционных связей с которыми определяет их индивидуальный характер.

4.4 Корреляционные связи между параметрами, характеризующими перемещение химических элементов в объектах Космоса, геосферах Земли, живом веществе, «стандартном» человеке и их физико-химическими свойствами

Константы химических элементов – радиусы атомов, потенциал первичной ионизации и т.п., физические, физико-химические, химические константы химических элементов обладают четкой периодичностью, аналогично периодической застройке электронных орбит химических элементов (рисунки 2.2.2-2.2.8). При дифференциации первичного космического вещества одна система, дочерняя, выделяется из маточной системы. Периодичность миграционных кривых носит более сложный характер, чем периодичность физических, физико-химических, химических свойств химических элементов. Это естественно, так как миграция химических элементов должна быть связана не с каким-то одним, а со всей совокупностью свойств химических элементов (атомов, ионов, ядер). То есть, изотопы химических элементов перемешаются (мигрируют) из одного космического объекта в другой с помощью различных процессов и реакций. И все же роль, «удельный вес» той или иной константы в перемещении химических элементов из одной системы в другую должна быть различна. Для выяснения роли физико-химических констант проведен по стандартной программе корреляционный анализ. Алгоритм анализа описан в главе 4, 4.1.

При изучении корреляционных связей между содержанием химических элементов s-, p-, d-, f-блоков в метеоритах, % от их космической распространенности, и целым рядом физических, физико-химических и химических констант химических элементов (таблица 4.4.1) не получено достоверных коэффициентов корреляции, начиная от уровня значимости 0,1 и меньше, с молекулярным весом, радиусами атомов, ионов, ионными потенциалами, потенциалом первичной ионизации, значением электроотрицательности, сродством в электрону, работой выхода электрона, относительной плотностью, теплопроводностью, электропроводностью, константами стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭДТА, цитратами. В таблице 4.4.1 представлены достоверные результаты парного линейного корреляционного анализа, полученные в результате сопоставления химических элементов s-, p-, d-, f-блоков.

№ п/п	Константы	n	r	σ_r	t_r	ρ_r	F	z	$Y=a_0+a_1x=$	σ_{a_1}	t_{a_1}	ρ_{a_1}
1.	$\frac{e^2}{R_i} \cdot 100$	43	0,35	0,14	2,60	0,01	5,90	0,89	$=30+0,08 \cdot \Gamma$	0,03	2,43	0,02
2.	Температура кипения	65	0,30	0,11	2,63	0,01	6,27	0,92	$=56+0,08 \cdot t_{кип}$	0,03	2,5	0,02
3.	Температура плавления	66	0,31	0,11	2,79	0,01	7,03	0,98	$=8,6+0,12 \cdot t_{плав}$	0,05	2,65	0,01
4.	Сравнительная твердость по 10-юальной шкале	55	0,23	0,13	1,84	0,1	3,20	0,58	$0,48+9,7 \cdot CT$	5,4	1,79	0,1

Таблица 4.4.1 Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета химического элементарного состава метеоритов-хондритов, % от космической распространенности, по их физико-химическим константам

Найдены прямые корреляционные связи лишь с энергией гидратации, температурой кипения и плавления, а также со сравнительной твердостью элементов. Достоверность коэффициентов корреляции в первых трех случаях равна 0,99 (таблица 4.4.1). Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи. Кажется неожиданной корреляционная связь с энергией гидратации, но следует отметить, что это энергетическая величина в общем виде находится по соотношению квадрата валентности к радиусу иона.

Как видно перемещение элементов в Космосе определяется в первую очередь такими сопряженно связанными величинами как валентность-радиус иона. Перемещение элементов в

Космосе, несомненно, определяется температурой плавления и кипения элементов. Известно, что более легкоплавкие элементы легко переходят в жидкое и газообразное состояния, образуют менее устойчивые, к изменению температурного режима, соединения, то есть являются более подвижными. К более подвижным, с точки зрения температурного фактора, относятся элементы s- и p-семейства, так как температура плавления и кипения у них ниже, чем у представителей d- и f-элементов. Пики максимумов и минимумов у элементов d-, f-, p-семейств приходятся на одни и те же подгруппы периодической системы. Так относительное содержание p-элементов в метеоритах падает с ростом номера группы, соответственно уменьшаются как температура кипения, так и их температура плавления. Для d-элементов, рисунок 4.2.1, имеются два максимума, подобного же рода максимумы обнаруживаются для этих же групп элементов и в случае температуры кипения и температуры плавления, рисунок 2.2.6. Содержание f-элементов в метеоритах, % от содержания в Космосе, с увеличением температуры плавления повышается. В общем, чем больше температура кипения и плавления, тем больше элементов d-, f-, p-семейств содержится в метеоритах, относительно их распространенности в Космосе. То есть вещество метеоритов формировалось, в том числе и под воздействием термических факторов: более легкоплавкие элементы рассеивались в межзвездном пространстве более интенсивно, чем более тугоплавкие. Перемещение s-элементов идет с помощью каких-то других механизмов, так как их относительное содержание в метеоритах несколько больше, исходя из логики графиков 2.2.6 и 4.2.1, чем должно быть. И в то же время можно допустить, что s-элементы в абсолютных, да и относительных количествах значительно превосходящей космическую распространенность остальных элементов, просто формирование вещества метеоритов еще не закончилось, то есть графическое изображение относительного содержания в метеоритах не приняло соответствующий вид, сообразно с действующими миграционными силами. Можно также предположить, что космическая распространенность s-элементов определена неверно – занижена. Имеется слабая корреляционная связь между относительным содержанием элементов в метеоритах и сравнительной твердостью тех же элементов. Собственно между сравнительной твердостью элементов и их температурой плавления есть прямая связь (рисунки 2.2.6 и 2.2.7). Поэтому естественно, что относительный элементарный состав метеоритов в какой-то мере определяется и сравнительной твердостью. Ведь чем больше сравнительная твердость элементов, тем меньше они склонны к распылению (4.4.1).

Элементарный состав метеоритов, % от космической распространенности, сопоставлялся с физическими, физико-химическими, химическими свойствами элементов, где и то и другое было выражено только в натуральных числах, сопоставлялись значения для всех химических элементов в целом, поэтому естественно допустить, что относительный элементарный состав метеоритов (как всех химических элементов, так и только металлов) может определяться различными свойствами химических элементов. Нужны дальнейшие исследования.

В таблице 4.4.2 представлены результаты корреляционного анализа между содержанием химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре и физическими, физико-химическими, химическими свойствами химических элементов. Обнаруживаются слабые корреляционные связи между содержанием химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, и молекулярным весом, ионными потенциалами, температурой кипения, константами стабильности комплексов с ЭДТА. Коэффициенты корреляции отрицательные в случае молекулярного веса, ионных потенциалов, температуры кипения и положительные для констант стабильности комплексов с ЭДТА. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции находятся в среднем в пределах 0,3, при уровнях значимости 0,1-0,02 и 0,01 для t_5 с температурой кипения металлов. Большую роль в переносе химических элементов из земного шара в земную кору играют такие свойства химических элементов как сродство к электрону, температура плавления, теплопроводность, электропроводность. Следует отметить, что земная кора построена из таких металлов, которые обладают меньшей теплопроводностью и электропроводностью, коэффициенты корреляции с этими константами отрицательные.

Нельзя не остановиться на роли температуры кипения и плавления в формировании земной коры.

Во-первых, чем меньше температура кипения и плавления, тем в относительно больших количествах, элементы мигрирую из Земного шара в земную кору.

Во-вторых, как температура кипения, так и температура плавления элементов не являлись решающим, главным фактором в формировании земной коры.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-0,27	-0,23	-	-	-
			0,02	0,05			
2.	Радиус атома	0,40	0,37	0,29	0,52	0,60	0,63
		0,001	0,001	0,02	0,001	0,001	0,001
3.	Радиус иона	0,37	-	-	0,58	0,41	0,33
		0,01			0,001	0,02	0,1
4.	Ионные потенциалы	-0,33	-	-	-	-	-
		0,1					
5.	Потенциал первичной ионизации	-0,23	-0,27	-0,38	-0,44	-0,60	-0,60
		0,05	0,02	0,001	0,001	0,001	0,001
6.	Значение электроотрицательности	-0,50	-0,71	-0,68	-0,49	-0,74	-0,71
		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
7.	Сродство к электрону	-0,32	-0,41	-	-	-0,60	-
		0,1	0,05			0,1	
8.	Работа выхода электрона	-0,56	-0,69	-0,65	-0,52	-0,71	-0,69
		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
9.	Температура кипения	-	-	0,25	-	-0,33	-0,32
				0,05		0,01	0,02
10.	Температура плавления	-	-0,29	-0,25	-0,28	-0,45	-0,40
			0,02	0,05	0,05	0,001	0,01
11.	Относительная плотность	-0,24	-0,50	-0,44	-0,30	-0,63	-0,52
		0,05	0,001	0,001	0,02	0,01	0,001
12.	Теплопроводность	-	-	-	-	-	-0,41
							0,02
13.	Электропроводность	-	-	-0,27	-0,31	-	-0,47
				0,1	0,1		0,01
14.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	0,30	-	-	-	-	-
		0,1					

Таблица 4.4.2 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре и физико-химическими константами

Ведущая роль в выделении земной коры из Земного шара принадлежит таким размерностным характеристикам как радиусы атомов и ионов, энергетическим – потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, работа выхода электрона, физическим – относительная плотность (таблица 4.4.2).

Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю, а в отдельных случаях сильную степень тесноты связи, при уровнях значимости в большинстве случаев меньше 0,001. Например, коэффициенты корреляция между содержанием химических элементов в земной коре и радиусами атомов от r_1 до r_6 равны соответственно 0,40; 0,37; 0,29; 0,52; 0,60; 0,63, при уровнях значимости меньше 0,001, за исключением r_3 , где уровень значимости равен 0,02.

Корреляционные связи прямые, положительные, поэтому, чем больше радиусы атомов и ионов тоже (таблица 4.4.2), тем в большей степени химические элементы перемещаются из Земного шара в земную кору. Корреляционные связи между энергетическими характеристиками – потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, работа выхода электрона и содержанием химических элементов в земной коре, % от Земного шара, отрицательные, обратные. То есть, чем больше необходима энергия для отрыва электрона, или чем большая энергия выделяется при присоединении электрона, то есть чем большие энергетические усилия необходимо для перевода нейтрального атома в ион и наоборот, тем меньше он способен вступать в физико-химические взаимодействия, тем меньше его переходит из Земного шара в земную кору. Коэффициент корреляции между содержанием элементов в земной коре, % от Земного шара, и потенциалом первичной ионизации, r_1 - r_6 равны соответственно -0,23 ($p < 0,05$), -0,27 ($p < 0,02$), -0,38, -0,44, -0,60, -0,60, при уровнях значимости для r_3 - r_6 меньше 0,001. Коэффициенты корреляции в случае сопоставления относительного содержания химических элементов в земной коре со значением электроотрицательности, r_1 - r_6 , равны соответственно -0,50; -0,71; -0,68; -0,49; -0,74; -0,71, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Коэффициенты корреляции с работой выхода электрона, r_1 - r_6 , равны соответственно -0,55; -0,69, -0,65, -0,52, -0,71, -0,69 с уровнями значимости во всех случаях меньше 0,001.

Корреляционные связи между содержанием элементов в земной коре, % от Земного шара, и относительной плотностью элементов, r_1 - r_6 , равны соответственно -0,24(0,05), -0,50, -0,44, -0,30 (0,02), -0,63, -0,52, при уровнях значимости в тех случаях, где он не указан при коэффициенте корреляции, меньше 0,001.

Как и в процессах участвующих в формировании земной коры, так и в процессах, участвующих в формировании химического элементарного состава океанической вода, % от Земного шара (таблица 4.4.3) молекулярный вес химических элементов не играет особой роли. Коэффициенты корреляции или недостоверны или указывают на слабую связь между изучаемыми объектами. Как и в случае земной коры, формирование элементарного состава океанической воды определяется радиусами атомов и ионов, причем и в данном случае коэффициенты корреляции средних размеров, положительные. Обращает на себя внимание сильная степень тесноты связи между элементарным составом океанической воды, % от Земного шара, и ионными потенциалами. Коэффициенты корреляции в этом случае равны $r_2 = -0,75$, $r_3 = -0,71$, $r_5 = -0,80$, $r_6 = -0,71$, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Корреляционные связи нелинейные, обратные. Имеются корреляционные, нелинейные, обратные связи между относительным содержанием химических элементов в океанической воде и энергией гидратации. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции указывают на среднюю, r_3 и r_5 , и сильную, r_6 , степень тесноты связи между этими параметрами. Еще раз следует подчеркнуть, что между энергией гидратации ионов и относительным содержанием химических элементов в океанической воде корреляционные связи обратные, отрицательные.

Отрицательны корреляционные связи между константами стабильности гидрокомплексов и относительным содержанием элементов в океанической воде. Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи между этими параметрами. Собственно характер коэффициентов корреляции между ионными потенциалами, энергией гидратации, константами стабильности гидрокомплексов и относительным содержанием элементов в океанической воде и должен указывать на обратную связь, так как в данном случае изучается не задержка элементов в океанической воде, а их переход из Земного шара, в океаническую воду.

Как эти, так и целый ряд других характеристик: потенциал первичной ионизация, значение электроотрицательности, работа выхода электрона и т.п., по абсолютной величине являются обратными такому качеству химических элементов как подвижность, доступность, характеризуют прочность различного рода химических соединений к внешним воздействиям, прочность комплексных соединений и т.п. Поэтому корреляционные связи между относительным содержанием химических элементов в океанической воде и ионными

потенциалами, энергией гидратации, потенциалами первичной ионизации (только для металлов, элементов s-, d-, f-семейств), значение электроотрицательности, работой выхода электрона, температура кипения и плавления, относительной плотностью и сравнительной твердостью, константами стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭДТА обратные, отрицательное.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	-0,26	-0,29	-	-
				0,05	0,05		
2.	Радиус атома	-	-	-	-	0,52	0,52
						0,001	0,001
3.	Радиус иона	0,35	0,36	0,26	-	0,55	0,57
		0,02	0,02	0,1		0,001	0,01
4.	Ионные потенциалы	-	-0,75	-0,71	-	-0,80	-0,71
			0,001	0,001		0,001	0,001
5.	Энергия гидратации	-	-	-0,50	-	-0,50	-0,71
				0,001		0,01	0,001
6.	Потенциал первичной ионизации	0,31	0,34	0,26	-0,27	-0,30	-0,36
		0,01	0,01	0,05	0,1	0,05	0,02
7.	Значение электроотрицательности	-	-0,37	-0,43	-0,37	-0,60	-0,61
			0,01	0,01	0,05	0,001	0,001
8.	Сродство к электрону	0,36	-	-	-	-	-
		0,05					
9.	Работа выхода электрона	-	0,40	-0,42	-0,38	-0,55	-0,58
			0,01	0,01	0,02	0,001	0,001
10.	Температура кипения	-0,26	-	-	-0,30	-0,40	-0,52
		0,05			0,05	0,01	0,001
11.	Температура плавления	-	-0,27	-0,43	-0,31	-0,53	-0,64
			0,05	0,001	0,05	0,001	0,001
12.	Сравнительная плотность	-0,25	-0,35	-0,49	-0,32	-0,40	-0,60
		0,1	0,01	0,001	0,05	0,01	0,001
13.	Сравнительная твердость	-	-0,47	-0,58	-0,37	-0,80	-0,82
			0,001	0,001	0,02	0,001	0,001
14.	Электропроводность	-	-	0,67	-	-	0,37
				0,001			0,1
15.	Константы стабильности гидрокомплексов	-0,50	-	-0,48	-	-0,50	-0,69
		0,001		0,02		0,01	0,001
16.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-0,50	-0,49	-0,61	-0,55	-0,71	-0,80
		0,001	0,001	0,001	0,05	0,01	0,01
17.	p от 0,1	7	9	13	9	13	14
18.	p от 0,05	6	9	12	8	13	13

Таблица 4.4.3 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в океанической воде, % от содержания в Земном шаре и физико-химическими константами

Из Земного шара в океаническую воду переходят легкоплавкие, обладающие относительно меньшей плотностью, сравнительной твердостью химические элементы. Так коэффициенты корреляции между температурой кипения и относительным содержания химических элементов в океанической воде r_1 и r_4 - r_6 , соответственно равны -0,26 ($p < ,05$), -0,30 ($p < 0,05$), -0,40 ($p < 0,01$), -0,52 ($p < 0,001$) для температуры плавления коэффициенты корреляция несколько выше, r_2 - r_6 и равны соответственно -0,27 ($p < 0,05$), -0,43 ($p < 0,001$), -0,31 ($p < 0,05$), -0,53 ($p < 0,001$), -0,64 ($p < 0,001$). Роль термических факторов в образовании химического элементарного состава океанической воды несколько выше, чем в формировании химического элементарного состава

земной коры. И, тем не менее, не температурные факторы из физических являются ведущими в переходе химических элементов из Земного шара в океаническую воду.

Существенную роль в формировании элементарного состава океанической воды играют относительная плотность и в большей степени сравнительная твердость химических элементов. Так коэффициенты корреляции при сопоставлении относительного содержания химических элементов в океанической воде с их сравнительной твердостью, r_2 - r_6 , равны соответственно -0,47, -0,58, -0,37 (0,02), -0,80, -0,82, при уровнях значимости, если не указано при коэффициенте корреляции, меньше 0,001. Размеры коэффициентов корреляции, указывают на сильную степень связи между этими параметрами (4.4.3).

Между электропроводностью элементов и относительным содержанием их в океанической воде связь прямая и степень тесноты связи – средняя, а с константами стабильности комплексов с ЭЛТА корреляционные связи обратные, степень тесноты связи как средняя, так и сильная, для r_5 и r_6 (таблица 4.4.3).

В следующей, таблице 4.4.4 представлены корреляционные связи между содержанием элементов в океанической воде, % от их содержания в земной коре, и физическими, физико-химическими, химическими константами элементов. Корреляционные связи между относительным содержанием элементов в океанической воде и молекулярным весом, ионным потенциалами, энергией гидратации, значением электроотрицательности, работой выхода электрона, температурой кипения и плавления, относительной плотностью и сравнительной твердостью, константами стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭЛТА отрицательные, обратные. Непонятен знак перед коэффициентом корреляция $r_4 = -0,46$ ($p < 0,001$) – относительное содержание элементов в океанической воде – радиус атома. Корреляционные связи прямые, положительные между относительным содержанием элементов в океанической воде и радиусом иона, потенциалом первичной ионизации (в случае сопоставления элементарного состава океанической воды с этой константой, положительные корреляционные связи наблюдались только при сопоставлении элементов в целом, сопоставление только металлов давало отрицательные корреляционные связи), теплопроводностью, электропроводностью. Размеры, абсолютная величина коэффициентов корреляции в большинстве своем средние, за исключением константы – работа выхода электрона (таблица 4.4.4).

Общее количество наблюдаемых (при уровне значимости, начиная от 0,1 и меньше) коэффициентов корреляция с физическими, физико-химическими, химическими константами больше в случае, если содержание химических элементов в океанической воде выражали в процентах от химического элементарного состава Земного шара (число наблюдаемых коэффициентов корреляции в этом случае 65), чем, если элементарный состав океанической воды был выражен в процентах от элементарного состава земной коры (в этом случае наблюдаемое количество коэффициентов корреляции 55).

Более того, не только общее количество коэффициентов корреляции, но и, в общем, абсолютные численные значения несколько выше для химического элементарного состава океанической воды, выраженного в процентах от их содержания в Земном шаре.

Учитывая, что коэффициенты корреляции между кларками Земного шара и земной коры с одной стороны и кларками океанической воды с другой равноценны (смотри схему 4.1.1 генетических связей...), а также наблюдаемое количество коэффициентов корреляции, их абсолютные численные значения с физическими, физико-химическими, химическими константами химических элементов, которые выше в случае Земного шара, можно прийти к заключению, что формирование химического элементарного состава океанической воды в большей степени связано с химическим элементарным составом Земного шара, чем земной коры и очевидно наиболее интенсивно происходило в начальные этапы формирования планеты Земля как космического тела.

Большее значение в формировании химического элементарного состава океанической воды, % от их содержания в земной коре, имеют такие константы химических элементов как ионные потенциалы, коэффициенты корреляции r_2 , r_3 и r_5 , r_6 равны соответственно -0,63, -0,61 ($p <$

0,01), -0,72, -0,67 ($p < 0,01$), если не указано при коэффициенте корреляции, уровень значимости меньше 0,001, сравнительная твердость, коэффициенты корреляция r_2 , r_3 и r_5 , r_6 равны соответственно -0,47, -0,53, -0,85, -0,81, при уровне значимости во всех случаях меньше 0,001.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	0,30	-0,26	-0,40	-0,49
				0,02	0,1	0,01	0,001
2.	Радиус атома	-	-	-	-0,46	-	-
					0,001		
3.	Радиус иона	0,48	0,38		0,35	0,50	0,47
		0,001	0,01		0,1	0,01	0,01
4.	Ионные потенциалы	-	-0,63	-0,61	-	-0,72	-0,67
			0,001	0,01		0,001	0,01
5.	Энергия гидратации	-	-	-0,46	-	-0,40	-0,71
				0,01		0,05	0,001
6.	Потенциал первичной ионизации	0,36	0,51	0,45	0,30	0,25	-
		0,001	0,001	0,001	0,05	0,1	
7.	Значение электроотрицательности	-	-	-	-	-0,34	-0,39
						0,1	0,05
8.	Работа выхода электрона	-	-	-	-0,28	-	-
					0,1		
9.	Температура кипения	-0,40	-0,48	-0,37	-0,29	-0,50	-0,63
		0,001	0,001	0,01	0,05	0,001	0,001
10.	Температура плавления	-0,32	-	-0,37	-	-0,42	-0,53
		0,01		0,01		0,001	0,001
11.	Относительная плотность	-	-0,24	-0,38	-0,27	-	-0,45
			0,1	0,01	0,1		0,01
12.	Сравнительная твердость	-	-0,47	-0,53	-0,31	-0,85	-0,81
			0,001	0,001	0,1	0,001	0,001
13.	Теплопроводность	-	-	-	-	0,50	-
						0,01	
14.	Электропроводность	-	-	-	-	0,50	0,67
						0,01	0,001
15.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-	-0,36	-	-0,60	-0,62
				0,1		0,001	0,01
16.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-0,44	-0,43	-0,53	-0,58	-	-0,72
		0,01	0,01	0,001	0,001		0,02

Таблица 4.4.4 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в океанической воде, % от содержания в земной коре и физико-химическими константами

Константы стабильности комплексов с ЭЛТА (в данном случае корреляционные связи нужно оценивать так: чем более прочные комплексы образуют химические элементы, тем они менее подвижны и в меньших количествах переходят из земной коры в океаническую воду), коэффициенты корреляции равны $r_1 = -0,44$ ($p < 0,01$), $r_2 = -0,43$ ($p < 0,01$), $r_3 = -0,53$ ($p < 0,001$), $r_4 = -0,58$ ($p < 0,001$), r_5 не просчитано, $r_6 = -0,72$ ($p < 0,02$).

Значительную роль в формировании химического элементарного состава океанической воды играют такие константы как радиусы ионов, энергию гидратации, потенциал, первичной ионизации, температура кипения и плавления, относительная плотность, константы стабильности гидрокомплексов. Определенную роль в формировании химического элементарного состава океанической воды играют молекулярный вес элементов, значение

электроотрицательности, теплопроводность и электропроводность. Нельзя не отметить, что в переходе химических элементов из земной коры в океаническую воду несколько большее значение имеют молекулярный вес, температура кипения, а при переходе химических элементов из Земного шара в океаническую воду относительно большую роль приобретает такие константы, как значение электроотрицательности, работа выхода электрона.

То есть роль химического элементарного состава Земного шара и земной коры за наблюдаемый геологический отрезок времени различна не только в генетическом аспекте, но и в качественном, переход элементов из Земного шара и земной коры в океаническую воду происходил (и происходит) с помощью несколько отличных физико-химических процессов и реакций (таблицы 4.4.3-4.4.4).

В таблице 4.4.5 представлены корреляционные связи между содержанием элементов в живом веществе, % от содержания в океанической воде, с рядом физических, физико-химических, химических констант элементов. Как видно корреляционные связи между относительным содержанием в живом веществе и целым рядом физических, физико-химических, химических – ионные потенциалы, энергия гидратации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, температура кипения и плавления, относительная плотность, сравнительная твердость, константы стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТУ – прямые, положительные.

Из 53 достоверных коэффициентов корреляций 75 % указывают на среднюю степень тесноты связи, 25 % – на сильную (таблица 4.4.5). Корреляционные связи между относительным содержанием химических элементов в живом веществе и молекулярным весом (для химических элементов в целом), r_2 , обратные, отрицательные, коэффициент корреляции равен -0,81, при $p < 0,001$. Коэффициент корреляции при сопоставлении только металлов (без р-металлов), если относительное содержание живого вещества выражено в натуральных логарифмах, равен 0,42, но $p < 0,1$. Корреляционные связи с радиусом иона отрицательные, абсолютные численные значения указывают на среднюю тесноту связи, уровень значимости коэффициентов корреляции различен от 0,1 до 0,001.

Ведущими константами химических элементов в формировании химического элементарного состава живого вещества являются ионные потенциалы, энергия гидратации, сравнительная твердость, константы стабильности комплексов с ЭДТА (таблица 4.4.5).

Относительно меньшее значение, с учетом как размеров коэффициентов корреляции, частоты наблюдения при шести типах сопоставления, так и уровня их значимости, имеют такие константы как значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, температура кипения и плавления, относительная плотность, константы стабильности гидрокомплексов. Так коэффициенты корреляции между относительным содержанием химических элементов в живом веществе и ионными потенциалами, r_1 - r_5 равны соответственно 0,91; 0,76; 0,62 ($p < 0,02$); 0,88; 0,55 ($p < 0,02$), если не указано при коэффициенте корреляции, то уровень значимости меньше 0,001. Коэффициенты корреляции с энергией гидратации выше во всех случаях 0,5, при уровне значимости 0,01-0,001, за исключением r_6 , где $p < 0,1$. Размеры коэффициентов корреляции между относительным содержанием химических элементов в живом веществе и сравнительной твердостью, обнаруживаемые во всех шести случаях сопоставления, варьируют от 0,45 до 0,77, при уровнях значимости от 0,05 до 0,001. Коэффициенты корреляции с константами стабильности комплексов с ЭДТА равны 0,74-0,85, при уровнях значимости 0,01. Корреляционные связи для констант стабильности комплексов с ЭДТА обнаруживаются только для сопоставлений r_3 , r_4 и r_6 (r_5 – не просчитано), то есть имеют нелинейный характер, собственно как и корреляционные связи с константами стабильности гидрокомплексов. Сильные корреляционные связи обнаруживаются и с такой константой элементов как сродство к электрону, коэффициенты корреляции, r_4 и r_5 равны 0,85 и 0,70, правда при уровне значимости 0,01 и 0,05 соответственно (таблица 4.4.5).

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-0,81	-	-	-	0,42
			0,001				0,1
2.	Радиус иона	-0,50	-0,60	-0,49	-0,44	-	-
		0,01	0,001	0,02	0,1		
3.	Ионные потенциалы	0,91	0,76	0,62	0,88	0,55	-
		0,001	0,001	0,02	0,001	0,02	
4.	Энергия гидратации	0,51	0,53	0,64	0,78	0,60	0,51
		0,01	0,01	0,001	0,001	0,01	0,1
5.	Значение электроотрицательности	-	-	0,38	-	0,53	0,53
				0,1		0,01	0,05
6.	Сродство к электрону	-	-		0,85	0,70	-
					0,01	0,05	
7.	Работа выхода электрона	0,37	-	0,55	0,43	0,62	0,59
		0,05		0,01	0,05	0,001	0,01
8.	Температура кипения	0,34	-	-	-	0,43	0,50
		0,05				0,05	0,02
9.	Температура плавления	0,35	0,42	0,42	0,42	0,55	0,45
		0,05	0,02	0,05	0,02	0,01	0,05
10.	Относительная плотность	-	0,44	0,57	-	0,53	0,68
			0,02	0,01		0,01	0,001
11.	Сравнительная твердость	0,47	0,49	0,45	0,77	0,74	0,63
		0,05	0,01	0,05	0,001	0,001	0,01
12.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	0,51	0,68	-	0,60	0,73
			0,05	0,01		0,01	0,01
13.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	0,74	0,81	-		0,85
			0,001	0,001			0,01

Таблица 4.4.5 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в живом веществе, % от содержания в океанической воде и физико-химическими константами

Коэффициенты корреляции между относительным содержанием элементов в живом веществе и температурой плавления обнаруживаются в шести вариантах сопоставлений, размеры коэффициентов корреляции – от 0,35 до 0,65, при уровнях значимости – от 0,05 до 0,01 (таблица 4.4.5).

В следующей таблице 4.4.6 представлены корреляционные связи между содержанием химических элементов в «стандартном» человеке, % от содержания в океанической воде и физическими, физико-химическими, химическими свойствами химических элементов. Коэффициенты корреляции прямые, положительные, за исключением электропроводности, где r_3 равен -0,35, правда при уровне значимости 0,1 и сродства к электрону, где коэффициент корреляции $r_1 = -0,32$, притом же, как и в случае электропроводности, уровне значимости.

Относительное содержание элементов в «стандартном» человеке коррелирует с молекулярным весом, коэффициент корреляции нелинейные и равно, r_3 и r_6 , 0,30 и 0,35, при уровнях значимости соответственно 0,05 и 0,1, с ионными потенциалами, где r_3 , r_4 и r_6 равны соответственно 0,38; 0,44; 0,52, при уровнях значимости 0,1-0,05, с энергией гидратации,

коэффициенты корреляции нелинейные и равны $r_3 = 0,34$ ($p < 0,1$) и $r_6 = 0,54$ ($p < 0,1$), потенциалом первичной ионизации, где $r_6 = 0,37$ ($p < 0,1$), значением электроотрицательности, коэффициенты корреляции r_2 , r_3 , r_6 равны соответственно 0,37; 0,41; 0,59, при уровнях значимости для r_2 и r_3 -0,02 и для r_6 – $p = 0,01$, работой выхода электрона, где коэффициенты корреляции равны $r_2 = 0,47$ ($p < 0,001$), $r_3 = 0,49$ ($p < 0,01$), $r_6 = 0,64$ ($p < 0,001$). Такого же размера коэффициенты корреляции наблюдаются и в случае сопоставления относительного содержания элементов в «стандартном» человеке с температурой кипения, температурой плавления – несколько выше, со сравнительной твердостью, при примерно таких же уровнях значимости (таблица 4.4.6).

№ п.п.	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	0,30	-	-	0,35
				0,05			0,1
2.	Ионные потенциалы	-	-	0,38	0,44	-	0,52
				0,1	0,1		0,05
3.	Энергия гидратации	-	-	0,34	-	-	0,54
				0,1			0,1
4.	Потенциал первичной ионизации	-	-	-	-	-	0,37
							0,1
5.	Значение электроотрицательности	-	0,37	0,41	-	-	0,59
			0,02	0,02			0,01
6.	Сродство к электрону	-0,32	-	-	-	-	-
		0,1					
7.	Работа выхода электрона	-	0,47	0,49	-	-	0,64
			0,001	0,01			0,001
8.	Температура кипения	-	-	-	0,42	0,42	0,53
					0,02	0,05	0,01
9.	Температура плавления	-	-	0,38	0,34	-	0,51
				0,02	0,1		0,01
10.	Относительная плотность	-	0,56	0,61	-	0,40	0,64
			0,001	0,001		0,05	0,001
11.	Сравнительная твердость	-	-	0,30	-	-	0,67
				0,1			0,01
12.	Электропроводность	-	-	-0,35	-	-	
				0,1			
13.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-	0,57	-	0,60	0,78
				0,01		0,01	0,001
14.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	0,60	0,65	-	0,70	0,84
			0,001	0,01		0,01	0,01

Таблица 4.4.6 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в «стандартном» человеке, % содержания в океанической воде и физико-химическими константами

Особое значение в образовании элементарного состава «стандартного» человека имеет такое свойство химических элементов, как прочность образуемых ими комплексных соединений. Так размеры коэффициентов корреляции между относительным содержанием химических

элементов в «стандартном» человеке и константами стабильности гидрокомплексов равны $r_3 = 0,57$ ($p < 0,01$), $r_5 = 0,60$ ($p < 0,01$), $r_6 = 0,78$ ($p < 0,001$), с константами стабильности комплексов с ЭДТА равны $r_2 = 0,60$ ($p < 0,001$), $r_3 = 0,65$ ($p < 0,01$), $r_5 = 0,70$ ($p < 0,01$), $r_6 = 0,84$ ($p < 0,01$). Следует отметить, что как число наблюдаемых коэффициентов корреляции, так и их абсолютные значения в случае живого вещества (таблица 4.4.5) выше, чем в случае «стандартного» человека (таблица 4.4.6).

Это связано с тем, что если живое в целом, и живое вещество, в частности, является продуктом, формировалось в океанической воде, «стандартный» человек – дальнейшее развитие, функция живого и в анализ необходимо было взять элементарный состав «стандартного» человека не в % от океанической воды, а от живого вещества или от суммы живого вещества и океанической воды.

Как живое вещество, так и «стандартный» человек, % от океанической воды, обнаруживают одно общее свойство, отличающее его от костного вещества – живое обладает внутренней энергией, под влиянием которой и осуществляется перенос элементов.

Преобразование и утилизация энергии, поступающей в организм с питанием, а также энергии солнечного излучения, перемещение элементов из окружающей среды в живое и в живом осуществляется с помощью энергии белковой биоэнергетической системы (родопсин, цитохромы) и нуклеотидов и энергетических молекул АТФ, цАМФ, АДФ.... Известно, что некоторые химические элементы транспортируются внутри органов (живого и из живого) с помощью, так называемого активного транспорта, активных механизмов. В настоящее время появилась концепция устойчивого упорядочивания и АТФ-зависимого механизма происхождения жизни (Галимов, Э.М., 2008).

Корреляционный анализ между содержанием химических элементов в живом веществе и «стандартном» человеке, то и другое выражено в % от их содержания в океанической воде, и рядом физических и физико-химических констант показывает, что перенос элементов из окружающей среды в живое осуществляется с помощью активных сил. Это касается не одного и не группы химических элементов, а всех без исключения.

Еще раз стоит обратить внимание на знаки перед коэффициентами корреляции для химического элементарного состава земной коры, % от их содержания в Земном шаре, химического элементарного состава океанической воды, % от их содержания или в Земном шаре, или в земной коре и физическими, физико-химическими, химическими константами химических элементов.

Если между относительным содержанием химических элементов в земной коре и океанической воде и радиусами атомов, ионов коэффициенты корреляции положительные, а с такими константами как ионные потенциалы, энергия гидратации, потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, температура кипения и плавления, относительная плотность, сравнительная твердость, для океанической воды – константа стабильности гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА – отрицательные, то для живого (живого вещества и «стандартного» человека) наоборот, в первом случае корреляционные связи отрицательные, а во втором – положительные (таблицы 4.4.2-4.4.6).

Это и является доказательством качественно различных сил, вернее источников энергии, под действием которых происходят перемещение химических элементов между костными и костными (Вернадский, В.И.), костными и живыми системами или перенос химических элементов между живое-живое. Еще раз необходимо подчеркнуть, что активно со стороны перемещающей системы живого, перемещаются все без исключения химические элементы.

Глава 5 Химический элементарный состав среды и организмов и роль химических элементов в функционировании живой материи, животных организмов. Гомеостаз химических элементов и эволюция живого

Я видел на нашем базаре вчера
Топтавшего глину ногой гончара,
И слышал я глины печальный упрек:
«Была гончаром я. О, как ты жесток.
До нас, как и ныне, сменялись и зори и ночи.
И небо, как ныне, свершало свой круг вековой,
Ступай осторожней на пыльную землю ногой.
Ты топчешь не пыль, а прелестной красавицы очи».
Омар Хайям

5.1 Химический элементарный состав среды и организмов

Белки (во всем их многообразии) являются основной и определяющей структурой живого вещества и несут основные функции: пластическая, каталитическая, гормональная, сократительная, транспортная, защитная, преобразование энергии, хранения и передачи наследственной информации.

Для образования аминокислот и моноклеотидов, нужны С, О, N, H – 99 % по массе и S, P. Из комбинаций 20 аминокислот и 8 моноклеотидов могут быть построены все известные в настоящее время $n \cdot 10^6$ видов живых организмов (Ленинджер, А., 1976).

Но комбинация химических элементов, встречающихся по массе в белках: С – 50-55 %, О – 21,5-23,5 %, N – 15-18 %, H – 6,5-7,5 %, S – 0,3-2,5 %, P – 0,1-2,1 %, всегда происходила и происходит в присутствии и во взаимодействии со всеми остальными химическими элементами и их изотопами, устойчивыми и радиоактивными, естественными и искусственными. Следует отметить, что за $4,6 \cdot 10^9$ лет существования планеты Земля, изотопный, элементарный состав изменился. Особенно интенсивное изменение изотопного, элементарного состава происходило и происходит в 20 – начале 21 века, с развитием ядерных технологий.

Самоорганизованная строма аминокислот, белков в фазе химической эволюции планеты Земля или собранная по программе матрицы ДНК в более позднее время, строится из шести основных элементов (органогенов). Аминокислоты, белки (протеины, протеиды, липопротеиды, нуклеопротеиды и т.д.) состоят из изотопов, где углерод представлен тремя изотопами: ^{12}C ~98 %, ^{13}C – 1,108 % и радиоактивным ^{14}C с периодом полураспада 5730 лет (этот феномен используется для определения возраста органических остатков). Кислород представлен тремя изотопами: ^{16}O (99,759 %), ^{17}O (0,037 %) и ^{18}O (0,204 %). Азот – двумя изотопами: ^{14}N (99,635 %) и ^{15}N . Сера представлена четырьмя стабильными изотопами: ^{32}S (95,018 %), ^{33}S , ^{34}S , ^{36}S . Фосфор – одним. Водород – тремя изотопами: протий, дейтерий (0,015 % в обычной воде), тритий. Дейтерий и тритий очень широко применяют в химии и биологии в качестве меченых атомов (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 46).

Таким образом, органические соединения (аминокислоты, белки и т.д.), живые организмы строятся, по крайней мере, из 16 изотопов, 6 химических элементов и взаимодействуют с ~ 1500-1700, а может быть 3000-6000 (?) изотопов, 94 (95, 96?) химических элементов, естественных и искусственных (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 9; <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=634542>; <http://www.chem100.ru/text.php?t=1857>; nuclear.fatal.ru/plutonium239.html Плутоний; ru.wikipedia.org/wiki/Радиоактивные_изотопы Радиоактивные изотопы; Бадалов С.Т., 2006; 2007).

То есть 16 изотопов 6 химических элементов (органогенов), самоорганизуясь во взаимодействии друг с другом и изотопами остальных 88 (94, 95, 96?) химических элементов, образуют относительно независимые открытые энергетические системы. Эти системы способны обмениваться с внешней средой энергией и веществом, преобразуя и то и другое, собственно представляют собой спектр биоконпьютеров (от простейшего вируса до человека) с индивидуальными энергетическими источниками, системами воспроизводства и жизнеобеспечения и что является свойством самоорганизации химических элементов.

Из четырех базовых элементов живого планеты Земля Н, С, N, O три последних могут быть заменены теоретически на соответствующие по физико-химическим свойствам химические элементы периодической системы Si, P, S.... В этой ситуации живое будет обладать свойствами кремниевых систем (Воронков М.Г., Кузнецов И.Г., 1983; 1984). Чем природа может заменить Н и молекулу № 1, H₂O, вещество, с помощью которого создается жидкая фаза (от ~ 50 до 90 % живого), в которой и происходят все процессы и реакции, обеспечивающие жизнедеятельность живого? Французский биолог Р. Дюбуа оставил замечательную метафору: «Жизнь – это одушевленная вода». Действительно, вода – это не только растворитель, агент гидролиза и среда химических реакций, а также преобладающий компонент химического состава живой клетки. В аспекте энергетики метаболизма вода – важнейший источник H₂, e⁻, H⁺, H⁻, OH⁻, H₃O⁺, H⁺, H₂O₂, O₂ и O₃, играющих главную роль в процессах жизнедеятельности (Russell, M.J., 2007). И все же, вероятно, заменить воду можно, на что – зависит это будет от нового набора (пакета) органических элементов.

Вероятно, фосфор и сера могут быть заменены: фосфор на мышьяк и/или сурьму..., сера на селен и/или теллур....

«В литературе известен пример, когда население провинции, обогащенной мышьяком, употребляет в пищу ископаемые соли мышьяка, сладкие на вкус. Организм привыкает к мышьяку настолько, что если он поступает в количествах, нормальных для других провинций, то это приводит к серьезным болезням и организм излечивается в случае увеличения его содержания в пище. Аналогичное явление наблюдается не только у людей, но и у животных» (Кравков, Н.П., 1931, цит. Кист, А.А., 1973, с. 45-46).

В начале декабря 2010 года в NASA прошла пресс-конференция, посвященная проблеме возможности зарождения и поддержания жизни за пределами Земли. Речь на этой пресс-конференции шла об обнаруженной исследователями NASA в калифорнийском соленом озере Моно бактерии, получившей название GFAJ-1. Как известно, для возникновения «классической» земной формы жизни необходимы шесть элементов: углерод, кислород, водород, азот, сера и фосфор. Но данная бактерия вместо фосфора питается... мышьяком – одним из наиболее токсичных элементов, которые только можно найти на Земле. Судя по результатам эксперимента, фосфор в принципе можно заменить мышьяком.

Найденную в калифорнийском озере Моно бактерию GFAJ-1 ученые выращивали в лаборатории на среде без фосфатов, но с увеличивающей концентрацией соединений мышьяка – арсенатов.

Во-первых, бактерия росла и размножалась.

Во-вторых, мышьяк внедрялся в клетки.

В-третьих, он в составе арсенатов вошел в бактериальную ДНК, заняв место фосфора в составе фосфатов. Последнее ученые установили с использованием радиоактивной метки и рентгеновской спектроскопии.

По мнению астробиолога NASA Майкла Нью, высказанного им на страницах веб-сайта Space.com, «открытие организма, способного использовать мышьяк для строительства собственной клетки, говорит о том, что жизнь может зародиться и при отсутствии большого количества фосфора. Это увеличивает шансы найти жизнь за пределами Земли» (online Science 2 декабря 2010 года [Science Express, doi: 10.1126/ Science.1197258] http://www.ng.ru/science/2010-12-22/9_ufo.html).

Почему-то это открытие рассматривается учеными USA (Randy Showstack, 2010, и другие) как феноменальное, хотя давно известно, что многие металлоферментные и гормональные системы живого не являются абсолютно идеально специфическими и настроены только на один изотоп того или иного элемента. Как правило, в этом принимают участие несколько изотопов (в основном для четных) химического элемента и изотопов химических элементов аналогов. Исследователи из Великобритании обнаружили, что белки, использующие кофакторы-металлы, могут отличаться крайней неразборчивостью в своих «связях» с металлами, взаимодействуя и образуя комплексы с чужими металлами. По крайней мере, четверть всех белков при выполнении своих биологических функций в клетке используют

ионы металлов (например, металлы часто входят в состав активного центра фермента). Исследователи полагали, что белки сами по себе способны к распознаванию правильного металлосодержащего кофактора благодаря особенностям своей первичной и третичной структуры, однако, новое исследование показывает, что белки могут отличаться крайне низкой селективностью при выборе своего металлического партнера. Фактически, при возможности выбора некоторые бактериальные белки более охотно связываются с чужим металлом, чем со своим кофактором (Robinson, N., 2008 (DOI: 10.1038/nature07340) <http://nitrid-chemical.ru/news/1027.htm>).

Взаимодействие белков в различных средах организма с химическими элементами протекает по двум направлениям: первое – это способность любых белков и их составляющих к солеобразованию (карбоксилирование, аминирование...) – присоединение катионов или (и) анионов – реакции неспецифические; второе – более или менее специфические взаимодействия белков – металло- и металлоидопротеидов, хромопротеидов и так далее (это транспортные белки, гормоны, ферменты). В состав последних входят изотопы химических элементов, определяемых не названием самого изотопа элемента, а энергетическими и размерностными, то есть физико-химическими характеристиками изотопов химических элементов.

Химический элементарный состав живых организмов формировался и продолжает формироваться средой обитания. Если для первичных организмов необходима более или менее полная идентичность состава внутренней и внешней среды, то по мере усложнения живых организмов связь между этими средами все более ослабевает (Кист, А.А., 1973).

А.И. Венчиков (1978, с. 87) считает, что «данные элементарного состава организма имеют все же условное значение. По-видимому, каждый организм характеризуется собственным сочетанием элементов и в весовом содержании и в качественном составе. Даже на протяжении жизни одного и того же организма количественное содержание минерального состава дает некоторые сдвиги».

В.В. Ковальский (1974, с. 18) пишет: «Количественные определения ряда микроэлементов еще отсутствуют или часто являются малочисленными, а иногда недостоверными, поэтому окончательные обобщения по вопросу о химическом элементарном составе организмов еще преждевременны»... «Использование средних величин обедняет характеристику природных явлений и делает неправильными представления о химическом элементарном составе организмов. Эволюционное значение этих данных может быть понято на основе выяснения закономерностей химической изменчивости организмов. Тем не менее, некоторые авторы (Bowen, 1966) на основе литературных данных устанавливают различия элементарного химического состава морских и наземных растений, морских и наземных животных, бактерий».

Эти утверждения справедливы и сейчас, в начале 3-го тысячелетия. В настоящее время отсутствуют всеобъемлющие справочные данные о химическом элементарном составе организмов (и человека в том числе) с учетом особенностей пищевого рациона, возраста объекта, среды обитания и т.д., то есть в зависимости от вида, структуры популяции, биоценоза, состава среды, экологических условий, суточного и сезонного ритма. И все же, к настоящему времени накоплено громадное количество разрозненных экспериментальных данных. Химическая элементология, как отдельное научное направление естественных наук остро нуждается в обобщающих теориях. Объем информации о количественных показателях содержания и обмена химических элементов в живом стремительно нарастает. Ощущается отсутствие больших, обобщающих теорий, способных объединить и сгруппировать разрозненные факты, указать перспективы дальнейших исследований. Остро нужны общие теории обмена химических элементов в животных организмах, для того, чтобы целенаправленно задавать природе новые вопросы о сущности процессов и явлений в ней происходящих. А без средних величин содержания, концентрации химических элементов в биологических объектах создать общую теорию обмена химических элементов в животном организме, сформировать новое научное направление – элементология (химическая элементология) невозможно.

Неточными эти данные будут, скорее всего, и через 100 и более лет. А вот найденные закономерности, законы, в том числе приведенные и в этой монографии, останутся, и будут использованы цивилизацией для улучшения качества земной жизни человека и для интенсификации приемов и разработки новых методов освоения космического пространства.

Впервые в нашей стране целенаправленно изучение химического элементарного состава живого вещества было начато в начале 20 века В.И. Вернадским. В.И. Вернадский в своих научных трудах (1922; 1924А; 1922Б; 1926; 1933; 1940; 1960; 1965; 1967 и т.д.) выявил основные закономерности взаимоотношения живого (живого вещества) и окружающей среды. Эти взаимоотношения – взаимосвязь, взаимозависимость живого и окружающей среды были существенно дополнены исследованиями А.П. Виноградова (1932; 1934; 1935; 1946; 1949; 1949А и т.д.). Попытки объяснить химический элементарный состав живого (содержание, концентрация) с позиции положения химических элементов в периодической системе были сделаны А.П. Виноградовым (1933-1935), А.А. Кист (1967-1987...), W.H.R. Schaw (1960). Они выяснили некоторые интересные феноменологические зависимости между содержанием (концентрацией) химических элементов в живом и атомным номером элемента, принадлежностью к группе, подгруппе периодической системы. W.H.R. Schaw (1960), исходя из общепринятого положения, что периодическая система химических элементов является наиболее совершенной классификацией всех известных в природе атомов, сопоставляет их электронную структуру, атомный вес и атомное число с физико-химическими свойствами (электроотрицательность, способность образовывать комплексы с главной связью через кислород, кислород и фтор и т.д.) и способностью живого вещества использовать атомы в процессах жизни. Цель этих сопоставлений – отыскать физико-химические параметры, делающие атомы жизненно необходимыми.

Результаты работ многочисленных исследователей, В.И. Вернадский, А.П. Виноградов, А.Е. Ферсман, (1952–1960), А.И. Венчиков (1942; 1967; 1978), А.О. Войнар (1953; 1960), Г.А. Бабенко (1965), В.В. Ковальский (1960; 1974; 1982), А.А. Кист (1967; 1969; 1973; 1987), Л.А. Соков (1969; 1970; 1998; 1999; 2000; 2001; 2006; 2008; 2009), Е.А. Можаяев (1971), А.П. Авцын (1972; 1983; 1985; 1991), А.И. Перельман (1976), Т.И. Алексеева (1977), В.И. Георгиевский и соавторы (1979), В.В. Добровольский (1983), В.В. Ермаков (1999; 2003), В.Л. Сусликов (1999; 2000), А.В. Скальный, И.А. Рудаков; А.В. Скальный (2003; 2004) и многие другие, со стороны зарубежных ученых следует отметить G. Bertrand, et all (1912–1926), W.H.R. Schaw (1960), P. Bienvenu, et all (1963), H.L. Bowen (1966), E.I. Underwood (1971), Дж. Фортескью (1985), А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас (1985), M. Anke, M. Rish; M. Anke (1997; 1999) и т.д., можно, вероятно, свести к следующим положениям и сформулировать так:

1) окружающая среда и животные организмы неразрывно связаны общей историей атомов, эволюция химического элементарного состава живого вещества определяется геохимическими и ядерно-физическими процессами;

2) химический элементарный состав живого вещества неразрывно связан с химическим элементарным составом земной коры;

3) высказано предположение, что, по-видимому, все химические элементы таблицы Д.И. Менделеева закономерно охвачены живым веществом;

4) элементарный состав живого организма в главной части по весу должен определяться гидрогеническими элементами;

5) найдено, что химический состав живого вещества пропорционален химическому элементарному составу окружающей среды с поправкой на растворимость соединений этой среды;

6) найдены корреляционные связи между химическим элементарным составом различных объектов Космоса и определена схема генетических связей: Главная последовательность дифференциации первичного Космического вещества – космическая распространенность химических элементов → нелетучее космическое вещество – Земной шар → океаническая вода – земная кора → живое вещество → человек → Цивилизация (Соков, Л. А.);

- 7) доказано, что химический элементарный состав живых организмов является видовым признаком;
- 8) определены животные организмы и выделены растения «индикаторы», «автографы», избирательно накапливающие тот или иной химический элемент;
- 9) обоснованы и введены понятия: биологическая, клеточная, гомеостатическая и резервная емкость химических элементов. Гомеостатическая, биологическая, клеточная емкость, в общих чертах, обратно пропорциональна, а резервная емкость химических элементов животных организмов прямо пропорциональна числу протонов в ядре атома. Причем, теоретически химические элементы, обладающие максимальной биологической (гомеостатической и клеточной) емкостью, располагают минимальными дополнительными резервными емкостями, а химические элементы, обладающие минимальной биологической (гомеостатической и клеточной) емкостью, располагают максимальными дополнительными резервными емкостями (Соков, Л.А.);
- 10) выделены основные биогеохимические функции и принципы, которые указывают на роль живого вещества в перемещении химических элементов и построении верхних геосфер Земли;
- 11) введено понятие и обоснована объективная реальность существования «дополнительных» оболочек, которые определяются живым веществом (его массой и распространенностью в пространстве) – это биосфера и человеком – это ноосфера – признак зрелости живого вещества, один из признаков цивилизации;
- 12) предложены десятки классификаций химических элементов. Например, химические элементы по содержанию в живом веществе условно подразделены на макроэлементы до 10^{-2} мас.%, микроэлементы от 10^{-2} до 10^{-5} мас.% и ультрамикроэлементы $< 10^{-5}$ мас.%;
- 13) введено понятие об эссенциальных (генуинных) жизненно необходимых элементах (биотические элементы, биотики, нутриенты, микронутриенты, биоэлементы, органогены, атомовиты и т.д.), постоянно встречающихся в живом химических элементах, биологическая роль которых известна, и примесных химических элементах;
- 14) найдено, химический элементарный состав живого (по содержанию в нем) является функцией атомного номера. Предложено графическое изображение найденной закономерности отдельно для четных химических элементов, максимумы содержания которых расположены – $2 + 6 + 6 \dots$, для нечетных – $1 + 6 + 6 \dots$;
- 15) найдены и определены три группы органов, которые: а) не дифференцируют химические элементы по признаку четный-нечетный; б) накапливают больше четных химических элементов, чем нечетных; в) накапливают больше нечетных химических элементов (Соков, Л.А.);
- 16) созданы феноменологические математические модели, рассматривающие содержание химических элементов в живом (объектах биосферы) не только как функцию заряда ядра атома (атомного номера), атомного веса, отдельно для групп химических элементов, но и учитывающие орбитальные квантовые числа;
- 17) открыт новый класс констант химических элементов (слайды – показатели содержания химических элементов, % от материнской системы): поступление химических элементов в животный организм (всасывание из желудочно-кишечного тракта, легких), распределение по органам, тканям (скелет, печень, почки), выведение из организма (T_6), содержание химических элементов в «стандартном» человеке, живом веществе, которые определяются периодическим строением электронных орбит химических элементов (взаимоотношением основного и побочного квантовых чисел n и l), как и физические, физико-химические, химические константы (Соков, Л.А.);
- 18) выделены физические, физико-химические, химические константы химических элементов периодической системы, ответственные за формирование химического элементарного состава живого вещества, «стандартного» человека, за работу процессов, обеспечивающих поступление и выведение химических элементов из организма, за формирование и функционирование систем, органов, тканей (Соков, Л.А.);

19) установлена закономерность поступления в организм химических элементов (всасывание из желудочно-кишечного тракта, легких), распределения их по органам, тканям (скелет, печень, почки...), выведения из организма (T_6), выраженная в относительных единицах, расположенная по атомному номеру или в периодической таблице развернутой формы, с учетом взаимоотношения основного и побочного квантовых чисел n и l . Найденная закономерность поступления, распределения и выведения химических элементов имеет периодический характер и обусловлена периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов в периодической системе (Соков, Л.А.);

20) на базе $Z = 6$ найден белковый слайд (это одна из основных гомеостатических констант, определяющих метаболизм химических элементов в биологических объектах) – % химического элемента, связанного белками крови, изображенный с учетом числа Мозли – порядкового номера, имеет периодический характер, определяемый характером формирования электронных орбит химических элементов в периодической системе (Соков, Л.А.);

21) токсичность химических элементов (DL_{50}) и максимальный объем водопотребления, в зависимости от растворенных в этой воде химических элементов, имеет периодический характер, определяемый периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов в периодической системе;

22) создано учение, введено понятие, объективно выделены биогеохимические провинции;

23) для понимания уровней организации и выделения последовательных связей в биосфере исследователями введены добавочные категории – регионы (биогеохимические зоны) и субрегионы (биогеохимические провинции): биосфера → регионы → субрегионы биосферы → биогеоценозы → популяции → организмы;

24) развитие наук о химических элементах привело к выделению новых направлений в науке – географической экологии, географической патологии и т.д., что дало толчок к дальнейшему развитию экологической физиологии и медицины. А это в свою очередь, привело к созданию нового научного направления – медицинской элементологии, что способствовало более углубленному изучению и пониманию этиологии и патогенеза ряда заболеваний, созданию классификации ряда заболеваний и учения о микроэлементах, связанных с избытком или дефицитом химических элементов соответствующей местности (геохимических аномалий городов, районов, ландшафтов...).

Одна из главных задач экологической физиологии и медицинской элементологии состоит в глубоком изучении механизмов адаптации с целью использования защитных эффектов для лечения и профилактики болезней.

В настоящее время не со всеми этими положениями можно согласиться. Что-то устарело, что-то спорно, что-то, вероятно, просто не правильно.

На схеме 5.1.1 показана ориентировочная схема химической и биологической истории Земли. Физический и химический этапы эволюции изотопов химических элементов начинаются в космическом пространстве и продолжаются на Земле. Считается, что Земля образовалась $\sim 4,6 \cdot 10^9$ лет назад. Атмосфера, окружавшая ее в то время, содержала, по-видимому, воду, аммиак, метан, сероводород, водород, азот, двуокись углерода.... С течением времени водород, аммиак и метан ушли из атмосферы, и она потеряла свои восстановительные свойства.

В ранний исторический период Земли органические соединения возникали из неорганических компонентов атмосферы за счет энергии ультрафиолетовых лучей, электрических разрядов и тепловой энергии. Образовывающиеся органические соединения были растворены в морях. Этот ранний период, названный периодом химической эволюции, длился, вероятно, около 1 млрд. лет. В этот период проходила абиотическая конденсация аминокислот и других простых соединений, приводившая к формированию примитивных полипептидов, полинуклеотидов, полисахаров, липидов.

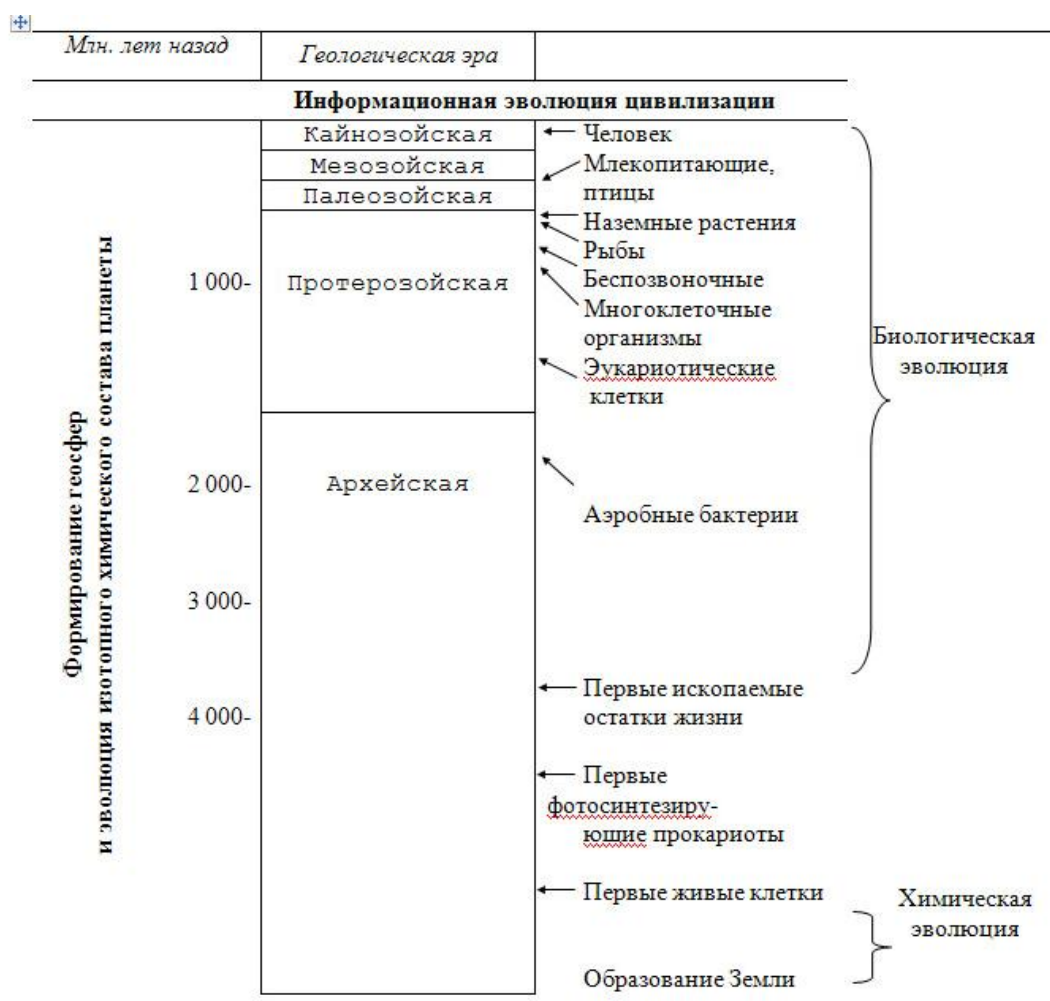


Схема 5.1.1 Временная шкала химической и биологической эволюции (Ленинджер, А., 1974, видоизмененная схема)

Как полагают, первые живые клетки были анаэробными гетерофилами, использовавшими в качестве строительного материала и топливного сырья растворенные в воде органические соединения. Первые клетки, способные к фотосинтезу, видимо, возникли позже, причем они, вероятно, выделяли кислород, а донором водорода вместо воды им служил сероводород. Первыми фотосинтезирующими клетками, выделявшими кислород, были сине-зеленые водоросли, до их появления кислорода в атмосфере было очень мало или вообще не было (Руттен, М., 1973; Ленинджер, А., 1974; 1976). С появлением в атмосфере кислорода началось развитие аэробных позвоночных и сосудистых растений.

Жан Батист Ламарк в начале XIX века ввел в науку новое понятие – биосфера. Геологический смысл в термин биосфера вложил в 1875 году австрийский ученый Эдуард Зюсс (Мелуа, А.И., 1998). В дальнейшем учение о биосфере было развито в трудах В.И. Вернадского, А.П. Виноградова, А.Е. Ферсмана и многих других. Исходя из пропорциональности накопления живым химических элементов из окружающей среды А.П. Виноградов, создал учение о биогеохимических провинциях. В этих же работах А.П. Виноградов показал, что элементарный состав живых организмов является видовым признаком и т.д.

«Организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен, поэтому в научное определение организма должна входить среда, влияющая на него» (Сеченов, И.М., 1861, цит. Гинецинский, А.Г., 1964). «Все физиологические механизмы, сколь бы различны они ни были, имеют только одну цель – сохранение постоянства условий жизни во внутренней фазе» (Claude Bernard, 1878, цит. Гинецинский, А.Г., 1964).

Термин «эволюционная физиология» предложен Lucas, 1908. Дальнейшее развитие эволюционной физиологии и ряд идей тесно связаны с такими именами как А.Н. Северцев (1914), Х.С. Коштойац (1932; 1937), Е.М. Крепс (1972). Одним из основоположников эволюционной физиологии был Л.А. Орбели (1933; 1958). Очевидна связь эволюционной и экологической физиологии (Наточин, Ю.В., 1982; 1984).

«Естественный отбор действует исключительно только посредством сохранения и накопления изменений, благоприятных для организма при тех органических и неорганических условиях, которым он подвергается во все периоды своей жизни» (Дарвин, Ч., 1859, цит. Наточин, Ю.В., 1982).

Переход от органических субстратов, возникших в процессе эволюции, к аутокаталитическим системам, положившим начало жизни, произошел примерно 3,7 млрд. лет назад (Кальвин, М., 1971).

Неорганические элементы среды, окружающей клетки оказывали влияние на процессы, протекавшие в период формирования многоклеточных организмов и образования у них системы внеклеточных жидкостей. Не меньшее влияние они оказывали на развитие живого в тот еще более отдаленный и более длительный период, когда происходило формирование клеток эукариот (схема 5.1.1).

Впрочем, в связи с бурным развитием бактериальной палеонтологии в конце XX – начале XXI века и полученными новыми данными о первых ископаемых остатках жизни, первых живых клетках, временная шкала биологической эволюции должна быть смещена к временной точке начала образования планеты Земля.

Итак, образование, химическая и биологическая эволюция живого вещества начинается с образования и химической эволюции органических молекул в межзвездной среде, интенсифицируется при выделении из газовой туманности или протопланетного облака системы космических объектов или космического объекта и идет параллельно формированию геосфер и эволюции изотопного химического состава этого космического объекта, в нашем случае – планеты Земля.

.... Эти процессы в космосе «вечны»?

5.2 Роль химических элементов и их участие в происхождении жизни, формировании элементарного состава живой материи, животных организмов

Около 80 лет назад А.П. Виноградовым была предложена классификация химических элементов в соответствии с их содержанием в организме (макро-, микро-, ультрамикроэлементы). Классификация удобна, ее используют и в настоящее время. Ю.И. Москалев и ряд радиобиологов предложили классификацию, в основе которой лежит «тропность» химических элементов к системам, органам, тканям: равномерно распределяющиеся химические элементы, то есть не обладающие тканевой специфичностью, локализующиеся в ретикулоэндотелиальной системе и накапливающиеся в кости (остеотропы, остеофилы). Однако эти классификации не дают ответа на главный вопрос, какова биологическая роль того или иного элемента?

В.И. Вернадский в начале XX века выдвинул гипотезу, согласно которой «по-видимому, все химические элементы закономерно охвачены живым веществом». Правда он нигде не уточняет, как закономерно, то есть, является ли их присутствие в живом жизненной необходимостью. «В принципе в организме можно обнаружить все элементы, присущие морской воде, а в последней, как это доказано и прямыми химическими анализами, встречаются почти все элементы земной коры. Возможно, что живой организм в своем составе содержит все элементы земной коры. Предположение такого характера высказал В.И. Вернадский (1922; 1923)» (Венчиков, А.И., 1978, с. 3).

Многие ученые считают, что только часть химических элементов принимает участие в организации и функционировании живых систем, биологических объектов, другая же часть химических элементов является инертной и если попадает в организм, то в виде примесей случайно. «Элементы, найденные в организме в ничтожно малых количествах, называли «следовыми». Этот термин применяется химиками в тех случаях, когда при анализе обнаруживается присутствие едва заметных количеств тех или иных веществ, «следов» их. Многие рассматривали их как случайные примеси» (Венчиков, А.И., 1972, с. 90). «В иностранной литературе микроэлементы продолжают именовать «следовыми» элементами: в английской – trace elements, в немецкой – Spurenelemente, но во французской – microelements или oligoelements. Именуют их также minor elements» (Венчиков, А.И., 1972, с. 91). Как уже отмечалось выше, в химической элементологии существует масса терминов и понятий для обозначения биологической роли и биологической значимости химических элементов: биотические элементы, биотики, нутриенты, микронутриенты, биоэлементы, атомовиты, органогены, элементы эссенциальные, гемуинные и т.д.

Каждый исследователь, предложивший новый термин, новое понятие, вкладывает в него какой-то новый смысл и замысел.

«Если название «биотические элементы» уже применялось (Виноградов, А.П., 1932; Быков, К.М. Учебник физиологии, 1947), то наименование «биотики», естественно вытекающее из термина «биотические элементы», требует пояснений. Термин «биотики» появился в 1942 году (Венчиков, А.И.) в связи с необходимостью охарактеризовать принцип лечения, основанный на применении микроэлементов в качестве естественных (физиологических) агентов» (Венчиков, А.И., 1972, с. 95).

«Биотики – это химические вещества экзогенного происхождения, обладающие свойством путем вхождения в биохимические структуры и системы организма не только участвовать в качестве необходимого агента в ходе физиологических процессов, но и нормализовать их, а также повышать сопротивляемость организма, действию вредных на него агентов. По характеру действия они относятся в основном к биологическим катализаторам.

К биотикам можно отнести микроэлементы, витамины, а также в определенных случаях и некоторые макроэлементы (железо, кальций, сера). Не исключена возможность причислить к ним и другие вещества» (Венчиков, А.И., 1972, с. 96).

«Если элемент имеет значение пластического материала или создает в организме лишь определенное физико-химическое состояние среды (физико-химический остов для протекания

жизненных процессов), то нет основания именовать его биотиком. Но с того момента, когда он начинает принимать активное участие непосредственно в самом ходе жизненного процесса, например во внутриклеточном обмене веществ, или его гормональной регуляции, способствовать повышению сопротивляемости организма действию вредных агентов, в таких случаях естественно причислять соответствующий элемент к биотикам» (Венчиков, А.И., 1972, с. 97).

Едва ли такой подход к оценке жизненной необходимости химических элементов целесообразен с методологических позиций, понимания их физиологической роли в живом. Как могут существовать животные организмы без опорных, пластических тканей, мембран клеток, вне- и внутриклеточных жидкостей, протоплазмы? И вообще без воды, в которой происходят, под влиянием, в том числе, и электромагнитного и гравитационного и других полей, конформация макромолекул, простые и сложные физико-химические и биохимические процессы и реакции?

Хотя все эти термины, в общем-то, обозначают одно и то же – это жизненно необходимые химические элементы или их соединения. Более того, появляются и новые слова. Так в орфографическом словаре русского языка, емкостью в 106000 слов, изданного в Москве в 1974 году есть слова элемент, -а, элементарный, элементоорганический. Слова элементный в русском языке нет, как нет слов биоэлемент, органоген, следовательно, нет и понятий – элементный гомеостаз, биоэлементный гомеостаз, элементный состав, биоэлементная медицина и т. д. Более того, некоторые ученые при ссылке на ранее опубликованные работы исправляют их название на современный лад. Это относится, например, к знаменитой работе А.П. Виноградова (1933-1935): «Химический элементарный (исправлено на элементный) состав организмов и периодическая система Д.И. Менделеева». Химический элементарный состав и звучит не хуже, чем химический элементный состав, да и смысл тот же. Каждое крупное достижение фундаментальных и прикладных наук, несомненно, изменяет мировоззрение людей. Появляются новые представления, понятия. «В науке каждая новая точка зрения влечет за собой революцию в ее технических терминах» (Маркс, К., Энгельс, Ф. Соч. Т. 23, с. 31). Нет сомнения, с развитием наших знаний о природе появляется потребность в новых терминах, в формировании и формулировании новых понятий, новых словах и словосочетаниях, но делать это надо с учетом уже существующего словарного запаса русского языка.

Roger (1937, цит. Венчиков, А.И., 1978) предложил делить химические элементы по принципу постоянства их содержания в организме. А.П. Виноградов биологическую активность химических элементов и их содержание в организме связывает с их атомным номером. Идея зависимости активности химических элементов и их физиологических свойств от места, занимаемого ими в периодической системе, проводится фармакологами (Кравков, Н.П., 1933 и т.д. цит. Венчиков, А.И., 1978). Принцип последовательного изложения материала, согласно расположению химических элементов в периодической системе, использован А.О. Войнар в своих монографиях (1953; 1960).

«Более удобна классификация, как это делают многие авторы, по необходимости микроэлементов для жизнедеятельности организма. Андервуд (Underwood, E., 1971) разделяет микроэлементы на три группы: первая – незаменимые в питании высших организмов (железо, йод, медь, цинк, марганец, кобальт, молибден, селен, хром, олово); вторая – возможно необходимые (никель, фтор, бром, мышьяк, ванадий, кадмий, барий, стронций); третья – элементы, жизненно важное значение которых не установлено» (Венчиков, А.И., 1972, с. 91). А.И. Венчиков (1978, с. 92) предлагает свою классификацию химических элементов. «При классификации элементов естественнее всего исходить из их роли в физиологических процессах. Тогда все элементы независимо от количественного содержания, а в силу доказанности их участия в ходе процессов жизнедеятельности организма следует называть биотическими элементами (биотики). Этот термин мы использовали в дальнейшем. Из имеющихся элементов, прежде всего, необходимо выделить в особую группу встречающиеся в значительных количествах и играющие в организме роль пластического материала, а также создающие определенные физико-химические условия для физиологических процессов

(осмотическое давление, реакция среды, состояние коллоидов и др.)). И далее. «На основании сказанного мы имеем право выделить в особую группу (пластическая) элементы, принимающие участие в названных выше процессах. К этим элементам должны быть причислены в первую очередь те, которые, помимо углерода, азота, кислорода, водорода, имеются в организме в сравнительно значительных количествах (макроэлементы Na, Ca, K, Mg, Cl, P)». «С другой стороны, особо должны быть выделены элементы, принимающие уже непосредственное участие в самом ходе жизненных процессов, в его обмене веществ. Элементы этой группы встречаются обычно в организме в ничтожно малых количествах». «В эту группу могут быть отнесены следующие элементы: биокаталитические, играющие роль в ферментативных процессах организма либо путем прямого участия их в структуре ферментов (железо, медь, марганец и др.), витаминов (кобальт), либо косвенного влияния на их активность; эндокринные, входящие в построение гормонов (йод в тироксин щитовидной железы) или активирующие их; ретикулоэндотелиальные (мышьяк, ртуть, сурьма)». «Намечаемая классификация исходит из того, что основной первичный жизненный процесс – обмен веществ».

И затем А.И. Венчиков (1978, с.98) приводит «критерии биотичности элемента, то есть его жизненной необходимости:

1. Постоянное содержание его, но на определенном уровне, в пределах гомеостаза, в растительных и животных организмах, находящихся в нормальных условиях существования.

Важный показатель, но пока еще не всегда обязательный, так как не всякий элемент, поступающий из внешней среды (почва, вода), служит бесспорным показателем значения его для физиологических процессов.

2. Установление значения дефицита микроэлемента для нормальной функции организма.

Первостепенной важности показатель, хотя иногда и трудно устанавливаемый, в частности в отношении элементов, встречающихся в организме в чрезвычайно малых количествах.

Два основных критерия признают почти все исследователи, добавляя к ним и другие (Underwood, E., 1971; Nielson, F., Hopkins, L., 1974 и др.).

3. Вхождение микроэлементов в структуру биологически активных продуктов (ферментативные системы, гормоны, витамины и др.) или участие в их деятельности.

Роль малых количеств микроэлементов в организме должна рассматриваться в первую очередь с позиции вхождения их в биологически активные продукты.¹ (¹Напоминаем, что активность около 25 % встречающихся в организме ферментов связана с металлами).

4. Физиологическая активность тех количеств элемента, в каких он встречается в естественных условиях существования организма».

Многие исследователи считают, что химический элемент имеет биологическое значение, если он удовлетворяет следующим требованиям:

- постоянно присутствует в организме в количествах, сходных у разных индивидуумов одного вида;
- ткани по содержанию данного элемента всегда располагаются в определенном порядке;
- синтетический рацион, не содержащий этого элемента, вызывает у животных характерные симптомы недостаточности и определенные биохимические изменения в тканях;
- эти симптомы и изменения могут быть предотвращены или устранены путем добавления данного элемента в пищу (Скальный, А.В., 2004).

А.В. Скальный (2004, с. 22) пишет: «что касается элементов, роль которых в организме мало изучена или неизвестна, то многие из них, по-видимому, случайно накапливаются в организме, поступая с пищей и не выполняя какой-либо полезной функции. Однако строго ограничивать группу биогенных элементов тоже нельзя, поскольку возможно открытие биологической роли новых элементов». И далее А.В. Скальный (2004, с. 55) замечает «Е.Е. Крисс, И.И. Волченкова, А.С. Григорьева и др. (1986) отнесли к биоэлементам K, Na, Mg, Ca, P, N, O, C, S, Cl, Fe, Mn, Zn, Co, V, Cr, Ni, Cu, Mo, I, Se, Si, F, Br, As и возможно Sn. Биоэлементы – это химические элементы, играющие определенную биологическую роль в организме (Биккулова, А.Т., Ишмуратова, Г.М., 1999).

По нашему мнению (Скальный, А.В., 2003), к биоэлементам может быть отнесен любой химический элемент, находящийся в живом организме в количестве, пропорциях и состоянии, свойственном живой материи или, иначе совместимым с жизнью. В этих количествах и состоянии биоэлемент становится биотическим фактором среды обитания, в отличие от минералов, руд неорганических солей, в составе которых он является абиотическим фактором. По нашему мнению, необходимость разделения химических элементов на два различных состояния естественно вытекает из учения В.И. Вернадского о биосфере и даже развивает его (химические элементы и «биологические» (биотические) элементы).

Таким образом, термин биоэлемент «оживляет» химический элемент, находящийся в абиотическом состоянии, в процессе кругооборота химических элементов в биосфере и делает его более конкретным, т.к. акцентирует внимание на биологической (биотической) роли химических элементов».

Как это понимать? Биоэлемент – это химический элемент, принимающий участие в процессах жизнедеятельности? Или биоэлементом можно считать любой химический элемент, находящийся в организме в соответствующих пропорциях, даже если он организму не нужен, находится там случайно, как примесь, не выполняя в нем какой-либо полезной функции? (Скальный, А.В., 2004, с. 22). В.И. Вернадский считал, что биосфера включает в себя: живое вещество, животные организмы; биогенное вещество – продукты прошлых стадий развития биосферы; костное вещество, образованное до появления живого; биокостное вещество, создаваемое живым; космическое вещество. Однако это деление необходимо было В.И. Вернадскому для понимания закономерностей формирования и эволюции биосферы, геологических образований и месторождений. С этих позиций химические элементы, входящие в состав живого вещества, животных организмов были биокостным, биогенным веществом. Физиологией и биохимией химических элементов в живых организмах В.И. Вернадский не занимался.

А.А. Кист, один из крупнейших специалистов по использованию нейтронно-активационного анализа в биологии и медицине, писал по этому поводу (1973): «Некоторые исследователи отрицают биологическую роль отдельных микро- и ультрамикроразноэлементов, так как их необходимость для организма не подтверждена с точки зрения второго критерия Андервуда. Химический элемент считается жизненно необходимым, если исключение его и только его одного из рациона влечет за собой глубокие нарушения жизнедеятельности, ликвидируемые при добавлении к питанию этого элемента. Для организма млекопитающих, у которых угол раскрытия отдельных секторов – интервалов минимален, правило Андервуда неприменимо даже для элементов, нормально содержащихся в организме в концентрациях 10^{-7} % и менее. В таких случаях для определения жизненной необходимости элемента, следует использовать рационы, содержащие данный химический элемент в количестве менее 10^{-10} %. Для организмов, стоящих на низших ступенях эволюционной лестницы, требуется еще более низкое содержание химического элемента. Очевидно, что и здесь критерий Андервуда не проверяется по чисто техническим причинам, однако это не может служить основанием для отрицания жизненной необходимости этого химического элемента».

Химические элементы периодической системы, условно по отношению к живому веществу, делят на 3 группы: I группа (O, C, H, N, Ca, P, K, S, Cl, Na, Mg, Zn, Fe, Cu, I, Mo, Co, Se, Mn, V) – незаменимые элементы; II группа (Sr, Cd, Br, F, B, Si, Cr, Be, Ni, Li, Cs, Sn, Al, Ba, Rb, Ti, Ag, Ga, Ge, As, Hg, Pb, Bi, Sb, U, Th, Ra) постоянно содержится в животных организмах, но биологическая роль их мало выяснена или неизвестна; III группа – химические элементы, периодически обнаруживаемые в животных организмах (Sr, Tl, Nb, Yt, In, Te, La, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Er, Yb, W, Re, Au) (Ленинджер, А., 1974; 1976; Ковальский, В.В., 1974).

В таблице 5.2.1 представлена периодическая система химических элементов с выделением жизненно необходимых химических элементов. Представления о жизненно необходимых химических элементах меняется по мере выяснения биологической роли новых элементов. По мнению В.В. Ковальского (1974) «на основании менделеевской таблицы с большей долей

вероятности могут быть предсказаны элементы, для которых можно ожидать открытия биологической роли и установления их жизненной необходимости».

Группа Период	0	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			0	
1		H																	He	
2	He	Li		Be		B		C		N		O		F					Ne	
3	Ne	Na		Mg		Al		Si		P		S		Cl						
4		K	Cu	Ca	Zn	Sc	Ga	Ge	Ti	As	V	Se	Cr	Br	Mn	Fe	Co	Ni	Kr	
5	Kr	Rb	Ag	Sr	Cd	Y	In	Sn	Zr	Sb	Nb	Te	Mo	I		Ru	Rh	Pd	Xe	
6	Xe	Cs	Au	Ba	Hg	La	Tl	Pb	Ca (etc)	Bi	Ta	Po	W			Os	Ir	Pt	Rn	
7	Rn			Ra		Ac		Th		Pa		U								



- 1 — жизненно необходимые химические элементы;
2 — элементы, биологическая роль которых может быть открыта

Таблица 5.2.1 Расположение жизненно необходимых химических элементов в периодической таблице Д.И. Менделеева (Ковальский, В.В., 1974)

Так, продолжает В.В. Ковальский (1974), «по положению в таблице лития и бериллия можно ожидать их участия в ферментативных системах; положение алюминия и кремния указывает на возможности образования этими элементами комплексов, имеющих биологическое значение; ванадий, вероятно, входит в окислительно-восстановительные системы различных тканей подобно роли его в организме асцидий; можно предполагать, что кадмий, хром, как и никель, входят в состав неизвестных еще координационных соединений, которые могут быть использованы на построение ферментов; никель в некоторых случаях способен заменять металл активной группы известных ферментов; кадмий как активатор некоторых ферментных систем (например, фосфорилазы), вероятно, также участвует в регуляции биохимических процессов; биологическая роль титана и скандия может быть неожиданно важной, и эти металлы будут признаны жизненно необходимыми; координационные соединения галлия могут обладать ферментативными свойствами; заслуживают биохимического изучения мышьяк и селен, а так же стронций и барий, образующие координационные соединения; мало исследованы рубидий и цезий».

Ю.И. Москалев (1955), изучая закономерности распределения радиоэлементов, установил, что одновалентные катионы (литий, натрий, калий, рубидий и цезий) равномерно распределяются в живых организмах. Двухвалентные катионы (бериллий, кальций, стронций, барий, радий) накапливаются преимущественно в скелете, в минеральной его части, трехвалентные и четырехвалентные катионы (лантаноиды и актиноиды) — в костях, в органической ее части, и в печени. Пяти-, шести-, семивалентные (хлор, фтор, бром, йод, ниобий, теллур, сурьма, полоний и т.д.) либо распределяются равномерно, либо преимущественно накапливаются в почках. Ю.И. Москалев установил зависимость распределения радиоактивных элементов от физико-химического состояния вводимой соли, весовой дозы и pH исходного раствора. Автор показал, что характер распределения гидролизующихся радиоактивных элементов с увеличением весовой дозы или pH исходного раствора изменяется однотипно, что объясняется одинаковыми изменениями физико-химического состояния этих элементов и степени их дисперсности в исходном растворе. Тип распределения элементов, не гидролизующихся при pH тела (цезий, рубидий, стронций, барий и кальций), не зависит от способа введения их весовой дозы и pH исходного раствора. Эти факторы определяют тип распределения элементов плохо растворимых в нейтральной среде

организма (церий, иттрий, бериллий). В зависимости от степени дисперсности коллоидальных частиц наблюдается преимущественное накопление радиоактивных частиц в скелете или в печени.

О.К. Добролюбский (1970) связывает количественное содержание элементов в живых организмах и способность к комплексообразованию, с особенностями электронного строения семейств элементов. Так, из известных 105 элементов (имеющихся в природе созданных искусственно на тот период времени) О.К. Добролюбский выделяет элементы s-, p-семейств (одиннадцать, то есть большинство из всех отнесенных к макроэлементам) как макроэлементы, остальные d- и f-элементы – это микроэлементы, то есть химические элементы d- и f-семейств, за некоторыми исключениями, представлены микро- и ультра-микроэлементам (по разбивке Виноградова, А.П., 1933). И далее автор считает, что сопоставление химических свойств ионов А и В подгруппы однотипной электронной структура дает приближенный критерий характера их биологической роли, а также позволяет прогнозировать их участие в разнообразных процессах жизнедеятельности (например, для ионов, образованных элементами IA, IB, IIA, VIA, VIB подгрупп). Многие микроэлементы образуют внутрикомплексные соединения – хелаты, особенно ионы с 2 и 3 недостроенными квантовыми слоями (например, d-элементы 4 периода). Максимальной способностью к комплексообразованию характеризуются химические элементы VIIIB подгруппы (Fe, Co, Ni и другие) и примыкающие к ней элементы IB и IIB (подгруппа меди и цинка) и VIIB (подгруппа марганца), то есть подгруппа, где обязательно находятся необходимые животным и растениям микроэлементы.

D.K. Koloni (1980, цит. Авцын, А.П., 1991), как и другие авторы, подразделяет микроэлементы (концентрация от $n \cdot 10^{-2}$ до 10^{-5}) на эссенциальные, предположительно эссенциальные и физиологически инертные. Критериями необходимости исследуемого микроэлемента для организма являются: закономерная реакция на его добавку в состав пищи, возникновение дефицита микроэлемента при устранении его из диеты, корреляция состояния дефицита микроэлемента с субнормальным уровнем его концентрации в крови или в тканях лабораторных животных. Эти данные в отношении ряда микроэлементов отчасти устарели, так как в последние годы доказано, что такие элементы как фтор, бром, молибден, селен в действительности являются эссенциальными для животных организмов (Авцын, А.П., и др., 1991).

Все исследователи единодушно разделяют микроэлементы на эссенциальные, то есть жизненно необходимые (Fe, I, Cu, Co, Zn, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li – всего 15) и серьезные кандидаты на эссенциальные (Cd, Pb, Sn, Rb) (Авцын, А.П., и др., 1991).

А.П. Авцын и соавторы (1991) обращают внимание на то, что микроэлементы, имеющие заслуженную репутацию токсичных (As, Sb, Be, Ba, Bi, B, Pb, Te), содержатся в норме в органах и тканях и жидкостях организма человека в значительно меньших количествах, нередко на несколько порядков ниже, чем эссенциальные микроэлементы. Однако другие, несомненно, токсичные микроэлементы концентрируются в единичных органах в относительно больших количествах. Не находит объяснения относительно высокое содержание золота в головном мозге (2,54 мкмоль/кг сухой массы), бора в почках (46,2 мкмоль/кг) и в печени (44,4 мкмоль/кг).

Согласно классификации, предложенной В.Л. Сусликовым, все химические элементы (атомовиты) делятся: а) по количественному содержанию в теле человека (стабильные, постоянные, временные); б) «анатомо-физиологическим» свойствам (структурные, принимающие непосредственное участие в обмене веществ – биокаталитические, эндокринные, гематоатомовиты); в) «витальному значению» для организма человека (незаменимые, взаимозаменяемые, недостаточно изученные); г) интенсивности всасывания в желудочно-кишечном тракте. Сложная классификация и, как и все предыдущие, несовершенная.

Большое количество предлагаемых классификаций о содержании и биологической роли химических элементов в живом свидетельствует об их несовершенстве, недостаточной изученности этой проблемы. А может быть деление химических элементов на гемуинные, эссенциальные, жизненно необходимые и инертные, приметные, случайные, токсичные – это тупиковый путь развития этого направления науки? Так или иначе, во всех предложенных

классификациях чувствуется энергетика, энергия сильных личностей, желание быть первыми, найти истину. А истина, очевидно, в другом.

С помощью этих классификаций, порой двусмысленных и неопределенных, невозможно объяснить результаты анализа концентрации химических элементов в почках, печени, скелете и т.д.

Едва ли организм является случайным скоплением изотопов химических элементов. Взаимодействие простых солей, атомов или ионов с белковыми или иными структурами организма имеет сложный характер. В этом взаимодействии имеют значение различные физические и химические свойства изотопов и, вероятно, центральное значение имеют заряды и радиусы ионов, и их взаимоотношение. Заряды и радиусы изменяются периодически с порядковым номером (числом протонов).

Параллельно с увеличением положительного заряда катиона Z^+ и уменьшением его радиуса r (т.е. с увеличением ионного потенциала Z^+/r), увеличивается энергия присоединения к данному катиону различных анионов (в том числе и органических), то есть увеличивается прочность (устойчивость) образующихся соединений.

При высокой степени окисления элемента вместо простых ионов с высоким положительным зарядом образуются сложные комплексные ионы с ковалентной связью между атомами.

Прочность (устойчивость) соединений характеризуется термодинамическими константами, а также такими физико-химическими характеристиками, как произведение растворимости малорастворимых соединений, константами диссоциации малодиссоциированных соединений или рН осаждения гидроокисей и т.п.

При увеличении заряда катиона Z^+ или уменьшении радиуса r (т.е. при увеличении их отношения) уменьшается рН осаждения гидроокисей (т.е. требуется меньшая концентрация ионов OH^-). При значительном возрастании величины Z^+ сила притяжения групп OH^- настолько увеличивается, что ионная связь переходит в ковалентную и при этом положительный заряд центрального иона, притягивая кислород группы OH^- , отталкивает водородные ионы этих групп. В результате при высокой степени окисления элемента, вместо гидроокиси катиона, образуются анионы...

При увеличении Z^+/r возрастает прочность трудно растворимых соединений и устойчивость малорастворимых соединений. При этом возрастает число присоединяемых анионов, и вместо нерастворимых соединений образуются комплексные анионы. С увеличением Z^+/r обычно возрастает и окислительная способность ионов, характеризуемая окислительно-восстановительным потенциалом изменения Z^+ иона (Мусакин, А.П., 1971).

Ионы элементов d- и p-семейств (p-металлов) отличаются от ионов s-семейства и p-семейства (металлоидов), так как имеют на внешней орбите (за немногим исключением) 18 электронов, в отличие от s- и p-элементов (металлоидов), которые имеют на внешней орбите 8 электронов, или p-элементы 4-7 периодов металлоиды на 18 внешних d-электронах имеют 7-8 p-электронов.

Эти химические элементы, d- и p-семейств, металлы обладают исключительными свойствами к комплексообразованию с биомолекулами. В XX-XXI веках в космических объектах, геосферах планеты Земля в животных организмах обнаружены практически все из известных естественных 94 (95, 96?) химических элементов и их изотопов. Причем вероятность определения ультрамикрэлементов ($< 10^{-5}$) в тканях, органах, организме зависит от разрешающей способности метода определения (технических возможностей).

Неужели живое вещество в течение продолжительного эволюционного процесса «не соблазнилось» использовать эти явно более совершенные, относительно стационарные системы элементарных частиц, изотопы химических элементов d- и p-блока, их удивительные свойства, в своих целях?

В формировании химического элементарного состава живого вещества, животных организмов и в их жизнедеятельности принимает участие весь спектр изотопов химических элементов Z 1-94, известных на планете Земля.

Из кровяного русла весь спектр изотопов химических элементов поступает в ткани, органы, системы, в том числе и органы и системы выведения их из организма. Роль изотопов химических элементов в живом веществе, животных организмах различна. Изотопы химических элементов s-блока, IA подгруппы являются физиологическими электролитами, образуют, вместе с химическими элементами p-блока, правое верхнее поле периодической системы, в основном VIIA подгруппа, вне- и внутриклеточные жидкости. s-элементы IA подгруппы служат переносчиками зарядов. Изотопы химических элементов s-блока, IIA подгруппы, участвуют в образовании опорных и пластических тканей (кость, строма, хрящи, зубы). Изотопы химических элементов d-блока, 4-7 периодов, образуют разнообразные комплексные соединения. В отличие от изотопов химических элементов s-блока, химические элементы d-блока отвечают за формирование и функционирование ферментов, ферментных систем, гормонов, биологически активных веществ. Изотопы химических элементов f-блока (лантаноиды и актиноиды) являются естественной простетической частью (кофактором) ряда ферментов и взаимодействует с теми же апоферментами, в которых, как принято считать, ведущую роль играют представители изотопов химических элементов s- и d-блоков. Причем изотопы химических элементов f-блока более активны и замещают (или вытесняют) другие металлы в концентрациях в 10-100 раз меньших. Возможно, изотопы химических элементов f-блока играют важную роль в функционировании опорных тканей. Изотопы химических элементов p-блока образуют многочисленные соединения, как между собой, так и с изотопами химических элементов s-, d-, f-блоков. Изотопы химических элементов p-блока, на основе индивидуальных информационных характеристик, самоорганизуясь, образуют разнообразные структуры (белки, ферменты, аминокислоты, РНК, ДНК, части мембран...). Белки самоорганизуются и самовоспроизводятся на основе информации, заключенной в матрице ДНК, РНК из изотопов химических элементов p-блока с атомными номерами: 6, 7, 8, 15, 16 (и из изотопов химического элемента s-блока $Z = 1$), представляющих правое верхнее поле химических элементов p-блока периодической системы. Изотопы химических элементов p-блока верхнего правого поля, как уже отмечалось выше, являются физиологическими компонентами растворов неорганической части плазмы крови, вне- и внутриклеточной жидкости, исполняя роль анионов. И, наконец, VIIIA подгруппа элементов, которой, собственно, и заканчивается формирование электронных p-орбит. В VIIIA подгруппу входят He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. В плазме крови благородные газы находятся в свободном состоянии (Соков, Л.А., 2000; 2001).

Инертные газы обладают наркотизирующими, анестезирующими свойствами, которые увеличиваются с возрастанием атомного номера, атомной массы. Биологические эффекты элементов VIIIA подгруппы зависят, возможно, от мембранных эффектов, вследствие растворимости их в липидах, а может быть из-за стабилизации гидратов микрокристаллов в тканях нервной системы, что приводит к блокированию проводимости по нервным волокнам, которые и определяют биологические эффекты (Москалев, Ю.И., 1985).

Инертные газы, в отличие от всех других химических элементов периодической системы в биологических субстратах не имеют заряда, являются нейтральными и находятся в атомарном состоянии. Отсюда, при изменении химизма сред организма, например, при отсутствии поступления O_2 и расстройстве окислительно-восстановительных реакций, должны первыми реагировать и выходить из цепей биоорганических и физико-химических процессов. Вполне возможно, что выход изотопов химических элементов p-блока, VIIIA подгруппы, инертных газов, из цикла биоорганических, физико-химических процессов, является одним из ограничителей временного интервала клинической смерти животного организма. Изотопы химических элементов p-блока нижнего левого поля периодической системы, металлы, выполняют те же функции, что и металлы d- и f-блоков (Соков, Л.А., 2000; 2001).

Металлы s-, p-, d-, f-блоков задерживаются в тканях, органах, системах животного организма, образуя неорганические комплексы в основном с белками (Левина, Э.Н., 1972).

В процессе метаболизма химических элементов в животном организме включаются механизмы «старения» атомов, связанные как с механизмами радиоактивных изобарных,

превращений (например, $C^{14} \rightarrow N^{14}$), радиоактивного распада, так и переводом изотопов химических элементов в неактивные, нейтральные соединения, недоступные биохимическим процессам и физико-химическим реакциям. «Химизм и механизм процессов «старения» атомов заключается, вероятнее всего, в том, что именно за данное время эти атомы, в форме определенных органогенных соединений, успевают исчерпать ресурс активного участия в очищении всех клеток организма от отработавших свой оптимальный срок атомов этих же элементов. «Свежие» атомы еще не отработавшие свое время в организме должны обладать большей активностью, что и требуется организму. Этот постоянно действующий спонтанный процесс возобновления всех атомов и их стабильных и нестабильных изотопов в каждой клетке организма и составляет сущность живого в отличие от костной материи» (Красавина, В.С., Торбенко, В.П., 1975; Скальный, А.В., 2004, цит. Бадалов, С.Т., 2006).

Химические элементы могут взаимодействовать между собой. Это взаимное влияние типа синергизма или антагонизма осуществляется в пище, в пищеварительном канале и далее в организме на уровне тканевого и клеточного метаболизма. Синергизм чаще бывает взаимным, антагонизм может быть обоюдным или односторонним. Количество синергетических связей значительно меньше, чем антагонистических. Возможность антагонистических взаимодействий химических элементов можно объяснить и предвидеть в известной мере исходя из их положения в периодической системе. В основе этих взаимодействий лежат физико-химическая аналогия, их способность к комплексообразованию, большее или меньшее сродство к соответствующим активным группам биополимеров.

В целом можно предположить, что антагонистами являются химические аналоги и гомологи, а также химические элементы, имеющие одинаковую валентность и способность к образованию аналогичных комплексов (Скальный, А.В., 2004).

Разделение химических элементов на необходимые, эссенциальные, генуинные и примесные является в настоящее время, господствующей точкой зрения среди естествоиспытателей. Едва ли это так, если живое вещество, животные организмы, физиологические и биохимические процессы, происходящие в живом, рассматривать с позиции статистической физики. Функционирование живого и все процессы, в нем происходящие, носят статистический характер.

Деление химических элементов на генуинные, эссенциальные и примесные, не нужные живому научно не обоснована. Это западноевропейская шизофрения, перекочевавшая в умы и российских естествоиспытателей.

Есть робкие, несмелые попытки сформулировать противоположную точку зрения. Например, А.В. Кудрин, О.А. Громова высказали свою точку зрения на эту проблему: «Известные на сегодняшний день факты позволяют считать современную классификацию МЭ далеко не совершенной. Все МЭ, в том числе В, Al, Sc, Pb, трансурановые элементы, в микродозах являются эссенциальными» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 15).

В природных системах наиболее характерными примерами совместных концентраций химических элементов являются «эндогенные» месторождения, содержащие в рудах единого происхождения, то есть без каких-либо более поздних наложений продуктов различных процессов, следующие их пары, триады и более сложные сочетания (в скобках приводятся их кларковые содержания в породах, г/т):

- 1) мышьяк (1,7) – серебро (0,07) – золото (0,004) – теллур (0,001), то есть 1700:70:4:1;
- 2) олово (2,5) – вольфрам (1,3) – золото (0,004), то есть 625:325:1;
- 3) серебро (0,07) – золото (0,004) – теллур (0,001), то есть 70:4:1;
- 4) мышьяк (1,7) – золото (0,004). То есть 425:1;
- 5) ртуть (0,08) – серебро (0,07) – золото (0,004) – теллур (0,001), то есть 80:70:4:1;
- 6) цинк (83) – свинец (16) – серебро (0,07), то есть 1186:230:1;
- 7) медь (47) – молибден (1,1) – рений (0,0007) – осмий, то есть 67140: 1600:1;
- 8) цинк (83) – индий (0,14) – кадмий (0,13), то есть 600:1:1;
- 9) олово (2,5) – вольфрам (1,3) – молибден (1,1), то есть 2,1:1,1:1;

- 10) мышьяк (1,7) – сурьма (0,5) – ртуть (0,08), то есть 21:6:1;
- 11) сера (470) – мышьяк (1,7) – сурьма (0,5), то есть 940:3,5:1;
- 12) железо (46500) – хром (83) – никель (58) – кобальт (18), то есть 2600:4,6:3,2:1;
- 13) железо (46500) – магний (18700) – хром (83) – никель (58), то есть 800:322:1,4:1.

Итак, химические элементы с меньшими кларками тяготеют к химическим элементам с большими кларками. Причем кроме изоморфизма имеются и другие причины совместного нахождения химических элементов, как в неживой, так и в живой материи. Одной из возможных причин совместного нахождения конкретных сочетаний химических элементов являются процессы превращений и взаимопревращений химических элементов, имеющих нестабильные изотопы, переходящие в устойчивые изотопы других химических элементов, что приводит к совместному нахождению очень многих химических элементов в различных образованиях и костной и живой материи (Бадалов, С.Т., 2006; 2007).

Известно более 2000 различных ферментов, из них ~ 40 % имеют в качестве простетической группы тот или иной химический элемент (Альберт, А., 1989). Причем активаторами одного или нескольких ферментов могут быть пятнадцать (и более) катионов металлов (Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Co, Ni, Al и т.д.) (Левина, Э.Н., 1972). Ферменты – самый крупный и наиболее высокоспециализированный класс белковых молекул. Они – тот рабочий аппарат, при помощи которого реализуется действие генов. Именно они катализируют тысячи химических реакций, из которых в конечном итоге складывается клеточный обмен (Ленинджер, А., 1974). «Ферменты как тела белковой природы относятся либо к классу простых белков (протеины), либо к сложным белкам (протеиды). К первым относится большинство гидролитических ферментов, в частности пищеварительные. Вторая группа для нас представляет особый интерес. Относящиеся к ней ферменты имеют в составе добавочный компонент – небелковые части, которые могут входить в структуру фермента в качестве прочносвязанного компонента (флавиновые группы, гем-группа). В этих случаях их относят к собственно простетической группе. Группу, относительно легко отделяемую от белковой части фермента, часто называют коферментами (кофакторами ферментов). Между собственно простетической группой и коферментами имеются переходные группы. К коферментам относятся разнообразные по химическому строению вещества. В состав их входят многие витамины (тиамин, рибофлавин, витамин В₁₂, фолиевая, никотиновая, пантотеновая кислоты, биотин), а также и такие соединения, как аденозинтрифосфат, липоевая кислота и ряд подобных им, имеющих биологически важное значение.

К коферментам причисляют и ионы ряда металлов, что представляет для нас особый интерес в связи с их активной ролью. Активация ферментов может происходить путем вхождения металла в качестве компонента, так называемого активного центра фермента. С другой стороны, металл может служить связующим элементом, мостиком между субстратом и ферментом, способствуя контакту субстрата с активным центром фермента.

Вхождение металла в ферментативную систему способно увеличить ее активность во много тысяч, иногда миллионы раз» (Венчиков, А.И., 1978, с. 107). «Все металлосодержащие ферменты, или, как их принято еще называть, металлоэнзимы, разделяют на истинные металлоферменты и ферменты, активируемые металлами.

Истинные металлоферменты характеризуются прочной связью металла с белковой частью фермента или его простетической частью. Данный металл в нем незаменим другим, и в его отсутствие ферментативная активность не проявляется.

Другая группа – ферменты, активируемые металлами, характеризуется тем, что имеет рыхлую непрочную связь металла с белком фермента. Путем диализа или при осаждении белка металл из такого соединения нетрудно удалить. Количественное соотношение между металлом и белком в них изменчиво. Ферментативная активность также вариабильна. Белковая часть таких ферментов в некоторой степени сохраняет свою ферментативную активность и в отсутствии металла. Для них характерна возможность замены одного металла другим, то есть некоторые металлы способны активировать один и тот же фермент.

Непрочная связь металла с белковой частью фермента, возможность воздействия на его активность разными металлами дает образование с подвижным, изменчивым составом» (Венчиков, А.И., 1978, с. 110).

Кофактором ферментов, очень часто является не один, а несколько изотопов химических элементов. Например: Zn^{2+} в природе представлен пятью изотопами – ^{64}Zn (48,89 % в смеси), $^{66,67,68,70}Zn$ (таблицы 2.1.1 и 2.1.2), является кофактором алкогольдегидрогеназы, карбоангидразы, карбоксипептидазы...

Цинку принадлежит важная роль в передаче информации практически на всех ее этапах. Он является незаменимым компонентом свыше 20 ДНК- и РНК-полимераз и может сам функционировать в качестве неэнзиматической полимеразы *in vitro*. Zn входит также в состав свыше 200 содержащих «цинковые пальцы» белков, регулирующих в большинстве случаев функцию факторов активации транскрипции. Эта функция заключается обычно в том, что они, узнавая определенные последовательности ДНК, обеспечивают связывание с ними специфических регуляторных белков. Zn является также компонентом аминоксил-тРНК-синтетаз и фактора трансляции EF-1 (Риш, М.А., 2003).

Cu^{2+} (Cu^+) в природе представлена ^{63}Cu (69,69 %) и ^{65}Cu , является кофактором тирозиназы, цитохромоксидазы и т.д. Fe^{2+} или Fe^{3+} в природе представлено четырьмя изотопами, $^{54,56}Fe$ (91,66 %), $^{57,58}Fe$, входит в состав цитохромов, пероксидазы, каталазы, ферредоксина...

В различных гемсодержащих ферментах и белках имеется порфириновое кольцо. Протопорфирин образует «четырёхзубчатые» комплексы с ионами таких металлов, как Fe , Mg , Zn , Ni , Co , Cu . Хелатный комплекс протопорфирина с Fe^{2+} называется протогемом или просто гемом; аналогичный комплекс с Fe^{3+} носит название гемина или гематина. (Ленинджер, А., 1974, с. 437).

Скорость и даже направление химических реакций может зависеть от изотопного состава их участников. Различают два типа таких эффектов: кинетический и магнитный.

1. Кинетический, или классический изотопный эффект сортирует ядра изотопов по их массе.
2. Магнитный изотопный эффект, производит селекцию изотопов по магнитным (то есть по спиновым характеристикам) моментам их ядер (А.Л. Бучаченко и его сотрудники, <http://archictac.livejournal.com/495.html?mode=reply>).

В 2003 году А.Л. Бучаченко и соавторы, впервые показали на примере фермента креатинкиназы и ее ингибитора метил-ртутьхлорида, что ингибитор с магнитными ядрами ^{199}Hg и ^{201}Hg значительно более эффективен, чем тот же ингибитор, содержащий немагнитные ядра ^{200}Hg и ^{202}Hg . Различие по массам изотопов не сказывалось на эффективности ингибитора – в отличие от различий по магнитным свойствам их ядер. Mg^{2+} в природе представлен ^{24}Mg (78,70 %) и $^{25,26}Mg$, является кофактором фосфогидролазы, фосфотрансферазы... из триады природного Mg ^{25}Mg содержится в смеси 11 %, его ядерный магнитный эффект 0,85 магнетрона, ядерный спин 5/2. Увеличение в препарате фермента парамагнитного ^{25}Mg до 86,4 % приводит к весьма значительному увеличению АТФ-синтезирующей активности фермента (<http://archictac.livejournal.com/495.html?mode=reply>). Изотопными эффектами, изотопной термодинамикой целенаправленно занимался Э.М. Галимов (1981; 1982; 2001; 2008; 2009). И так далее.

Но живое функционирует не на отдельных изотопах химических элементов, а на природных, естественных смесях изотопов химических элементов.

Итак, в состав металлопротеидов и металлоидопротеидов (ферментов, гормонов, витаминов, биологически активных веществ) входят, как правило, несколько изотопов химических элементов (смотри данные таблиц 2.1.1 и 2.1.2) и, вероятно, при определенных обстоятельствах, в определенном проценте изотопы химических элементов аналогов (гомологов). Ведущими физико-химическими характеристиками во взаимодействии белки – изотопы химических элементов являются не размерностные характеристики атомов, ионов, а, в основном, энергетические характеристики элементов. Размерностные характеристики играют свою роль, но не являются определяющими. А это значит на примере биокластеров, что при взаимодействии ион – белок, диаметр белковой спирали изменяется в определенных

интервалах. Изменяется конформация молекулы и взаимодействие элемент (ион) – белок, не может быть строго специфичным (Соков, Л.А., 2000). Функционирование живой материи возможно не только в присутствии и взаимодействии смеси изотопов химических элементов, представляющих один химический элемент, но и на совокупности смесей изотопов химических элементов аналогов (гомологов) и определенного количества антагонистов.

В течение последних 400-500 лет периодически меняется парадигма. Если исходить из первой физической механической картины мира И. Ньютона разделение изотопов химических элементов на эссенциальные и примесные – справедливо, логично. Но уже более 150 лет в физике господствует вторая физическая электродинамическая картина мира. Появилась новая наука – статистическая физика и методы теории вероятностей и математической статистики, которые являются базовыми при изучении законов, функционирующих в живой и неживой природе. Около 80 лет назад была сформирована и сформулирована третья физическая квантово-полевая картина мира. «Все тела природы состоят из элементарных частиц и физических полей. Частицы являются одновременно и корпускулами, и волнами, в разных условиях они проявляют либо корпускулярные, либо волновые свойства. Все характеристики частиц и подлей являются дискретными, т.е. квантуются» (Бочкарева, Т.С., 2007, с. 186).

Открытие закона сохранения энергии привело к возникновению новой науки – статистической физики, методов теории вероятностей и математической статистики, теории тепловых процессов, второго закона термодинамики. Эти открытия имеют прямое отношение ко всему фундаментальному естествознанию.

Все физические законы делятся на две большие группы: динамические (функциональные – 1-я парадигма) и статистические (корреляционные – 2-3-я парадигмы). Динамическими называют законы, отражающие объективную закономерность в форме однозначной связи, это законы механики, сформулированные И. Ньютоном.

Статистические законы – это такие законы, когда любое состояние представляет собой вероятностную характеристику системы. Здесь действуют статистические распределения величин. Главная задача статистических теорий – нахождение средних значений физических величин. Статистические законы и теории являются более совершенной формой описания физических закономерностей, так как любой известный сегодня процесс в природе более точно описывается статистическими законами, чем динамическими. (Рокицкий, П.Ф., 1973; Хорошавина, С.Г., 2002). «Живые системы представляют собой очень сложные вероятностные системы, поведение которых может быть предсказано только с известным приближением (долей вероятности), так как оно не имеет строго детерминированного результата действия. Степень вероятности ответа нужно определить экспериментально для каждого конкретного показателя. Она может меняться при разных условиях. Вероятность ответа обозначается цифрами от 0 до 1. Если вероятность равна 1, то это означает 100 % однозначный результат, если 0,8, то это свидетельствует о 80 % вероятности» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 17). Есть два механизма, которые могут производить упорядоченные явления. Статистический механизм, создающий порядок из беспорядка, которому следует природа, и новый механизм, создающий порядок из беспорядка, на котором базируется поведение живого (Шредингер, Э., 1972).

Но живое вещество, животные организмы – открытые системы, функционируют по программе ДНК, в том числе и с помощью эпигенетических механизмов, в условиях постоянно меняющихся показателей внешней среды, с помощью статистических законов. Это факт.

Таким образом, все изотопы химических элементов не просто «закономерно охвачены живой материей», а жизненно необходимы для существования живого вещества, животных организмов на планете.

5.3 Гомеостаз

Биологические системы находятся и функционируют во внешней среде. Жизненные процессы «внутри» биологических систем протекают в их внутренней среде. Клетки живого организма живут в межклеточной жидкости, физиологические условия и химический состав которой весьма стабильны.

Термин «внутренняя среда» (*milieu interieur*) впервые употребил французский гистолог Шарль Робен. Концепция о «постоянстве внутренней среды организма» создана К. Бернаром (Bernard, C., 1878, цит. Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 20).

Французский ученый Клод Бернар (1813-1878) результаты своих изысканий, обобщений и выводы изложил в лекциях о проявлениях жизни у животных и растений. К. Бернар в 1854-1878 годах сформулировал концепцию о значении постоянства внутренней среды организма, которая послужила в современной биологии и медицине основой учения о гомеостазе.

Лекции К. Бернара вышли в свет в 1878 году (Горизонтов, П.Д., 1981; Нефедов, В.П., ред., 1983; 1992; Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991; Наточин, Ю.В., 2002; Фомин, Н.А., 2003).

В своих лекциях К. Бернар (1878) писал: «Я первый стал настаивать на той идее, что для животного есть собственно две среды: одна среда внешняя, в которой помещен организм, а другая среда внутренняя, в которой живут элементы тканей. Существование животного происходит не во внешней, а во внутренней среде, которую составляет органическая жидкость, окружающая и питающая все анатомические элементы тканей; эта лимфа или плазма, жидкая составляющая часть крови, которая у высших животных проникает в ткани и составляет совокупность всех промежуточных жидкостей, выражение всех местных питаний, источник и слияние всех элементарных обменов... Постоянство внутренней среды есть условие свободной, независимой жизни. Это достигается посредством процесса, который поддерживает во внутренней среде все условия, необходимые для жизни элементов... Постоянство среды предполагает такое совершенство организма, чтобы внешние перемены в каждое мгновение компенсировались и уравнивались. Следовательно, высшее животное относится к внешнему миру вовсе не индифферентно, напротив, оно находится в тесном и строгом отношении к нему, так что его равновесие вытекает из постоянной и тонкой компенсации, устанавливаемой как бы самыми чувствительными весами» (цит.: Кассиль, 1983, с. 9; Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 20).

К. Бернар считал, что «жизнь не прекращается даже при резких изменениях условий окружающей среды. При этом органы и ткани функционируют примерно одним и тем же способом, без значительного изменения уровня их активности.... Таким образом, у каждого высокоорганизованного животного имеются две среды: внешняя, в которой находится организм, и внутренняя, в которой живут элементы тканей. Под внутренней средой Бернар понимал жидкую среду организма, которая омывает все элементы тканей – плазму крови, лимфу, межклеточную жидкость. Резюмируя, автор пришел к основному заключению, что постоянство внутренней среды является условием свободной и независимой жизни... Основными внешними условиями, необходимыми для жизни, Бернар считал следующие компоненты: воду, кислород, соответствующую температуру и химические вещества, нужные для построения и восполнения постоянно разрушающихся элементов организма, и наличие необходимого количества резервов» (цит. Горизонтов, П.Д., 1981, с. 7).

В 1929 году У.Б. Кеннон (1871-1945) предложил термин гомеостазис (от греческого *homois* – подобный, *stasis* – неподвижность) для описания совокупности физиологических реакций, обеспечивающих постоянство внутренней среды организма при действии бесчисленных внешних и внутренних возмущающих влияний (Cannon, W.B., 1929, цит. Наточин, Ю.В., 2002).

Несколько позднее У.Б. Кеннон (Cannon, W.B., 1932, с. 5) писал по этому поводу: «Постоянные условия, которые поддерживаются в теле, могут быть названы равновесием. Это слово, впрочем, имеет довольно точное значение, если говорится об относительно простых

физико-химических состояниях в закрытых системах, где сбалансированы известные силы. Согласованные физиологические процессы, которые сохраняют большинство устойчивых состояний в организме, так сложны и своеобразны у живых существ, – включая, возможно, мозг, нервы, сердце, легкие, почки, селезенку, действующие совместно (взаимодействующие), – что я предложил особое определение этих состояний, гомеостазис. Это слово не предполагает что-либо постоянное или какое-то застойное явление. Оно означает условие, которое может изменяться, но которое относительно постоянно» (Лищук, В.А., 1992, с. 5).

К. Бернар выделял в природе три формы жизни: латентную, осциллирующую, постоянную или свободную жизнь.

Латентная жизнь – это такое состояние, когда жизнь внешне не проявляется, происходит полное подавление обмена. Осциллирующая жизнь, или жизнь, зависящая от внешней среды. Постоянная или свободная жизнь характерна для животных с наиболее высокой организацией. У этих животных жизнь не прекращается даже при резких изменениях условий окружающей среды, так как внутренняя среда, окружающая органы и ткани, не меняется (Горизонтов, П.Д., 1981, с.7).

Причем К. Бернар подчеркивал, что независимость проявлений внутренней жизни иллюзорна; наоборот, в механизмах постоянной, или свободной жизни взаимоотношения внутренней и внешней среды являются наиболее тесными и наиболее очевидными.

«Термин «гомеостаз» не обозначает простого постоянства химических или физико-химических свойств организма. Этим термином Кеннон прежде всего обозначал физиологические механизмы, обеспечивающие устойчивость живых существ. Эта особая устойчивость не характеризуется стабильностью процессов – они постоянно меняются, однако в условиях «нормы» колебания физиологических показателей ограничены сравнительно узкими пределами. Явления гомеостаза могут служить хорошим биологическим примером диалектического единства противоположностей: постоянства и изменчивости. Давая характеристику исторической основы учения о гомеостазе, следует сказать, что явление гомеостаза по существу представляет собой эволюционно выработавшееся наследственно закрепленное адаптационное свойство организма к обычным условиям окружающей среды. Однако эти условия могут кратковременно, а иногда и длительно выходить за пределы «нормы»» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 9).

«Любой вид адаптации создается на основе механизмов гомеостаза. Эти механизмы могут быть крайне разнообразными: локальными, системными или могут протекать на уровне целостного организма. Локально или системно возникающие реакции играют решающую роль главным образом в сохранении физиологических констант. Механизмы гомеостаза целостного организма направлены на устранение вредоносного действия или на появление необычных структурных форм или новых констант на других уровнях реагирования»... «Понятие гомеостаза означает не только известное постоянство различных физиологических констант организма. Оно включает процессы адаптации и координации физиологических процессов, обеспечивающих единство организма, как в норме, так и при изменившихся условиях его существования» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 11).

Как указывалось выше «По К. Бернару, основными условиями, которые должны постоянно поддерживаться в жидкой среде организма в определенных параметрах, являются вода, кислород, температура и питательные вещества». И далее...У. Кеннон (1929) «считал необходимым расширить этот список и привел свою классификацию:

А. Материалы, обеспечивающие клеточные потребности.

1. Материалы, необходимые для образования энергии, роста и восстановления, – глюкоза, белки, жиры.

2. Вода.

3. Хлорид натрия, кальций и другие неорганические вещества.

4. Кислород.

5. Внутренняя секреция.

Б. Окружающие факторы, влияющие на клеточную активность.

1. Осмотическое давление.
2. Температура.
3. Концентрация водородных ионов» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 11).

П. Д. Горизонтов далее отмечает: «приведенная выше классификация, безусловно, должна быть расширена с учетом механизмов, обеспечивающих структурное постоянство внутренней среды организма. Уместно внести следующие дополнения:

В. Механизмы, обеспечивающие структурное и функциональное единство организма.

1. Наследственность.
2. Регенерация и репарация.
3. Иммунобиологическая реактивность».

Перечень материальных информационно-энергетических составляющих, определяющих и влияющих на гомеостаз внутренней среды биологических систем можно значительно расширить. К ним можно отнести взрывы сверхновых звезд во Вселенной, магнитные бури и циклы активности звезд и звезды Солнце, корпускулярные космические потоки, электромагнитные и гравитационные поля, скорость движения Земли и Солнечной системы в галактике и скорость вращения Земли вокруг собственной оси. Влияет на гомеостаз содержание и концентрация всего спектра изотопов химических элементов, устойчивых и радиоактивных во внешней среде и пищевой цепочке, появление в окружающей среде и увеличение возможности контакта биологических систем с веществами, обладающими мутагенными и тератогенными свойствами, с источниками ионизирующих излучений и т.д.

«Гомеостаз – так ученые называют стремление к равновесию, то есть существованию вопреки изменениям, – создал известковые и хитиновые скелеты, противодействующие силе тяжести, обеспечил подвижность посредством ног, крыльев и плавников, облегчил пожирание с помощью клыков, рогов, челюстей и пищеварительных систем и в то же время защитил от пожирания панцирями и камуфляжами и дошел на этом пути освобождения от внешней среды до регуляции, обеспечивающей постоянство температуры тела...». И далее Станислав Лем замечает: «но биологическая эволюция этим не ограничивается. Из организмов, из различных типов, классов и видов животных и растений она строит в свою очередь еще более сложное целое – уже не острова, а целые «континенты» гомеостаза, формируя поверхность и атмосферу всей планеты»...(Лем, С., 1968, цит. Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 11).

В настоящее время существует несколько точек зрения на понятие «гомеостаз». Классическое понимание введено в науку К. Бернардом и У. Кенноном. Классическое определение гомеостаза: «Гомеостаз – это относительное постоянство внутренней среды организмов и других биосистем в процессе их функционирования и при наличии внешних и внутренних возмущений» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 6).

«Уменьшительное» определение понятия гомеостаз: «Гомеостазом имеет право именоваться только «абсолютное постоянство» каких-либо переменных во внутренней среде, а идеалом было бы неизменное равенство каждого из показателей некоему заданному «нормативному» значению»... «При этом часто подразумевается, что гомеостаз – форма постоянства, осуществляемая исключительно системой отрицательной обратной связи по рассогласованию («регулирование по установке»)»... Крайняя позиция в «уменьшительной трактовке гомеостаза сводится к утверждению: гомеостаза нет вообще» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 7).

«Расширительное» определение понятия гомеостаз: «Под понятие гомеостаза при таком подходе часто попадают многие другие свойства, связанные с их самосохранением: устойчивость (в том числе и простая устойчивость по Ляпунову), надежность, целесообразность и т.п. В работах по физиологии в этой связи часто говорят и о «постоянстве функции», причем это постоянство ставится в параллель с постоянством внутренней среды.

Такое расширение понятия «гомеостаз» сегодня вряд ли можно признать обоснованным: основной линией развития концепции гомеостаза остается именно постоянство состояния, а не

процессов. Гибкое, реагирующее на изменения внешней среды и текущих потребностей системы, но все же постоянство состояния ее внутренней среды.

Этому есть две причины. Во-первых, сам термин «гомеостаз» «по определению» относится не к процессам, а к состояниям («стазис», а не «рео»). Во-вторых, и это самое главное, функция биосистем вовсе не постоянна» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 8).

К.Х. Уоддингтон (1970) считает, что попытки включения жизненных процессов в круг «гомеостатируемых» явлений, связанные с заменой термина «гомеостаз» более, так сказать, широким – «гомеорез» успехом не увенчались. Но «именно гомеостаз – постоянство внутренней среды – вместе с постоянством структуры и включаемых механизмов управления есть гарант выполнения жизненных процессов во всем их непостоянстве и многообразии». Такова позиция С.А. Загускина (1991, с. 51, 220).

«Но в расширительной трактовке гомеостаза есть и еще одна линия, которая связана с интерпретацией понятия «состояния системы». В исходном определении У. Кеннона (Cannon, 1932) состояние организма понималось как набор физических и химических констант для межклеточной жидкости. Постоянство их обеспечивают координированные физиологические процессы, протекающие в различных тканях и органах, работающих совместно. Структура клеточных образований, тканей этих систем и органов, их внутреннее устройство выступало у Кеннона в качестве стабильных и постоянно действующих факторов, механизмов поддержания гомеостаза.

Суть той расширительной линии, о которой идет сейчас речь, связана как раз с включением в число «гомеостатируемых» переменных различных характеристик самих организменных структур. Такое расширение концепции гомеостаза происходит во многом неосознанно, стихийно, можно даже сказать – «явочным порядком».

Самое интересное, что с принципиальной точки зрения такое расширение границ применимости концепции гомеостаза никаких возражений вызывать не может. Действительно, разница между переменными, относящимися к структуре системы и к ее функции, методологически субъективна и определяется только точкой зрения исследователя» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 8-9).

«Общая концепция гомеостаза в наибольшей степени удовлетворяет потребности в синтетическом представлении существа физиологических и патологических процессов. Вместе с тем знакомство с литературой показывает, что гомеостаз как синтетическое представление распространяется на частные механизмы его поддержания. Этому способствовали исследования, показавшие, что основанное на принципе саморегуляции поддержание относительного динамического постоянства, вопреки возмущающим экзо- и эндогенным воздействиям, оказалось характерным не только для внутренней среды организма, но и для ДНК, клеток органов и систем органов, участвующих в гомеостатических реакциях. Последовало введение таких понятий, как гомеостаз газовый, кислотно-щелочной, осмотический, микроциркуляторный, иммунологический, клеточный и т.д.» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 221).

В настоящее время проводятся работы по изучению гомеостаза на клеточном и тканевом уровне, на уровне систем организма, целостного организма и при использовании технических средств поддержания жизни (Саркисов, Д.С., 1981; Ткаченко, Б.И., 1981; Веселкин, П.Н., 1981; Бочков, Н.П., Иванов, В.И., 1981; Гусев, С.Д., Арутюнян, С.А., Якимов, С.П., 1983; Виленчик, М.М., 1991; Ларин, Ю.С., 1991; Онищенко, Н.А., 1991; Горский, Ю.М., 1991; Нефедов, В.П., 1992 и т.д.).

Сами исследователи К. Бернар и У. Кеннон, введшие в науку понятие о постоянстве внутренней среды организма – гомеостаз, и не предполагали такого успеха своего научного открытия. Они собственно и не располагали теми знаниями, какими располагают современные естествоиспытатели. К. Бернар и У. Кеннон поставили «телегу впереди лошади». Обнаружив постоянство внутренней среды, они определили основные константы внутренней среды, материалы, обеспечивающие клеточные потребности, и окружающие факторы, влияющие на

клеточную активность. Поэтому подчиняясь вектору инерции в научных исследованиях и величине авторитетов, а ведь К. Бернар и У. Кеннон безусловно являются научными авторитетами и в течение почти 100 лет исследователи изучали именно показатели гомеостаза. Метаболические процессы и программы их обеспечивающие, от которых собственно и зависит гомеостаз внутренней среды организма, оставались в тени, не изучались. А ведь гомеостаз внутренней среды организма является продуктом, функцией метаболических процессов. Интенсивность метаболических процессов определяется индивидуальной генетической программой и характеристиками внешней среды, в которой находится биологическая система. То есть необходимо было изучать метаболические процессы, чтобы понять механизмы гомеостаза внутренней среды организма. И лишь последние 30-40 лет началось интенсивное изучение именно метаболических процессов, генетических структур, факторов внешней среды, которые собственно и могли объяснить, в той или иной степени, как механизмы гомеостаза, так и функционирование биологической системы во внешней среде.

Каскад нейроэндокринных взаимодействий невозможен без внутренней среды (гомеостатической системы) биологического объекта. В клетках диффузной эндокринной системы (ДЭС) и диффузной нейроэндокринной системы (ДНЭС), расположенных в различных тканях, органах, в нервной системе и нервных элементах этих тканей, синтезируются различные биологически активные вещества. Вещества, синтезируемые в клетках ДЭС и ДНЭС, могут выступать в роли классических циркулирующих в крови гормонов (аутокоидов), действующих на расстоянии (аутокринная, аутокоидная, эндокринная функция), или локальных гормонов, оказывающих модулирующее действие на окружающие клетки (паракринная функция).

Группу местных регуляторов (биогенных аминов, аутокоидов), обладающих функцией гормонов, составляют: эндотелин, простагландин F_{2a} , простагландин E_2 , простагландин I_2 , тромбоксан A_2 , эндотелий гиперполяризующий фактор, катехоламины, серотонин, мелатонин, брадикинин, гистамин и т.д. Основными регуляторными пептидами являются: вещество Р, кальцитонин-ген-родственный пептид, опиоидные пептиды, инсулин, соматостатин, нейротензин и т.д. Многие из полипептидов (цитокины, цитокинины, цитомедины) образуются лимфоцитами, некоторыми макрофагами, эндотелием, и клетками других типов. Цитомедины – универсальные комплексы регуляторных пептидов многоклеточных систем. Цитокинины – полипептиды. Цитокины – физиологически активные вещества, обеспечивающие взаимодействие клеток иммунной системы с клетками ряда органов и тканей. Цитокины делят на пять классов: 1) воспалительные, 2) противовоспалительные, 3) вызывающие рост и дифференцировку лимфоцитов, 4) гемопоэтические, 5) факторы роста клеток мезенхимы. Комплексы регуляторных пептидов осуществляют информационный обмен между генами и межклеточной средой. Регуляторные пептиды играют ключевую роль в поддержании гомеостаза и определяют основные параметры реакций организма на разнообразные воздействия. Всего идентифицировано более 1000 биологически активных молекул.

Аутокоиды, биогенные амины, цитокины (цитокинины, цитомедины) – эндогенные гуморальные регуляторные агенты, молекулы-посредники, информоны, сигнальные молекулы и т.д. (тезаурус не определен) осуществляют свою аутокринную (аутокоидную) и паракринную регуляцию циркулируя во внеклеточной среде.

Локальное накопление во внеклеточной жидкости биологически активных молекул неизбежно приводит к микроциркуляторным нарушениям, гипоксии, развитию метаболического ацидоза и другим нарушениям обменных процессов в разных клетках, в том числе – регуляторах гомеостаза. Конечным результатом может стать дезорганизация нейрогуморального регулирования функциональных параметров сосудистой системы и формирование порочного круга, усиливающего первоначальные повреждения (Наточин, Ю.В., 2002; Трофимов, А.В., Князькин, И.В., Кветной, И.М., 2004; Кветная, Т.В., Князькин, И.В., 2004).

Внутренняя среда биологического объекта является в том числе, и материально-энергетически-информационной транспортной структурой, в которой происходят гуморальные

и клеточные реакции и процессы, координирующие деятельность клеток, тканей, органов, систем органов, организма. Все компоненты этой транспортной структуры находятся в постоянном движении, перемещении, перемешивании.... В эту внутреннюю среду погружены клеточные «ансамбли» органов, тканей, в том числе и кровеносной и лимфатической систем, которыми она же и «дирижирует» с помощью сигнальных молекул (аутокоидов, цитокинов) и физико-химических условий околоклеточной среды. Это не просто транспортная структура это – орган с определенным набором рецепторов, биологически активных молекул, белков, жиров, углеводов, изотопов химических элементов, клеточным составом и функциями.... Это и каскадный процесс свертывания крови (гемостаз), постоянно идущие процессы формирования иммунного ответа (иммуностаз), физиология и патология регуляции биологических ритмов, вопросы локальной координации клеточных функций, в том числе и тех клеточных функций, которые возникают в ответ на чрезмерные нервно-психические, физиологические, биохимические, физико-химические нагрузки. Внутренняя среда биологического объекта – материально-энергетически-информационная структура – это орган, координирующий и управляющий биологическим объектом. Это «стража» биологического объекта, орган, отвечающий за иммунитет. Это орган действия, адаптации, прогноза и программирования действия во времени. Орган, достаточно сложно структурированный и состоящий из внеклеточного пространства и «встроенных» в него кровеносной и лимфатической систем...

Термин «гомеостаз» сам по себе неспецифичен. Этот удобный термин отделился от своего первоначального предназначения, приобрел самостоятельность и «гуляет сам по себе»: используется для обозначения систем, имеющих определенные количественные характеристики и функционирующих в определенном диапазоне, интервале показателей (переменных). Этим термином обычно обозначают относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды, устойчивость основных физиологических функций организма. В настоящее время понятие «гомеостаз» применяют к биоценозам (сохранение постоянства состава и числа особей), в генетике, кибернетике. Для неживой материи стремление сохранить свой гомеостаз, выражен в принципе Ле Шателье (принцип подвижного равновесия). Гомеостаз является одной из трех основных составляющих процесса самоорганизации материи (Хорошавина, С.Г., 2002, с. 281). Так или иначе, термин гомеостаз уже используется представителями многих наук, в том числе в психологии, социологии и т.д. (Горизонтов, П.Д., ред., 1981; Нефедов, В.П., ред., 1983; 1991; 1992 и т.д.).

Итак, гомеостаз присущ любому существу, любой живой системе, физическому объекту..., функционирующему в диапазоне переменных, определяющих и ограничивающих сущность системы, объекта.... Стремление к гомеостазу – мощнейший фактор эволюции. Живые системы – это всегда открытые системы. Живым системам свойственен обмен энергией и веществом с внешним миром, без которого они существовать не могут. Живые системы связаны с внешним миром механизмом обратной связи. Механизм обратной связи – это реакция системы на внешнее воздействие. Существуют отрицательные обратные связи, которые поддерживают гомеостаз, то есть компенсируют внешнее воздействие, и положительные обратные связи, которые ухудшают стабильность системы, способствуют процессам, интенсифицирующим естественный отбор.

«В процессах саморегуляции решающую роль играет обратная связь, что означает влияние выходного сигнала на управляющую часть системы. Различают отрицательную (–) и положительную (+) обратную связь. Отрицательная обратная связь уменьшает влияние входного воздействия на величину выходного сигнала. Положительная обратная связь обладает противоположным свойством – она увеличивает действие входного сигнала... если отрицательная обратная связь способствует восстановлению исходного уровня, то положительная связь чаще уводит систему все дальше от исходного состояния. Вследствие этого не происходит надлежащей коррекции процесса, и это может послужить причиной возникновения, так называемого порочного круга, хорошо известного патологам. Однако на основе этого нельзя считать, что в принципе любые обратные связи могут быть основой

саморегулирования. Все виды саморегуляции действуют по одному принципу: самоотклонение от базального уровня служит стимулом к включению механизмов, корректирующих нарушение.

На этот принцип в работе организма впервые обратил внимание П.К. Анохин еще в 1935 году, назвав этот эффект обратной афферентацией. Она служит для осуществления приспособительных реакций» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 16).

П.К. Анохин (1898-1974) считает: «каждый организм представляет собой динамическое сочетание устойчивости и изменчивости, в котором изменчивость служит его приспособительным реакциям и, следовательно, защите его наследственно закрепленных констант» (Анохин, П.К., 1975; 1980). Теория «функциональных систем» П.К. Анохина, определяет функциональные системы организма как саморегулируемые уровни нервной и эндокринной систем, действие которых направлено на достижение определенных полезных для организма, приспособительных результатов. Ведущая роль саморегуляции принадлежит так называемой обратной связи. Классическое звено, трехчлен – рефлекторная дуга (аффлектор – анализатор – эффлектор) П.К. Анохин дополнил четвертым звеном – обратной афферентацией (Анохин, П.К., 1968; 1970; 1975; 1980).

Принцип обратной связи всегда присутствует в основе функционирования всех природных объектов, лежит в основе теории информации, является обязательным во всех процессах самоорганизации, адаптации живого к изменяющимся условиям обитания. Принцип обратной связи является основополагающим фактором гомеостаза.

Одной из особенностей любого из важнейших эволюционных процессов, протекающих в живом мире, является противоречие между тенденциями к стабильности, то есть сохранению гомеостаза, укреплению отрицательных обратных связей, и тенденциями к поиску новых, более рациональных способов использования внешней энергии и вещества, то есть укреплению положительных обратных связей (Хорошавина, С.Г., 2002).

«Живой организм представляет собой пример ультрастабильной системы, которая осуществляет активный поиск наиболее оптимального и наиболее устойчивого состояния, что выражается в адаптации, т.е. в удержании переменных показателей организма в физиологических пределах, несмотря на изменения условий существования. Ультрастабильность биологических и технических систем объясняется многоконтурностью систем. Это означает, что один и тот же управляемый процесс может регулироваться несколькими управляющими системами благодаря наличию связей между ними или возникновению цепной реакции» (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 17-18).

«Эта устойчивость биологических систем достигается многоконтурностью систем управления, дублированием функций, а также иерархичностью своей организации. Уровни иерархии систем могут рассматриваться в разных аспектах и масштабах». (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 30).

«Таким образом, говоря о разных уровнях биосистем и о гомеостазе на каждом таком уровне, следует иметь в виду две стороны гомеостатических процессов. Во-первых, гомеостаз «для себя», т.е. набор средств и способов поддержания собственного постоянства. Во-вторых, участие механизмов данного уровня в формировании гомеостаза биосистемы следующего, более высокого уровня.... Эта двойственность, столь характерная для механизмов управления в биосистемах вообще, приводит к своего рода иерархии ценностей: поддержание гомеостаза высшего уровня организации биосистем может обеспечиваться за счет его нарушения на нижних уровнях.... Итак, в организации живой природы мы имеем дело с пирамидой гомеостатических биосистем, сложным образом взаимодействующих между собой. Гомеостаз каждого уровня дает свой вклад в поддержание жизни на этом уровне и тем самым формирует следующий уровень организации жизни со своими собственными, уже более мощными гомеостатическими механизмами.... В основании этой пирамиды находится живая клетка. Жизненные процессы в клетке – это совокупность биофизических и биохимических процессов перемещения веществ и их химического преобразования – синтеза и сборки биополимерных молекул» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 11-12).

Схема иерархии управления живых организмов какого-либо вида (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 19) выглядит следующим образом: вид (элемент биоценоза, система организмов) → организм (элемент вида, система органов) → орган (элемент организма, система клеток) → клетка (элемент органа, система органелл) → органеллы (элемент клетки, система субмикроскопических структур).

Эту схему можно продолжить и говорить об управлении на молекулярном уровне, когда речь идет о молекулах как об элементах химического состава ядра и цитоплазмы; на субмолекулярном уровне, то есть о возможности регулирующих влияний на процессы образования и передачи электронов – как об элементах состояний молекулярного состава.

Молекулы и субмолекулярные образования биологических систем состоят из изотопов химических элементов и элементарных частиц, функционируют в содружестве и взаимодействии с изотопами химических элементов, элементарными частицами, электромагнитным, гравитационным полями, как структурными основными информационно-энергетическими единицами и биологических систем и внешней среды.

Уровни иерархии систем могут анализироваться в разных аспектах и масштабах. Например, в приведенной выше схеме рассмотрена проблема иерархии в плане вида. Однако можно трактовать иерархию в аспекте свойств саморегуляции и самоорганизации целостного организма потому, что состояние и свойства организма не являются простой суммой всех его систем.

Функционирование систем данного уровня во многом представляет собой механизм формирования гомеостаза следующего более высокого уровня организации. Например: «Клетки почек пользуются механизмами внутривисцерального гомеостаза для обеспечения эффективной работы органа. Сама же функция почки – вклад в гомеостаз системы следующего уровня – организма. И здесь происходит самое интересное, замыкается «положительная обратная связь»: биосистема низшего уровня пользуется услугами гомеостаза системы высшего уровня!.. В нашем примере организменный гомеостаз ставит саму почечную систему в выгодную ситуацию, улучшая ее собственные механизмы гомеостатирования внутренней среды» (Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 10).

Сущность гомеостаза непосредственно связана с категорией жизни. Согласно определению Клиффорда Гробстайна (1968, с. 17, цит. Нефедов, В.П., Ясайтис, А.А., Новосельцев, В.Н. и др., 1991, с. 215) «жизнь – эта макромолекулярная система, для которой характерна определенная иерархичность организации, а также способность к воспроизведению, обмен веществ и тщательно регулируемый поток энергии, – являет собой центр упорядоченности в менее упорядоченной Вселенной».

Организация живого есть единство структуры как медленного процесса большой продолжительности и функции быстрых процессов короткой продолжительности (Сетров, М.И., 1971).

5.4 Гомеостатическая емкость химических элементов в биологических объектах и эволюция живого

«Организм здорового человека обладает достаточно четкой самоорганизующей системой гомеостаза, в которой определенную роль играют и микроэлементы (МЭ). Их уровень в крови и тканевой жидкости подчиняется определенным физиологическим закономерностям. Для большинства МЭ основными регуляторными механизмами гомеостаза являются процессы всасывания, преимущественно из желудочно-кишечного тракта, а также экскреция их с мочой и калом» (Авцын, А.П., и соавторы, 1991, с. 40).

А.П. Авцын (1972; 1989; 1991) приходит к выводу: «что поступление, метаболизм, специфическое накопление и выведение МЭ регулируется специальной биологической системой микроэлементного гомеостаза (БСМЭГ).

Основные элементы этой системы представлены ниже.

I. Входной путь БСМЭГ.

1. Наследственное обеспечение возникающего организма МЭ.
2. Транспланцентарное обеспечение... МЭ.
3. Постнатальное обеспечение организма МЭ: а) через пищеварительный тракт; б) через органы дыхания; в) через кожу; г) через гениталии у женщин; д) другие пути поступления МЭ.

II. Внутренний отдел БСМЭГ.

1. Специфические и неспецифические рецепторы и сайты.
2. Специфические и неспецифические лиганды. Металлотионеины.
3. Пути транспорта МЭ в организме (с кровью, лимфой, желчью, спинномозговой жидкостью...).
4. Абсорбция, ее главные зоны и аппараты. Ферменты.
5. Ферменты МЭ-содержащие и МЭ-зависимые. Метаболизм.
6. Тканеспецифическое и неспецифическое накопление.

III. Выводящие пути БСМЭГ.

1. Кишечник, включая специальный аппарат концентрации и выведения Zn и других металлов клетками Панета.
2. Почки.
3. Потовые, сальные железы, секреты, волосы...
4. Другие пути элиминации.

IV. Высшие регуляторные влияния на БСМЭГ.

1. Генетическая программа организма в каждой живой клетке.
2. Гипоталамус и гипофиз.
3. Стволовые и спинальные регуляторные аппараты.
4. Симпатическая и парасимпатическая нервная система.
5. Эндокринные железы.
6. Диффузная нейроэндокринная система.
7. Система иммунного гомеостаза.
8. Другие регуляторные влияния».

Это исчерпывающая схема гомеостаза изотопов химических элементов. В ней перечислены и учтены практически все программы жизнеобеспечения и развития биологического объекта, процессы и реакции в нем происходящие.

Итак, организм человека «обладает достаточно четкой саморегулирующей системой гомеостаза» (Авцын, А.П., 1972; 1989; 1991), в которой есть генетическая программа, процессы и реакции биологического объекта, обеспечивающие его рост, жизнедеятельность и воспроизводство благодаря свойствам 16 изотопов 6 химических элементов-органогенов. Аттрактором самоорганизации и генетической программы самовоспроизводства любого

биологического объекта являются изотопы углерода. Жизнедеятельность биологического объекта осуществляется благодаря отрицательным и положительным обратным связям. С этой точки зрения биологический объект следует рассматривать как сложнодинамическую, саморегулирующуюся, самоалгоритмизирующуюся, самопрограммирующуюся систему. Гомеостаз внутренней среды биологической системы осуществляется с помощью содружества и взаимозависимости, взаимоподчинения и взаимоисключения, синергизма и антагонизма целого ряда физиологических, биофизических и физических процессов, биохимических, бионеорганических, физико-химических реакций многочисленными, разнонаправленными между собой корреляционными связями. Слабостью БСМЭГ А.П. Авцына является отсутствие учета количества и качества материальных, информационно-энергетических характеристик изотопов химических элементов. С этой точки зрения – это односторонняя система.

В.В. Добровольский (1983) сформулировал следующее понятие: если в морской воде вдвое увеличить количество Na, в воздухе – O, в почве – N, это приведет к существенному изменению свойств перечисленных сред. Содержание микропримесей колеблется в более широком диапазоне, чем главных химических элементов, если содержание микропримесей увеличится в 10 раз, то это не вызовет изменений в главных свойствах ни воды, ни атмосферы, ни почвы. Концентрация рассеянных элементов в окружающей среде может изменяться в десятки и сотни раз сильнее, чем главных, не вызывая изменений в основных свойствах ни воды, ни атмосферы, ни почвы, ни биологических объектов. Неравномерность, мозаичность распространенности химических элементов в окружающей среде объясняет сущность биогеохимических провинций, геохимических аномалий....

Формирование химического элементарного состава живой материи происходило в течение химического и биологического этапов эволюции живого (биокомпьютеров с системами воспроизводства и жизнеобеспечения). Формирование химического элементарного состава живого вещества, животных организмов происходит параллельно эволюции химического состава атмосферы (который за время существования планеты Земля $4,6 \cdot 10^9$ лет значительно изменился и изменится в будущем – это наиболее динамичная сфера), химического элементарного состава литосферы (земной коры, или еще уже – почвы), химического элементарного состава океанической воды (морской и пресной воды).

Содержание макроэлементов в различных средах (до 10^{-2} – это O, C, H, N, Cl, P, K, S, Ca, Na, Si, Mg) во всех средах мало изменяется и составляет от 99 до 99,9 вес % любой системы. Остальные элементы в любых объектах, как внешней среды, так и животных организмов в норме в вес % могут изменяться в несколько раз, в 10 и 100 и более раз.

По данным G. Bertrand (1912, цит. Авцын, А.П., и соавторы, 1991) ответ организма на действие эссенциальных МЭ проходит несколько стадий по мере того, как концентрация «эссенциального питательного вещества» увеличивается от состояния недостаточности до состояния, характеризующегося избыточным содержанием. При ограниченном поступлении «эссенциального вещества» организм выживает, но при этом появляются признаки «пограничного дефицитного состояния». По схеме G. Bertrand с увеличением приема питательного вещества его содержание в организме достигает плато. Этот диапазон доз (плато) сопровождается оптимальным функционированием организма. По мере того как изучаемое вещество начинает поступать в избытке, возникает состояние «маргинальной токсичности», а затем и проявление «летальной токсичности».

W. Mertz (1982) делает вывод (из схемы Bertrand G.):

- 1) каждый элемент имеет присущий ему диапазон безопасной экспозиции, который поддерживает оптимальные тканевые концентрации и функции;
- 2) у каждого МЭ имеется свой токсический диапазон, когда безопасная степень его экспозиции превышена.

E. Frieden (1984) отмечает, что указанная тенденция в количественном отношении (в диапазоне доз) может варьировать для каждого эссенциального элемента. Однако ее основные слагаемые до сих пор остаются практически неизменными для всех элементов.

А.А. Кист (1973) приходит к выводу, что если существуют некие верхние пределы химизма внешней среды при условии нормального функционирования живого организма, то должны существовать и нижние. О наличии их свидетельствуют тяжелые заболевания организмов в условиях пониженного содержания некоторых химических элементов в элемент дефицитных биогеохимических провинциях. Резкая недостаточность, как и повышенное содержание химических элементов, может привести животный организм к гибели.

А.А. Кист (1967; 1973) считает, что между нормальным содержанием химического элемента в организме и избыточным есть обратная связь. Для выражения токсичности химического элемента им предложена величина – относительная летальная токсичность (ОЛТ), численно равная отношению концентрации (С норм. г/100г) в нормальном организме, к концентрации токсической дозы (С лет. г/100г) химического элемента, при условии равномерного распределения всего введенного количества элемента в организм:

$$ОЛТ = \frac{С_{норм.г./100г}}{С_{лет.г./100г}}$$

Оказалось, что незначительное увеличение концентрации макроэлемента (О, Н, Na, К, Cl и т.д.) приводит организм к гибели. Например, для проявления летального действия таких химических элементов, как натрий, калий, фосфор, железо и т.д., необходимо повысить их концентрацию над нормальной менее чем на 1/50-1/1000. В то же время, по отношению к таким токсическим элементам, как галлий, сурьма, теллур, ртуть, серебро, организм человека толерантен, и для его гибели необходимо создать дополнительную концентрацию, превышающую нормальное содержание химического элемента в организме почти в 1000 раз. Автор делает вывод: химические элементы, присутствующие в организме в больших концентрациях, по относительной токсичности более ядовиты, чем в общепринятом понимании высоко токсичные, и предлагает для записи найденного им эффекта следующее уравнение:

$$\lg ОЛТ = 1,2 \cdot \lg C + 3,6,$$

где С – концентрация химического элемента в организме.

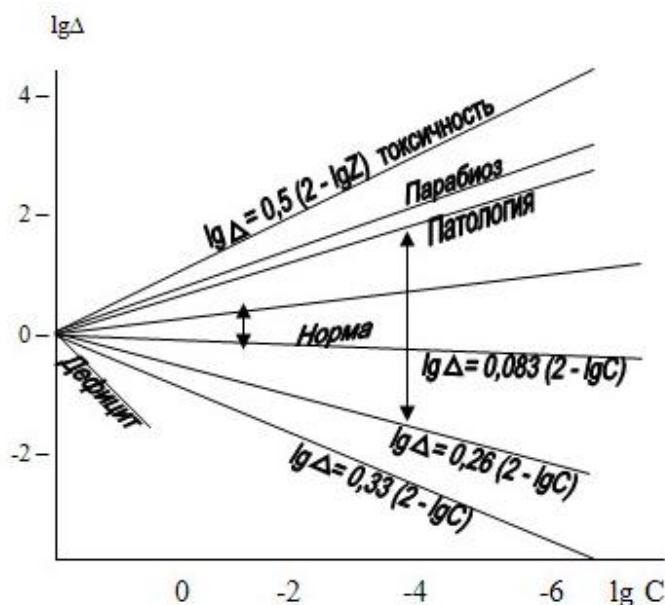


Схема 5.4.1 Концентрационные интервалы для организма человека (Кист, А.А., 1973)

И далее, А.А. Кист (1973) высказывает предположение о существовании аналогичной зависимости и в случае дефицита химических элементов: чем ниже нормальная концентрация химического элемента в животном организме (и в биогеохимической пищевой цепочке химических элементов), тем больше ее колебания в сторону уменьшения (дефицит) могут быть перенесены животным организмом без заметного ущерба.

На схеме 5.4.1 представлены концентрационные интервалы для организма человека. На оси абсцисс – десятичный логарифм концентрации химических элементов в организме человека ($\lg C$). На оси ординат – десятичный логарифм концентрационного интервала ($\lg \Delta$).

А.А. Кист считает, что для химических элементов существуют интервалы (схема 5.4.1) биотических (нормальных) и абиотических (патологических) концентраций. Все интервалы в первом приближении ограничены прямыми, являющимися функцией от среднего содержания в животном организме, вне зависимости от индивидуальных свойств химических элементов. Чем сложнее и организованней биологическая система, тем меньше угол раскрытия. Автор предполагает, что границы интервалов симметричны относительно оси средних содержаний.

При подробном рассмотрении общих закономерностей связи элементарного состава внешней и внутренней сред учеными установлено, что во всех природных системах (и объектах) концентрация элемента уменьшается с увеличением его относительной массы или порядкового номера (заряда) (Кист, А.А., 1987).

Граница между нормой и патологией определяется (схема 5.4.1) и атомным номером химического элемента, и закономерностями застройки электронных орбит химических элементов.

Имеются лишь два параметра – токсичность и количество выпиваемой вода (водопотребление) в зависимости от содержания в ней растворенного химического элемента, для которых обнаружена закономерная связь величины эффекта с положением воздействующего элемента в периодической системе Д.И. Менделеева.

Изучению токсических свойств химических элементов в связи с их положением в периодической системе посвящено значительное количество работ. Вес исследования, посвященные этому вопросу, можно условно разделить на две группы:

1 – изучение токсических свойств в зависимости от свойств ядра атома (порядковый номер, атомный вес);

2 – изучение токсических свойств элементов в зависимости от их ядерно-орбитальных свойств.

Целым рядом авторов отмечается увеличение токсичности элементов с ростом атомного веса, порядкового номера, в токсикологии существует даже понятие – «отравление тяжелыми металлами» ([цит. Левина, Э.Н., 1972: Richet, C., 1882; Blake, J.J., 1884; Rambuteau, 1892]; Николаев, М.П., 1948; Войнар, А.О., 1953; 1955; 1960 и т.д.). Собственно это связь не закономерна, скорее есть лишь тенденция со многими исключениями. Четкой связи, как показано этими авторами, нет и, возможно, не должно быть. Объясняется это вероятно тем, что токсичность химического элемента определяется весовой дозой, которая в свою очередь должна преломляться не только через порядковый номер элемента (или атомный вес), но и зависеть от содержания элементов в организме, содержание элемента в организме (точнее живом веществе), как доказано А.П. Виноградовым (1933), является сложной функцией атомного номера (веса).

В 1965 году Л.Б. Работникова (цит. Левина, Э.Н., 1972) обнаружила положительную корреляцию между $\lg LD_{50}$ при внутрибрюшинном введении мышам окислов металлов и логарифмом нормального содержания в организме соответствующих элементов, а также связь нормального содержания элементов в живом организме с распространенностью их в земной коре. Последнее в описательном плане было доказано гораздо раньше В.И. Вернадским, А.П. Виноградовым, А.Е. Ферсманом и другими (Вернадский, В.И., 1922; 1922 А, Б, 1926; 1933; 1940; 1960; 1965; 1967; Виноградов, А.П., 1932; 1933; 1935; 1945; Ферсман, А.Е., 1952-1960 и т.д.).

Эти работы (Работникова, Л.В., 1965; Кист, А.А., 1967) являются как бы связующим звеном между содержанием элементов в нормальном организме (а значит и порядковым номером, атомным весом) и их токсическими свойствами.

Большой и принципиальный интерес представляет изучение связи между токсичностью элементов и их физико-химическими свойствами. Этому вопросу посвящено большое количество работ (цит. Левина, Э.Н., 1972: Richet, Ch.C.R., 1882; Rambuteau, 1892; Mathews, A.,

1904; Jones, J., 1939; Seifritz, H., 1949; Dannielli, J., Davis, J., 1951; Somers, E., 1961; Rolf-Dieter, F., 1962; Matsushita, H., 1964 и другие). Авторы этих работ, сопоставляя токсичность металлов с самыми различными их физико-химическими свойствами, пытаются выявить ведущую физико-химическую характеристику элементов, связанную с проявлением их токсических свойств в организме. Так А. Mathews, 1904; J. Jones, 1939, сопоставляли токсичность металлов с их нормальными потенциалами и атомными объемами, J. Danielli, J. Davis, 1951; T. Somers, 1961 – с электроотрицательностью, W. Seifritz, 1949 – с радиусами ионов, электроотрицательностью, степенью гидратации ионов и т.п. Этими и другими авторами обнаружена определенная корреляция между отдельными физико-химическими свойствами металлов и их токсичностью. В 1949 году W. Seifritz, изучая зависимость токсичности от целого ряда физико-химических величин, пришел к выводу, что наиболее вероятным фактором, с которым связаны токсические свойства металлов является электроотрицательность, в то же время указывая, что выделять одно какое-либо доминирующее свойство элементов нельзя.

Одной из фундаментальных работ о связи между положением элементов в периодической системе и их токсическими свойствами является работа Р. Bienvenu, et all (1963). Авторы установили периодическую зависимость ЛД_{50/30} для катионов 40 растворимых соединений и элементов, подобно периодической зависимости отдельных физико-химических свойств элементов от атомного номера, дав ее графическое изображение.

Токсичность химических элементов – это один из наиболее изученных биологических параметров. Все, что известно автору данного исследования о взаимоотношении живых систем с содержанием химических элементов в окружающем нас мире, можно сгруппировать, суммировать в виде следующих положений.

Обнаружена, открыта ступенчатость реагирования живых систем на количества поступающего химического элемента в организм: недостаточное поступление химических элементов в организм, дефицит, нижний предел выживания (здесь могут быть изменения и нарушения ряда биологических функций, заболевания, вызванные «дефицитом» химического элемента – I, F, Fe, Co, Ni и т.д., гибель живого организма); оптимальное поступление химических элементов в живой организм (это плато в определенном интервале, диапазоне доз химических элементов, которое сопровождается оптимальным функционированием всех систем, органов, тканей и организма в целом); избыточное поступление химических элементов в организм – это собственно и обозначается термином токсичность, сопровождается нарушением биологических функций, заболеванием и гибелью живых систем. Это схема G. Bertrand, 1912 (цит. Авцын, А.П., 1972). И далее практически в течение всего столетия идет детализация этой схемы G. Bertrand (Лазарев, Н.В., 1938; Николаев, М.П., 1948; Войнар, А.О., 1954; 1956; 1960; Авцын, А.П., 1972; Авцын, А.П. и др., 1991; Ковальский, В.В., 1974; 1983; 1984; Левина, Э.Н., 1972; Metz, W., 1982; Frieden, E., 1984; Ершов, Ю.А. и др., 1993 и многие другие исследователи).

Найдены закономерные связи между токсичностью химических элементов и их физико-химическими свойствами – рядом физических, физико-химических, химических констант, особенностями строения их атомов: атомный вес, нормальный потенциал, радиус иона, электроотрицательность и т.д. (Richet, Ch.C.R., 1882; Rambuteau, цит. Левина, Э.Н., 1972; Лазарев, Н.В., 1938; Николаев, М.Н., 1948; Войнар, А.О., 1954; 1956; 1960; Люблина, Е.И., 1965; Брахнова, И.Т., 1965; Левина, Э.Н., 1972 и т.д.).

Центральным является, очевидно, открытие Р. Bienvenu, С. Nofre, А. Cier (1963) периодической зависимости ЛД₅₀ 40 катионов металлов от атомного номера. Все, что сделано до этого открытия и после (пункт 2), в том числе и интересные работы Е.И. Люблиной (1965), Е.А. Можаяева (1971), в общем-то, подтверждают, расширяют границы и детализируют отдельные положения открытия группы французских исследователей (Bienvenu Р., Nofre С., Cier А., 1963).

В 1967 году А.А. Кист нашел, что чем меньше содержание (концентрация) химического элемента в животных организмах, тем больше интервалы, диапазоны доз химических

элементов как в сторону дефицита, так и избытка может быть перенесено им без ущерба и нарушения биологических функций.

Живые организмы, как показал А.А. Кист, без ущерба для оптимального функционирования систем, органов, тканей могут переносить изменения содержания (концентрации) редких, рассеянных химических элементов в окружающей среде в десятки, сотни, тысячи раз. То есть фактически токсическими химическими элементами являются химические элементы Н, О, С, Р, S, Fe, Na, К и т.д., а не Hg, Pb, Tl, Bi, Sb и т.д.

Токсичность химических элементов, вероятно, определяется «емкостями» биологических систем, которые могут принять, связать, занять в циклах биохимических, бионеорганических, физико-химических реакций то или иное количество химических элементов без ущерба для оптимального функционирования живого.

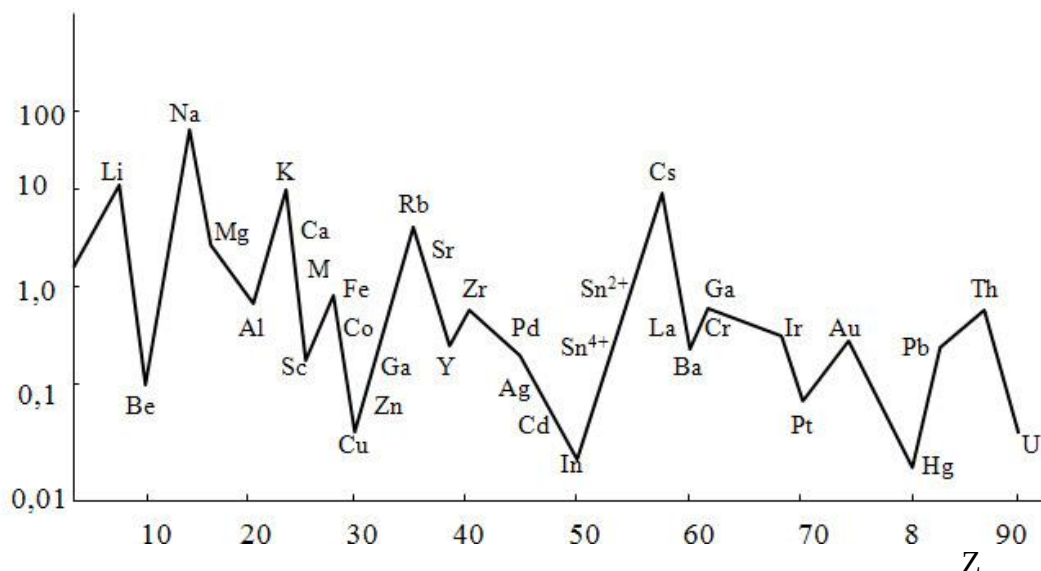


Рисунок 5.4.1 Периодические изменения токсичности катионов металлов при их однократном внутрибрюшном введении в виде солей (Bienvenu, P., et all, 1963)

Информационный массив — ядовитость катионов металлов расположены в таблице периодической системы развернутой формы (смотри приложение) и рисунке 5.4.1 и как сделали заключение Р. Bienvenu, Ch. Nofre, A. Cier имеет периодический характер, определяемый их положением в этой системе. Эти показатели токсичности (гибель или смерть 50 % экспериментальных животных в зависимости от величины вводимой дозы — $\text{мг/кг} = \text{мг/кг/МВ} \cdot \text{количество атомов металла в молекуле соединения}$, где МВ — молекулярный вес), были в дальнейшем использованы в корреляционном анализе. Для выяснения взаимоотношения токсичности химических элементов и процессов, определяющих формирование и функционирование ряда систем животного организма, был проведен корреляционный анализ между ЛД_{50} (данные Bienvenu, P., et all, 1963) и рядом физико-химических констант. Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 5.4.1.

Были сопоставлены показатели токсичности (DL_{50}) химических элементов и показатели их 18 физических, физико-химических, химических констант (таблица 5.4.1).

Связь токсического действия химических элементов (в основном металлов s-, p-, d-, f- семейств) с физическими, физико-химическими и химическими свойствами элементов достаточно хорошо изучена. Но обнаруженные корреляционные связи между токсичностью химических элементов и их физико-химическими свойствами относятся к такого рода сопоставлениям, когда токсичность выражали в десятичных логарифмах, физико-химические свойства — в натуральных числах. Кроме этого изучалась токсичность металлов, в том числе и представителей p-семейств элементов.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-0,31	-0,47	-0,47	-0,32	-0,46	-0,46
		0,05	0,001	0,001	0,1	0,01	0,02
2.	Радиус атома	0,37	0,58	0,56	0,37	0,61	0,61
		0,02	0,001	0,001	0,05	0,001	0,001
3.	Ионные потенциалы	-0,40	-0,38	-0,48	-0,39	-0,40	-0,47
		0,05	0,1	0,05	0,1	0,1	0,05
4.	Энергия гидратации	-	-	-0,46	-	-	-0,43
				0,05			0,1
5.	Потенциал первичной ионизации	-0,42	-0,64	-0,66	-0,46	-0,80	-0,77
		0,01	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001
6.	Значения электроотрицательности	-0,46	-0,70	-0,73	-0,45	-0,73	-0,75
		0,01	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001
7.	Сродство к электрону	-	-0,67		-	-0,54	-
			0,01			0,1	
8.	Работа выхода электрона	-0,55	-0,70	-0,72	-0,54	-0,73	-0,75
		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
9.	Температура кипения	-0,37	-	-	-0,45	-0,53	-0,55
		0,02			0,01	0,001	0,01
10.	Температура плавления	-0,35	-0,27	-0,38	-0,47	-0,36	-0,41
		0,02	0,1	0,02	0,01	0,05	0,05
11.	Относительная плотность	0,39	0,61	-0,78	0,39	-0,64	-0,79
		0,01	0,001	0,001	0,02	0,001	0,001
12.	Сравнительная твердость	-0,41	-	-0,53	-0,50	-0,50	-0,68
		0,02		0,01	0,01	0,01	0,001
13.	Константы стабильности гидрокомплексов	-0,40	-0,36	-0,53	-0,35	-0,35	-0,58
		0,05	0,1	0,01	0,1	0,1	0,01
14.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-0,60	-0,71	-0,75	-0,70	-0,90	-0,95
		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
15.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	-0,56	-0,63	-	-0,60	-0,64
			0,01	0,05		0,05	0,05

Таблица 5.4.1 Корреляционные связи между токсичностью химических элементов (DL_{50} в мА/кг), и физико-химическими константами

В таблице 5.4.1 представлены корреляционные связи между токсичностью элементов, LD_{50} в мА/кг, с рядом физических, физико-химических и химических свойств элементов, где в колонке r_1 – корреляционные связи между токсичностью элементов (в основном металлов s-, p-, d-, f-семейств элементов) и их физико-химическими свойствами, в данном случае токсичность выражена в натуральных числах, во второй колонке, коэффициенты корреляции r_2 , токсичность элементов выражены в десятичных логарифмах, в третьей – r_3 – в натуральных логарифмах. В колонках r_4 – r_6 представлены коэффициенты корреляции, где сопоставлялись значения токсичности металлов только s-, d-, f-семейств элементов, токсичность выражали соответственно в натуральных числах, десятичных логарифмах, натуральных логарифмах. Физические, физико-химические и химические свойства элементов (металлов) во всех случаях были выражены в натуральных числах за исключением r_3 и r_6 . То есть схема сопоставления – параметр – физические, физико-химические и химические свойства элементов аналогична указанной выше. Как видно из данных таблицы 5.4.1 токсичность элементов коррелирует с их молекулярным весом, причем абсолютные численные значения коэффициентов корреляции выше в том случае, если токсичность элементов (только представителей s-, d-, f-семейств элементов) была выражена в десятичных или натуральных логарифмах. Обнаруживаются

корреляционные связи между токсичностью элементов и радиусами атомов, ионными потенциалами, энергией гидратации. Как и для молекулярного веса, так и для радиусов атомов, ионных потенциалов корреляционные связи обнаруживаются во всех типах сопоставлений – r_1 - r_6 , величина коэффициентов корреляции указывает на среднюю тесноту связи, при уровнях значимости от 0,1 до 0,001. Корреляционные связи между молекулярным весом, ионными потенциалами и токсичностью элементов обратные, коэффициенты корреляции отрицательные, с радиусами атомов наоборот положительные, прямые. Между токсичностью элементов и энергией гидратации корреляционные связи обнаруживаются в том случае, если токсичность выражена в натуральных логарифмах. Размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи, уровни значимости незначительные – 0,1-0,05, корреляционные связи обратные. Средней степени корреляционные связи найдены для следующих физических и физико-химических констант: сродство к электрону, температура кипения, температура плавления, сравнительная твердость, константы стабильности гидрокомплексов, константы стабильности комплексов цитратов. Как средней, так и сильной степени корреляционные связи обнаруживаются с потенциалом первичной ионизации, значением электроотрицательности, работой выхода электрона, относительной плотностью, константам стабильности комплексов с ЭДТА. Эти константы можно считать ведущими в формировании токсического эффекта, разумеется, из группы изученных. Сильной степени корреляционные связи обнаруживаются в том случае, если токсичность элементов была выражена в десятичных или натуральных логарифмах. Например, коэффициенты корреляции r_5 и r_6 между токсичностью и потенциалом первичной ионизации равны -0,80 ($p < 0,001$), -0,77 ($p < 0,001$), со значением электроотрицательности $r_2 = -0,70$ ($p < 0,001$), $r_3 = -0,73$ ($p < 0,001$), $r_5 = -0,73$ ($p < 0,001$), $r_6 = -0,75$ ($p < 0,001$), с работой выхода электрона – $r_2 = -0,70$ ($p < 0,001$), $r_3 = -0,72$ ($p < 0,001$), $r_5 = -0,73$ ($p < 0,001$), $r_6 = -0,75$ (0,001), с относительной плотностью, здесь только в том случае, если токсичность элементов была выражена в натуральных логарифмах, $r_3 = -0,78$ ($p < 0,001$), $r_6 = -0,79$ ($p < 0,001$), с константами стабильности комплексов с ЭДТА – $r_2 = -0,71$ ($p < 0,001$), $r_3 = -0,75$ ($p < 0,001$), $r_5 = -0,90$ ($p < 0,001$), $r_6 = -0,95$ ($p < 0,001$).

Корреляционные связи во всех случаях, за исключением радиусов атомов, относительной плотности, только для коэффициентов корреляций – r_1 и r_2 , отрицательные, обратные. То есть чем больше энергетические характеристики элементов – ионные потенциалы, энергия гидратации, потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности и т.п., величина физических констант – температура плавления, температура кипения, относительная плотность (r_3 - r_6) сравнительная твердость, а также способность элементов образовывать прочные комплексные соединения – константы стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭДТА, с цитратами – тем меньше количества элемента вызывает токсический эффект.

Обычно исследователи проводят корреляционный анализ, сопоставляя показатели, которые выражают в десятичных логарифмах или натуральных числах. В данном исследовании сопоставление проводили выражая анализируемые показатели в натуральных числах, в десятичных логарифмах, натуральных логарифмах, причем как для представителей химических элементов s-, p-, d-, f-блоков, так и только для представителей химических элементов s-, d-, f-блоков. При таком подходе обнаружено, что ядовитость химических элементов (DL_{50}) определяется более точно, если сопоставление проводили только для s-, d-, f-блоков химических элементов и если значения сравниваемых показателей были выражены в натуральных логарифмах, то есть коэффициенты корреляции в абсолютном численном выражении больше, обнаруживаются чаще и имеют более значительную степень вероятности (таблица 5.4.1). Таким образом, корреляционные связи не пропорциональные и лучше всего могут быть выражены степенной функцией.

Например:

- () $\ln Y_8 = 2,07 \cdot \ln 3\Xi^{-4,28}$, $n = 33$, $r_3 = -0,73$, $p \leq 0,001$;
 - () $\ln Y_8 = 310 \cdot \ln P\Xi^{-49}$, $n = 35$, $r_3 = -0,72$, $p \leq 0,001$;
 - () $\ln Y_8 = 119 \cdot \ln p\text{КЭДТА}^{-2,16}$, $n = 25$, $r_3 = -0,75$, $p \leq 0,001$;
- и

- О) $\ln Y_8 = 2,2 \cdot \ln 3Э^{-4,17}$, $n = 27$, $r_6 = -0,75$, $p \leq 0,001$;
- О) $\ln Y_8 = 322 \cdot \ln РВЭ^{-4,9}$, $n = 29$, $r_6 = -0,75$, $p \leq 0,001$;
- О) $\ln Y_8 = 122 \cdot \ln рКЭДТА^{-1,9}$, $n = 10$, $r_6 = -0,95$, $p \leq 0,001$;

где $\ln Y_8$ – натуральный логарифм токсичности (DL_{50}) химических элементов $\ln 3Э$, $\ln РВЭ$, $\ln рКЭДТА$ – натуральный логарифм той или иной константы, n – число сопоставляемых пар, r_3 и r_6 – коэффициент корреляции, цифра при нем указывает на тип сопоставления, p – степень вероятности (таблица 5.4.1 и таблицы приложения).

Ядовитость химических элементов обратно пропорциональна их абсолютным величинам, вызывающим токсический эффект. То есть, чем больше доза, вызывающая токсический эффект, тем слабее соответственно токсическое действие химического элемента. Поэтому обнаруженные корреляционные связи показывают, что чем выше энергетические характеристики химических элементов, чем выше константы стабильности комплексных соединений, тем выше, в современном понимании, токсичность химических элементов. Но это только с позиций весовых доз, а не «емкостей» биологических систем.

Результаты корреляционного анализа представлены в таблице 5.4.1. Не получены достоверные корреляционные связи для таких констант, как радиус иона, теплопроводность и электропроводность. Получены отрицательные корреляционные связи для следующих констант: молекулярный вес, ионные потенциалы, энергия гидратации, потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, температура кипения, температура плавления, относительная плотность (r_3 - r_6), сравнительная твердость, константы стабильности комплексов с ЭДТА, цитратов, гидрокомплексов. Найдены положительные корреляционные связи с радиусами атомов и относительной плотностью (только в случае сопоставления представителей химических элементов s-, p-, d-, f-блоков и если сопоставляемые показатели были выражены в натуральных числах и десятичных логарифмах).

Найденные корреляционные связи между токсичностью химических элементов и рядом физических, физико-химических, химических констант в основном не противоречат данным Е.И. Люблиной (1965), Э.Н. Левиной (1972), за исключением данных для таких физико-химических констант, как температура плавления и температура кипения. В настоящем исследовании обнаружены отрицательные корреляционные связи с этими константами. По данным Е.Н. Люблиной (1965) коэффициент корреляции между токсичностью (DL_{50}) и температурой плавления и температурой кипения химических элементов положительные. Однако визуальный анализ показывает, что графики ядовитости химических элементов и констант температур плавления и кипения обратны по характеру, то есть коэффициенты корреляции между сравниваемыми показателями должны быть отрицательны.

Для выявления корреляционных связей между токсичностью химических элементов (DL_{50}) и рядом параметров, характеризующих их перемещение, проведен парный корреляционный анализ. Алгоритм анализа и список изучаемых объектов представлен выше. Не получено достоверных корреляционных связей ($p \leq 0,1$) между ядовитостью химических элементов (DL_{50}) и содержанием химических элементов в скелете, периодом их биологического полувыведения, содержанием в живом веществе, % от содержания в земной коре (таблица 5.4.2).

Получены положительные корреляционные связи со следующими сравниваемыми параметрами: поступление химических элементов в животный организм (всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта и легких), с кларками ряда объектов («стандартный» человек, вес %, живое вещество, вес %, океаническая вода, вес %, земная кора, вес %, метеориты, вес %), со слайдами ряда систем (океаническая вода, % от земной коры и океанической воды, океаническая вода, % от земного шара, земная кора, % от земного шара).

№ п/ п	Сравниваемые объекты	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Всасывание из желудочно-кишечного тракта	0,62	0,37	0,31	0,15	0,30	0,09
		0,001	0,02	0,1	-	-	-
2.	Всасывание из легких	0,65	0,24	0,56	0,65	0,58	0,58
		0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001
3.	Содержание в печени	-0,23	-0,34	-0,47	-0,25	-0,47	-0,47
		-	0,05	0,01	-	0,01	0,01
4.	Содержание в почках	-0,17	-0,47	-0,54	-0,19	-	-0,53
		-	0,001	0,001	-		0,01
5.	Содержание в скелете	-0,2	-0,14	-	-0,24	-	-0,26
		-	-		-		-
6.	Период биологического полувыведения	-0,02	-0,03	0,11	-0,04	0,04	0,00
		-	-	-	-	-	-
7.	Связано белком плазмы		-0,65		-0,57	-0,79	-0,77
			0,001		0,001	0,001	0,001
8.	"Стандартный человек", вес %	0,08	0,52	0,43	0,05	0,44	0,38
		-	0,001	0,05	-	0,02	0,1
9.	"Стандартный человек", % от содержания в земной коре	-0,14	-0,21	-0,26	-0,17	0,14	-0,36
		-	-	-	-	-	0,1
10.	"Стандартный человек", % от содержания в океанической воде	-0,17	-0,57	-0,66	-0,18	-0,37	-0,75
		-	0,001	0,001	-	0,1	0,001
11.	Земная кора, вес %	0,19	0,05	0,58	0,33	0,61	0,57
		-	-	0,001	0,1	0,001	0,001
12.	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	0,04	0,44	0,30	0,017	0,36	0,36
		-	0,01	0,1	-	0,05	0,05
13.	Океаническая вода, вес %	0,91	0,33	0,63	0,91	0,68	0,69
		0,001	0,05	0,001	0,001	0,001	0,001

Таблица 5.4.2 Корреляционные связи между токсичностью химических элементов (DL₅₀) с рядом параметров, характеризующих их перемещение

Обнаружены отрицательные корреляционные связи между ядовитостью химических элементов (DL₅₀) и содержанием их в печени, почках, выраженным в % от содержания в организме, долей связанного белками плазмы крови, «стандартным» человеком, в % от содержания в земной коре или океанической воде, живым веществом, в % от содержания в океанической воде.

Продолжение таблицы 5.4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
14.	Океаническая вода, % от содержания в земной коре и океанической воде	0,12	0,47		0,91	0,46	0,46
		-	0,01		0,001	0,01	0,02
15.	Метеориты, вес %	-0,02	0,33	0,44	-0,04	0,37	0,39
		-	0,05	0,01	-	0,05	0,05
16.	Живое вещество, вес %	0,02	0,29	0,46	0,005	0,46	0,46
		-	-	0,05	-	0,05	0,05
17.	Океаническая вода, % от содержания в Земном шаре	0,92	0,44	0,42	0,92	0,55	0,55
		0,001	0,02	0,02	0,001	0,001	0,01
18.	Живое вещество, % от содержания в Земной коре	-0,13	0,12	-0,09	0,015	-0,13	0,03
		-	-	-	-	-	-
19.	Живое вещество, % от содержания в океанической воде	-0,19	-0,56	-0,57	-0,19		-0,57
		-	0,01	0,01	-		0,02

Следует отметить, что в большинстве случаев численные значения коэффициентов корреляции выше, количество найденных корреляционных связей существенно больше, а уровни значимости или вероятность коэффициентов корреляции более значительны, если сопоставляемые величины были выражены в натуральных логарифмах. А из этого следует, что связь между сопоставляемыми величинами в большинстве случаев непропорциональная. Всего найдено 65 достоверных корреляционных связей (при $p \leq 0,1$), и для каждого из них получено уравнение, с помощью которого можно ориентировочно рассчитать взаимозависимые величины.

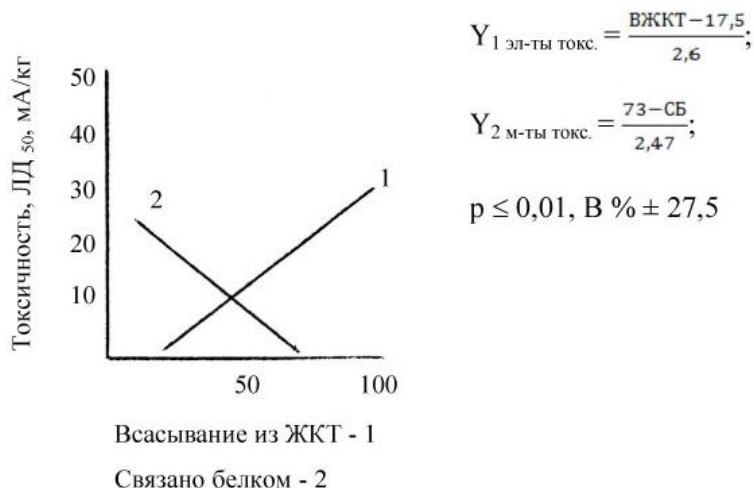


Рисунок 5.4.2 Соотношение между токсичностью катионов металлов (DL₅₀ мА/кг) и величиной их всасывания из желудочно-кишечного тракта (с р-металлами – 1), показателями связывания белками плазмы крови (без р-металлов – 2)

На рисунке 5.4.2 представлено соотношение между ядовитостью химических элементов (DL₅₀) и величиной их всасывания из желудочно-кишечного тракта, связывания белками плазмы крови. Как видно, токсичность химических элементов в абсолютных весовых дозах

прямо пропорциональна их всасыванию из желудочно-кишечного тракта (и легких) и обратно пропорциональна связыванию белками плазмы крови (содержанию в печени, почках, выраженному в % от содержания в организме).

На следующем рисунке 5.4.3 представлены соотношения между токсичностью химических элементов и содержанием их в океанической воде, вес %, % от содержания в земной коре, Земном шаре. Как видно из представленных данных (рисунок 5.4.3) соотношение между токсичностью химических элементов и содержанием их в океанической воде (химические элементы – только металлы: s-, p-, d-, f-блоков и химические элементы – металлы: s-, d-, f-блоков) в абсолютных числах связь прямая и определяется растворимостью их в воде.

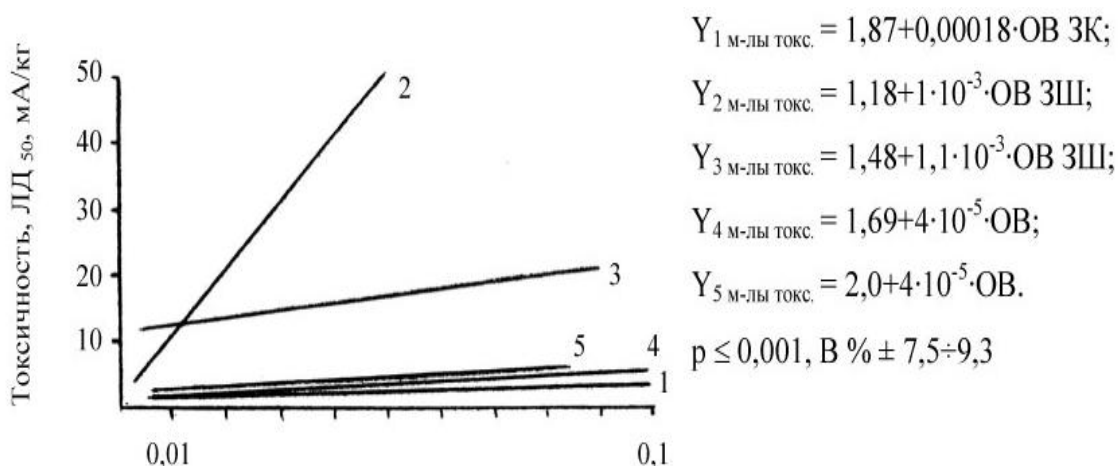


Рисунок 5.4.3 Соотношение между токсичностью химических элементов и их содержанием в океанической воде (с р-металлами – 4, без р-металлов – 5), в океанической воде, % от содержания в Земном шаре (с р-металлами – 2, без р-металлов – 3), в океанической воде, % от содержания в земной коре (без р-металлов – 1)

Но, исходя из современных понятий о токсичности химических элементов, чем более они миграционно подвижны, то есть чем больше их перешло из земной коры и Земного шара в океаническую воду, тем не менее, в общем-то, они токсичны.

Таким образом, между содержанием химических элементов в организме, а, следовательно, и кларками других систем и работой отдельных систем, органов, биологических эффектов, имеются определенные, закономерные связи, которые проявляются не только в электронном строении атомов, но и с количествами химических элементов, первичной распространенностью, законами их образования – ядерно-физическими процессами.

Исследования, проведенные до и после этой работы, носят в общем частный, уточняющий, детализирующий, углубляющий, существующие закономерности, характер.

На обширном материале Е.И. Люблина (1965) подтвердила значимость связей между токсичностью ионов металлов и различными константами элементов и их соединений. Установлена связь токсичности с прочностью кислородных соединений высшей валентности, а также с потенциалами ионизации и величинами атомных радиусов. Поскольку последние являются периодической функцией атомного номера элементов, Е.И. Люблина приходит к выводу о наличии связи между токсическими свойствами и строением атома данного элемента. Для подтверждения этого была сопоставлена токсичность и электронное строение двух простых групп веществ, обладающих наименьшей активностью – инертные газы и элементы 1-й группы (Li, Na, K, Rb, Cs) и максимальной токсичностью – Cu, As, Se, Cd, In, Fe, Pt, Hg, U. На основании полученных результатов автором делается вывод о том, что наименее токсичны те элементы, у которых электронные оболочки целиком заполнены электронами (инертные газы, а

также элементы I главной подгруппы с одним электроном на наружной оболочке). Наиболее токсичны элементы с незаполненными электронными оболочками. Автором была обнаружена отрицательная корреляция lg ЛД 50 для белых мышей со значением нормального потенциала, потенциала первичной ионизации, с молекулярным весом, а положительная – при сопоставлении токсичности с нерастворимостью сульфидов, температурой кипения и плавления металлов, размерами атомных радиусов.

В дальнейшем Е.И. Люблина (1967) подтверждает отмеченную ранее взаимосвязь между токсическим действием элементов и их расположением в периодической системе. Используя литературные данные о величине ЛД 50/30, автором было проведено сопоставление логарифмов этих доз с положением элементов в периодической системе и подтвержден периодический характер изменения токсичности. При графическом изображении установлена повторяемость изменения токсичности по периодам: в каждом большом периоде имеются три вершины, из которых первая, наиболее высокая, соответствует токсичности инертных газов, а третья, самая низкая – наиболее токсическим элементам. Значения ЛД 50/30 элементов второго большого периода занимают среднее положение между токсичностью элементов I и III больших периодов. Е.И. Люблина указывает на необычность изменения токсичности в побочных подгруппах I, V, VI групп элементов, в которых она уменьшается при переходе от металла с меньшим атомным номером, к имеющему больший атомный номер.

Э.Н. Левина (1965) исследовала токсичность металлов при разной валентности и собрала литературные сведения по этому вопросу, подтвердив, что различные металлы по разному изменяют свою токсичность при изменении валентности.

Продолжая исследование связей токсических свойств металлов с их свойствам, Э.Н. Левина (1972) собрала обширный материал, а также провела сопоставление токсичности металлов в виде содей для мышей и крыс с такими параметрами физических, физико-химических и химических свойств атомов и ионов как электроотрицательность, сродство к электрону, работа выхода электрона, ионные радиусы, атомные объемы, стабильность комплексов с ЭДТУ и т.п. Автором была получена удовлетворительная корреляция между ядовитостью металлов (ЛД 50/30) и рядом констант, характеризующих как отдельные ядерно-орбитальные свойства, так и прочность их связывания с определенными радикалами при образовании комплексов. Не обнаружено сколько-нибудь значительной корреляций между токсичностью солей металлов и их растворимостью.

Изучение связи токсичности металлов, окислов, ряда тугоплавких соединений халькогенидов, карбониллов гидридов металлов с их электронным строением проводится И.Т. Брахновой (1965; 1966; 1966А; 1969; 1970; 1971; 1972; 1972А). В отличие от предыдущих работ, в основу которых было положено изучение связи токсичности элементов в их соединений с их физическими, физико-химическими и химическими свойствами (электроотрицательность, потенциал первичной ионизации, значения атомных и ионных радиусов, молекулярный вес, атомные параметры и атомные объемы, сродство к электрону, работа выхода электрона, нормальный потенциал, растворимость сульфидов, стабильность комплексов, степень гидратации и т.п.), в основу работ И.Т. Брахновой и соавторов положены представления об электронном строении вещества в зависимости от вероятности образования их атомами электронных стабильных конфигураций в рамках модели конфигурационной локализации (Самсонов, Г.В., 1965; 1965А; 1966), а также с учетом типа образования химической связи и кристаллохимических свойств.

При сопоставлении токсичности различных химических элементов с их электронным строением И.Т. Брахнова и соавторы обнаружили определенную корреляцию между биологической активностью веществ и образованием стабильных электронных конфигураций атомов, с повышением статистического веса последних, за счет локализации валентных электронов и уменьшения нелокализованных электронов, токсичность понижается. Например, для переходных элементов 4-го периода токсичность уменьшается с повышенной статистического веса d^5 -конфигураций и увеличивается с увеличением нелокализованных электронов и d^0 -конфигураций. И.Т. Брахнова, Л.Н. Баженова (1971) наглядно показали, что

структура кристаллической решетки, обусловленная особенностями электронного строения веществ, определенным образом коррелирует с их биологической активностью. Авторами установлено повышение токсических свойств химических веществ с понижением степени симметрии их кристаллической решетки. Вещества, обладающие объемноцентрированной кубической решеткой, характеризуются преимущественно слабо выраженным пневмокониотическим действием. Для веществ с гранецентрированной кубической структурой свойственно хроническое обще токсическое действие с поражением паренхиматозных органов. Вещества, имеющие гексагональную плотнейшую упаковку или другие менее симметричные структуры (ромбическая, ромбоэдрическая, тетрагональная), обладают выраженным токсическим эффектом и могут вызвать острые, а также хронические отравления. Авторы отмечают, что электронная структура отражает изменение токсических свойств более тонко, чем изменение кристаллохимических характеристик.

Элементы в организме могут иметь разную валентность и присутствовать в виде катионов и анионов, в виде солей, комплексов. Доказано, что ведущая роль в токсичности соли, окисла, комплекса принадлежит металлу, то есть катиону. Поэтому токсичность соли, окисла, комплекса коррелирует с физическими, физико-химическими, химическими свойствами катиона соли, окисла, комплекса (Левина, Э.Н., 1972).

Важным выводом из представленных здесь работ является то, что периодичность изменения токсических свойств металлов связана с электронной структурой атома, подобно некоторым характеристикам простых веществ (физические, физико-химические, химические свойства).

В первой же работе А. Mathews (1904, цит. Левина, Э.Н., 1972), найденные закономерные связи между токсичностью металлов и их физико-химическими свойствами, предложил использовать в практических целях. А. Mathews представил эмпирическую формулу для расчета силы токсического действия любой сода, если известна токсичность раствора какой-либо иной соли. В настоящее время подобного рода формул для расчета токсического действия различных соединений предложено десятки (Show, W., Grushkin, B., 1957; Somer, E., 1961; Люблина, Е.И., 1965; Работникова, Л.В., 1965; 1965А; Левина, Э.Н., 1972 и многие другие). Созданы соответствующие инструкции по установлению расчетным способом ориентировочных предельно допустимых концентраций промышленных ядов в воздухе рабочих помещений (Люблина, Е.И. и соавторы, 1967).

Как отмечает в одной из своих работ, посвященных этому вопросу Е.И. Люблина (1970), разработка проблемы создания расчетных методов определения токсичности ведется до сих пор, в основном, применительно к промышленной токсикологии. Однако они могут с успехом разрабатываться и в интересах нормирования различных веществ в воде или атмосферном воздухе.

Есть еще работа, в которой изучалась связь между величиной водопотребления от количества, содержащегося в ней химического элемента и положением этого химического элемента в периодической системе. Эта работа Е.А. Можаяева (1971). Автор нашел, что пороговые концентрации элементов по «питьевому тесту» являются периодической функцией атомного номера, периодичность связана закономерно с периодическими закономерностями застройки электронных орбит химических элементов.

Граница между нормой и патологией (схема 5.4.1) определяется и атомным номером химического элемента, и закономерностями застройки электронных орбит химических элементов (рисунок 5.4.4). При сравнении пороговых по водопотреблению концентраций веществ Е.А. Можаяев (1971) использовал преимущественно хлориды металлов. С сульфатами были связаны Be, Mg, Cs, Al, Zn, Cd, с нитратным ионом – Rb, Ag, Th. Ион водорода изучался в соединении HCl, H₂SO₄. Параллельные исследования некоторых катионов, например Na, связанных с каждым из 3 анионов, не показали больших различий в их пороговых концентрациях по водопотреблению. Пороговые концентрации NaCl, Na₂SO₄, NaNO₃ соответственно составляют 32, 27, 25 г/л. В то же время соединения с разными катионами при одинаковом анионе обнаруживает различные уровни порогов по водопотреблению. Например, эти пороги составляют для NaCl 32 г/л, CaCl₂ 7,5 г/л, HgCl₂ 0,07 г/л.

Эксперименты проведены на крысах, было изучено 25 химических соединений. Найденные пороговые концентрации 25 веществ пересчитывались на концентрации соответствующих катионов и выражались в lg миллиграмм ионов на 1 литр раствора. Эти концентрации сравнивались с различными константами, характеризующими различные физико-химические свойства элементов.

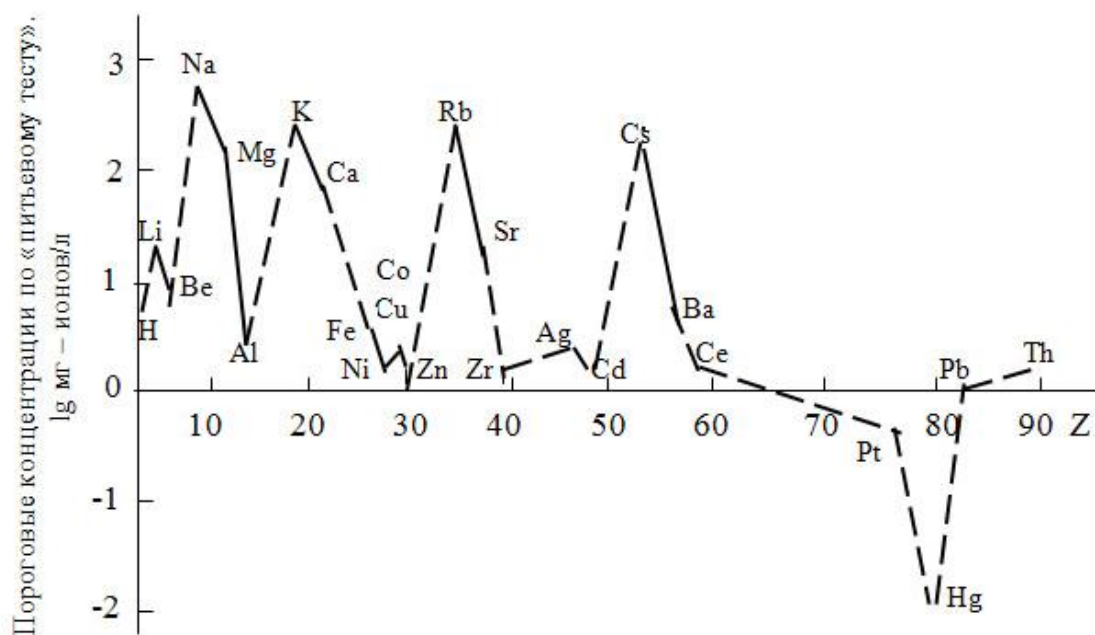


Рисунок 5.4.4 Пороговая концентрация по водопотреблению (в lg мг-ионов/л) и порядковый номер химических элементов (Можаев, Е.А., 1971)

На рисунке 5.4.4 по оси абсцисс расположены в возрастающем порядке атомные номера химических элементов, а по оси ординат – логарифмы пороговых по водопотреблению концентраций катионов. Эти концентрации с возрастанием порядкового номера изменяются периодически. Сопоставление lg пороговых концентраций катионов по водопотреблению с периодической системой элементов Д.И. Менделеева обнаруживает важные закономерности.

Оказывается, самые верхние точки полученной ломаной линии занимают элементы главной подгруппы 1-й группы, то есть элементы, стоящие в начале периодов (Na, K, Rb, Cs). Их положение на рисунке показывает, что соединения этих элементов имеют наибольшие пороговые концентрации. Во втором ярусе, несколько ниже названных элементов 1-й группы, закономерно расположены элементы главной подгруппы 2-й группы, то есть вторые элементы каждого из рассматриваемых периодов (Mg, Ca, Sr, Ba). Можно отметить снижение порогов в каждой из названных групп от Na к Cs и более выраженное снижение порогов от Mg к Ba. Исключениями из правила являются H и Li для 1-й группы элементов и Be для 2-й. Остальные 14 катионов имеют наиболее низкие пороги по сравнению с катионами, названными выше. Здесь также наблюдается понижение порогов с увеличением порядкового номера элемента в периодах большинства рядов. В третьем ряду это понижение идет в следующем порядке: Na, Mg, Al, в четвертом – K, Ca, Fe, Co, Ni, в шестом – Rb, Sr, Zr, в седьмом – Ag, Cd, в восьмом – Cs, Ba, Cl, Pt. Однако в девятом ряду отмечается исключение из этого правила: ион Pb имеет более высокий порог, чем ион Hg, хотя его порядковый номер выше, чем у Hg (Можаев, Е.А., 1971).

Таким образом, токсичность элементов в связи с положением их в периодической системе – это один из самых (относительно, конечно) изученных биологических параметров, да и не только биологических свойств элементов. Несомненно, токсичность элементов (и другие биологические проявления) связана и с их миграционной способностью, то есть со способностью перемещаться в различных системах.

Многими исследователями доказано, что у растений и животных при поступлении того или иного элемента концентрация в организме изменяется в три стадии. На первой стадии изменение ее близко к линейному. На второй – накопление химического элемента резко замедляется. А на третьей стадии увеличение поступления химического элемента в организм не повышает его концентрацию, а наоборот, снижает (Ковальский, В.В., 1957-1974; Кист, А.А., 1967-1987; Bertrand, G., 1912; Mertz, W., 1982; Frieden, E., 1984).

Реакции организмов на повышенное или пониженное содержание в среде, в рационе химических элементов указывают на присущее организмам свойство – приспособленность к регулированию только в условиях определенных пределов изменчивости геохимической среды. Необходимым явилось установление пороговых или критических концентраций микроэлементов, от которых начинается их недостаток (нижние, пороговые концентрации) или избыток (верхние, пороговые концентрации) (Ковальский, В.В., 1963; 1963А; 1971; 1971А; 1974).

Очевидно, между этими пороговыми концентрациями находятся те количества микроэлементов (и элементов), которые выражают пределы потребности животных в микроэлементах. Системы организма, регулирующие обмен веществ, не могут быть одинаково эффективными и работать нормально при любых концентрациях микроэлементов, поступающих в организм. В пределах между верхними и нижними пороговыми концентрациями химических элементов организм способен регулировать обменные процессы (пределы потребности, по мнению автора монографии – это биологическая, физиологическая, гомеостатическая емкость биологической системы), ниже и выше нижних или верхних пороговых концентраций регулирующие системы организма не могут полностью нормализовать обменные процессы (схема 5.4.2).



Схема 5.4.2 Зависимость регуляторных процессов в организме (А) от недостаточного (1), нормального (2) и избыточного (3) содержания микроэлементов в рационе (В) животных разных видов при различных биологических состояниях (Ковальский, В.В., 1974)

Животные организмы, приспосабливаясь к среде, вырабатывают механизмы, регулирования функций применительно к повышенной и пониженной концентрации химических элементов в среде и рационе. Пороговые концентрации имеют видовой, индивидуальный характер и зависят от приспособленности организмов к данной геохимической среде. Но существуют такие пределы концентрации химических элементов, с которыми уже не могут справиться регулирующие системы (депонирования, выделительная, барьерная, функция распределения микро- и ультрамикроэлементов между органами и тканями, синтеза биологически активных соединений и другие), в этом случае происходит срыв функций, возникают дисфункции (Ковальский, В.В., 1957-1974; Кист, А.А., 1967-1987; Bertrand, G., 1912; Mertz, W., 1982; Frieden, E., 1984).

Таким образом, любой животный организм, любая биологическая система, орган, ткань, процесс могут, вероятно, принять, связать, занять в циклах и цепях биохимических, бионеорганических, физико-химических процессах и реакциях, строго определенное, ограниченное интервалами (пределами – максимально и минимально возможное без патологического изменения физиологических функций), то или иное количество того или иного изотопа (изотопов) химического элемента.

Количество химического элемента, которое может быть минимально – максимально занято, связано, принято животным организмом, биологической системой, органом, тканью, процессом без ущерба для их нормального функционирования назовем биологической (гомеостатической и клеточной) емкостью животного организма, биологической системы, органа, ткани, процесса. Гомеостатическая и клеточная емкость любой системы (ткани, органа, процесса...) «рассчитана» на определенное, строго ограниченное индивидуальное количество химического элемента и суммы химических элементов. Гомеостатическая емкость любой системы (ткани, органа, процесса) строго индивидуальна для каждого химического элемента (изотопа элемента) и определяется совокупностью физических, физико-химических свойств химических элементов (ионные радиусы, потенциал первичной ионизации, энергия гидратации, способность к комплексообразованию и т.д.) и свойств биологического объекта. Насыщение любой емкости, органа, ткани, процесса должно происходить в три этапа (стадии).

Как уже отмечалось выше, токсичность химических элементов, вероятно, определяется «емкостями» биологических систем, которые могут принять, связать, занять в циклах и цепях химических реакций то, или иное количество химического элемента.

Для проверки этого положения проведены эксперименты с четырьмя химическими элементами: железо, кобальт, серебро, самарий. В экспериментах использовали радиоактивные изотопы, как метки соответствующих химических элементов – Fe^{59} , Co^{60} , $\text{Ag}^{110\text{m}-110}$, Sm^{151} . Пороговые (начальные) количества химических элементов были равны: для железа (FeCl_3) – 7,6 гамм/крыса; кобальта (CoCl_3) – $1 \cdot 10^{-2}$ гамм/крыса; самария ($\text{Sm}(\text{NO}_3)_3$) – $2,2 \cdot 10^{-2}$ гамм/крыса; серебра (AgNO_3) – 26 гамм/крыса. Весовые количества вводимых химических элементов изменялись в зависимости от элемента в пределах 3-6 порядков, минимальные – от сотых долей микрограммов (граммов), максимальные, вызывающие гибель животных (крыс) в течение суток, до десятков и более миллиграмм на 1,0 килограмм веса животных.

Химические элементы вводили в виде растворимых соединений, внутривенно, однократно. Изучали изменение концентрации со временем в крови, плазме, ультрафильтрате плазмы крови, мочи, парциальные функции почек в зависимости от весовых количеств химических элементов.

Изучали изменение концентрации химических соединений со временем через 1, 4, 5, 7, 12, 24 часа после их введения в крови, плазме, ультрафильтрате плазмы крови, моче, парциальные функции почек в зависимости от весовых количеств химических элементов. Методы исследования обычные, общепринятые. Определение парциальных почеч проводили по инулину (Петрунькина, А.М., 1961; Зарецкий, И.И., 1963; Наточин, Ю.В., 1974; Каюков, И.Г., Есаян, А.М., 2002). Радиометрию проводили по β - или γ - излучению на установках типа Б-2 со счетчиком СТБ-4 или гамма анализаторе АИ-100.

Концентрация химических элементов в крови с нарастанием весовой дозы (отдельным группам крыс химические элементы вводили в миллиграммах: $< 0,00001$; $0,0001$; $0,001$; $0,01$; $0,1$; $1,0$; $10,0$ и более) зависит от увеличения вводимых весовых доз химических элементов, сначала увеличивается, затем стабилизируется и как будто не зависит от увеличения весовых доз химических элементов, а затем вновь увеличивается и заканчивается гибелью животных (схема 5.4.3). Реабсорбция химических элементов, с увеличением весовых доз, сначала уменьшается к определенной дозе, а затем следует повышение величины реабсорбции и гибель животных. Изменение величины концентрационных индексов и клиренсов аналогично характеру изменения величины реабсорбции. То есть обнаруживается этапность реагирования систем на увеличение весовых доз химических элементов, которую можно, вероятно, трактовать так. Плато крови – это максимальная емкость этой системы, превышение которой ведет к тяжелым расстройствам и к гибели организма. Плато крови регулируется емкостью всех

остальных органов, тканей. Интервалы весовых доз химических элементов, при которых наблюдается плато – это количественная мера емкости организма в целом для того или иного химического элемента.

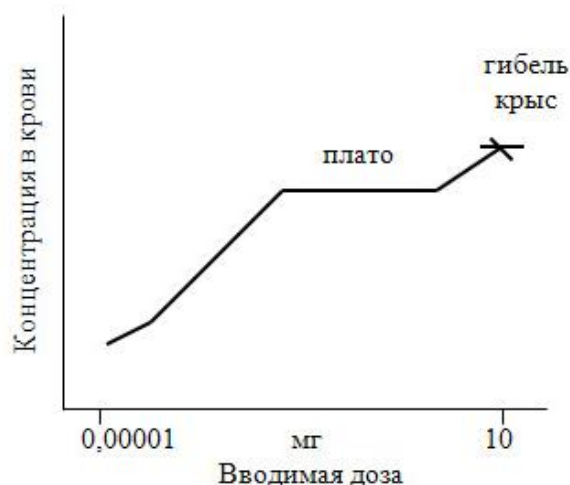


Схема 5.4.3 Изменение концентрации химических элементов в крови

Понижение реабсорбции с увеличением весовых доз указывает на увеличение выведения химических элементов из организма – это защитная реакция. Но с дальнейшим повышением весовой дозы химических элементов реабсорбция не уменьшается, а увеличивается. Это парадоксальная, патологическая реакция связана с емкостью почечного канальцевого аппарата, то есть через почки с мочой из организма может выводиться только определенное, максимально возможное количество химического элемента.

Сопоставление максимальной «емкости» или, иначе, уровней весовых доз химических элементов, вызывающих плато в крови, минимум реабсорбции, клиренсов, отнесенных к нормальной концентрации химических элементов в организме, то есть, в общем плане, чем меньше химического элемента в норме содержится в организме, тем на большие биологические «емкости» он может рассчитывать в организме.

Реабсорбция (кальциевый транспорт) химических элементов с увеличением весовых доз сначала уменьшается к определенной вводимой весовой дозе химического элемента, а затем следует повышение величины реабсорбции и гибель животных (схема 5.4.4). Изменение СКФ химических элементов происходит аналогично изменению концентрации химических элементов в крови. Клиренсы плазмы крови зависят от соотношения процессов СКФ и канальцевого транспорта.

То есть обнаруживается этапность реагирования систем организма на увеличение весовых доз химических элементов, которую, вероятно, можно трактовать так. Повышение концентрации химических элементов в крови с нарастанием весовых доз, вводимых в организм – это этап насыщения гомеостатических емкостей.

Стабилизация концентраций химических элементов в крови (при графическом изображении – это плато в определенном интервале доз, вводимых в организм химических элементов), несмотря на дальнейшее, более чем десятикратное увеличение вводимой весовой дозы химического элемента – это этап насыщения всех возможных систем организма, которые подчиняются регуляторным механизмам гомеостаза.

Плато крови – это максимальная гомеостатическая емкость этой системы, превышение которой ведет к тяжелым расстройствам и к гибели организма. Оно регулируется физиологической емкостью всех остальных органов и тканей (скелета, печени, почек, мышц и т.д.). Интервалы весовых доз химических элементов, при которых наблюдается плато крови – это пределы гомеостатической (и физиологической) емкости организма в целом для того или иного химического элемента, превышение ее ведет организм к гибели.

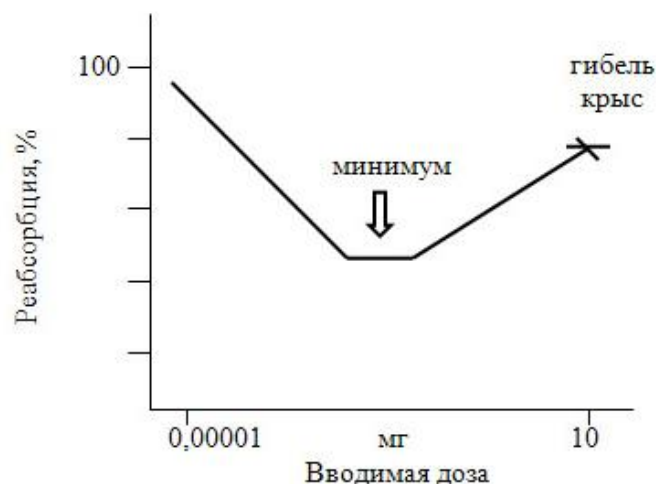


Схема 5.4.4 Изменение реабсорбции химических элементов в почках

Понижение реабсорбции химических элементов с увеличением весовых доз указывает на увеличение выведения их из организма – это защитная реакция. Но с дальнейшим повышением весовой дозы химического элемента реабсорбция не уменьшается, а увеличивается. Это парадоксальная, патологическая реакция связана с предельной физиологической и гомеостатической емкостью почечного канальцевого аппарата. Почечные механизмы гомеостаза истощены. То есть через почки с мочой из организма может выводиться только определенное, максимально возможное количество химического элемента.

Сопоставление максимальной емкости или, иначе, уровней весовых доз химических элементов, введенных в организм и вызывающих плато крови и минимум реабсорбции, отнесенных к нормальной концентрации химических элементов в организме, указывает: чем меньше химического элемента в норме содержится в организме, тем на большие резервы гомеостатической и клеточной (биологической) емкости он может рассчитывать. Тем большее количество дополнительно именно этого химического элемента может быть принято, связано, занято в циклах и цепях биохимических, бионеорганических, физико-химических реакциях и процессах без ущерба для его нормального функционирования. Результаты этих экспериментов полностью подтверждают основные положения В.В. Ковальского, А.А. Кист, Л.А. Сокова (2000; 2001) и других авторов на этапность (стадии) реагирования биологических объектов при увеличении поступления химических элементов в организм.

На схеме 5.4.5 приведена зависимость реакций организмов от концентрации и соотношения макро- и микроэлементов в среде. Это модифицированная схема В.В. Ковальского (смотри схему 5.4.2), является визитной карточкой Биогеохимической лаборатории. По оси ординат слева – регуляция жизненных функций, на схеме – это куполообразная, выгнутая вверх линия А.

По оси ординат справа – это нарастание патологии, на схеме – это пунктирная, вогнутая вниз линия Б. На оси абсцисс – приведены уровни макро- и микроэлементов в биогеохимических пищевых цепях (БГХ), предельно допустимые концентрации (ПДК), минимально допустимые концентрации (МДК).

В центре этой схемы надпись – относительная норма, выше над этой колонкой отмечено – гомеостатическая и клеточная емкость. Гомеостатическая емкость – это пределы потребности внеклеточной среды, клеточная емкость – это пределы потребности внутриклеточной среды (или того или иного органа, ткани, процесса...) в изотопах химических элементов. Выход за пределы гомеостатической и клеточной емкости, означает риск, кризис, бедствие – это биологические пределы биологических объектов, за ними – смерть.

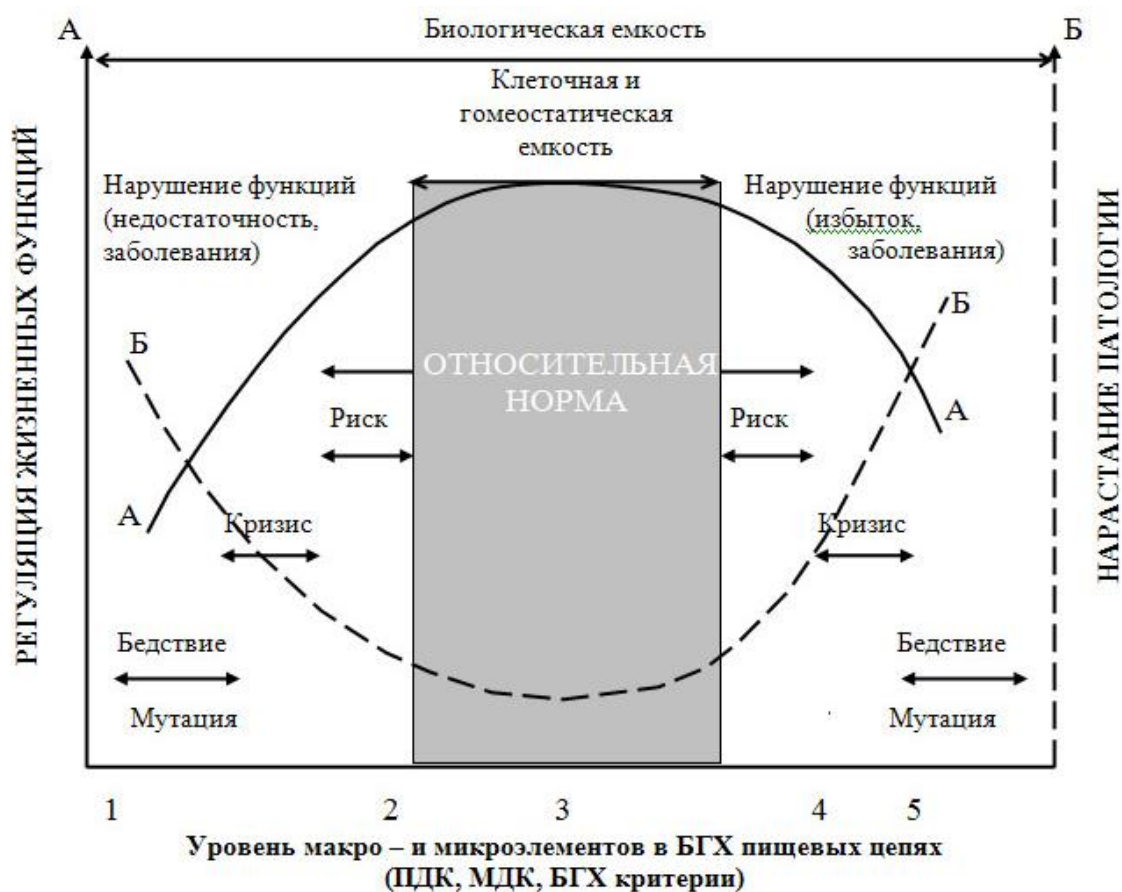


Схема 5.4.5 Зависимость реакций организмов от концентрации и соотношений макро- и микроэлементов в среде (Труды Биогеохимической лаборатории. Т. 24, 2003, видоизмененная схема)

Биологические пределы выживания биологических объектов – это биологическая емкость животных организмов (живого) в изотопах химических элементов. В ее пределах, например, в биогеохимических провинциях, в начале концентрация химического элемента в живом организме растет с увеличением его концентрации во внешней среде. По достижении определенных уровней накопления химического элемента во внутренней среде организм уменьшает долю поступающего химического элемента (снижение абсорбции и усиление экскреции), в результате включения защитных механизмов и естественных барьеров. В зависимости от вида организма, изучаемого органа, способа введения химического элемента и его соединения и ряда других факторов, наблюдается либо незначительный дальнейший рост концентрации, либо его прекращение и сохранение постоянства, либо новое резкое, но кратковременное увеличение концентрации во внутренней среде. Во всех этих случаях отмечаются выраженные патофизиологические изменения и, наконец, гибель организма (Кист, А.А., 1987). Минимально-максимальные интервалы изотопов химических элементов биологической емкости – это пределы выживания живого, вида, подвида животного организма.

Формирование биологической, гомеостатической, клеточной емкостей шло параллельно процессам самоорганизации и последующей эволюции живого, в рамках естественной, природной распространенности изотопов химических элементов и их перераспределения (в том числе и вследствие радиоактивного распада и синтеза) на планете Земля.

Гомеостатическую и клеточную емкость постоянно пополняют и формируют количественные объемы изотопов химических элементов, поступающие извне.

Итак, гомеостаз химических элементов биологических систем зависит и проявляется в процессах жизнедеятельности и жизнеобеспечения животных организмов совокупностью процессов и факторов:

1) степенью абсорбции из желудочно-кишечного тракта и легких, скоростью метаболических процессов и скоростью процессов выведения химических элементов из организма, то есть скоростью гомеостатических (физиологических, биохимических, физико-химических) реакций и процессов;

2) видовым содержанием (и концентрацией) химических элементов в организме, органах и тканях и во внеклеточных средах организма в норме, то есть гомеостатической (и клеточной) емкостью (физиологическим интервалом);

3) отношением летальной дозы к среднему содержанию этого элемента в организме в норме, то есть резервами биологической (гомеостатической и клеточной) емкости химического элемента (биологическим интервалом).

В зонах риска и бедствия (схема 5.4.5) возрастает вероятность мутаций. Мутации могут происходить на различных уровнях организации наследственных структур: геном, хромосомном, геномном. Вследствие этого возрастает количество организмов с врожденной патологией. Может изменяться генотип и фенотип биологического объекта. Появляются новые виды и подвиды живого. Известно, что микроэлементы могут не только активизировать ферментативные процессы, но и влиять на их направленность. «Поскольку ферменты относятся к белкам, образование их зависит от наличия соответствующего гена: их синтез связан с деятельностью рибонуклеиновой матрицы. Совокупность генов предопределяет наличие определенных ферментов в клетке, под контролем одного гена происходит образование одного фермента» (Венчиков, А.И., 1978, с. 105). «Интересны данные, отмечающие постоянное содержание в нуклеиновых кислотах ряда микроэлементов. W.E. Wasker, B.L. Vallee (1959) во всех обследованных ими препаратах РНК и ДНК нашли алюминий, хром, марганец, никель, медь, цинк, железо, а также магний, кальций, стронций, барий....

H.G. Bowen (1966) на основе обзора литературных данных указывает на наличие в ядрах ДНК и митохондриях млекопитающих таких микроэлементов, как алюминий, кобальт, медь, железо, марганец, цинк» (Венчиков, А.И., 1978).

В.В. Ковальский (1974, с. 31) приводит схему («Рис. 13. Схема реакций животных организмов, вызываемых различным содержанием химических элементов в среде»), в которой анализируются вероятные пути появления биологических реакций в зависимости от содержания химических элементов в среде. В общих чертах эта схема несет следующую информацию.

I. Сбалансированное, нормальное содержание. Умеренный недостаток или избыток:

- 1) нормальные процессы обмена веществ;
- 2) количественные изменения в пределах обычных регуляций.

II. Определенный или резкий недостаток, или определенный, или резкий избыток:

- 1) приспособившиеся организмы ~ 80-95 % всех случаев (изменчивость – эволюция);
- 2) качественные эндемические изменения тканевого обмена веществ, эндемические болезни, морфологические изменения, уродства – 5-20 % (изменчивость – эволюция).

В разделе II пункт 1) изменчивость и эволюция ограничивается приобретением новых фенотипических признаков, в пункте 2) следует ожидать не только фенотипические, но и генетические изменения.... В настоящее время обнаружено около 14000 (!) наследственных синдромов и болезней человека (микроэлементозов), которые в той или иной степени вызывают нарушения обмена микроэлементов (Риш, М.А., 2002).

В 2009 году мир отметил 200 лет со дня рождения Чарльза Дарвина. Основные положения общепризнанной теории изложены им в одноименном труде «Происхождение видов путем естественного отбора», которому в том же году исполнилось 150 лет. Непротиворечивую теорию эволюции в начале XIX века разработал Жан Батист Ламарк. В ее основе лежали два допущения: о наследовании приобретенных признаков и о внутренне присущем всему живому «стремлении к совершенству». Что же изменил в теории Ламарка Дарвин? Он отказался от второй посылки своего предшественника – «тяги к совершенству» – и придумал (одновременно с Альфредом Р. Уоллесом) такой механизм эволюционных изменений, которого теория Ламарка не предусматривала – естественный отбор (Марков, А.В., 2008).

Долгое время на Западе господствовал принцип Вейсмана (клетки соматические не могут передавать информацию половым клеткам), а в СССР принцип Т.Д. Лысенко (приобретенные признаки наследуются). Генетика и вейсманизм у нас в стране были объявлены лженауками. Все теории, основанные на возможности наследования приобретенных признаков, стали считать лженаучными априори. Итак, появились и окрепли две «центральные догмы» (Марков, А.В., 2008).

Однако результаты новых исследований свидетельствуют о том, что приобретенные признаки иногда все же могут «передаваться по наследству». То есть рациональное зерно есть в обеих «догмах». Мутации могут происходить в любых клетках тела. Мутации не вполне случайны, так как некоторые участки геномов мутируют с разной скоростью. Мутации в половых клетках половых партнеров приводят к изменению генома у потомства, что, в свою очередь, может привести к уродству, появлениям новых видов, подвидов, и, наконец, могут вызвать смерть потомства (Марков, А.В., 2008).

Ранее считалось, что информация передается в одном направлении – от ДНК к РНК и от РНК к белкам – схема **А**, переноса информации в обратную сторону – от белков к РНК или от РНК к ДНК – поначалу обнаружено не было (схема 5.4.6). В настоящее время принята схема **Б** информационных взаимодействий, возможна, вероятно, и схема **В** (Савинов, А.Б., 2006; 2007). «Но вот обратной трансляции – перезаписывания информации из белков в РНК – не обнаружено и по сей день. По-видимому, такого явления в природе и вправду не существует» (Марков, А.В., 2008). Как знать?

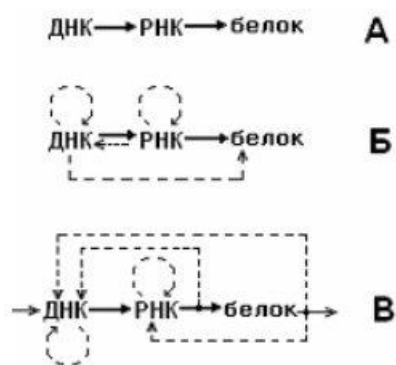


Схема 5.4.6 Схемы, отражающие разные представления об информационных взаимодействиях в системе ДНК–РНК–белок: А – «центральная догма» молекулярной биологии, сформулированная при становлении этой науки; Б – схема, принятая в современной молекулярной биологии (Инге-Вечтомов, С.Г., 1989); В – кибернетическая схема, которую можно предложить, рассматривая живую клетку в качестве самоуправляемой биосистемы (Савинов, А.Б., 2006)

В отечественной биологии доминирующей является синтетическая теория эволюции. В основе этой теории ведущими являются процесс мутагенеза и естественный отбор.

Синтетическая теория эволюции не лишена недостатков. Синтетическая теория эволюции не учитывает в филогенезе ведущую роль факторов внешней среды: экосистемные, биосферные, космические, а также эпигенетику, симбиогенез. Следует отметить, филогенетическая роль экологических факторов проявляется гораздо медленнее, чем актуальных генотипических изменений (Савинов, А.Б., 2007).

В настоящее время открыты дополнительные эпигенетические способы передачи по наследству приобретенных признаков.

1. Вирусный перенос генетической информации. Вирусная инфекция может преодолевать «барьер Вейсмана», если у эмбриона этот барьер еще не успел сформироваться. Зародыш получит информацию – вирусную ДНК (РНК) – не только в соматические клетки, но и в половые.

2. Один из эпигенетических механизмов наследственности связан с метилированием ДНК.

3. Другой вариант эпигенетического наследования приобретенных признаков основан на взаимной активации и инактивации («отключения») генов.

4. У одноклеточных организмов распространен горизонтальный обмен генетическим материалом. У многоклеточных организмов горизонтальный обмен играет гораздо меньшую роль и т.д., и т.п.

«Биосфера представляет собой генный океан. В этом океане преобладающей формой существования генов являются короткие цепочки нуклеотидов, цепочки ДНК, вирусы, бактерии. Ничтожное по объему место в этом океане занимают сложные геномы. Генный океан является тем резервуаром, в обмене с которым совершается эволюция сложных геномов» (Галимов, Э.М., 2009, с. 133).

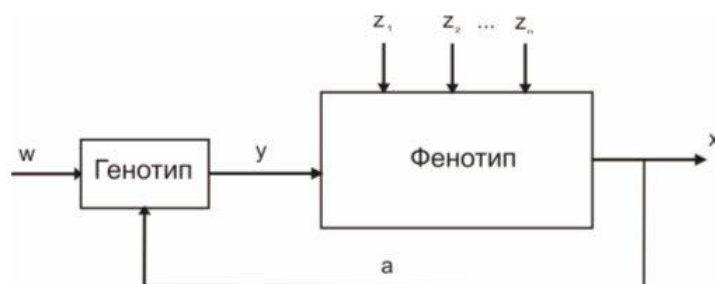


Схема 5.5.7 Схема основного контура регулирования биосистемы организменного уровня (w — задающее воздействие внешней среды, y — регулирующее воздействие, a — обратная связь (информация о выходном сигнале « x »), $Z_1, Z_2 \dots Z_n$ — возмущающие воздействия — «шум») (по Савинову, А.Б., 2006)

Задолго до расшифровки генома было известно, что гены большинства антител, образуются в крови (в соматических клетках) при различных инфекциях, не закодированы в геноме изначально, а «изготавливаются» по мере необходимости из небольшого числа «генов-заготовок». Приобретенный признак (ген нового антитела) может передаваться из лимфоцитов в половые клетки. Потомство прямо от рождения оказывается устойчивым к некоторым возбудителям. Заготовленные в лимфоцитах РНК-структуры выходят из лимфоцитов и разносятся кровью по всему организму, попадая, в том числе и в половые клетки. В них методом обратной транскрипции генетическая информация переписывается с РНК на ДНК, и получившийся фрагмент ДНК встраивается в одну из хромосом половой клетки (Марков, А.В. и др., 2005; Марков, А.В., 2008; Хлебович, В.В., 2006; Савинов, А.Б., 2006; 2007). Процесс наращивания, усложнения и усовершенствования генома сформировался у протоклеточных, функционирует сейчас и будет функционировать в будущем. Это процесс симбиогенеза (самоорганизации, синергии) может осуществляться, в

том числе и с помощью ретровирусов, во временных рамках геологических эпох (экзогенных и эндогенных фаз). Возник парадокс: «генетическая система, считающаяся нами управляющей, оказывается управляемой, а управляющей оказывается та, о которой, как о системе, нам фактически ничего и не известно» (Чадов, Б.Ф., 2006, цит. Савинов А.Б., 2007).

При неизменной структуре генома, могут меняться механизмы его работы, меняются и физиологические свойства биологической системы, в конечном счете, меняется и фенотип. А ведь это не что иное как «наследование приобретенного признака». Изменение фенотипа возможно в пределах «нормы реакции», возможной без изменения генотипа.

На схеме 5.5.7 представлена в самом общем виде в форме контура регулирования «генотип-фенотип» взаимодействие и взаимозависимость управляющей и исполнительной подсистем. По мнению автора идеи А.Б. Савинова (2007) такой подход устраняет противопоставление эволюционной роли генотипической изменчивости и экологических факторов, также участвующих в формировании фенотипов, по которым и происходит естественный отбор в системе популяционного уровня.

«В научной литературе, тем не менее, все еще доминирует представление об иерархическом строении филогенетического древа, отвечающее логике дарвинизма..., хотя все больше данных указывает на то, что геномы организмов черпают генетический материал из общего генетического пула планеты.

Филогенетическая модель должна, по-видимому, выглядеть не как ветвящееся древо и даже не как двумерная сеть, а как многомерное пространство, в котором возможно перекрещивание дальних генетических связей, хотя в этой паутине могут быть толстые главные линии и тонкие, едва заметные, связи» (Галимов, Э.М., 2009, с. 139-140).

Можно с уверенностью утверждать, что механизмы самоорганизации, взаимоотношения, взаимозависимости, функционирования, эволюции геномов находятся в начальной стадии изучения.

«Со времен Ч. Дарвина изменчивость подразделяют на неопределенную, или наследственную, т.е. затрагивающую генотип, и определенную, при которой меняется только фенотип (преобразуется форма) практически у всех особей одной популяции (породы, сорта), реагирующих на определенное внешнее воздействие» (Хлебович, В.В., 2006). В последнем случае вид остается неизменным.... А при изменениях в генотипе возможно появление новых видов.... Чем дальше отстоит биологическая система от «точки отсчета», то есть времени происхождения, образования живого вещества, тем она сложнее организована и тем большее количество изотопов химических элементов и в больших пропорциях вовлечены в процессы жизнедеятельности и жизнеобеспечения (Соков, Л.А., 2000; 2001).

Состав живого вещества и условия развития жизни на Земле во многом определяются и преобладанием определенных форм нахождения химических элементов в среде обитания организмов. Так, в составе земной коры преобладают химические элементы, для которых предпочтительной является минеральная форма, а организмы поглощают в основном химические элементы, находящиеся в водных растворах, газовых смесях и в биологической форме. Это сказалось и на особенностях химического элементарного состава и распространенности организмов: химические элементы – воздушные мигранты составляют в живом веществе свыше 98 % его массы, а в земной коре – лишь около 50%; среди водных мигрантов (Перельман, А.И.) в организмах преобладают подвижные. На их долю приходится 0,7 %, а на долю малоподвижных – около 0,5 %. В земной же коре преобладают слабо- и малоподвижные химические элементы, составляя свыше 44 %. На долю подвижных приходится всего около 8 %. Обособленные в пространстве земной коры такие формы нахождения химических элементов, как минеральная, водные растворы, газовые смеси, коллоидная и сорбированная, в живом веществе часто пространственно совмещены, образуя единый организм (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

Связь распространенности и распределения химических элементов в земной коре и ее образованиях с химическим элементарным составом всего блока живого вещества Земли хорошо изучена. Найдено влияние особенностей этой распространенности и распределения на

условия развития на Земле жизни как таковой. Выяснилось, что жизнь и развитие отдельных конкретных видов организмов во многом обусловлены специфическими геохимическими особенностями относительно небольших участков земной коры с преобладанием горных пород определенного типа. К настоящему времени это явление наиболее изучено для растений суши (<http://bibhl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

Исходя из изложенного, можно считать, что вторичное упорядочивание живого, его эволюция происходит параллельно изменению условий внешней среды уже с помощью как генетических, так и эпигенетических механизмов.

Итак, на планете идут как минимум два «независимых» процесса, определяющие эволюцию химического элементарного состава и, следовательно, предопределяющие эволюцию живого вещества: естественные, от деятельности человека независимые и рукотворные, обязанные «расцвету» цивилизации....

Известно, химический этап образования и эволюции живого вещества начинается в виде органических молекул в межзвездной среде и газовых туманностях (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 77) и интенсифицируется при выделении из протопланетного облака жидкой фазы – океанической воды. При выходе живого на сушу в дальнейшем формирование, функционирование, эволюционное развитие и совершенствование живого организма напрямую зависит от химического элементарного состава земной коры (схема 4.1.1). Последующая дифференциация живого вещества происходит за счет усложнения и усовершенствования аппаратов обмена веществ, которые требуют для своего функционирования в больших количествах более сложно организованные химические элементы «с их многолопастными орбитальными облаками, магнитными и электрическими моментами» (Щукарев, С.А., 1971). А, как известно, они содержатся в земной коре (Земном шаре) в больших количествах, чем в океанической воде. Таким образом, эволюция химического элементарного состава планеты Земля, ее геосфер, в совокупности с космическими событиями, предопределяет направление эволюционного процесса живого вещества, животных организмов, биосферы.

Итак, эволюционная филогенетическая самоорганизация генома определяется:

- 1 процессами мутагенеза и естественным отбором;
- 2 использованием геномов и фрагментов геномов из общего генетического океанического и наземного пула планеты при формировании сложных геномов, а также эпигенетическими механизмами, симбиогенезом...;
- 3 космическими, геологическими факторами, физической и антропогенной эволюцией изотопного химического элементарного состава, биосферными, экосистемными, популяционными, социальными взаимодействиями;
- 4 научно-техническим прогрессом цивилизации.

В течение ~ двух последних столетий в технологическте процессы бурно развивающейся экономики цивилизации планеты интенсивно вовлекаются не только макроэлементы, в основном за счет сжигания углеводородов, но и микро-, ультрамикроэлементы, отвечающие в живом за функционирование ферментов, ферментативных, гормональных систем. А это, в свою очередь, может изменить качественно-количественные соотношения доменов («гомеостаз»: эукариоты ↔ прокариоты ↔ археи) в биомассе планеты. У гетеротрофов может измениться вся цепочка: царство, тип, класс, отряд, семейство, род, вид, а, следовательно, изменится химический состав пищевых потоков. Изменение экологической ситуации на планете, изменение климата, в том числе и в результате катастроф, появление рукотворных обширных геохимических территорий, не пригодных или мало пригодных для живого, радикальные геохимические изменения в геосферах планеты, могут вызвать необратимые изменения в живом веществе, в биосфере, в генетическом пуле планеты. Внешние факторы являются аттракторами (руслами) эволюционного процесса.

5.5 Классификация химических элементов с учетом гомеостатической емкости биологических объектов

А.В. Скальный (2004) делит все химические элементы на элементы с низкой, средней и высокой гомеостатической емкостью. А.В. Скальный относит к химическим элементам с минимальной гомеостатической емкостью Р, Zn, Cu, Se, Cr, Fe, I, количество которых с возрастом еще более уменьшается. К накоплению в организме таких элементов как Pb, Cd, Be, As, Ti, U, а также дисбалансу Na, K, Li (элементы с высокой гомеостатической емкостью) в основном следует относиться, по мнению А.В. Скального, как к вторичным состояниям, изначально обусловленным дисбалансом элементов с меньшей гомеостатической емкостью. Такой подход следует приветствовать, так как это важно с практической стороны. Однако речь здесь идет не о гомеостатической емкости, а о резервах гомеостатической емкости (Кист, А.А., 1973).

Вероятно, все химические элементы по величине гомеостатической (биологической и физиологической) емкости (по аналогии с работой Виноградова, А.П. от 1933) можно разделить на три группы: первая группа – содержание химических элементов в организме «стандартного» человека (вес 70 кг, возраст 30 лет) больше 1 грамма; вторая группа – содержание химических элементов от 0,99(9) граммов до 0,011грамма; третья группа – содержание химических элементов равно или меньше 0,01 грамма.

К первой группе химических элементов, обладающих высокой гомеостатической емкостью, относятся: О, содержание в организме «стандартного» человека – 45500 г (65,0 %); С – 12600 г (18,0 %); Н – 7000 г (10,0 %); N – 2100 г (3,0 %); Са – 1050 г (1,5 %); Р – 700 г (1,0 %); S – 175 г (0,25 %); К – 140 г (0,2 %); Na – 105 г (0,15 %); Cl – 105 г (0,15 %); Mg – 35 г (0,05 %); Fe – 4 г (0,0057 %); Zn – 2,3 г (0,0033 %); Rb – 1,2 г (0,0017 %).

Ко второй группе химических элементов, обладающих средней гомеостатической емкостью, относятся: Sr, содержание в организме «стандартного» человека – 0,14 г ($2 \cdot 10^{-4}$ %); Cu – 0,1 г ($1,4 \cdot 10^{-4}$ %); Al – 0,1 г ($1,4 \cdot 10^{-4}$ %); As < 0,1 г (< $1,4 \cdot 10^{-4}$ %); Sb < 0,09 г (< $1,3 \cdot 10^{-4}$ %); Pb – 0,08 г ($1,1 \cdot 10^{-4}$ %); La < 0,05 г (< $7 \cdot 10^{-5}$ %); Nb < 0,05 г (< $7 \cdot 10^{-5}$ %); Sn – 0,03 г ($4,3 \cdot 10^{-5}$ %); I – 0,03 г ($4,3 \cdot 10^{-5}$ %); Cd – 0,03 г ($4,3 \cdot 10^{-5}$ %); Mn – 0,02 г ($3 \cdot 10^{-5}$ %); Ba – 0,016 г ($2,3 \cdot 10^{-5}$ %); Ti < 0,015 г (< $2,2 \cdot 10^{-5}$ %).

К третьей группе химических элементов, обладающих минимальной гомеостатической емкостью, относятся: Ni, содержание в организме «стандартного» человека < 0,01 г (< $1,4 \cdot 10^{-5}$ %); B < 0,01 г (< $1,4 \cdot 10^{-5}$ %); Cr < 0,006 г (< $8,6 \cdot 10^{-6}$ %); Ru < 0,006 г (< $8,6 \cdot 10^{-6}$ %); Tl < 0,006 г (< $8,6 \cdot 10^{-6}$ %); Zr < 0,006 г (< $8,6 \cdot 10^{-6}$ %); Mo < 0,005 г (< $7 \cdot 10^{-6}$ %); Co < 0,003 г (< $4,3 \cdot 10^{-6}$ %); Be < 0,002 г (< $3 \cdot 10^{-6}$ %); Au < 0,001 г (< $1,4 \cdot 10^{-6}$ %); Ag < 0,001 г (< $1,4 \cdot 10^{-6}$ %); Li < $9 \cdot 10^{-4}$ г (< $1,3 \cdot 10^{-6}$ %); Bi < $3 \cdot 10^{-4}$ г (< $4,3 \cdot 10^{-7}$ %); V < 10^{-4} г (< $1,4 \cdot 10^{-7}$ %); U < $2 \cdot 10^{-5}$ г (< $3 \cdot 10^{-8}$ %); Cs < 10^{-5} г (< $1,4 \cdot 10^{-8}$ %); Ga < $2 \cdot 10^{-6}$ г (< $3 \cdot 10^{-9}$ %); Ra < 10^{-10} г (< $1,4 \cdot 10^{-12}$ %) (МКРЗ, 1961, таблица 6).

Химические элементы, присутствующие в организме в больших количествах, обладают меньшими резервами гомеостатической (биологической и физиологической) емкости. Оценочной величиной резерва гомеостатической (биологической и физиологической) емкости может служить отношение летальной дозы (ЛД) к нормальному содержанию химического элемента (СХЭ) в организме. Отношение ЛД/СХЭ для элементов равно: Р – 0,0001; Zn – 0,0025; К – 0,08; коэффициент для Na, вероятно, также мал (учитывая высокую токсичность и доступность японские самураи использовали NaCl как средство для ритуального самоубийства, Macfailane, W.V., 1981). Коэффициенты для V, Ba, Cr, F равны соответственно: 0,1-0,2; 0,2; 0,5; 0,77. Коэффициенты для Fe, As, Mo, I несколько больше и равны соответственно: 2-7; 3,3-23; 10; 2,3-14. То есть, резервная гомеостатическая (биологическая, физиологическая) емкость этих элементов больше их нормального содержания в организме в 2-23 раза. Коэффициенты отношения ЛД/СХА для Tl, Br, Cd, Pb, Ag, Hg превышают гомеостатическую (биологическую, физиологическую) емкость в десятки, сотни и даже десятки тысяч раз. Их резервная гомеостатическая (биологическая, физиологическая) емкость больше гомеостатической (биологической, физиологической) емкости соответственно в 100, 134, 50-300, 5-500, 1300-6200, 11500-23000 раз. В расчетах использовали противоречивые данные по ЛД, приведенные в монографии А.В. Скальный, И.А. Рудаков (2004).

Сходные расчеты и выводы были сделаны значительно раньше А.А. Кист (1973), правда для этого использовалась иная терминология и другие расчеты.

Наиболее частой патологией, с которой пациентам оказывается медицинская помощь в реанимационных отделениях больниц, является нарушение электролитного баланса, то есть нарушение гомеостаза макроэлементов и их солей: Na^+ , K^+ , Mg^{+2} , Ca^{+2} , PO_4^{-3} , CO_3^{-2} и т.д.

Определенное значение для жизнедеятельности биологических систем имеет содержание (концентрация) изотопов химических элементов в пищевых продуктах, почве, воде, воздухе. Внешними факторами, влияющими на параметры метаболизма и определяющими содержание, концентрацию изотопов химических элементов, является проживание в биогеохимических провинциях, геохимических аномалиях городов, районов, ландшафтов... Содержание изотопов химических элементов во внешней среде формирует изотопный химический состав пищевых цепочек.

Таким образом, гомеостаз химических элементов определяется, как и видовыми особенностями самой биологической системы, так и физико-химическими свойствами изотопов химических элементов, в том числе и участием их в процессах синергизма и антагонизма. Особенности метаболизма биологической системы (принадлежность к виду, подвиду) определяют скорость гомеостатических реакций. Гомеостатическая (биологическая, физиологическая) емкость химических элементов животных организмов, в общих чертах, прямо пропорциональна атомному номеру, числу протонов в ядре атома, числу Мозли, а резервная биологическая (гомеостатическая) емкость им обратно пропорциональна (схема 5.4.5). Границы гомеостатической емкости химических элементов, обеспечивающей физиологический комфорт, с риском и бедствием, бедствием и летальным исходом, вследствие повышенного или пониженного поступления в организм (схема 5.4.5), очерчиваются периодическими кривыми, периодичность которых определяется закономерностями застройки электронных орбит химических элементов (рисунки 5.4.1 и 5.4.4). Биологическая емкость – это предельные, минимально-максимальные концентрационные интервалы изотопов химических элементов в организме для выживания вида, подвида животного организма. При этом гомеостатическая емкость – это минимально-максимальные естественные концентрационные интервалы внеклеточного пространства, физиологическая емкость – это минимально-максимальные естественные концентрационные интервалы внутриклеточного пространства (или того или иного органа, ткани или процесса...) изотопов химических элементов.

Глава 6 Общие закономерности метаболизма химических элементов в крови зависимости от их электронного строения и физико-химических констант.

Самоорганизация живого

6.1 Роль клеток крови в формировании гомеостатических показателей изотопов химических элементов

Кровеносная система, образованная в процессе эволюции примерно $4 \cdot 10^9$ – $1 \cdot 10^9$ лет назад при самоорганизации первых клеточных организмов из прокариот, является отдельным, самостоятельным и центральным органом. Кровеносная система обладает механическим насосом, который сейчас называют сердцем, вспомогательными тканями – костным мозгом и т.д. Кровеносная система отделена от других органов и систем полупроницаемыми мембранами, выстланными изнутри эндотелием. В оболочку кровеносной системы встроены рецепторные системы, которые позволяют ей контролировать состояние организма адекватно функциональным запросам его тканей... (Шошенко, К.А., 1981). Попадая в кровеносную систему, химические элементы распределяются по фракциям крови: часть из них накапливается в форменных элементах крови, часть из них остается в плазме крови. В плазме крови часть из них связывается белками плазмы, которые представлены простыми белками – альбуминами и глобулинами и сложными белками: металло- и металлоидопротеидами, фосфопротеидами, глюкопротеидами, липопротеидами, хромопротеидами, нуклеопротеидами (РНК, ДНК). Наименьший молекулярный вес имеют альбумины – 6800–72000Da, что и определяет в значительной мере их подвижность, перемещение через мембраны организма. Часть элемента в плазме крови может находиться в виде свободных ионов, нейтральных молекул, фосфатов, карбонатов, сульфатов, гидроокисей, цитратов, лактатов, глутаминатов, соединений жирных кислот, это так называемая ультрафильтруемая часть плазмы крови, имеющая незначительный молекулярный вес, способная диффундировать через мембраны (Левина, Э.Н., 1972). Перемещение химических элементов и их соединений из плазмы крови в системы, органы, ткани, отдельные клетки организма определяется в дальнейшем полупроницаемыми мембранами, через которые, собственно, и происходит это перемещение и которые условно делятся на 4 типа:

а) мембраны I типа – перенос химических соединений, ионов осуществляется с помощью простой диффузии;

б) мембраны II типа – перенос химических соединений, ионов осуществляется с помощью облегченной диффузии;

в) мембраны III типа – перенос вещества (химических элементов и их соединений) через мембрану происходит против градиента концентрации;

г) мембраны IV типа – эти мембраны имеют поры, через которые могут проходить молекулы с молекулярным весом до $\sim 70.000\text{Da}$ (Альберт, А., 1989).

В крови изотопы химических элементов могут находиться и транспортироваться в различных формах. Для многих химических элементов характерна связь с белками плазмы крови, какая-то часть находится в плазме крови в «свободном» не связанном белком плазмы крови состоянии, часть накапливается клетками крови, в основном эритроцитами, где сорбируются, по-видимому, на молекуле гемоглобина (Келина, Н.Ю., Безручко Н.В., 2006, с. 38, 40). «В транспорте некоторых металлов большую роль играют эритроциты крови. Такое преимущественное накопление известно для таких металлов, как свинец, хром, для ряда неметаллов, в первую очередь мышьяка, но и сурьмы, селена и др. Хорошо известно избирательное проникание и накопление калия в эритроцитах, это же свойственно и близкому к нему рубидию, хотя и не обладающему физиологическими свойствами калия. Концентрация в эритроцитах отмечена для большинства металлов VIII группы элементов» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 102). «Для некоторых металлов и металлоидов имеет значение транспорт клетками крови, главным образом эритроцитами. Например, более 90 % поступившего в организм мышьяка или свинца циркулирует в эритроцитах» (Келина, Н.Ю., Безручко, Н.В., 2006, с. 38).

Изучение роли форменных элементов в метаболизме химических элементов во внеклеточном пространстве и транспортировке их в системы, органы, ткани, депонировании, выведении, проводили с использованием литературных, справочных показателей о содержании химических элементов в форменных элементах крови (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007; Левина Э.Н., 1972; Пучкова, С.М., 1966; Скальный, А.В., 2004; Скальный, А.В., Рудаков, И.А., 2004; Соков, Л.А., 2006; Человек...1977, и т.д....). Для получения дополнительной информации об изменении содержания химических элементов и перераспределении их в динамике между форменными элементами и сывороткой крови проведены эксперименты на крысах с радиоактивными изотопами (в скобках указано количество радиоактивности и изотопного носителя, введенное животному): $^{86}\text{RbCl}$ (30 мкКи, 96 мкг), $^{137}\text{CsCl}$ (33,3 мкКи, 0,37 мкг), $^{45}\text{CaCl}_2$ (23,8 мкКи, 100 мкг), $^{90}\text{SrCl}_2$ (3 мкКи, $2 \cdot 10^{-2}$ мкг), $^{91}\text{YCl}_3$ (6,7 мкКи, $2,7 \cdot 10^{-5}$ мкг), $^{144}\text{CeCl}_3$ (14,2 мкКи, $4,4 \cdot 10^{-3}$ мкг), $^{125}\text{SbCl}_3$ (27 мкКи, $1,8 \cdot 10^{-2}$ мкг), $\text{Na}_2^{127\text{m}-127}\text{TeO}_3$ (2 мкКи, 10 мкг). Определяли концентрацию радиоактивных изотопов в крови, сыворотке крови через 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 24 часа после введения изотопа в кровоток и степень связи химических элементов белками сыворотки крови (через 1, 3, 5, 7, 12, 24 часа) в динамике методом диализа с ультрафильтрацией (Пучкова, С.М., 1966).

Часы Элементы	1	2	3	4	5	6	7	12	24
Цезий	0,7	1,0	1,3	1,3	1,6	1,7	2,0	2,0	3,8
Теллур	1,2	1,8	2,6	2,7	3,8	3,8	6,7	6,7	13,3
Кальций	0,1	0,2	0,05	-	-	-	-	-	-
Стронций	0,8	0,4	-	-	-	-	-	-	-
Иттрий	0,31	0,14	0,06	0,15	0,14	0,06	0,04	0,33	0,14
Церий	0,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Рубидий	1,18	2,37	2,68	3,35	3,41	4,58	3,79	5,77	8,52
Сурьма	1,81	2,71	2,50	-	2,2	4,7	7,0	4,7	12,5

Таблица 6.1.1. Отношение концентрации химических элементов в форменных элементах к концентрации в сыворотке крови (% от введенного 1 мл форменных элементов / 1 мл сыворотки крови)

Полученные в результате экспериментальной работы данные представлены в таблице 6.1.1. Как видно из представленного (таблица 6.1.1), клеточная емкость форменных элементов крови для рубидия, цезия, сурьмы и теллура интенсивно заполняется в течение 24 часов. Кальций, стронций, церий достоверно обнаруживаются в клетках крови лишь в течение первых 1-3 часов эксперимента. Иттрий постоянно, в течение всего срока наблюдения обнаруживается в клетках крови в небольших количествах, без какой-либо закономерной динамики (таблица 6.1.1). Обнаружено, что рубидий и цезий в сыворотке крови находятся в свободном несвязанном белками сыворотки крови состоянии, сурьма связана белками сыворотки на ~ 63 %, теллур практически полностью связан белками сыворотки крови, количество связанного кальция, стронция, иттрия, церия белками сыворотки крови изменяется в динамике. Какой-

либо видимой корреляции между уровнем и характером связывания химических элементов белками сыворотки и накоплением их форменными элементами крови не обнаружено (Соков, Л.А., 2006, с. 107).

Объем крови «условного» человека (возраст 20-30 лет, вес 70 кг) равен 5200 мл (удельный вес 1,06 г/мл, вес 5500 г), объем плазмы равен 3000 мл (удельный вес 1,03 г/мл, вес 3100 г), объем эритроцитов равен 2200 мл (удельный вес 1,09 г/мл, вес 2400 г). Вес белка крови «условного» человека равен 990 г, плазмы 210 г, эритроцитов 780 г (Человек..., 1977).

По данным МКРЗ (1959; 1977) вся кровь «условного» человека состоит из химических элементов-органогенов в граммах (символ химического элемента – кровь – плазма – эритроциты): Н – $5,5 \cdot 10^2 - 3,4 \cdot 10^2 - 2,1 \cdot 10^2$; С – $6,41 \cdot 10^2 - 6,1 - 6,35 \cdot 10^2$; N – $1,6 \cdot 10^2 - 3,4 \cdot 10 - 1,3 \cdot 10^2$; О – $4,1 \cdot 10^3 - 2,7 \cdot 10^3 - 1,4 \cdot 10^3$; Р – 1,9 – 0,34 – 1,6; S – 10 – 2,7 – 7,9. Следует обратить внимание, около 80 % фосфора и серы крови содержится в эритроцитах.

Содержание химических элементов в крови «условного» человека (приводится символ элемента, затем последовательно в граммах: кровь – плазма – эритроциты) следующее:

s-элементы, IА подгруппа: Li – $1,4 \cdot 10^{-4} - 8,1 \cdot 10^{-5} - 6,2 \cdot 10^{-5}$; Na – 10 – 10 – 0,57; K – 8,8 – 0,5 – 8,3; Rb – $1,4 \cdot 10^{-2} - 2,0 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-2}$; Cs – $< 8,1 \cdot 10^{-4} - \dots, - \dots$; IIА подгруппа: Be – $< 5,2 \cdot 10^{-7} - \dots, - \dots$; Mg – 0,13 – $\dots, 7,1 \cdot 10^{-2}$; Ca – 0,31 – 0,29 – $1,2 \cdot 10^{-2}$; Sr – $1,8 \cdot 10^{-4} - 1,7 \cdot 10^{-4} - 8,0 \cdot 10^{-6}$; Ba – $1,0 \cdot 10^{-3} - < 6,2 \cdot 10^{-4} - \dots$; Ra – $\dots, 6,2 \cdot 10^{-17}$ (для животных) – $\dots$;

d-элементы, 4 период: Ti – $1,4 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-4} - 8,0 \cdot 10^{-5}$; V – $8,8 \cdot 10^{-5} - 3,1 \cdot 10^{-5} - 5,7 \cdot 10^{-5}$; Cr – $1,4 \cdot 10^{-4} - 7,4 \cdot 10^{-5} - 4,4 \cdot 10^{-5}$; Mn – $1,2 \cdot 10^{-4} - \dots, - 1,2 \cdot 10^{-4}$; Fe – $2,5 - 3,6 - 10^{-3} - 2,4$; Co – $1,7 \cdot 10^{-6} - 1,4 \cdot 10^{-6} - 3,4 \cdot 10^{-7}$; Ni – $1,6 \cdot 10^{-4} - 9,0 \cdot 10^{-5} - 7,0 \cdot 10^{-5}$; Cu – $5,6 \cdot 10^{-3} - 3,5 \cdot 10^{-3} - 2,2 \cdot 10^{-3}$; Zn – $3,4 \cdot 10^{-2} - 5,6 \cdot 10^{-3} - 2,8 \cdot 10^{-2}$;

d-элементы, 5 период: Y – $2,6 \cdot 10^{-5} - \dots, - \dots$; Zr – $1,3 \cdot 10^{-2} - 1,3 \cdot 10^{-2} - 1,3 \cdot 10^{-2}$; Nb – $2,1 \cdot 10^{-5} - \dots, - 1,3 \cdot 10^{-2}$; Mo – $8,3 \cdot 10^{-5} - < 6,2 \cdot 10^{-4} - \dots$; Ag – $9,9 \cdot 10^{-4} - < 6,2 \cdot 10^{-4} - 3,7 \cdot 10^{-4}$; Cd – $3,6 \cdot 10^{-5} - < 3,1 \cdot 10^{-4} - \dots$;

d-элементы, 6 период: Au – $2,1 \cdot 10^{-7} - < 3,1 \cdot 10^{-4} - \dots$; Hg – $2,6 \cdot 10^{-5} - 9,0 \cdot 10^{-6} - 1,7 \cdot 10^{-5}$;

p-элементы: B – $5,2 \cdot 10^{-4} - \dots, -$; F – $9,5 \cdot 10^{-4} - 8,7 \cdot 10^{-4} - 1,7 \cdot 10^{-4}$; Al – $1,9 \cdot 10^{-3} - 1,4 \cdot 10^{-3} - 1,4 \cdot 10^{-4}$; Si – $1,4 \cdot 10^{-1} - \dots, - 9,0 \cdot 10^{-3}$; Cl – 15 – 11 – 4,2; Ga – $1,6 \cdot 10^{-5} - < 1,6 \cdot 10^{-4} - \dots$; As – $2,5 \cdot 10^{-3} - 9,3 \cdot 10^{-5} - 5,9 \cdot 10^{-4}$; Se – $1,1 \cdot 10^{-3} - \dots, - 1,8 \cdot 10^{-4}$; Br – $2,6 \cdot 10^{-2} - 1,7 \cdot 10^{-2} - 7,5 \cdot 10^{-3}$; Sn – $6,8 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-4} - 5,5 \cdot 10^{-4}$; Sb – $2,4 \cdot 10^{-5} - < 4,6 \cdot 10^{-4}$ (только в плазме ?); I – $2,2 \cdot 10^{-4} - 2,6 \cdot 10^{-5} - 3,5 \cdot 10^{-5}$; Pb – $1,4 \cdot 10^{-3} - 1,4 \cdot 10^{-4} - 1,2 \cdot 10^{-3}$; Bi – $< 6,2 \cdot 10^{-5} - < 3,1 \cdot 10^{-4} - \dots$.

Из химических элементов s-блока, IА подгруппы около 95 % Na и 55 % Li находится в плазме крови, 94 % K и 86 % Rb, наоборот, фиксируется эритроцитами. Из химических элементов s-блока, IIА подгруппы ~ 96 % Ca и Sr и ~ 43 % Mg обнаруживается в плазме крови.

Химические элементы d-блока в значительной мере фиксируются эритроцитами: IV период Ti – 57,1 % находится в эритроцитах в процентах от содержания в крови; V – 64,8 %; Cr – 31,4 %; Mn ~ 100 %; Fe – 94 %; Co – 20 %; Ni – 43,75 %; Cu – 39,3 %; Zn – 82,35 %; V период Ag – 37,37 %; VI период Hg – 65,4 %. Возможно, Zn может накапливаться лейкоцитами (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 100), как, вероятно и другие химические элементы.

Химические элементы p-блока, наоборот, транспортируются плазмой крови: F – 82,1 % находится в плазме в процентах от содержания в крови; Al – 92,6 %; Si – 93,6 %; As – 76,4 %; Se – 83,64 %; Br – 71,2 %; I – 84,1 %; металлы этого блока, напротив, как и металлы d-блока, транспортируются во внеклеточном пространстве эритроцитами: Sn ~ 81 %, Pb – 85,7 %. Сходные показатели распределения изотопов химических элементов по фракциям крови приводят и другие авторы (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007; Скальный, А.В., 2004; Скальный, А.В., Рудаков, И.А., 2004).

Скорость заполнения клеточной емкости клеток крови и концентрация химических элементов в форменных элементах крови зависит от ряда факторов и в первую очередь от физико-химических свойств и связанных с ним физико-химических свойств соединений (таблица 6.1.1). Отношение концентрации химических элементов – форменные элементы / сыворотка крови – для Cs и Rb равно к концу суток после поступления в кровоток 3,8 и 12,5, а для Sb и Te 12,5 и 13,3 соответственно. Однако введение одного и того же химического

элемента в кровотоке, но разной валентности, например, хлорида хрома (Cr-III) и хромата натрия (Cr-VI) может дать различные модели метаболизма. «Шестивалентный хром, находящийся в растворе в форме аниона, метит глобины эритроцитов, а трехвалентный катион связывается с белками плазмы. Проводя сравнительное изучение поведения в организме двух соединений хрома, мы специально исследовали связь хрома в этих соединениях с белками крови. Было подтверждено, что трехвалентный хром прочнее соединяется с белками плазмы, в первые 6 часов 98 % активности в крови связано с белками плазмы, а на третьи – пятые сутки связь уменьшается до 80-85 %. В случае шестивалентного хрома 60-65 % активности крови в первые сутки связано с белками эритроцитов, к десятым суткам эта связь возрастает до 80 %» (Седов, В.В., Ковальчук, И.Д., 1966, с. 129). В этой же работе показано, что трехвалентный хром к трем суткам наблюдения ~ до 25 % связывается с белками эритроцитов, хром (трех- и шестивалентный) в плазме крови практически полностью связан плазменными белками. «Хром в шестивалентном состоянии, как анион, прочно фиксируется в эритроцитах и связан в них гемоглобином, в отмытой строме эритроцитов обнаруживается только 2 % металла. Некоторая часть хрома имеется и в лейкоцитах» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 101).

«Валентное состояние сурьмы также влияет на распределение ее в крови. В пятивалентном состоянии она транспортируется преимущественно плазмой, а после введения трехвалентного элемента соотношение концентраций его эритроциты / плазма на четвертый день равнялось 28,1.... Введенная внутривенно в виде окиси сурьмы через 2 часа сосредоточена в эритроцитах, а через 12 часов в плазме остаются лишь следы. Соединения сурьмы с белками лабильны. В виде галогенидов сурьмы, по-видимому, после гидролиза находится в коллоидальном состоянии» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 101).

Вероятно, накопление химических элементов в клетках крови происходит с помощью разных механизмов. Гомеостаз s-элементов определяется быстрыми реакциями и процессами короткой продолжительности, в том числе и активным транспортом с помощью АТФаз. Метаболизм химических элементов d-блока и металлов p-блока происходит, в основном, с помощью активного транспорта через мембраны клеток трансмембранными белками-переносчиками, с последующим связыванием белками форменных элементов крови, которых в клетках крови в 3,7 раза больше, чем в плазме крови.

«Структуру мембраны эритроцита формируют липидные и белковые компоненты. Основой ее служит липидный матрикс, пронизываемый интегральными белками, а своего рода эластичной подложкой, прилегающей к цитоплазматической поверхности липидного бислоя, является белковая сеть цитоскелета, определяющая упругие свойства мембраны» (Сторожок, С.А., и другие, 1997, с. 27). «Структура цитоскелета – эластичная белковая сеть, локализованная на цитоплазматической поверхности эритроцитарной мембраны» ... «завершенность процессов самосборки цитоскелета эритроцита, наряду с достаточным количеством гемоглобина, является определяющим фактором функциональной зрелости эритроцита, поступающего из костного мозга в кровь» (Сторожок, С.А., и другие, 1997, с. 105). «В 1981 году Larsen и соавторы сообщили, что при сдвиговой деформации эритроцитов происходит увеличение проницаемости мембран для ионов Ca^{++} . Наряду с этим во время физиологического деформационного стресса также возрастает проницаемость мембран для K^+ и Na^+ . Увеличение потока ионов калия из эритроцитов уравнивается потоком ионов натрия в обратном направлении. Также был выявлен дозозависимый эффект проницаемости мембран эритроцитов для одновалентных катионов от величины усилия сдвига ($14\text{-}22 \text{ Н/м}^2$)» /Neu, e. a., 1990/ (Сторожок, С.А., и другие, 1997, с. 36). Белками цитоскелета эритроцита являются: спектрин, анкирин, актин, белок 4.1, белок 4.9, белок полосы 4.2, тропомиозин, тропомодулин, аддуцин (Сторожок, С.А., и другие, 1997). Полость эритроцита заполнена гемоглобином.

В жизнедеятельности биологических объектов огромное значение имеют бионеорганические соединения с макроциклическими лигандами. В них донорные атомы азота связаны в единое кольцо – цикл, в котором эти донорные атомы жестко скоординированы в пространстве. Наиболее распространены порфирины и корриноиды. Порфирины и корриноиды образуют

прочные координационные соединения со многими представителями s-, p-, d-блоков химических элементов. Лишь бы химические элементы «подходили» по информационно-энергетическим характеристикам. Порфириновые комплексы металлов входят в состав важнейших бионеорганических соединений каталазы, цитохромов, цианкобаломина.... В различных гемсодержащих ферментах, белках, в том числе и гемоглобине, имеется порфириновое кольцо. Протопорфирин образует «четырёхзубчатые» комплексы с ионами таких металлов, как Fe, Mg, Zn, Co, Cu. Хелатный комплекс протопорфирина с Fe^{+2} называется просто гемом, аналогичный комплекс с Fe^{+3} носит название гемина или гематина (Ленинджер, А., 1976, с. 437).

Итак, гомеостаз металлов внеклеточного пространства определяется, в значительной мере, взвешенными в этом пространстве, свободно, с достаточно большой скоростью, перемещаемыми в нем форменными элементами крови. Содержание железа в эритроцитах равно ~ 2,4 грамм. Содержание химических элементов d-блока (Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Zr, Nb, Ag, Hg) в форменных элементах крови равно ~ 0,077 грамм. Природное железо состоит из смеси изотопов: $^{54, 56}\text{Fe}$ (91,66 % от смеси), $^{57, 58}\text{Fe}$. Содержание устойчивых и радиоактивных природных изотопов химических элементов d- и p-блоков в форменных элементах крови человека равно ~ 0,108 грамм или ~ 4,5 % от содержания в них железа. Титан, представлен на планете смесью пяти изотопов – $^{46-50}\text{Ti}$, из которых наиболее распространен ^{48}Ti (73,99 % от смеси); ванадий – ^{51}V (99,76 %), ^{50}V (0,24 %) период полураспада последнего равен $T_{1/2} = 1 \cdot 10^{15}$ лет; хром – $^{50, 52}\text{Cr}$ (83,76 %), $^{53, 54}\text{Cr}$; марганец – ^{55}Mn ; кобальт – ^{59}Co ; никель – ^{58}Ni (67,88 %), $^{60, 61, 62, 64}\text{Ni}$; медь – ^{63}Cu (69,09 %), ^{65}Cu ; цинк – ^{64}Zn (48,89 %), $^{66, 67, 68, 70}\text{Zn}$; цирконий – ^{90}Zr (51,46 %), $^{91, 92, 93, 96}\text{Zr}$; ниобий – ^{91}Nb ; серебро – ^{107}Ag (51,35 %), ^{109}Ag ; ртуть имеет 7 устойчивых изотопов – с А от 196 до 204, ^{202}Hg (29,80 %) и один радиоактивный, ^{206}Hg $T_{1/2} = 8, 6$ мин; фтор – ^{19}F ; алюминий – ^{27}Al ; мышьяк – ^{75}As ; селен имеет 6 устойчивых изотопов – с А от 72 до 82, ^{80}Se (49,82 %); бром – ^{79}Br (50,5 %), ^{81}Br ; олово имеет 10 устойчивых изотопов – с А от 112 до 124, ^{120}Sn (31,97 %); иод – ^{127}I и один вторичный неустойчивый ^{129}I ; свинец состоит из смеси 3 вторичных устойчивых изотопов и, вероятно, одного неустойчивого (Соков, Л.А., 2006). Кроме выше перечисленных изотопов химических элементов в клетках крови обнаруживаются: K, Rb, Cs, Tl, Te, Sb и ряд других, устойчивых и радиоактивных, которые поступали в организм и клетки крови человека в течение всего эволюционного периода.

«Японский ученый М. Nishimuta с коллегами выдвинул в 1990 г. концепцию *внутри- и внеклеточных минералов*. Сущность его теории заключается в том, что в норме должен существовать гомеостатический баланс вне- и внутриклеточных МЭ, причем *поддержание уровня внутриклеточных МЭ является наиболее необходимым*» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 161).

А. В. Кудрин и О. А. Громова считают, что «*внутриклеточная компартиментализация МЭ и минералов осуществляется полимодальными путями и сопровождается возникновением антагонистических и синергетических отношений, с одной стороны, и взаимодействием с сигнальными системами и геномным аппаратом клетки – с другой*» (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с.178). Выделяют две группы МЭ:

«1) с преимущественно внеядерным депонированием в микросомах, митохондриях, лизосомах, комплексе Гольджи: Be, B, Si, F, Sc, Ti, V, Fe, Cu, Zn, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Mo, Ba, Pb, лантаноиды и актиноиды;

2) с преимущественным внутриядерным накоплением: Al, Cr, Mn, Co, Ni, Ga, Pd, Pt, Hg [Metals in Biology and Medicine; 1998] » (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 179).

Таким образом, показатели концентрации, транспорта, депонирования и функционирования металлов, представителей d-, p-семейств (и s-блока, IА подгруппы: K, Rb, Cs) химических элементов, в крови определяется и подпитывается форменными элементами крови (в основном, вероятно, белками эритроцитов). Форменные элементы крови поддерживают гомеостатический баланс между вне- и внутриклеточной концентрацией химических элементов. Во внеклеточном пространстве клетки крови являются для внеклеточного пространства «банком, сейфом биологической «валюты»» – изотопов химических элементов, без которых жизнь

невозможна.... Клетки крови во внеклеточном пространстве, кроме уготованных им природой газотранспортной, иммунной... функций, являются еще и необычной буферной системой этого пространства и отвечают за показатели обмена нескольких десятков металлов, представителей в основном d-, p-семейств периодической системы и некоторых элементов IA-IIA подгрупп.

6.2 Общая характеристика связывания химических элементов белками плазмы крови

Коллоидные частицы белков обладают колоссальной суммарной поверхностью, проявляя адсорбционные свойства, способные поглощать из окружающей среды ионы и молекулы различных веществ. Это свойство позволяет белкам выполнять в организме транспортную функцию – переносить различные вещества из одного органа в другой (Мелихова, М.А., 1972).

Взаимодействие белков в различных средах организма с элементами протекает по 2 направлениям: первое – это способность любых белков и их составляющих к солеобразованию (карбоксилирование, аминирование...) – присоединение катионов или (и) анионов – реакции неспецифические; второе – более или менее специфические взаимодействия белков – металло- и металлоидопротейдов, хромопротейдов и так далее (это транспортные белки, гормоны, ферменты). В состав последних входят изотопы относительно ограниченного круга элементов, определяемого не названием элемента, а физико-химическими характеристиками.

Соотношение спектра изотопов химических элементов и их абсолютное количество в течение временной шкалы химической и биологической эволюции планеты Земля (и космоса в целом) изменилось, изменяется и будет изменяться дальше, а это, естественно, не может не влиять на состояние живого вещества и человека в том числе. То есть изменение химического элементарного состава тех или иных участков космоса может определять зрелость той или иной планеты и зрелость цивилизации планеты.

Задачей настоящего исследования является изучение величины связи с белками плазмы крови элементов периодической системы Д.И. Менделеева с позиций их электронного строения, физико-химических констант.

Соединения элементов с белками плазмы крови и их крупные коллоидные частицы с молекулярным весом более 68.000-70.000Да транспортируются и захватываются органами, тканями, в основном ретикулоэндотелиальной системой, макрофагами, с помощью фагоцитоза, пиноцитоза, эндоцитоза, экзоцитоза ...

Итак, элементы и их соединения, попадая в кровеносную систему, обмениваются с системами, органами, тканями целостного организма и внешней средой, как минимум тремя путями: 1 – через мембраны I-IV типов; 2 – путем пиноцитоза, фагоцитоза; 3 – с помощью белковых соединений, которые связывают элементы, затем белковый комплекс фиксируется на специфических рецепторах мембран в комплексе с которыми биологические комплексы «стекают» в окаймленные везикулы и поступают в клетки, где разрушаются лизосомальными ферментами, металл восстанавливается и используется в обмене (Авцын, А.П. и др., 1991).

В течение последних нескольких десятилетий изучение состояния химических элементов и их соединений в крови происходит достаточно интенсивно. Изучаются как неспецифические связи отдельных элементов (или групп элементов) с белками плазмы крови, так и роль их в определенных белках – гормонах, ферментах.

Известно более 2000 различных ферментов, из них ~ 40 % имеют в качестве простетической группы тот или иной элемент (Альберт, А., 1989).

Изучение связи элементов с белками проводят различными методами (диализ с ультрафильтрацией, гельфильтрация, рентгеноструктурный анализ и т. д.), при этом преследуются различные цели. Поэтому сопоставление данных литературы достаточно сложно, иногда исследователи получают противоречивые, взаимоисключающие данные. Сейчас уже ясно, что соединения элементов с белками в значительной степени определяется физико-химическими свойствами элементов: орбитальный радиус атома, степень окисления (или восстановления), энергия ионизации, координационные числа... (Ершов, Ю.А. и др., 1993).

Периодически изменяющиеся свойства элементов связаны с поведением электронов, расположенных на внешних оболочках, то есть валентных электронов. В зависимости от характера расположения валентных электронов на подуровне все элементы периодической системы подразделяются на s-, p-, d-, f-семейства (или блоки) химических элементов.

Целесообразно рассмотреть данные литературы о связи элементов белками в зависимости от принадлежности их к тому или иному семейству элементов.

Элементы s-семейства представлены в периодической системе двумя подгруппами: IA подгруппа имеет электронное строение $n \cdot s^1$ и IIA подгруппа – $n \cdot s^2$. Элементы s-блока обладают большей миграционной подвижностью, хорошо растворимы, имеют малые значения ионизации при относительно больших радиусах атомов и ионов, как правило, образуют соединения с ионным типом связи (исключение H, для этого элемента характерен ковалентный тип связи). В известной мере ковалентный тип связи имеет место у Li, Mg (Ершов, Ю.А., и др., 1993). Элементы IA подгруппы являются физиологическими электролитами, образуют вне и внутриклеточные жидкости. Элементы IIA подгруппы участвуют в образовании опорных и пластических тканей (кость, строма, хрящи, зубы) (Kokka, J.P., Tannen, R.L., 1996; Laker, M.F., 1996; Любашевский, Н.М., 1980). Элементы s-блока IA и IIA подгрупп Na, K, Mg, Ca – это 99 % от общего содержания металлов в живом организме (Хьюз, М., 1983), Na и K (и другие элементы IA подгруппы) служат переносчиками зарядов (Альберт, А., 1989). Элементы s-блока IA подгруппы Na, K (и их аналоги) принимают участие в биологическом катализе, образуя смешанные комплексы типа фермент – катион – субстрат. K, Rb (и Cs Fr) активируют те же ферменты пируватфосфокиназу, альдегиддегидрогеназу и др. Перенос ионов Li^+ , Na^+ и K^+ , Rb^+ , Cs^+ , Fr^+ через клеточные мембраны сопряжен с экзоэргонической реакцией гидролиза

$АТФ \xrightarrow{АТФАЗА} АДФ + P O^4$, при этом 3 иона Na^+ выводятся из клетки, 2 иона K^+ поступают внутрь, что объясняется в ряду Li – Fr наибольшей разницей именно между Na и K энергии ионизации, $\Delta E_{и} = 77$ кДж/моль, радиуса атома, $\Delta r_A = 47$ ПМ (Ершов, Ю.А. и др., 1993).

В таблице 6.2.1 представлены данные литературы о величине связывания элементов белками плазмы крови, в процентах от содержания в плазме крови в целом.

№	Элемент	% связанного	Авторы
1	2	3	4
s-блок			
1–5	Li, Na, K, Rb, Cs	0–5	Левина Э.Н., 1972; Кокка J.P., Tannen R.N., 1996; Laker M.F., 1996; Любашевский Н.М., 1968; 1980; Трошин А., 1956; Пучкова С.М., 1966; 1969; 1969А; 1970; Tepper a. oth., 1961; Белоусов Ю.Б.и др., 1993; Наточин Ю.В., 1982А, и др.
6–9	Mg, Ca, Sr, Ba	10–70	Любашевский Н.М., 1968; 1980; Пучкова С.М., 1966; 1969; 1969А; 1970; Капланский С.Я., 1962; 1962А; Дубровина З.В., Соков Л.А., 1971, и др.
d-блок			
10	Sc	99	Москалев Ю.И., 1985
11	Ti	31–35	Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965, Сорока В.Р., 1964
12	Cr	60–100	Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965, Войнар А.О., 1960
13	Mn	19, 100	Сорока В.Р., 1964; Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965, Шустов В.Я, 1967
14	Fe	95–100	Racoveanu N., et all, 1967
15	Co	100	Шустов В.Я, 1967
16	Ni	58–96	Москалев Ю.И., 1985, Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965, Сидоренко Г.М., Ицкова А.И., 1980

17	Cu	90–95	Войнар А.О., 1953; Фриден Я., 1964; Альберт Э., 1953; Eichhorn G.L., 1961
18	Zn	88–100	Шустов В.Я., 1967; Белобородова Н.Л., 1975; Ноздрюхина Л.Р., 1977; Ballov J.E., Thompson R.C., 1961, Леонов В.А., Дубрина Т.Л., 1971; Лазарис Я.А., Карлинский В.М., 1970
19	Y	100	Любашевский Н.М., 1980; Пучкова С.М., 1966; 1969; 1969А; Разбитная Л.М., 1964
1	2	3	4
20	Nb	99	Семенов Д.И., и др., 1966
21	Mo	20, 100	Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965; Бочкарев В.М., и др, 1970
22	Ru	93–100	Москалев Ю.И., 1985
23	Ag	100	Москалев Ю.И., 1985
24	La	100	Москалев Ю.И., 1985
25	Au	100	Москалев Ю.И., 1985; Schraeder H., et all, 1963; Stolman A., 1965
f-блок			
26–32	Ce, Pm, Th, Pu, Am, Cm, Cf	90–100	Москалев Ю.И., 1985; Aeberhardt A., 1958; Беляев Ю.А., 1959; 1963; Павловская Н.А., и др., 1970; Павловская Н.А., Зельцер М.Р., 1982; Dubrin P.W., 1973
p-блок			
33	Al	85	Сорока В.Р., 1964
34	Si	20	Сорока В.Р., 1964
35	Pb	70	Балла Ю.М., Лифшиц В.М., 1965
36	P	10	Любашевский Н.М., 1980
37	Te	100	Пучкова С.М., Соков Л.А., 1970; Сандрацкая С.Э., Красовский Г.П., 1963
38	Cl	0	Москалев Ю.И., 1985
39	Br	0	Москалев Ю.И., 1985
40	I	58–100	Фердман Д.Л., 1962; Ильин Л.А., и др., 1972
41–46	He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn	0	Москалев Ю.И., 1985

Таблица 6.2.1 Данные литературы о величине связывания элементов белками плазмы крови, % от содержания в плазме крови

Элементы s-блока IA подгруппы в плазме крови находятся в свободном, не связанном белками плазмы крови состоянии (Левина, Э.Н., 1972; Любашевский, Н.М., 1980; Трошин, А., 1956; Любашевский, Н.М., 1968; Пучкова, С.М., 1966; 1969А; Пучкова, С.М., Соков, Л.А., 1970).

s-Элементы IIA подгруппы имеют валентность в организме 2^+ . В ряду Be – Mg – Ca – Sr – Ba – Ra увеличиваются радиусы атомов, ионов, основных свойств гидроксидов, восстановительной активности, уменьшается прочность комплексных соединений.

Be образует более прочные комплексы с кислородосодержащими лигандами, фторидами и др., отсюда его токсическое действие. Be подавляет активность многих ферментов, активируемых Mg^{2+} , в результате замещения ионов магния в его комплексах с ферментами, нуклеиновыми кислотами и другими биологическими лигандами, содержащими фосфатные

группы. В отличие от всех остальных катионов ПА подгруппы, для которых предпочтительнее координация с атомами кислорода, ионы Mg^{2+} преимущественно координируются с атомами азота. Mg и Be являются антагонистами. Ион Mg^{2+} образует шести координационные соединения в отличие от большего по размеру иона Ca^{2+} . Ca^{2+} проявляет координационные числа 6, 7, 8, образует несимметричные комплексы, что позволяет ему легко «приспосабливаться» к окружающим донорским атомам биологических лигандов. Между Mg^{2+} и Ca^{2+} наблюдаются явления синергизма и антагонизм. Mg^{2+} является активатором внутриклеточных ферментов, Ca^{2+} – внутриклеточным. Ион Ca по физико-химическим характеристикам (радиус иона, энергия ионизации, координационные числа) близок к ионам Sr и Ba. Эти химические элементы – синергисты (Ершов, Ю.А., и др., 1993). Близость физико-химических свойств Ca, Sr, Ba, Ra, обусловленная электронным строением, определяет их взаимозаменяемость. Различия в электронном строении элементов s-блока ПА подгруппы проявляются в способности к комплексообразованию, что обеспечивает индивидуальность биологического действия элементов в ряду Be – Ra.

В природе элементы ПА подгруппы представлены Be – 1 стабильным изотопом и 6 радиоактивными; Mg – 3 стабильными изотопами и 6 радиоактивными; Ca – 6 стабильными изотопами и 8 радиоактивными; Sr – 4 стабильными изотопами и 13 радиоактивными; Ba – 7 стабильными 15 радиоактивными; Ra – представлен 3 природными радиоактивными изотопами и 17 радиоактивными изотопами, полученными искусственно. Таким образом, белки плазмы крови взаимодействуют с 21 стабильными и 67 радиоактивными изотопами 6 s-элементов ПА подгруппы (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968).

Be в плазме крови циркулирует в ионизированном состоянии (при поступлении в виде кислых растворов), часть Be связана в цитратные и другие комплексы (Tepper a oth. цит. Левина, Э.Н., 1972). Be – амфотерный элемент. Катион Be или анион Be в крови транспортируется не в ионной форме, а, главным образом, в связанном состоянии. Be при pH 7,0 организма образует коллоиды (Бургышев, П.Ф., и др., 1976).

Mg связывается белками плазмы крови на 30-36 % от содержания в плазме (таблица 10) (Капланский, С.Я., 1962; 1962А). 55-60 % Mg в плазме крови находится в ионизированной форме, от 14 до 50 % (в среднем 30 %) связано белком, из них 10-15 % липидами, нуклеотидами (АТФ, АДФ) (Москалев, Ю.И., 1985). Mg – кофактор всех ферментов, действие которых связано с переносом фосфатных групп (АТФ) или с гидролизом (Альберт А., 1989). Mg образует с белками и нуклеиновыми кислотами Mg – N связи. Mg-содержащие ферменты ингибируются Be, то есть Be является антагонистом Mg (Ершов, Ю.А., и др., 1993).

Ca связан белками плазмы крови по данным многочисленных исследований на 20-70 % (Любашевский, Н.М., 1980; Капланский, С.Я., 1962; 1962А; Mryseffug, L.P., et all, 1921; Cregar, C.R., et all, 1967; Della-Rosa, R.J., Smith, F.A., 1961).

Sr связан белками плазмы в процентах от содержания в плазме крови на 10-60 % (Любашевский, Н.М., 1968; Пучкова, С.М., 1966; 1969; 1969А; Пучкова, С.М., Соков, Л.А., 1970; Cregar, C.R., et all, 1967; Della-Rosa, R.S., Smith, F.A., 1961; Балабуха, В.С., Фрадкин, Ф.Е., 1958; Разбитная, Л.М., Балабуха, В.С., 1960; Войнар, А.О., 1953).

Ba транспортируется в кровеносном русле связанным с белками плазмы, но не глобулинами (Левина, Э.Н., 1972; Москалев, Ю.И., 1985).

Как видно из данных литературы, s-элементы ПА подгруппы находятся в плазме крови в частично связанном белками плазмы крови состоянии. В среднем доля связанного белками плазмы крови Mg, Ca, Sr равна 30-40 %. Можно предположить, исходя из электронного строения и сходства физико-химических характеристик, используя методы интер- и экстраполяции, что величина связывания Be, Ba, Ra белками плазмы крови будет в среднем 42, 34, 35 % от их содержания в плазме.

К d-блоку относятся 32 элемента 4-7 периодов, строение внешних электронных оболочек которых выражается общей формулой $(n-1) \cdot d^A n \cdot s^B$, где $A = 1 \div 10$, $B = 1 \div 2$. В периодах, с увеличением заряда ядра атома, увеличение радиусов атомов, ионов происходит относительно медленно. В результате экранирования, атомные радиусы, энергия ионизации и т.д., с

увеличением числа Мозли изменяются в узких пределах. Отсюда в химическом поведении d-элементов много сходного. Элементы d-блока при взаимодействии с белками используют в качестве биогенных лигандов анионы неорганических кислот: F^- , Cl^- , I^- , S^{2-} , SO_4^{2-} , HSO_4^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , HPO_4^{2-} , PO_4^{2-} и анионы органических кислот (аминокислот, пептидов, нуклеиновых кислот, липидов и т.д.). Особенно характерно для элементов d-блока образование разнообразных комплексных соединений. В отличие от элементов s-блока, элементы d-блока отвечают за формирование и функционирование ферментов, ферментных систем, гормонов которые увеличивают скорость химических реакций до $n \cdot 10^{-12}$ сек. и более (Альберт, А., 1989; Хьюм, М., 1983). Ферменты – это белки, причем бионеорганические комплексы d-элементов с белковыми молекулами являются биокластерами. Биокластеры – это спирали белковых полимеров, внутри которых имеется полость, которая характеризуется определенными размерностными характеристиками. В полость белковой молекулы могут попадать элементы d-блока, имеющие определенные физико-химические характеристики. А так как в силу особенностей застройки d-орбиталей физико-химические свойства элементов d-семейства изменяются в относительно узких интервалах, поэтому и наблюдается их необычайная взаимозаменяемость в бионеорганических комплексах.

Элементы d-блока представлены в окружающей среде, а, следовательно, и в живых организмах, микро и ультра микроколичествами (Виноградов, А.П., 1933).

Из 32 элементов d-блока только 29 имеют стабильные аналоги в количестве 103. Два d-элемента в природе – это технеций и актиний, представлены радиоактивными изотопами. Курчатовий и d-элементы с Z 105, 106, 107 и т.д., в естественных условиях не найдены и получены искусственно в лабораторных условиях. У 31 элемента d-семейства, встречающихся в природе, имеется 38 естественных радиоактивных аналогов и 405 искусственных радиоактивных изотопов (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968).

Элементы периодической системы, условно по отношению к живому веществу, делят на 3 группы: I группа (O, C, H, N, Ca, P, K, S, Cl, Na, Mg, Zn, Fe, Cu, I, Mo, Co, Se) – незаменимые элементы; II группа (Sr, Cd, Br, F, B, Si, Cr, Be, Ni, Cs, Sn, Al, Ba, Rb, Ti, Ag, Ga, As, Hg, Pb, Bi, Sb, U, Th, Ra) постоянно содержится в животных организмах, но биологическая роль их мало выяснена или неизвестна; III группа – химические элементы периодически обнаруживаемые в живых организмах (Sc, Tl, Nb, Yt, In, Te, La, Pr, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Er, Yb, W, Re, Au) (Ленинджер, А., 1974; 1976; Ковальский, В.В., 1974). Все исследователи единодушно разделяют d-элементы на эссенциальные, то есть жизненно необходимые (Fe, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Mn – всего 9) и серьезные кандидаты на эссенциальные (Cd, и др.) (Авцын, А.П., 1991). По мнению автора этого исследования, такое разделение искусственно, а исходя из третьей, квантово-волновой картины мира, просто неверно.

Первый представитель элементов d-семейства 4 периода IIIB подгруппы Sc, вероятно, как и другие элементы этой подгруппы, в кровяном русле образует с гидроксилами и фосфатами более или менее растворимые соединения и в таком состоянии циркулирует в крови (Левина, Э.Н., 1972). В плазме крови Sc на 99 % связан глобулинами (Москалев, Ю.И., 1985). Представитель IVB подгруппы Ti в плазме крови связан глобулинами на 16,9 %, альбуминами на 18,4 %. 67,4 % Ti находится в минеральной (ультрафильтруемой) части плазмы крови. Ti легко образует коллоиды. Гидрат двуокиси Ti имеет амфотерный характер (Москалев, Ю.И., 1985). По данным других авторов, Ti связывается белками плазмы крови на 31-35 % от содержания в плазме крови (Сорока, В.Р., 1964; Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965). Представитель VB подгруппы ванадий является природным ингибитором Na^+ , K^+ -АТФазы (Альберт, А., 1989).

Элемент 4 периода VIB подгруппы Cr в трехвалентном состоянии прочно связан γ - и β -глобулинами, с трансферинном, белком – β - глобулиновой функции. Величина связывания Cr^{3+} белками плазмы крови приближается к таковому значению для Fe. Cr^{6+} проникает в эритроциты и связывается на 98 % с гемоглобином. То есть Cr и Fe, вероятно, конкурируют за участки белка, связывающих металл (Левина, Э.Н., 1972; Войнар, А.О., 1953; Москалев, Ю.И., 1985). Cr необходим для нормального углеводного обмена в организме... (Альберт, А., 1989).

Ст может быть связан белками плазмы крови на 60-100 % (Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965; Шустов, В.Я., 1967).

Mn элемент VIIБ подгруппы участвует в окислительно-восстановительных процессах. Действие Mn связано с процессами гидролиза и переноса групп. Mn необходим для действия многих катаболических ферментов и входит в состав ряда ферментов: аргиназа, холинэстераза, фосфоглюмутаза, пируваткарбоксилаза... (Альберт, А., 1989; Ершов, Ю.А. и др., 1993). Mn в плазме крови частично ионизируется, может циркулировать в коллоидном состоянии, но большая часть Mn в плазме крови связана (Левина, Э.Н., 1972). Mn в плазме крови связан глобулинами, легко диссоциируется (Георгиевский, В.И., 1978). Mn связывается в плазме со специфичным β_1 -глобулином, названным трансманганином, который осуществляет основной транспорт Mn (Левина, Э.Н., 1972). Mn связан с белками плазмы крови на 19 % от содержания его в плазме крови (Сорока, В.Р., 1964). Однако, большая часть исследователей считает, что Mn в плазме крови связан белками почти полностью ~ на 100 % (Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965).

Fe первый представитель триады элементов 4 периода, наиболее изученный элемент. В организме Fe связано со специальной β_1 -глобулиновой функцией, образует ферритин – белок, находящийся преимущественно в костном мозге, селезенке, и содержащий Fe в 3-х валентном состоянии. В таком виде оно транспортируется из желудочно-кишечного тракта в кровь. В крови Fe циркулирует в виде восстановленного металла, связанного белком – трансферин (Левина, Э.Н., 1972; Альберт, А., 1989; Ершов, Ю.А. и др., 1993; Бургышев, П.Ф. и др., 1976; Авцын, А.П. и др., 1991). В эритроцитах Fe является основным компонентом гемоглобина. Fe связано белками плазмы крови на 95-100 % (таблица 6.2.1) (Racoveanu, N., et all, 1967).

Следующий элемент триады – Co, также как и предыдущий (Fe) играет существенную роль в процессе кроветворения (Альберт, А., 1989; Ершов, Ю.А. и др., 1993; Авцын, А.П. и др., 1991; Белобородова, Н.Л., 1975; Ноздрюхина, Л.Р., 1977). Co участвует в окислительно-восстановительных процессах и является кофактором ряда ферментов (Альберт, А., 1989). Co сначала связывается в плазме крови с альбуминами, а позже обнаруживается в α - и β -глобулинах плазмы (Левина, Э.Н., 1972). Кобальт в плазме крови практически полностью, на 100 %, связан белками (Шустов, В.Я., 1967).

Ni завершает первую триаду (семейство железа) и, судя по последним исследованиям (Грибовский, Г.П., Грибовский, Ю.Г., 1995) играет существенную роль в функционировании системы кроветворения, а также ряда других систем. Ni в клетках концентрируется в митохондриях, где идут интенсивные обменные процессы: биосинтез гормонов, витаминов и других биоактивных соединений. В плазме крови Ni находится одновременно в 3-х формах: связан с альбуминами, с d-макроглобулинами (никельплазмин) и в виде металлопротеинового комплекса. 96 % Ni в плазме крови человека связано белками. Никельплазмин – это макроглобулин с молекулярной массой $7 \cdot 10^5$ (Сидоренко, Г.М., Ицкова, А.И., 1980). Транспорт Ni осуществляется преимущественно в связанном белками плазмы крови состоянии. С фибриногеном плазмы крови связано 17,2 %, с глобулинами – 22 %, с альбуминами – 18,7 %. В минеральной части плазмы крови содержится 42 % Ni (Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965). Через 24 часа после внутривенного введения $^{63}\text{NiCl}_2$ 90 % его в плазме крови связано с альбуминами, 10 % находится в ультрафильтруемой фракции в виде комплексных соединений (Москалев, Ю.И., 1985). Ni, вероятно, влияет на обмен углеводов.

Представитель IB подгруппы элементов Cu является существенной составной частью многих ферментов: оксигеназа, гидроксилаза и др. (Альберт, А., 1989; Ершов, Ю.А., 1993). Сразу после введения Cu в плазме крови рыхло связана с фракцией альбуминов и аминокислотами, а через 24 часа более 90 % Cu циркулирующей в плазме крови, связано с феррооксидазой – одним из белков, регулирующих концентрацию металлов в организме (Москалев, Ю.И., 1985). В таком виде в крови циркулирует до 90-95 % всей Cu, содержащейся в плазме (Войнар, А.О., 1953; Фриден, Я., 1964; Альберт, Э., 1953; Eichhorn, G.L., 1972). Cu связана белками плазмы крови на 89-100 % (Сорока, В.Р., 1964; Шустов, В.Я., 1967).

Zn заканчивает d-блок элементов 4 периода. Небольшое количество Zn связано с γ -

глобулинами, а около 25 % – с альбуминами. Есть сведения, что Zn транспортируется в виде двух фракций: прочно связанного металлопротеида (около 34 %) и рыхло связанного комплекса (около 66 %). Транспорт Zn скорее осуществляется в виде слабо связанного белкового комплекса (Левина, Э.Н., 1972).

Zn в крови распределяется по фракциям: в эритроцитах обнаруживается 85 %, в лейкоцитах 3 %, в плазме 12 %, в свободной форме 0,01 %. Основное количество Zn в плазме крови связано с α и γ глобулинами (Георгиевский, В.И., 1978; Белобородова, Н.Л., 1975; Ноздрюхина, Л.Р., 1977; Ballou, J.E., Thompson, R.C., 1961; Леонов, В.А., Дубина, Т.Л., 1971; Лазарис, Я.А., Карлинский, В.М., 1970). Zn связан белками плазмы крови на 98-100 % (Racoveanu, N., et all, 1967) или на 88 % от содержания в плазме крови (Шустов, В.Я., 1967). Zn необходим для действия 20 ферментов с различными функциями (Альберт, А., 1989). По данным других авторов Zn входит в состав более 40 металлоферментов, катализирующих гидролиз пептидов, эфиров, альдегидов и т.д. (Ершов, Ю.А. и др., 1993). Данных о взаимодействии d-элементов 5 периода с белками плазмы крови значительно меньше, чем для d-элементов 4 периода. Однако, по имеющимся сведениям взаимодействие d -элементов 4 и 5 периодов сходно, аналогично.

Y элемент IIIB подгруппы 5 периода связан белками плазмы крови лабильно или вообще не связан (Разбитная, Л.М., Балабуха, В.С., 1960). Большинство же авторов и в более поздних работах считает, что Y практически полностью связан белками плазмы крови (до 100 % от содержания в плазме) (Любашевский, Н.М., 1980; 1968; Пучкова, С.М., 1966; 1969; 1969А; Пучкова, С.М., Соков, Л.А., 1970; Ekman, L., et all, 1961; Павловская, Н.А. и др., 1970).

Nb – представитель VB подгруппы 5 периода связывается белками плазмы крови на 99 % (Семенов, Д.И. и др., 1966).

Mo элемент VIB подгруппы 5 периода через 30 минут после введения без изотопного носителя и с изотопным носителем связывается белками плазмы крови соответственно на 20 и 60 % от содержания в плазме (Бочкарев, В.М. и др., 1970). По другим данным Mo связан белками плазмы крови полностью на 100 % (Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965). Mo один из 10 металлов жизни и входит в состав фермента ксантиноксидазы (Ершов, Ю.А. и др., 1993).

Ru элемент d-блока 5 периода после внутривенного введения в виде $^{106}\text{RuCl}_3$ так распределяется по фракциям крови: через час в цельной крови обнаруживается 35 % от введенного количества, через 24 часа – 10,2 %, при этом в плазме крови обнаруживается 93 %, а 7 % находится в форменных элементах крови. В плазме крови 52 % Ru связано с альбуминами, 34 % с β -глобулинами, 14 % – с γ -глобулинами, причем исчезновение Ru из плазмы крови идет со скоростью обновления белков (Москалев, Ю.И., 1985). Ru в плазме крови через сутки после поступления на 93 % связан с β -глобулинами (Левина, Э.Н., 1972).

Ag – представитель IB подгруппы 5 периода в плазме крови на 77 % связан глобулинами, на 15 % альбуминами, на 8 % фибриногеном, то есть, связан белками плазмы крови полностью (Москалев, Ю.И., 1985).

Cd последний d-элемент 5 периода, как и другой представитель IIIB подгруппы Zn обнаруживается в инсулине (Москалев, Ю.И., 1985). Cd, скорее всего, как и Zn связывается белками плазмы крови почти полностью, так как конкурирует с Zn за те же акцепторные участки белковых молекул (Ноздрюхина, Л.Р., 1977).

Соединения d-элементов 6 периода с белками плазмы крови практически не изучены. Имеются отрывочные сведения для отдельных элементов. Так La, представитель IIIB подгруппы, практически полностью связан белками плазмы крови, причем в основном с α -глобулинами (Москалев, Ю.И., 1985). Au элемент IB подгруппы, в плазме крови связано с фибриногеном (Schraeder, H., et all, 1963; Stalman, A., 1965). Основное количество Au в плазме крови связано белками и в основном α -глобулинами (Москалев, Ю.И., 1985). Hg закрывает элементы d-блока 6 периода. Небольшая часть Hg может быть в свободном состоянии, основная же часть Hg фиксирована тиоловыми группами белков плазмы крови и возможно связана с липопротеидами (Rothstein, A., Clarkson, T., 1959). Hg, как и другой представитель IIIB подгруппы Cd, образует прочные связи с SH-группами белков (Москалев, Ю.И., 1985).

Ас, последний из естественных представителей d-элементов периодической системы, принадлежит к ПИБ подгруппе, начинает 7 период. Ас – радиоактивный элемент, сходен по своим свойствам с лантаноидами и актиноидами. Поэтому поведение La и Ас, а также элементов f-семейства целесообразно рассмотреть в одном ключе, с единых позиций. Ас находится в плазме крови в виде комплекса с альбуминами и распределяется в организме как лантаноиды (Тимофеева-Ресовская, Е.А. и др., 1970).

Исследования по распределению в организме актиноидов Fm, Md, No, Lr и d-элементов Ku, Z = 104 и вплоть до последнего с Z = 114, полученного искусственно в 1999 году, не проводились (Москалев, Ю.И., 1985).

f-Элементы, лантаноиды и актиноиды, принадлежат к 6 и 7 периодам периодической системы. Вследствие застройки f-электронами f-оболочки, при уже начавшемся формировании d-оболочки, происходит так называемое лантаноидное сжатие – физические, физико-химические и химические свойства f-элементов изменяются незначительно. При увеличении атомного номера лантаноидов и актиноидов радиусы атомов, ионов уменьшаются, энергетические характеристики возрастают. f-элементы, при увеличении Z, образуют в плазме крови более или менее дисперсные коллоиды и легко взаимодействуют с белками.

Се связывается белками плазмы крови лабильно (Разбитная, Л.М., Балабуха, В.С., 1960), но, по мнению большинства авторов, Се связывается белками плазмы крови полностью на 100 % (Пучкова, С.М., 1966; 1969; Москалев, Ю.И., 1985; Aeberhardt, A., 1958; Беляев, Ю.М., 1959; 1963; 1959А). Причем основное количество его связано с α -глобулинами (Золин, В.Ф., Коренева, Л.Г., 1980). Рm связан белками плазмы крови на 96 %.

Th связывается белками плазмы крови на 100 % (Павловская, Н.А. и др., 1970). Th²³² связывается белками крови до 90 %, ~ 7 % находится в небелковой части плазмы крови (Павловская, Н.А., Зельцер, М.Р., 1982).

U в плазме крови находится в виде ионов UO₂²⁺, где он шестивалентен и в таком виде образует комплексы с белками плазмы крови, а частично образует соединения с бикарбонатами плазмы крови, то есть U в форме ионов (UO₂²⁺) в плазме крови почти не существует (Галибин, Г.П., Новиков, Ю.В., 1976).

Pu, Am, Cm связаны белками плазмы крови на 90-100 %. Am связывается альбумином плазмы, но комплексы эти менее устойчивы, чем с β -глобулинами. Почти весь Pu и, вероятно, значительная часть Am и Cf связаны трансферинем плазмы крови.

В зависимости от метода разделения связь поливалентных катионов с белками плазмы крови составляет 85-100 % от содержания в плазме и зависит, вероятно, от размеров ионов (Москалев, Ю.И., 1985; Durbin, P.W., 1973; Беляев, Ю.А., 1959А).

По изменению физико-химических характеристик имеется отчетливая разница в рядах La – Sm и Eu – Lu.

Лантаноиды являются естественной простетической частью (кофактором) ряда ферментов. Из-за близости ионных радиусов, лантаноиды взаимодействуют с теми же апоферментами, в которых, как принято считать, ведущую роль играют Ca и Mn (элементы s- и d-блоков). Лантаноиды энергетически более активны (имеют валентность 3⁺ и 4⁺) и вытесняют (или заменяют) Ca из белков в концентрациях в 10-100 раз меньших. Представители лантаноидов, из всех изученных «кальциевых» ферментов, попадают на то же место, что и Ca²⁺ и заменяют его лучше любых других элементов. Лантаноиды типичные антикоагулянты, причем, при замене ионов Ca ионами лантаноидов, существенным образом изменяются свойства и конформация молекул белка, что влияет на выполнение той или иной специфической функции (Золин, В.Ф., Коренева, Л.Г., 1980; Верховая, О.А., Сорока, В.Р., 1980).

p-Элементами заканчивается формирование слоев (уровней) электронов – K, L, M, N, O, P, Q – то есть периодов периодической системы (n – 1, 2, 3, 4,...). p-элементы образуют многочисленные соединения, как между собой, так и с s-, d-, f-элементами. Большинство известных на Земле химических соединений – это соединения p-элементов. p-элементы, самоорганизуясь, образуют белковые структуры (белки, ферменты, аминокислоты, РНК, ДНК, части мембран...). В p-блоке слева направо по подгруппам, происходит уменьшение радиусов

атомов, увеличение энергии ионизации, сродства к электрону, окислительной активности, ослабление металлических свойств, сверху вниз происходит увеличение радиусов атомов, уменьшение энергии ионизации, сродства к электрону, окислительной активности, ослабление неметаллических свойств. Граница между анионами и катионами проходит по диагонали, по атомным числам 5-85.

Элементы р-блока, как и все элементы периодической системы, представлены многочисленными изотопами, стабильными и радиоактивными, естественными и искусственными. 30 р-элементов на планете Земля представлены 87 стабильными изотопами, 36 естественными радиоактивными элементами и 374 искусственными радиоактивными элементами, причем из 30 р-элементов, только 27 имеют стабильные аналоги, Po, At, Rn существуют в окружающем нас мире только в радиоактивном состоянии (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968).

Все представители IIIA подгруппы – B, Al, Ga, In, Tl входят в состав биологических молекул, связываясь с белками через O. Tl, кроме того, связывается с SH-группами белков. Соединения Ga, In, Tl – ядовиты. Al, в отличие от B, является типичным амфотерным элементом, металлические свойства Al выражены сильнее, чем B. В циркулирует в крови в виде более или менее дисперсных коллоидов (Левина, Э.Н., 1972; Ершов, Ю.А. и др., 1993; Москалев, Ю.И., 1985). Al связывается белками плазмы крови на 85 % (Сорока, В.Р., 1964).

р-Элементы IVA подгруппы C, Si, Ge, Sn, Pb входят в состав биологических молекул, связываясь с атомами различных элементов. Углерод (C) образует полимерные гомоцепи и соединения с H, O, N, S, Se, I. Остальные элементы IVA подгруппы – Si, Ge, Sn, за исключением Pb, образуют связи через O (как и представители IIIA подгруппы). А Pb, как и Tl, оба представителя 6 периода, образуют в основном связи через SH-группы белков. Pb связывается белками плазмы крови на 70 % (Балла, Ю.М., Лифшиц, В.М., 1965). Si связывается белками плазмы на 20 %, остальное находится в минеральной части плазмы крови (Сорока, В.Р., 1964).

Свойства белков базируются на химических свойствах углерода, который составляет в целом организме условного человека (от 70 кг) по массе 16 кг – 23 % от веса (МКРЗ, публикация 2, 1961). Из неорганических соединений 30 % CO₂ откладывается в костях, в жировых тканях, где содержание C в 3 раза выше, чем в среднем в организме (Василенко, И.Я. и др., 1982).

К VA подгруппе относятся N, P, As, Sb, Bi, которые образуют в биомолекулах связи с различными элементами: N через C; P через O, As, Sb; Bi через O и S. При этом ³²P связан белками плазмы крови на 10 % (Любашевский, Н.М., 1980). As в крови связан с гемоглобином, причем с глобином в 2 раза больше, чем с гемом. В тканях организма As связан в основном белками, в меньшей степени с липидами. Соединения Sb III и V- валентные, менее токсичны, чем соединения As, но как и соединения последних, связаны с белками через SH-группы. Bi, V-валентный, переносится, как и As, глобинами (Ершов, Ю.А. и др., 1993; Москалев, Ю.И., 1985).

р-Элементы VIA подгруппы O, S, Se, Te, Po образуют в биомолекулах связи с различными элементами: O → O – H, O – C, O – M, O – P, O – O; S → S – H, S – C, S – M, S – S, S – O, S – Se; Se → Se – H, Se – M, Se – C, Se – Se, Se – O и т. д. O резко отличается по физико-химическим свойствам от S и Se, которые взаимозаменяемы. Часть Se в крови восстанавливается до H₂Se и образует с гемоглобином селенгемоглобин. Te в плазме крови почти полностью на 100 % связан белками (Сандрацкая, С.Э., Красовский, Г.П., 1963). ²¹⁰Po в клетках крови на 85-100 % связан с гемоглобином, причем основная масса ²¹⁰Po связана с глобином. ²¹⁰Po, как и другие представители р-элементов 6 периода (Tl, Pb), избирательно взаимодействуют с SH-группами белков (Ершов, Ю.А. и др., 1993; Москалев, Ю.И., 1985).

р-Элементы VIIA подгруппы F, Cl, Br, I, At избирательно извлекаются из крови и концентрируются щитовидной железой (Baumann, E.J., Metzger, N., 1956). F резко отличается от других галогенов. Cl и Br находятся в плазме крови в виде гидратированных ионов и пропорционально концентрации в плазме обнаруживаются в желудочном соке (Москалев,

Ю.И., 1985). Cl, Br, J, At взаимозаменяемы, при этом наблюдаются как явления синергизма, так и антагонизма. В плазме крови I связывается белками на 58 % (Фердман, Д.Л., 1962). По данным других авторов I связан белками плазмы на 100 %, это в основном гормоны щитовидной железы, глобулины, в меньшей степени альбумины. Содержание в плазме крови неорганического йода 0,2 мкг/100мл, связанного белками плазмы крови 5мкг/100 мл плазмы (Ильин, Л.А. и др., 1972). At повторяет путь I.

И, наконец, р-элементы, которой собственно и заканчивается формирование электронных р-орбит, представители VIIIA подгруппы He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn находятся в плазме крови в растворенном, не связанном белками плазмы крови состоянии (Москалев, Ю.И., 1985).

6.3 Белковая буферная система, иммунный химический гомеостаз и периодическая система

В организме млекопитающих существует несколько буферных систем: бикарбонатная, фосфатная, белковая, сульфатная, соединений жирных кислот, цитратная и т.д. Белки плазмы крови способны образовывать с металлами комплексы (Келина, Н.Ю., Безручко, Н.В., 2006, с. 38) и в значительной степени определять иммунный химический гомеостаз.

Целью исследования является изучение роли А-элементов и М-металлов в формировании гомеостатических констант внеклеточного пространства биологических объектов с позиции периодической системы связывания химических элементов белками плазмы крови.

Для получения однородной, дополнительной информации были проведены собственные исследования на крысах, с 26 химическими элементами периодической системы. Для определения доли элемента, связанной белками плазмы крови, использовали простой метод – метод анализа с ультрафильтрацией (Пучкова, С.М., 1966; 1969).

Итак, были получены дополнительные экспериментальные данные примерно для 31 % химических элементов от всех известных и существующих в настоящее время в природе. Радиоактивные изотопы использованы как метки соответствующих химических элементов (в скобках указано количество радиоактивности и изотопного носителя, введенное одному животному): $^{22}\text{NaCl}$ (30 мкКи, $5 \cdot 10^{-3}$ мкг); К (стабильный); $^{137}\text{CsCl}$ (33,3 мкКи, 0,37 мкг); $^{86}\text{RbCl}$ (30 мкКи, 96 мкг); $^{110\text{m}-110}\text{AgNO}_3$ (2 мкКи, 26 мкг); $^{98}\text{AuCl}_3$ (10 мкКи, 4 мкг); $^{45}\text{CaCl}_2$ (23,8 мкКи, 100 мкг); $^{90}\text{SrCl}_2$ (3 мкКи, $2 \cdot 10^{-2}$ мкг); $^{140}\text{BaCl}_2$ (5 мкКи, 100 мкг); $^{65}\text{ZnCl}_2$ (50 мкКи, 1000 мкг); $^{91}\text{YCl}_3$ (6,7 мкКи, $2,7 \cdot 10^{-5}$ мкг); $^{144}\text{CeCl}_3$ (14,2 мкКи, $4,4 \cdot 10^{-3}$ мкг); $^{147}\text{Pm}(\text{NO}_3)_3$ (22 мкКи, $2,2 \cdot 10^{-2}$ мкг); $^{151}\text{Sm}(\text{NO}_3)_3$ (22 мкКи, $2,2 \cdot 10^{-2}$ мкг); $^{114\text{m}-114}\text{InCl}_3$ (4 мкКи, 160 мкг); $^{204}\text{TlNO}_3$ (20 мкКи, 630 мкг); $^{113}\text{SnCl}_2$ (4 мкКи, 210 мкг); $^{125}\text{SbCl}_3$ (27 мкКи, $1,8 \cdot 10^{-2}$ мкг); $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ (150 мкКи, 173 мкг); $^{106}\text{RuCl}_3$ (20 мкКи, $5,7 \cdot 10^{-5}$ мкг); $\text{Na}_2^{127\text{m}-127}\text{TeO}_3$ (2 мкКи, 10 мкг); $^{54}\text{MnCl}_2$ (16,7 мкКи, $2,7 \cdot 10^{-5}$ мкг); Na^{131}I (8 мкКи, $7,8 \cdot 10^{-5}$ мкг); $^{59}\text{FeCl}_3$ (8 мкКи, 7,6 мкг); $^{60}\text{CoCl}_2$ (12,5 мкКи, $1 \cdot 10^{-2}$ мкг); $^{63}\text{Ni}(\text{NO}_3)_3$ (200 мкКи, 2500 мкг). Кроме этого, в анализе использовали аналогичные данные литературы по следующим химическим элементам: Li, Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr, Ba, Sc, Ti, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Nb, Mo, Ru, Ag, La, Au, Ce, Pm, Th, Pu, Am, Cm, Cf, Al, Si, Pb, P, Te, Cl, Br, I, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn (Соков, Л.А., 2006, с. 95-96).

Полученные в результате исследований данные показывают, что химические элементы s-блока IA подгруппы Na, K, Rb, Cs в плазме крови находятся практически в свободном, не связанном белками плазмы крови состоянии. Что хорошо согласуется с данными литературы (Пучкова, С.М., 1966; 1968; Трошин, А., 1956; Левина, Э.Н., 1972; Любашевский, Н.М., 1968; 1980; Kokkj, J.P., et all, 1966; Laker, M.F., 1966) и является общепринятым фактом.

Элементы s-блока ПА подгруппы Ca, Sr, Ba связаны белками плазмы крови на 25, 14 и 34 % соответственно. По данным литературных источников s-элементы ПА подгруппы связаны белками плазмы крови на 10-70 % (Пучкова, С.М., 1966; 1969; Балабуха, В.С., Фрадкин, Г.Е., 1958; Любашевский, Н.М., 1968; 1980; Della-Rosa, R.S., Smith, F.A., 1961; Meyseffug, L.P., et all, 1921).

Полученные экспериментальные данные для химических элементов d-блока также в основном не вступают в противоречие с данными литературы. Так химические элементы d-блока 4 периода связаны в плазме крови в крупномолекулярные образования Mn на 91 %, Fe на 98 %, Co на 99 %, Zn на 98 % и, как видно, могут быть обнаружены в диализате лишь в незначительном количестве. По данным литературных источников Mn связан белками плазмы крови на 19 % (Сорока, В.Р., 1964), однако большинство исследователей считает, что Mn циркулирует в плазме крови в связанном состоянии β_1 -глобулином, трансманганином и практически полностью связан белками плазмы крови, почти на 100 % (Myers, S., цит. Левина, Э.Н., 1972; Шустов, В.Я., 1967; Балла, Ю.М., Лившиц, В.М., 1965).

Fe, после всасывания из желудочно-кишечного тракта, циркулирует в связанном с белками крови состоянии, в основном с трансферрином, на 95-100 % от содержания в плазме крови

(Москалев, Ю.И., 1985; Альберт, А., 1989; Авцын, А.П. и др., 1991; Ершов, Ю.А. и др., 1993).

Со и Zn по данным литературы практически полностью связаны белками плазмы крови примерно на 88-100 % (Шустов, В.Я., 1967; Dennes, E., et al, 1962).

В данном исследовании Ni связан белками плазмы крови на 41 %. По данным литературы Ni связан белками плазмы крови на 96 % и одновременно находится в 3-х формах: часть связана с альбуминами, часть с d-макроглобулинами и часть находится в виде металлопротеинового комплекса – никелеплазмина (Сидоренко, Г.М., Ицкова, А.И., 1980). Очевидно, это различие можно объяснить тем, что в данном случае Ni вводился в субтоксических количествах примерно 10 мг/кг веса крысы (Левина, Э.Н., 1972).

В результате экспериментов получено, что d-элементы 5 и 6 периодов связаны в плазме крови Y на 70 %, Ru на 98 %, Ag на 89 %, Au на 90 %. По данным литературы Y может быть связан белками плазмы крови рыхло или вообще не связан (Разбитная, Л.М., Балабуха, В.С., 1960). Большинство исследователей считает, что Y связывается белками плазмы крови практически полностью (Пучкова, С.М., 1966; 1969; Любашевский, Н.М., 1968; 1980; Разбитная, Л.М., 1964).

Ru, как Ag и Au, по данным литературы связаны белками плазмы крови почти полностью (Левина, Э.Н., 1972; Москалев, Ю.И., 1985). Несколько более низкие значения связывания белками плазмы крови для Ag и Au примерно 80 % от содержания в плазме крови в целом можно, вероятно, объяснить или влиянием изотопного носителя для Ag 26 гамм, для Au 4 гамма на животное или различиями в методах и схемах экспериментов.

Таким образом, элементы d-блока связываются белками плазмы крови на 20, 50-100 %.

f-Элементы связаны белками плазмы крови Ce на 90 %, Pm и Sm на 99 %, что близко к данным литературы (Пучкова, С.М., 1966; 1969; Разбитная, Л.М., 1964; Aeberhardt, A., 1958; Беляев, Ю.А., 1959; 1963),

Как следует из проведенных экспериментов элементы p-семейства связываются белками плазмы крови In на 98 %, Tl на 30 %, Sn на 92 %, Sb на 63 %, S на 48 %, Te на 95 %, I на 60 % от содержания в плазме крови. Это согласуется с литературными данными, если такие данные имеются в литературе.

Как видно s-элементы IA подгруппы находятся в плазме крови в свободном состоянии, IIА подгруппы частично связываются белками плазмы крови. Представители элементов d-семейства связываются белками плазмы крови в значительно больших количествах от нескольких десятков до 100 % от содержания в плазме крови в целом. При этом количество связанного d-элемента увеличивается слева направо с увеличением атомного номера и в среднем по группам IIIB, IVB и так далее до IIB, IIIB и сверху вниз внутри подгрупп. Также увеличиваются энергетические характеристики химических элементов и уменьшаются орбитальные радиусы (Ершов, Ю.А. и др., 1993).

Величина связывания элементов p-блока белками плазмы крови также закономерно определяется их электронным строением. Белки самоорганизуются и самовоспроизводятся на основе информации, заключенной в белковой матрице ДНК, РНК из элементов p-блока с атомным номером 6, 7, 8, 15, 16 (и s-элемента Z = 1), представляющих правое (Курляндская, Э.Б., 1957; Разумовский, Н.О., Торчинская, О.Л., 1961; Klemperer, F.M., et al, 1952; Любашевский, Н.М., 1968; 1980) верхнее поле p-блока. p-элементы правого верхнего поля являются физиологическими компонентами растворов неорганической части плазмы крови, исполняя роль анионов – это карбонаты, сульфаты, селениты, хлориды, фосфаты, теллуриды, бромиды и т. п. I – представитель VIIA подгруппы, связывается белками плазмы крови на 60-100 % от содержания в плазме крови в целом (Фердман, Д.Л., 1962; Ильин, Л.А., 1972). Элементы левого нижнего поля в плазме крови находятся в виде катионов и, как видно из таблицы 6.1, в значительной степени связаны белками плазмы крови. Непонятны собственные данные по Tl, который связывается белками плазмы крови примерно на 30 %, а должен связываться, судя по положению в периодической системе, примерно на 70-100 %. Tl вводится с изотопным носителем в количестве 630 гамм на крысу. Эта величина близка токсичной (Левина, Э.Н., 1972).

Итак, сопоставляя экспериментальные и литературные показатели по связи химических элементов белками плазмы крови можно заключить, что эти показатели, в большинстве своем сходны или просто аналогичны. Рассматривая различные параметры обмена химических элементов в живых организмах, в том числе и связывание химических элементов белками плазмы крови, исследователи пользуются усредненными показателями для каждого отдельного химического элемента. Весь спектр изотопов химических элементов одной ячейки периодической системы при этом не учитывается.

Данные литературы (таблица 6.2.1), результаты экспериментальной и аналитической работы, в виде периодической системы показателей связывания химических элементов белками плазмы крови, в % от содержания в плазме крови, представлены в таблице 6.3.1 (Соков, Л.А., 2006, с. 97). Здесь же представлены данные расчета. Расчет проводился с учетом физико-химических констант, методами экстра- и интерполяции с учетом величины связывания белками плазмы крови соседних химических элементов – сверху, снизу, справа и слева, согласно положению элементов в периодической системе, а также исходя из принадлежности каждого отдельного элемента к s-, f-, d-, p-семейству.

Изотопы IA подгруппы находятся в плазме крови, в основном, в свободном состоянии. Элементы IIA подгруппы связываются белками на 10-70 % от их содержания в плазме крови. Металлы d-, f-, p-блоков связаны белками плазмы крови на 30-100 %. Элементы VIIIA подгруппы (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn) находятся в плазме крови в свободном состоянии (таблица 6.3.1). Таким образом, имеются собственные экспериментальные и литературные данные, в сумме для 50 элементов. Имеются также качественные, ориентировочные данные примерно для 30 элементов (H, Li, Fr, Be, Zr, Cd, Pt, Hg, B, As, Se, Bi, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Pa, U, Np и других), то есть всего примерно для 80 химических элементов.

Исходя из этого, величину связывания элементов белками плазмы крови, можно представить по подгруппам, с учетом принадлежности к семействам элементов в виде ряда: IA < IIA < IIIB < f-элементы >= IVB < VB < VIB <= VIIIB <= VIIIB = IB = IIB > IIIA >= IVA =~ VA ~VIA > VIIA > VIIIA. Этот ряд учитывает естественный физический аспект, последовательность формирования электронных орбит элементов, значения орбитального квантового числа $l = 0, 1, 2, 3...$ или s, p, d, f, при усредненном главном квантовом числе n.

Гомеостаз и формирование гомеостатических констант (рН, осмотическое давление, показатели содержания электролитов...) изотопов химических элементов, имеющих электронное строение s-блока и p-блока, правое верхнее поле периодической таблицы, определяются, в основном, карбонатной и фосфатной буферными системами. Метаболизм химических элементов, имеющих электронное строение d-, f-элементов и p-элементов, левого нижнего поля периодической системы, металлов, в значительной степени связаны белками плазмы крови.

Согласно «оккупационной» теории А. Кларка (1937), действие вещества пропорционально площади рецепторов, занятой молекулами этого вещества (Келина, Н.Ю., Безручко, Н.В., 2006). Если химический элемент поступает в избытке и полностью заполняет всю площадь рецепторов, предназначенных для него природой биологическая (гомеостатическая, клеточная) емкость этого химического элемента переполнена.... Относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды – гомеостаз определяет устойчивость основных физиологических функций организма, которые по представлению авторов этого закона К. Бернара и У. Кеннона формируются: материалами, обеспечивающие клеточные потребности, окружающими факторами, влияющими на клеточную активность.

П.Д. Горизонтов (Горизонтов, П.Д., 1981, с. 11) к ним добавляет: наследственность, регенерация и репарация, иммунобиологическая реактивность. А.П. Авцын (Авцын, А.П., и др., 1991, с. 40) также приходит к выводу, «поступление, метаболизм, специфическое накопление и выведение МЭ (микроэлементов) регулируется специальной биологической системой микроэлементного гомеостаза (БСМЭГ)».

Таблица 6.3.1

Периодическая система показателей связывания химических элементов белками плазмы крови (% от содержания в плазме крови)

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIIB	IB	IIБ	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H 1													H 1	He 2
														0
Li 3	Be 4								B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
0-5	20-40*								(80)				0	0
Na 11	Mg 12								Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
1 *												48		Ar 18
0-5	50-36								85	20	10		0	0
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Fe 26	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
1	25					98	99	98	32					
0-5	20-70	99	31-35	(60)	60-100	95-100	90-95	88-100	(92)	(56)	(50-80)	(40)	0	0
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Ru 44	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
5-10	14	70				98	89	98	98	92	63	95	60	Ar 54
0-5	10-60	100	(75-100)	99	66-100	95-100	100	(85)	(56)	92		100	58-100	0
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Os 76	Au 79	Hg 80	Pb 82	Po 84	Bi 83	Po 84	At 85	Ra 86
1	34	100	(100)	(100)	(100)	(100)	90	(100)	30		(98)	(100)		0
0-5							100	(100)						
Fr 87	Ra 88													
(0-5)														

Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
90	(90-100)	(90-100)	99	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)
100			96										
La 90	Pa 91	U 92	Nd 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
90-100	(90-100)	(90-100)	(90-100)	90-100	90-100	90-100	90-100	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)	(90-100)

* в скобках приведены результаты расчета ** в числителе – результаты собственных исследований, в знаменателе – сведения, заимствованные из литературных источников

«Иммунные механизмы участвуют практически во всех физиологических и патологических процессах.... Способность организмов отличать «свое» от «чужого» существует сотни миллионов лет, однако лишь у позвоночных лимфатическая система сформировалась в морфологическую основу иммунной системы. В связи с этим только у позвоночных вырабатываются классические антитела (иммуноглобулины).... Иммунная система характеризуется, прежде всего, специфичностью ее реакций, спектром специфичности антител и лимфоцитов, а также существованием феномена иммунологической памяти.... Иммунные процессы тесно связаны с другими биохимическими, клеточными и фармакологическими механизмами» (Йегер, Л., 1990, с. 16-17).

«Действие иммунных механизмов у позвоночных основано на реакциях двух типов: клеточного и гуморального.... Этот дуализм иммунной системы основан на наличии двух популяций лимфоцитов.... При этом первые отвечают за клеточный тип реакции, а вторые вырабатывают антитела» (Йегер, Л., 1990, с. 26-27).

«Как следует из каталогов Мак Кюзика, на 5.05.2002 г. описано уже 13.577 наследственных синдромов и болезней..., и все они в той или иной степени вызывают нарушения обмена микроэлементов. Эти нарушения можно условно отнести к трем типам: нарушения передачи генетической информации; нарушения экспрессии генов, кодирующих индивидуальные белки, участвующие в депонировании, транспорте или каталитической активности микроэлементов и нарушения, вторичные по отношению к прочим наследственным болезням» (Риш, М.А., 2003).

Металлорегуляция экспрессии генов осуществляется доступным количеством переходных металлов на уровне транскрипции. «Этой регуляции подвергается в первую очередь экспрессия генов, кодирующих специфические белки, участвующие в процессах обмена металлов.... Решение этой стратегической задачи начинается уже с поступления металла в клетку и происходит для меди, железа, марганца и цинка по общей схеме. Для каждого индивидуального металла существует несколько субстрат-специфических транспортных систем. Одна система, обладающая высоким сродством к металлу, функционирует при его ограниченной доступности и другая – с низким сродством – при наличии его избытка. Эти системы обнаружены у бактерий и эукариот и сохраняются, по-видимому, на всех ступенях эволюционной лестницы» (Риш, М.А., 2003). Механизмы гомеостаза М-металлов и механизмы иммунного ответа на поступление антигенов «технологически» сходны, аналогичны и обеспечивают выживание биологических объектов в агрессивной внешней среде.

Химические элементы или их соединения участвуют в иммунохимических реакциях и в формировании иммунитета. А.В. Кудрин, О.А. Громова (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 15) по иммуномодулирующему эффекту выделяют две группы микроэлементов: первая группа – эссенциальные для иммунной системы: Zn, I, Li, Cu, Co, Cr, Mo, Se, Mn, Fe; вторая группа – иммунотоксичные: Al, As, B, Ni, Cd, Pb, Hg, Be, Bi, Tl, Ge, Au, Sn и др.

«... МЭ не являются антигенами, а способны выступать лишь в роли гаптенов, т.е. индуцировать иммунный ответ, будучи в модифицированном состоянии (соединение с белками, пептидами, аминокислотами, нуклеиновыми кислотами или синтетическими полимерами), можно прийти к выводу, что дискретность действия МЭ более неспецифична, чем специфических антигенов, таких, как, например, белки» ... (Кудрин, А.В., Громова, О.М., 2007, с. 20). ... «Cr, Ni, As, Hg, Pb, Cd, платина (Pt) и другие элементы способны снижать титр циркулирующих иммуноглобулинов; Se стимулирует антителообразование, Hg повышает активность рецепторов для комплемента на β -лимфоцитах; Pb, Cd и соединения Hg влияют на иммунологическую память. Хлориды Cd, In, Mn, Sb, V, Fe у мышей CFW ингибируют клеточный иммунный ответ, не влияя на гуморальный. Торий (Th) подавляет гуморальный ответ, не изменяя течение ГЗТ (гиперчувствительности замедленного типа). Титан (Ti) и иттрий (Y) стимулируют клеточный иммунный ответ и не оказывают эффекта на гуморальный ответ» (Кудрин, А.В., Громова, О.М., 2007, с. 25-26).

Бериллий принимает участие в поддержании иммунного статуса организма. При интоксикации бериллием уровень IgG и IgA повышен, IgM – понижен..., наблюдается развитие опухолей, аутоиммунных процессов.... При диагностике бериллиоза необходимо определение уровня иммуноглобулинов в сыворотке крови (Скальный, А.В., Рудаков, И.А., 2003, с. 205-207).

Несмотря на не специфичность иммуотропного эффекта, МЭ оказывают избирательное действие на полимодальные иммунологические функции и на функции многофункциональных внутриклеточных белков (типа МТ, БТШ и т.п.). Эффекты многих МЭ перекрываются, т.е. обладают сходством и взаимозаменяемостью при этом иммуотропное действие определяется зависимыми от дозы и времени экспозиции МЭ закономерностями (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007, с. 27).

Иммунная гомеостатическая химическая система работает по мере поступления химических элементов в организм в режиме «on line» с учетом «резервов гомеостатической (клеточной и биологической) емкости вида» (Соков, Л.А., 2006). Иммунный химический гомеостаз обеспечивается работой многих механизмов с участием различных органов и систем организма. Эти системы «образовались в процессе эволюции как межсистемная кооперация, основанная на взаимодействии между макрофагально-лимфоцитарной системой иммунитета, макросомальными ферментами печени и секреторно-транспортной системой почек» (Келина, Н.Ю., Безручко, Н.В., 2006, с. 49).

«Основанная на квантово-химической теории электронного строения атомов теоретическая интерпретация Периодического закона и периодической системы изначально учитывает наличие двух «лагерей» химических элементов – непереходных элементов А-элементы (атомы с валентными s-, p-электронами) и переходных металлов М-металлы (атомы с валентными s-, d-, f-электронами). Представление о двух «лагерях» химических элементов является важнейшим (хотя и очевидным) следствием традиционного подхода к теории периодической системы. Проявления принципа периодичности в химии непереходных элементов и в химии переходных металлов часто оказываются не только неодинаковыми, но и абсолютно разными. И одна из главных причин этого – весьма значительные различия в электронном строении ML_k и AL_k » (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 71). ML_k – металлолигандные комплексы, AL_k – элементолигандные комплексы.

Большинство макроэлементов-ионов (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cl^-) проникают в клетки через ионные каналы, а удаляются вследствие функционирования АТФ-зависимых помп. Для микроэлементов не существует определенных селективных ионных каналов и специфических энергозависимых систем. Кроме того многие микроэлементы существуют в организме в форме минералов (AlF_4^- , CrO_4^{-2} , VO_4^{-2} , Si_3^{-2} и т.п.) (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007).

В живом можно выделить два разных, но взаимосвязанных, взаимодополняющих механизма метаболизма химических элементов:

1. Физико-химические законы (механизмы) регуляции (осмос, осмотическое давление – КОС, рН ...) – это непереходные элементы, А-элементы – это А-химия, в основном карбонатные, фосфатные буферы, это атомы с валентными s-, p-электронами. Механизм транспорта этих элементов через мембраны клеток осуществляется, в основном, с помощью ионных каналов, простой и облегченной диффузии, активного (первичного и вторичного) транспорта, с помощью различных АТФаз, в основном (по массе) Na-, K- АТФазы и т.д. ...;

2. Белковый, иммунохимический тип регуляции (онкотическое давление, ферменты, гормоны, витамины, гаптены ...) – это переходные металлы, М-металлы – это М-химия, белковая, в основном, буферная система..., это атомы с валентными s-, d-, f-электронами и, вероятно, p-электронами p-элементов – металлов (А-элементов). Количественные показатели белка, его разнообразие, определяются иммунохимической структурой, расположенной в генетическом аппарате, протоплазме клеток, во внеклеточном пространстве. Пусковым механизмом, запускающим экспрессию генов, определяющих какой белок должен синтезироваться, являются качественные квантовые характеристики (n+l), количество, уровень М-металлов в крови, внеклеточной и внутриклеточной жидкости... Транспорт М-металлов

через мембраны клеток осуществляется различным образом, с помощью транспортных белков (везикулярного транспорта), а также путем эндоцитоза, экзоцитоза и т.д. ...

Представлена периодическая система связывания химических элементов белками плазмы крови. Периодичность показателей связывания химических элементов белками обеспечивается взаимодействием 2-х групп элементов (непереходных, переходных). Качественно-количественные показатели белков в биологических системах обеспечиваются, а том числе, и иммунными механизмами. Функционирование иммунного химического гомеостаза – это один из механизмов функционирования матрицы живого, белковой матрицы.

6.4 Ведущие физико-химические константы, определяющие величину связывания химических элементов белками плазмы крови

Ранее были получены корреляционные связи между долей элемента, связываемой белками плазмы крови, и отдельными физико-химическими константами: радиусом иона, энергией гидратации (Соков, Л.А., 1969; Дубровина, З.В., Соков, Л.А., 1970). Существует мнение, что величина и степень связывания элементов белками плазмы крови определяется такими физико-химическими характеристиками как орбитальный радиус атома, валентность, энергия ионизации, координационные числа, а со стороны белков стереометрическими показателями, характером внешних биогенных лигандов, для биокластеров – размером «полости» и т.п. (Москалев, Ю.И., 1985; Альберт, А., 1989; Ершов, Ю.А. и др., 1993...). Поэтому весьма целесообразно провести корреляционно-регрессионный анализ между величиной связывания элементов белками плазмы крови и целым рядом физических, физико-химических, химических констант.

С этой целью, процент связанного элемента белками плазмы крови – сопоставляли шесть раз с каждой из физических, физико-химических, химических констант. Алгоритм корреляционного анализа изложен в главе 4, 4.1.

В анализе использовали значение физических, физико-химических, химических констант, приведенные в популярных справочных изданиях (Никольский, Б.П., 1961-71; Мищенко, К.П., 1972; Лурье, Ю.Ю., 1962; Перельман, В.И., 1964; Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968; Яцимирский, К.Б., Васильев, А.П., 1959; Оргел, Л., 1964). Анализ проведен по стандартной программе (Алгоритмы и программы..., Казань, 1966).

Результаты анализа представлены в таблице 6.4.1, где n – число сопоставляемых парных единиц, r_{1-6} – коэффициенты корреляции, p_{1-6} – вероятность коэффициента корреляции.

Приведены только те сопоставления, где $p < 0,1$. Не получено сколько-нибудь значимых корреляционных связей с такими константами как теплопроводность, электропроводность, стабильность гидрокомплексов.

Реально анализ проводился с данными для 76 элементов из 85. Не взяты в анализ, по независимым от автора обстоятельствам, данные для элементов H, He, O, F, Ne, Cl, Ar, Kr, Xe, хотя использование этих данных только бы усилило показатели коэффициентов корреляции, так как в точности показателей, например, для Cl, He, Ne, Ar, Kr, Xe автор не сомневается.

Представленные в таблице 6.4.1 коэффициенты корреляции между долей элемента, связанного белками плазмы крови, и ионными потенциалами равны $r_3 = 0,60$ ($p < 0,001$), $r_5 = 0,45$ ($p < 0,05$), $r_6 = 0,57$ ($p < 0,001$), с энергией гидратацией равны $r_3 = 0,55$ ($p < 0,001$), $r_4 = 0,37$ ($p < 0,05$), $r_5 = 0,36$ ($p < 0,05$), $r_6 = 0,68$ ($p < 0,001$), с потенциалом первичной ионизации равны $r_2 = 0,61$ ($p < 0,001$), $r_3 = 0,24$ ($p < 0,05$), $r_4 = 0,45$ ($p < 0,001$), $r_5 = 0,52$ ($p < 0,001$), $r_6 = 0,58$ ($p < 0,001$), со значением электроотрицательности – $r_1 = 0,6$, $r_3 = 0,73$, $r_4 = 0,73$, $r_5 = 0,70$, $r_6 = 0,79$, при уровнях значимости во всех случаях $p < 0,001$, и так далее.

Размеры коэффициентов корреляции указывают на сильную степень тесноты связи между этими константами, причем наблюдаются эти связи и в численном значении выше в том случае, если процент связываемого элемента белками плазмы крови был выражен в натуральных или десятичных логарифмах. То есть, связи между спектром белков плазмы крови и элементами не прямые.

Большую роль имеет изучение корреляционных связей между физическими, физико-химическими, химическими константами элементов и долей их, связываемых белками плазмы крови, так как белки являются главными компонентами живого. Как видно (таблица 6.4.1), чем больше молекулярный вес, тем больше в процентном отношении элементы связываются белками плазмы крови. Корреляционные связи между долей элемента, связываемого белками

крови и радиусами атома и иона – обратные, отрицательные, с остальными константами – ионные потенциалы, энергия гидратации, потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона и т.д. (таблица 6.4.1), положительные, прямые.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	0,20	-	0,43	0,63	0,44	0,60
		0,1		0,001	0,001	0,001	0,001
2.	Радиус атома	-0,23	-	-0,24	-0,47	-0,56	-0,49
		0,05		0,05	0,001	0,001	0,001
3.	Радиус иона	-	-	-	-0,33	-0,42	-
					0,05	0,01	
4.	Ионные потенциалы	-	-	0,60	-	0,45	0,57
				0,01		0,05	0,01
5.	Энергия гидратации	-	-	0,55	0,37	0,36	0,68
				0,001	0,05	0,05	0,001
6.	Потенциал первичной ионизации	-	-0,61	0,24	0,45	0,52	0,58
			0,001	0,05	0,001	0,001	0,001
7.	Значение электроотрицательности	0,60	-	0,73	0,73	0,70	0,79
		0,001		0,001	0,001	0,001	0,001
8.	Сродство к электрону	-	-		0,82	0,62	0,60
					0,001	0,05	0,1
9.	Работа выхода электрона	0,55	-	0,70	0,65	0,69	0,75
		0,001		0,001	0,001	0,001	0,001
10.	Температура кипения	0,51	0,43	-	0,56	0,53	0,64
		0,001	0,001		0,001	0,001	0,001
11.	Температура плавления	0,41	0,20	0,58	0,49	0,52	0,70
		0,001	0,1	0,001	0,001	0,001	0,001
12.	Относительная плотность	0,61	0,35	0,81	0,65	0,53	0,85
		0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001
13.	Сравнительная твердость	0,47	-	0,69	0,65	0,70	0,84
		0,001		0,001	0,001	0,001	0,001
14.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-	0,53	-	0,50	0,64
				0,01		0,01	0,01
15.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	0,46	0,33	0,74	-	0,80	0,73
		0,001	0,05	0,001		0,001	0,02

Таблица 6.4.1 Корреляционные связи между показателями связывания химических элементов белками плазмы крови и физическими, физико-химическими и химическими свойствами химических элементов

Для всех, представленных в таблице 6.4.1 сопоставлений получены уравнения, по которым можно произвести расчет по взаимосвязанным сравниваемым величинам с достаточно высокой степенью вероятности. Всего получено 77 таких уравнений.

Например, процент связывания любого элемента периодической системы белками плазмы крови в зависимости от той или иной физико-химической константы можно найти по уравнениям, для элементов:

- (17) $1 Y_7 = 2,26 + 4,7 \cdot 3Э$, $\delta_{a1} = 3,6$, $t_{a1} = 5,2$, $p_{a1} < 0,001$;
 (18) $2 \lg Y_7 = 2,32 - 0,073 \cdot \text{ППИ}$, $\delta_{a1} = 0,011$, $t_{a1} = -6,63$, $p_{a1} < 0,001$;
 (19) $3 \ln Y_7 = 26,2(!)3Э$ 1,96 и так далее.
 Только для металлов, без p-металлов:
 (20) $4 Y_7 = -24,7 + 25,6 \cdot \text{PBЭ}$, $\delta_{a1} = 4,57$, $t_{a1} = 5,39$, $p_{a1} < 0,001$;
 (21) $5 \lg Y_7 = 2,8 - 0,62 \cdot \text{Ra}$, $\delta_{a1} = 0,13$, $t_{a1} = -4,80$, $p_{a1} < 0,001$;
 (22) $6 \ln Y_7 = 3,6 \cdot \text{pKЭДТА}$ 0,91 и так далее.

Цифры перед уравнениями 1, 2,... до 6 указывают на тип сопоставления сравниваемых величин, δ_{a1} – средняя ошибка коэффициента a_1 в уравнении, p_{a1} – вероятность коэффициента a_1 , 3Э, PBЭ, Ra, pKЭДТА – указывают на ту или иную константу.

Возможно, в будущем можно перейти от этих простых к более сложным моделям, например, к множественной корреляции, когда величина элемента, связанного белками плазмы крови, будет сравниваться не с одной, а с совокупностью наиболее значимых и определяющих данный процесс констант. Такая попытка уже сделана, причем авторы публикации (Botov, N.G., et al, 1993) использовали идеи, материалы данной работы, в том числе и экспериментальные, численные значения.

Вопреки представлению автора (Соков, Л.А., 1969; Дубровина, З.В., Соков, Л.А., 1970), ведущими во взаимодействии белки – химические элементы являются не размерностные характеристики атомов, ионов (R_a , R_i), а энергетические характеристики элементов. Размерностные характеристики играют свою роль, но не являются определяющими. А это значит, на примере биокластеров, что при взаимодействии катион – белок, диаметр белковой спирали изменяется в определенных интервалах. Меняется конформация молекулы и взаимодействие элемент-белок не может быть строго специфичным. Так, например, активаторами отдельных ферментов могут быть катионы металлов, принадлежащие к разным семействам периодической системы, имеющие разное электронное состояние (Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Zn, Cd, Cr, Cu, Mn, Fe, Co, Ni, Al...) (Левина, Э.Н., 1972)..

6.5 Самоорганизация и последующая эволюция живого во Вселенной одно из свойств барионной материи

«Pluralitas non est ponenda sine necessitate»
(«Без необходимости не следует утверждать многое»).

William of Occam, 1285-1349

Уильям Оккам

В схеме дифференциации первичного космического вещества существуют «результативные» ветви каскадов бифуркации материи: начало → (смесь элементарных частиц, ядер – порядок, здесь действуют законы ядерной физики, но хаос по сравнению с последующими этапами самоорганизации, когда начинают действовать, помимо физических, физико-химические законы) → порядок (Земной шар – земная кора) → хаос → порядок (океаническая вода) → хаос → порядок (живое вещество – человек) →.... Эти каскады бифуркаций необратимых процессов, использующие потенциальную энергию барионной материи, полученную в результате Большого и последующих взрывов, разнообразных физических ядерных процессов, являются яркой иллюстрацией закона дивергенции (и диссипации) материи (Соков, Л.А., 2006; 2008).

Целью этого раздела работы являлось исследование (в схеме дивергенции материи) (Соков, Л.А., 2008) взаимодействия белков (как основы жизни на планете Земля) со всем спектром химических элементов, найденных на нашей планете, на основе электронного строения элементов, законов квантовой механики и сопоставление результатов исследования с химическим элементарным составом океанической воды.

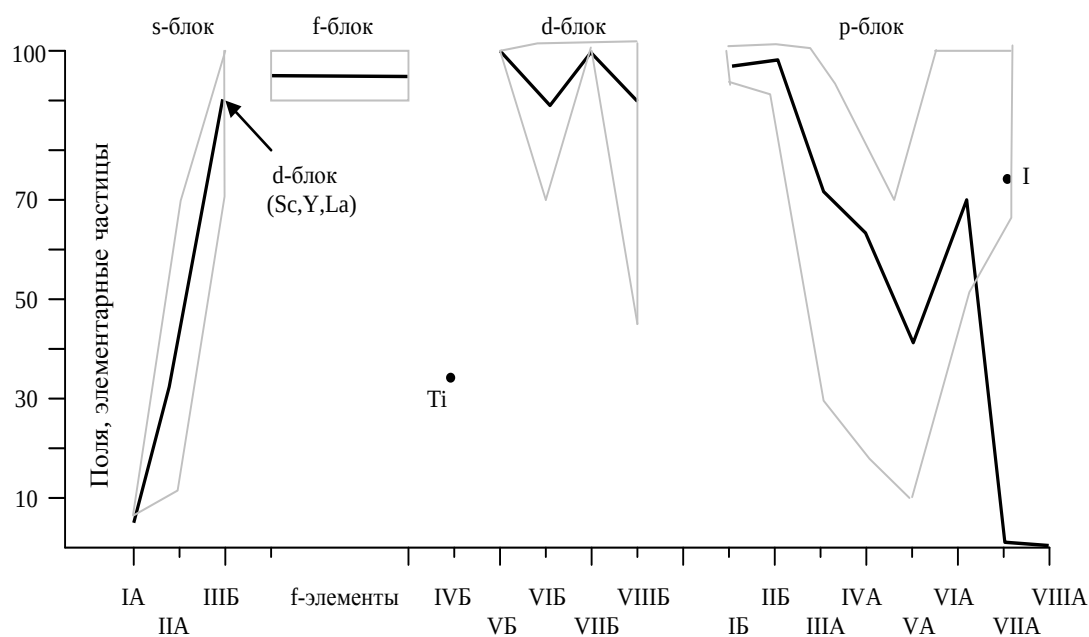


Рисунок 6.5.1. Средние показатели связывания химических элементов белками плазмы крови по подгруппам, % от содержания в плазме крови

Результаты экспериментальной и аналитической работы, таблицы 6.2.1 и 6.3.1, представлены графически на рисунках 6.5.1 и 6.5.2.

На рисунке 6.5.1 представлены результаты собственного анализа: взаимодействие белков плазмы крови с химическими элементами (Соков, Л.А., 2006, с. 95-98). На оси ординат – % химического элемента, связанного белками плазмы крови. На оси абсцисс – представлены

последовательно подгруппы химических элементов. Вверху выделены s-, d-, f-, p-блоки химических элементов, согласно орбитальному квантовому числу l (обозначения термов – T, которым соответствуют различные $l = 0, 1, 2, 3, 4$, буквы – s, p, d, f, g соответствуют английским наименованиям спектральных серий атомов с одним внешним электроном). После оси ординат отмечено: поля, элементарные частицы. Естественно, белки, белковоподобные (протеиноиды) (Ленинджер, А., 1974, с. 877-878) соединения, ДНК, РНК взаимодействуют с элементарными частицами, полями: гравитонами, глюонами, фотонами, калибровочными бозонами, адронами (барионами), лептонами....

Как видно из данных, представленных на рисунке 6.5.1, взаимодействие белков плазмы крови с химическими элементами определяется графиком, который имеет четкий, периодический характер. Каждый из периодов периодической системы начинается с нулевой отметки на оси абсцисс: s-блок, элементы IA подгруппы – Li, Na, K, Rb, Cs, Fr, которые находятся в плазме крови в свободном, не связанном белками состоянии. Затем следует закономерный подъем показателей уровня связывания к элементам s-блока ПА подгруппы – Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra. Элементы ПА подгруппы связываются белками на 10-70 % от их содержания в плазме крови.

Представители элементов d-блоков связываются белками плазмы в больших количествах: от 35 % до 100 % от содержания в плазме крови в целом. При этом количество связанного d-элемента имеет тенденцию к увеличению слева направо, с увеличением атомного номера и в среднем по подгруппам IIIB, IVB и так далее до IB, ПБ и сверху вниз внутри подгрупп. Элементы f-блока, лантаноиды и актиноиды, практически полностью на 90-100 % связаны белками плазмы крови. Элементы p-блока нижнего левого поля периодической системы, металлы, как и металлы d-, f-блоков в значительной степени связаны белками плазмы крови.

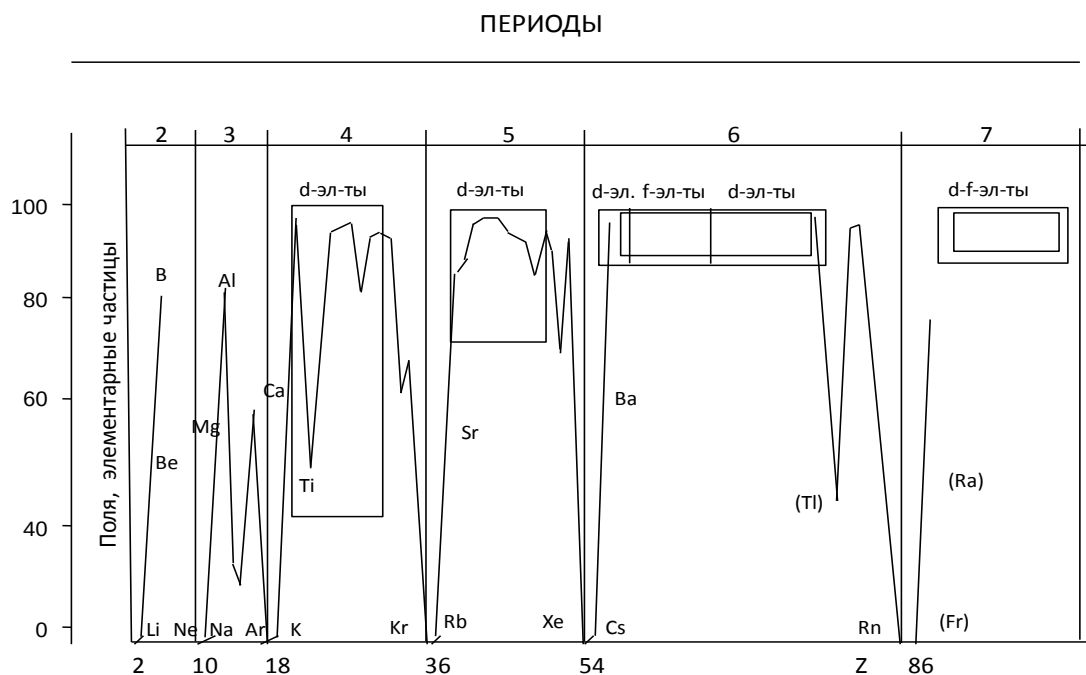


Рисунок 6.5.2 Показатели связывания химических элементов белками плазмы крови в зависимости от числа протонов (Z), % от содержания в плазме крови

Белки в живом воспроизводятся на основе информации, заключенной в матрице ДНК, РНК из изотопов элементов p-блока с атомными числами 6, 7, 8, 15, 16 (и изотопов s-элемента $Z = 1$), представляющих правое верхнее поле химических элементов p-блока. Элементы последнего, в пределах правого верхнего поля периодической системы, являются физиологическими компонентами неорганической части плазмы крови, вне- и внутриклеточных жидкостей, исполняя роль анионов. И, наконец, p-элементы VIIA

подгруппы: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn находятся в плазме крови в свободном, не связанном белками плазмы крови, состоянии.

Если найденную закономерность, представленную на рисунке 6.5.1, последовательно «развернуть» по основной элементарной частице химического элемента – протону, числу Мозли, с учетом главного квантового числа n , то получим периодическую кривую – рисунок 6.5.2 (рисунок 26, таблицы 21, 22) (Соков, Л.А., 2006, с. 95-98). Для анализа и построения графиков (рисунки 6.5.1 и 6.5.2) использовались как собственные данные, так и показатели связывания химических элементов белками плазмы крови, полученные на различных видах животных: крысы, собаки, овцы, обезьяны, человек ... (Пучкова, С.М., 1969; Левина, Э.Н., 1972; Москалев, Ю.И., 1985; Соков, Л.А., 2006 и т.д.). **Поэтому ее можно рассматривать как межвидовую, неспецифическую закономерность взаимодействия изотопов химических элементов и белков плазмы крови млекопитающих.**

Итак, величина связанного химического элемента белками плазмы крови, в % от содержания в плазме крови, представленная с учетом главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел, последовательно, слева направо, в порядке возрастания заряда ядра атома, порядкового номера – числа Мозли (квантовой электронно-протонной матрицы), имеет периодический характер, который аналогичен периодической застройке электронных орбит элементов в периодической системе, что, свою очередь, объясняется законами квантовой механики (Соков, Л.А., 2006, с. 100). Вероятно, подобная закономерность существует и для любых тканевых белков. Есть экспериментальные данные, подтверждающие общие, количественные закономерности показателей связывания щелочных, щелочноземельных, редкоземельных химических элементов (Na, K, Cs, Ca, Sr, Y, Ce) с белками плазмы крови и с тканевыми белками печени, почек, мышц (Пучкова, С.М., 1969).

На рисунках 6.5.1, 6.5.2 представлен белковый слайд – самостоятельная константа живого вещества, так как белковоподобные соединения, белки, белковые матрицы будут взаимодействовать со всем спектром изотопов химических элементов в любом уголке Вселенной подобным же образом, так как устройство атомов изотопов химических элементов, законы квантовой механики, отсюда их физико-химические характеристики, в определенном интервале внешних энергетических величин, неизменны. И если Цивилизацию планеты Земля рассматривать как отдельную информационную систему, обладающую определенными информационными характеристиками, константами, то белковый слайд (геометрический, белковый фрактал) можно (нужно) рассматривать как одну из возможных констант цивилизации углеродного типа (барионной цивилизации).

Найденное закономерное периодическое изменение показателей связывания химических элементов белками, их ультрафильтруемость в плазме крови, а также все физиологические, биохимические, иммунохимические метаболические показатели, которые этим определяются, объясняются легко с позиции А- и М-химии, базового принципа периодической системы Периодического закона. Периодическая функция связывания изотопов химических элементов белками плазмы крови (белковым буфером), представленная в таблице в виде периодической системы связывания химических элементов белками (Соков, Л.А., 2006, с. 97) или графически (рисунки 6.5.1, 6.5.2) – это белковая топологическая матрица в бесконечномерном пространстве суперматрицы.

Это геометрический, самоусложняющийся и саморазвивающийся по Z , фрактал (белковый слайд) запрограммирован и воспроизводится с помощью матричного механизма – квантовой электронно-протонной суперматрицы, а в настоящее время и по программе, заключенной в ДНК..., то есть это результат взаимодействия двух разноуровневых матричных механизмов: первичной, суперматрицы, и вторичной – матрицы ДНК, с помощью генетических и эпигенетических механизмов. Это квантово-волновой макрослайд – слепок процессов, происходящих на электронных орбитах изотопов химических элементов. Это квантовое эхо Большого взрыва. Матрица от матрицы (через порядок → хаос → порядок →?).

Космическое пространство заполнено барионной материей (элементарными частицами: адронное, барионное вещество доминирует в Солнечной системе, в ближайших звездных системах и состоит из ядер, ионов, атомов, изотопов химических элементов, полей...) ~ 4,4 % массы Вселенной, темной материей ~ 23 % массы Вселенной, темной энергией ~ 73 % массы Вселенной. В пределах доступного в объектах космоса, а на нашей планете, в том числе и в живом, изучаются, в основном, свойства, показатели, процессы, явления барионной материи (Линде, А. Д., 2007; Хокинг, С., 2008 и т.д.). Вероятно, какую-то роль в функционировании барионной материи играет темная материя и темная энергия...

Живое вещество (и один из итогов и **промежуточных** этапов его развития – человек – идея появилась при анализе этого материала, в основном по инициативе академика РАМН Захарова Ю.М.) формируется закономерным образом.

А. Газопылевое облако.

Б. Формирование планеты (или другого объекта), где параллельно, последовательно и взаимосвязано происходит несколько процессов:

- 1) физическая и радиационная эволюция изотопного химического состава планеты;
- 2) формирование геосфер и планеты;
- 3) самообразование живого и самоорганизация живого вещества, самовоспроизводящихся систем – СВ-систем;
- 4) химическая и биологическая эволюция живого вещества;
- 5) формирование и информационная эволюция цивилизации....

В фазе химической эволюции планеты Земля, в газообразной, жидкой и твердой средах – 94 химических элемента (94, 95, 96? – это частный случай для нашей планеты) самоорганизуются в различные химические соединения, в частности, в белки (Опарин, А.И., 1938; 1952; Miller, S.L., 1959; Руттен, М., 1973; Ленинджер, А., 1974). Белки (во всем их многообразии) являются самой первой, основной и определяющей структурой живого вещества на планете Земля. «Кирпичики» белков – аминокислоты находят даже в космическом пространстве. «Угlistые хондриты содержат сложные органические соединения.... Аминокислоты показывают существенное обогащение изотопами ^{13}C , ^{15}N , что отличает их от земных аналогов и свидетельствует в пользу формирования в межзвездных газопылевых облаках» (Epstein et al., 1989, цит. Э.М. Галимов, 2009, с. 107).

Существуют десятки, сотни идей, гипотез, теорий происхождения жизни.

Классификация идей, гипотез, теорий происхождения живого.

А. Биогенез.

1. Жизнь существовала и существует всегда и везде.

2. Панспермия, радиационная панспермия, литопанспермия, направленная, обратная направленная и ускоренная панспермия: Аристотель; Г. Лейбниц; Г. Рихтер, 1865; С. Аррениус, 1907; Ф. Кон; Ю. Либих; Г. Гельмгольц; Дж. Томсон; Ф. Хойл; С. Викремсинг; М. Кальвин; К. Саган, 1961; Ф. Крик и Л. Оргел, 1973; М. Меотнер; Дж. Матлофф и т.п., и т.д.

Б. Абиогенез.

1. Жизнь возможна везде, где есть условия для ее появления.

2. Жизнь зародилась на планете Земля – уникальное явление во Вселенной.

3. Жизнь зародилась непосредственно при образовании планеты Земля.

Первые три гипотезы абиогенеза в той или иной степени поддерживают те или иные авторы перечисленных ниже идей, гипотез, теорий.

4. Гипотеза «астрокатализа-каталитического реактора»: В.Н. Снытников, В.Н. Пармон, 2004, В.Н. Снытников, 2005....

5. Теория возникновения жизни в холодном предбиотическом бульоне и теория гидротермального происхождения: А.И. Опарин, 1924; 1975; Д. Холдейн, 1929; С. Миллер, 1953; Л. Орджел и др.

6. Теория гиперциклов: М. Эйген, 1981.

7. Концепция энергетического происхождения: И. Пригожин, А. Волькенштейн.

8. Концепция информационного происхождения: А.Н. Колмогоров, А.А. Ляпунов, Д.С. Чернавский и др.

9. Химический аспект происхождения жизни – эволюционная химия: А.П. Руденко, 1976.

10. Гипотеза – мир РНК: У. Гильберт, 1986; А.С. Спирин, 2005 ...

11. Гипотеза – мир липидов: Д. Серге с коллегами (The lipid world: Segre, et al., 2001, цит. Галимов, Э.М., 2009, с. 122).

12. Теория генетического захвата – протогеном, первоисточником жизни является структура минералов и водных кристаллов: А.Дж. Кернс-Смит, 1971; 1982. Биостартовая роль минералов: von G. Kiedrowski, 1996; Н.П. Юшкин, Э.Я. Костецкий, 2005; К. Г. Ионе, 2005; М. Ferrer, et al., 2007 и др. Теория минерального организмобиоза – углеводородная кристаллизация: Н.П. Юшкин, 1994; 1999; 2000.

13. Гипотеза эмбриосферы: В.Ф. Левченко, 1990; 1993.

14. Гипотеза кувыркков: Г. Дженкинс, цит. М. Вартбург...

15. Гипотеза бомбардировки метеоритами, кометами, астероидами: Р. Мюллер, 2000.

16. Гипотеза левостороннего циркуляторно-поляризованного света – решение проблемы хиральности: Уве Майеренрих, 2000.

17. Концепция устойчивого упорядочивания и АТФ-зависимый механизм происхождения жизни (Галимов, Э.Н., 2008; 2009).

18. Гидратная гипотеза В. Островского – «полимерные цепочки ДНК и РНК образовались не в «органическом бульоне», каким был Мировой океан ранней Земли, а под землей, внутри гидратов метана» (Unnamed, HiTech.Expert, 20.10.2007) и т.п., и т.д.

Все современные концепции происхождения жизни кроме этого делят еще на три направления: 1) субстратное – А.И. Опарин, Д. Холдейн, Г. Юри – С. Миллер и др.; 2) энергетическое – И. Пригожин, Л.И. Блюменфельд, М.В. Волькенштейн, К.С. Тричнер, П.Г. Кузнецов, Л.А. Николаев и др.; 3) информационное – А.Н. Колмагоров, А.А. Ляпунов, Ф. Крик, Д.С. Чернавский и др. (Еськов, К.Ю., <http://atheo-club.ru/evolution/eskov.htm>).

«На сегодняшний день мы имеем около 4000 работ и десятки монографий, посвященных проблеме происхождения жизни» (Костецкий, Э.Я., 2005). Как зародилась жизнь – была привнесена из космоса или зародилась на Земле? Существует два пути возникновения и функционирования жизни: автотрофный и гетеротрофный. Автотрофы – организмы, синтезирующие все вещества, необходимые для жизни из неорганических веществ (фототрофы, хемотротрофы). Гетеротрофный путь возникновения жизни рассматривает примитивный океан медленно собирающихся аминокислот, оснований, сахаров, липидов и других органических веществ, который самоорганизуется до первого способного к репродукции вещества (Wochtershouser, G., 1994; 2000). При любом развитии событий переход от неживой материи к живой – это переход от «стохастической химии» к «алгоритмической химии» (Аветисов, В.А., 2003). В последующем, эволюция осуществляется посредством двух взаимосвязанных процессов: упорядочивание и репродукция уже организованных систем (Galimov, E.M., 1996; Галимов, Э.М., 2009).

Некоторые идеи, гипотезы, теории устарели, некоторые имеют в основном околонуточный и философский характер, и лишь несколько обладают, по мнению автора исследования, элементами научной достоверности и, вероятно, каким-то образом связаны с фактами, представленными в этой работе (рисунки 6.5.1, 6.5.2).

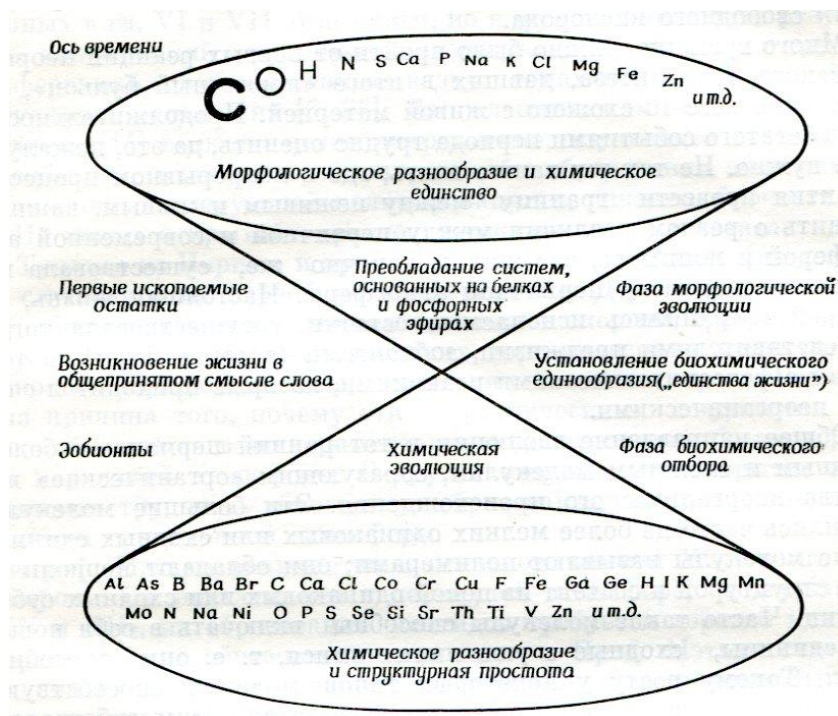
Э.М. Галимов (2009, с. 122) вообще считает: «На самом деле никогда не было «мира липидов», как не было «мира РНК» или «мира белков»».

Около 50 лет назад английский ученый Н.У. Пири представил в упрощенном виде происхождение и эволюцию живого в виде двух конусов, напоминающих песочные часы (схема 6.5.1). Нижний конус – преджизнь, с ее большим числом элементов, участвующих в неорганическом фотосинтезе и близких процессах, шедших в бескислородной атмосфере. Верхний конус – развитая жизнь, отличающаяся большим морфологическим разнообразием и основанная на небольшом наборе биохимических реакций. Настоящая жизнь, от которой сохранились ископаемые остатки, существовала с представителями преджизни, *эобионтами*

(термин Пири), и тем самым с фотосинтетическими реакциями, которые приходится считать неорганическими. Большие молекулы строились из более мелких одинаковых или сходных единиц. Такому росту у некоторых типов молекул способствуют свойства субстрата. Таким субстратом, «адсорбирующим» органические молекулы, могли быть глины или кристаллы кварца – наиболее распространенные и сейчас на поверхности Земли минералы... (Руттен, М., 1973, с. 83-84).

«Базовые принципы живого организма, вероятно, должны сохраниться от первичных до самых сложных форм современных организмов, как и соотношение в этих существах органических и неорганических веществ. Речь идет о базовых принципах, не о бесчисленных формах адаптации, которые формируются на этой основе» (Наточин, Ю.В., 2006).

Соотношение ионов крови Na, K, Ca, Mg близко к составу воды океана по всем ионам, за исключением Mg. Бунге (Bunge, 1898, цит. Гинецинский, А.Г., 1963, с. 8) впервые высказал предположение, что жизнь зародилась в океане и современные животные унаследовали от своих океанических предков неорганический состав крови, столь сходный с морской водой. Теория океанического происхождения минерального состава внутренней среды была развита Мак Келлумом (Mc Callum, 1910, 1926, цит. Гинецинский, А.Г., 1963, с. 8), который в доказательство привел многочисленные анализы крови различных животных. Эта теория к настоящему времени приобрела ту степень вероятности, которая возможна для биологических построений, охватывающих отдаленные эпохи развития жизни (Гинецинский, А.Г., 1963, с. 9).



Нижний конус – ранние неорганические химические процессы преджизни. Они разнообразны по своей химии, но не имеют морфологического выражения. Верхний конус – развитие жизни, характеризующейся морфологическим разнообразием, основанным на ограниченном числе биохимических реакций.

Схема 6.5.1 Упрощенная схема возникновения и развития жизни на Земле по Пири (Pirie, N.W., 1959, цит. Руттен, М., 1973, с. 83, фиг. 15)

Нет сомнения в том, что жизнь возникла в воде океана палеозойской эры, содержащей определенное соотношение одно- и двухвалентных катионов и т.д. Именно при этих условиях, очевидно, произошла адаптация клеток к пропорции ионов, свойственных воде древнего океана, которая стала совершенно необходимой для существования жизненных процессов.

Особенность внутриклеточной среды обеспечивается разнообразными механизмами, специфичными для различных животных, причем эти механизмы могут функционировать лишь при определенной концентрации ионов в среде, окружающей клетки (Иванова, Л.Н., Лавриненко, Э.А., 1981). Вода в высшей степени реакционноспособное вещество. Она имеет необычайно высокие температуры плавления и кипения, теплоту испарения, удельную теплоемкость, теплоту плавления и большое поверхностное натяжение (Ленинджер, А., 1974).

Все воды гидросферы можно разделить на две большие группы: минерализованные воды Мирового океана и преимущественно пресные воды континентов. В обеих группах установлены средние содержания (кларки) большинства химических элементов. Как уже указывалось, с учетом форм нахождения химических элементов в составе земной коры при различных экологических исследованиях отдельно выделяются гидросфера, атмосфера, почвы и живое вещество.

Геохимическая обстановка развития жизни в океане отличалась от обстановки на континентах прежде всего наличием водной среды, содержащей большинство химических элементов в наиболее доступной для организмов форме – в ионных растворах. Кроме ионов в океанической воде растворены газы, а также находятся минеральные и органические коллоиды и отдельные молекулы различных веществ. Первичная минерализация вод океана неизвестна, но вполне можно считать, что они были менее солеными. Косвенно об этом свидетельствует миграция многих видов морских рыб на нерест в пресные воды рек и озер.

Эксперименты показывают, что океаническая вода представляет собой раствор, ненасыщенный химическими элементами. Специалисты считают, что определенная концентрация в водах большинства химических элементов поддерживается в результате механического опускания частиц, сорбции и биогенной аккумуляции. Эти три основных механизма извлечения химических элементов (их соединений) из вод тесно переплетены между собой и неодинаково проявляются в разных частях океана. Все три механизма извлечения химических элементов (их соединений) из вод не постоянны во времени и пространстве. В связи с этим в зависимости от времени, глубины водного слоя и местоположения в Мировом океане концентрация одного и того же химического элемента может изменяться в довольно широких пределах. Так, анализы вод показали содержание в них меди у Шотландского побережья и в Адриатическом море около 6 (в мкг/л), в Ла-Манше – 12, у восточного побережья США – 16, а в Ирландском море – 27. У ряда других элементов (особенно у поглощаемых животными организмами) пределы колебаний еще больше, а для С, N, O, P, S и Si они достигают трех порядков (Goldberg, E.D., 1957; <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

Отличия содержаний кларков химических элементов в водах океана и пресных водах континентов (рек) для подавляющего большинства элементов не существенны. Если учесть еще и подземные минерализованные воды, то в водах океана кларки химических элементов будут находиться между крайними значениями (минимальными и максимальными) средних концентраций этих же химических элементов в разных типах вод континентов.

Можно считать, что кларки, определенные для нынешнего состояния гидросферы, в наибольшей мере отвечают, во-первых, условиям жизни водных организмов, а во-вторых – миграции химических элементов, обеспечивающей нормальную жизнедеятельность современных организмов суши (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

В таблице 6.5.1 представлены результаты корреляционного анализа между показателями связывания химических элементов белками плазмы крови и рядом космо-, геохимических, биогеохимических, биологических показателей. Алгоритм анализа изложен в главе 4, 4.1.

Как видно из представленных корреляционных связей обнаружены **положительные** слабой, средней степени тесноты связи между белками плазмы крови и живым веществом, % от океанической воды ($r_2 = 0,35$, $p < 0,02$, $r_3 = 0,43$, $p < 0,01$, $r_5 = 0,55$, $r_6 = 0,59$, при $p < 0,01$), стандартным человеком, % от океанической воды ($r_2 = 0,40$, $r_3 = 0,45$, при $p < 0,01$ и $r_6 = 0,71$, $p < 0,001$).

Корреляционные связи между показателями связи химических элементов с белками плазмы

крови и с показателями содержания химических элементов в земной коре, вес % ($r_2 = -0,37$, $r_3 = -0,39$, $r_5 = -0,48$, $r_6 = -0,45$, при $p < 0,001$ во всех случаях), с показателями содержания в океанической воде, вес % ($r_2 = -0,60$, $r_3 = -0,59$, $r_5 = -0,63$, $r_6 = -0,64$, при $p < 0,001$ во всех случаях), с показателями содержания в океанической воде, % от Земного шара и земной коры (r_3 , r_4 , r_5 , r_6 определяются в среднем от -0,50 до -0,64, при $p < 0,001$) и т.д. ... **отрицательные**. Показатели корреляционных связей как для представителей химических элементов s-, d-, f-, p-блоков и металлов s-, d-, f-блоков, без p-металлов не прямые.

№ п/	Сравниваемые объекты	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Метеориты, вес %		-0,30	-0,27	-0,03	-0,29	-0,30
			0,01	0,02	-	0,05	0,05
2.	Земная кора, вес %	-0,22	-0,37	-0,39	-0,30	-0,48	-0,45
		0,05	0,001	0,001	0,02	0,001	0,001
3.	Океаническая вода, вес %	-0,28	-0,60	-0,59	-0,34	-0,63	-0,64
		0,05	0,001	0,001	0,02	0,001	0,001
4.	Живое вещество, вес %		-0,21	-0,21	-0,23	-0,24	-0,25
			-	-	-	-	-
5.	"Стандартный человек", вес %	-0,12	-0,34	-0,27	-0,17	-0,25	-0,21
		-	0,02	0,1	-	-	-
6.	Земная кора, % от Земного шара	-0,23	-0,20	-0,28	-0,29	-0,26	-0,31
		0,05	0,1	0,02	0,05	0,05	0,05
7.	Живое вещество, % от земной коры	-0,07	-0,23	-0,07	-0,14	-0,04	0,06
		-	-	-	-	-	-
8.	"Стандартный человек", % от земной коры	-0,21	-0,03	0,09	0,19	-0,18	0,26
		-	-	-	-	-	-
9.	Океаническая вода, % от Земного шара	-0,28	-0,56	-0,52	-0,42	-0,62	-0,63
		0,05	0,001	0,01	0,01	0,001	0,001
10.	Океаническая вода, % от земной коры	-0,20	-0,51	-0,41	-0,35	-0,56	-0,56
		-	0,001	0,001	0,02	0,001	0,001
11.	Живое вещество, % от океанической воды	0,17	0,35	0,43	0,31	0,55	0,59
		-	0,02	0,01	-	0,01	0,01
12.	"Стандартный человек", % от океанической воды	-0,00	0,40	0,45	0,28	0,23	0,71
		-	0,01	0,01	-	-	0,001

Таблица 6.5.1 Корреляционные связи между показателями связывания химических элементов белками плазмы крови и рядом космо-, геохимических, биогеохимических, биологических показателей

Происхождение Мирового океана является предметом спора идущего сотни лет (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Океан>). Считается, что в архее океан был горячим. Первичная вода на поверхности Земли была кислой, с pH = 3-5 (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Океан>). В период образования земной коры и океанов из вещества мантии выделялись Cl, Br, F. Параллельно и последовательно в океаническую воду поступали щелочные и щелочноземельные и другие химические элементы. Океаническая вода постепенно накапливала соли и приобретала щелочную реакцию, которая присуща ей и в настоящее время (Короновский, Н.В., Якушова,

А.Ф., 1991; <http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=part10-02.htm&mid=1163814>; <http://zemplja.clow.ru/texts/1850.htm>).

А.П. Виноградов (1967) считал, что океан пережил три стадии эволюции солевого состава.

Первая стадия протекала в период «безжизненного» состояния Земли от 4 до 3-х млрд. лет назад.

Вторая стадия, стадия формирования биосферы, определяла коренные изменения химизма океана, и продолжалась от 3-х млрд. до 600 млн. лет назад. В эту стадию происходило изменение солевого состава воды: хлоридно-сульфидный солевой ее состав становится хлоридно-карбонатно-сульфатным.

В третью стадию происходила стабилизация океанов по объему и солевому составу. Продолжительность этой стадии от 1 млрд. до 600-500 млн. лет назад. По мнению большинства исследователей, солевой состав океана в течение последних 500 млн. и до наших дней не изменялся (<http://zemplja.clow.ru/texts/1850.htm>; <http://www.oceanavt.ru/content/view/1025/27/1/3>).

Л.А. Зенкевич считает, что с палеозоя соленость океана не могла опуститься ниже 3,2-3,4 ‰ (<http://www.oceanavt.ru/content/view/1025/27/1/3>). В настоящее время общее количество солей оценивается как $4,8-5 \cdot 10^{16}$ тонн (<http://zemplja.clow.ru/texts/1850.htm>; <http://www.oceanavt.ru/content/view/1025/27/1/3>). Средняя соленость воды океанов равна 3,5 ‰ (35 г/л). Крайние значения солености океанической воды равны 32-37 г/л, обычно она колеблется от 34 до 35 г/л, внутриконтинентальных морей от 12 до 43 г/л (Короновский, Н.В., Якушова, А.Ф., 1991; <http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=part10-02.htm&mid=1163814>). В водах океанов и морей присутствуют практически все известные изотопы химических элементов периодической системы. Соотношение солей можно представить так: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ и $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{+2} > \text{Ca}^{+2}$ и в первую очередь NaCl (~ 78 %), MgCl_2 (> 9 %), KCl (~ 2%), MgSO_4 (> 6,5 %), CaSO_4 (~ 3,5 %), гидрокарбонаты и др. < 1% (Короновский, Н.В., Якушова, А.Ф., 1991; <http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=part10-02.htm&mid=1163814>). Хлориды составляют сейчас 88,7 % всей солености, сульфаты – 10,8 %, карбонаты – 0,3 % и остальные соли – 0,2 %. Содержатся в нем и биогенные элементы: соли фосфора, азота, соединения кремния, кальция, микроэлементы. Всего обнаружено ~ 70 химических элементов, но, вероятно, в ней присутствуют все известные на нашей планете изотопы химических элементов (<http://zemplja.clow.ru/texts/1850.htm>).

Соли (в сложном солевом растворе) находятся в воде в виде ионов, меньше в виде взвесей, газов. В ней были обнаружены все изотопы химических элементов. Основную массу составляют 9 главных ионов (99,88 % всех растворенных в океане соединений): Na^+ – 30,61 %, K^+ – 1,10 %, Mg^{+2} – 3,69 %, Ca^{+2} – 1,16 %, Cl^- – 55,04 %, Br^- – 0,19 %, SO_4^{2-} – 7,68 %, HCO_3^- и CO_3^{2-} – 0,41 % (Виноградов, А.П., 1967; Валяшко, М.Г., 1971; <http://www.oceanavt.ru/content/view/1025/27/1/3>). Содержание химических элементов в ювенильном растворе и воде современных океанов сходно, хотя есть и различия. Значительные изменения претерпели концентрации в океанической воде углерода, йода, азота и некоторых других. Отношение концентрации химических элементов в ювенильном растворе и океанической воде (г/на 100 г воды) следующие: $\text{C } 8/3,5 \cdot 10^{-1}$, $\text{I } 8 \cdot 10^{-3}/5 \cdot 10^{-6}$, $\text{N } 4 \cdot 10^{-1}/5 \cdot 10^{-2}$... (Валяшко, М.Г., 1971). В 1884 году У. Диттмар открыл закон постоянства солевого состава морской воды: несмотря на изменчивость общего содержания солей в различных точках Мирового океана, процентное соотношение между главными составляющими элементами морской воды всегда постоянно (<http://www.naxodka.info/sea/salt.html>).

Хлориды хорошо растворимы в воде (больше 1 г на 100 г воды), за исключением AgCl . Сульфаты K^+ , Na^+ , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} и т.д. также хорошо растворимы в воде, CaSO_4 – малорастворим. Хорошо растворимы карбонаты (K , Na , B , Ca , Mg ...), соли фосфора, азота (Na , B , Ca , Mg ...) (<http://ru.wikipedia.org/wiki/Растворимость> <http://www.table-mendeleev.ru/additional/rastvor.php>).

Благородные газы (инертные газы) – химические элементы: гелий He , неон Ne , аргон Ar , криптон Kr , ксенон Xe , радон Rn относятся к VIII группе периодической системы.

Одноатомные газы без цвета и запаха. В небольших количествах присутствуют в воздухе, содержатся в некоторых минералах, природных газах, в растворенном виде – в воде. Обнаружены также в атмосферах планет-гигантов (Большой Энциклопедический словарь. 2000; <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/159475/>).

Ионы металлов (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др.) являются неизменными компонентами природных водоемов. В зависимости от условий среды (рН, окислительно-восстановительный потенциал, наличие лигандов) они существуют в разных степенях окисления и входят в состав разнообразных неорганических и металлоорганических соединений, которые могут быть истинно растворенными, коллоидно-дисперсными или входить в состав минеральных и органических взвесей.

Истинно растворенные формы металлов, в свою очередь, весьма разнообразны, что связано с процессами гидролиза, гидролитической полимеризации (образованием полиядерных гидроксокомплексов) и комплексообразования с различными лигандами. Каталитические свойства металлов, так и доступность для водных микроорганизмов зависят от форм существования их в водной экосистеме. Многие металлы образуют довольно прочные комплексы с органикой; эти комплексы являются одной из важнейших форм миграции элементов в природных водах. Большинство органических комплексов образуются по хелатному циклу и являются устойчивыми (Мур, Дж.В., Рамамурти, С., 1987; http://universitates.univer.kharkov.ua/arhiv/2001_4/holin/holin.html).

Соотношение концентрации катионов в морской воде и жидкостях организмов некоторых млекопитающих и птиц, моль/кг: морская вода – Na 460, K 10, Ca 11, Mg 55, отношение Na:K 46:1; человек, сыворотка – Na 143, K 5, Ca 5, Mg 2,2, отношение Na:K 28,6:1; крыса, плазма – Na 145, K 5,3, Ca 3,1, Mg 1,6, отношение Na:K 27,3:1; собака, сыворотка – Na 150,5, K 5,3, Ca 5,3, Mg 3,7, отношение Na:K 28,4:1; марал, сыворотка – Na 142,8, K 4,8, Ca 2,0, Mg 0,6, отношение Na:K 29,7:1; курица, сыворотка – Na 154, K 6, Ca 5,6, Mg 2,3, отношение Na:K 25,7:1 (Бгатов, А.В., 1999).

В сыворотке крови животных соотношение натрия и калия достаточно стабильно и составляет приблизительно 26-28:1. В современном океане это соотношение равняется примерно 46:1. Отсюда можно сделать вывод, что соотношение 26-28:1 было в океане в момент возникновения многоклеточных форм жизни (Бгатов, А.В., 1999).

В воде древних океанов, в неорганическом солевом растворе, присутствовали, скорее всего, все известные на сегодняшний день изотопы химических элементов (Щербина, В.В., 1972). В состав многих белков входят ионы различных металлов (Fe, I, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Mn, Ca, Mg, Na, K, и т.д.) (Кудрин, А.В., Громова, О.А., 2007; Ferrer, M., Dolyshina, O.V., Beloque, A., et al., 2007). Древнейшие формы жизни использовали для осуществления необходимых химических реакций простые неорганические катализаторы: железо, сера.... Постепенно эти катализаторы замещались более эффективными органическими, то есть белками (Ferrer, M., Dolyshina, O.V., Beloque, A., et al., 2007).

Величина рН морской воды ~ равна 7,0-7,5. Внутриклеточные и внеклеточные жидкости всех живых организмов характеризуются постоянным значением рН, которое поддерживается с помощью различных буферных систем. Значение рН большей части внутриклеточных жидкостей находится в интервале от 6,8 до 7,8. Нормальное значение рН плазмы крови составляет $7,4 \pm 0,05$ (Ленинджер, А., 1974, с. 52; Ершов, Ю.А. и др., 2003, с. 114-115). По аналогии с первичным солевым составом воды древних океанов и ионного состава крови, первичная аминокислотная, протобелковая, прото- и моонуклеотидная смесь предбиотического бульона и белков плазмы крови животных должна иметь качественно-количественные черты сходства. Носителем информации будущих составляющих предбиотического органического супа были вода, растворенные в ней изотопы химических элементов и изотопы химических элементов выстилающей поверхности (минералы: различные кристаллы, кристаллоиды, глины...), разнообразные органические вещества.

Принципы А- и М-химии изотопов химических элементов и углеводородных цепей остаются одними и теми же, независимо от среды. Количественное соотношение и

качественный набор комплексов изотопов химических элементов – макромолекул – AL_k и/или ML_k (Кораблева, Т.П., Королев, Д.В., 2005, с. 71-90) будет зависеть от растворенных в ней представителей s-, p-, d-, f-семейств изотопов химических элементов. Причем, химические элементы, представляющие s-блок IА подгруппы, в основном Na, K, как наиболее распространенные в первичной ядерной смеси, будут представлены преимущественно, в свободном, практически не связанном с протеиноидами состоянии, IIА подгруппы, в основном Ca и Mg, тоже наиболее распространенные в первичной ядерной смеси, будут взаимодействовать с протеиноидами в большей степени. Из химических элементов d-, f-блоков и p-блока только металлов, в основном представители d-блока 4-го периода, их тоже больше создается в ядерных реакциях, чем d-элементов 5-, 6-, 7-го периодов и f-элементов, будут связываться протеиноидами предбиотического бульона (в различных вариантах: холодного, горячего, омывающего минеральные матрицы, выходы подводных вулканов и т.п.) в значительной степени, или практически полностью. Инертные газы – химические элементы: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn одноатомные газы в небольших количествах присутствуют в воде в растворенном не связанном с протеиноидами виде. Каждая совокупность изотопов химических элементов, представляющих тот или иной химический элемент, может быть неспецифическим катализатором образования как специфических, так и неспецифических протеиноидов. Итак, изначально, первичная самоорганизующаяся и самоорганизованная предбиотическая смесь органических соединений в водной среде может быть неоднородна, из-за растворенных в ней изотопов химических элементов. Неоднородность этой первичной органической смеси определяется квантово-полевым строением изотопов химических элементов, физико-химическими свойствами, в том числе и прочностью химических связей AL_k (химических элементов s-, p-блока) и ML_k (химических элементов s-, d-, f-блоков), определяющих основные принципы периодичности. Скорее всего, первичная океаническая, органическая водная смесь протеиноидов – это белковый буфер первичного супа, по показателям связи с химическими элементами будет иметь тот же характер, что и представленные на рисунках 6.5.1, 6.5.2 результаты настоящей работы....

Исходя из изложенного, можно выдвинуть гипотезу, согласно которой показатели связи химических элементов органическими, предбиотическими (естественными и искусственными) веществами океанической (любой) воды, представленные с учетом главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел, последовательно, слева направо, в порядке возрастания заряда ядра атома, должны иметь периодический характер, аналогичный характеру периодической застройки электронных орбит химических элементов. Как и для белков плазмы крови животных организмов (Соков, Л.А., 1998; 2006; 2009).

Предлагается проверить гипотезу, согласно которой первичная океаническая органическая (предбиотическая) смесь – это «квантовый упорядоченный органический, предбиотический буфер первичного супа», сам, очевидно, может служить вторичным матричным квантовым механизмом упорядочения предбиотической смеси и участвовать в образовании генома и наследственной структуры. То есть способствовать формированию природной матричной структуры следующего уровня организации материи. Иными словами, до и во время самосборки генетической матрицы предбиотический суп уже имел квантововолновую организацию.

Эту гипотезу – «квантовое упорядочение предбиотического первичного супа» можно проверить в водах океанов планеты Земля, в водах и отложениях льда Луны (воду нашли на Луне в количестве 5,6 % – <http://lenta.ru/articles/2010/10/23/moon/> 23.10.2010, 11:20:27) или подтвердить экспериментально, на различных смесях стерильной морской воды с предбиотиками. Позже проверить эту гипотезу и возможность существования простейших органических соединений и жизни можно будет в водах планеты Марс, спутника планеты Сатурн – Титана, спутника планеты Юпитера – Европы..., что будет началом «космической океанологии».

«Можно считать доказанным, что на раннем Марсе была жидкая вода» (Галимов, Э.М., 2009, с. 102-103).

Универсальность генетического кода объясняется не тем, что другой код не может существовать по химическим причинам, а тем, что всякое его изменение было бы летальным. Известно, что генетическая информация записывается на атомном уровне и любая «ошибка» даже в несколько атомов может привести к губительным последствиям.

Физико-химическая реакция – это квантовое событие. Предбиотический этап – это химический этап эволюции, должен быть описан, исходя из законов физики – строения барионной материи, принципами квантовой механики. Это и есть первичный квантовый волновой механизм упорядочивания, на котором появляются первые многочисленные комбинации и сочетания в цепях и цепочках пуриновых (аденин, гуанин...) и пиримидиновых (цитозин, тимин... и урацил вместо тимина в случае РНК) оснований. Начинается все именно с этого механизма упорядочивания. Это естественный каскадный бифуркационный селекционный процесс. При этом «отсеивается» множество различных «неудачных вариантов» кодов – геномов, до тех пор, пока основные черты строения и соотношения нуклеиновых кислот и белков, в виде самодостаточных структур, не смогут воспроизводить себя и выживать в естественном отборе, конкурируя друг с другом. Квантововолновой механизм упорядочивания в самоорганизации живого «использует» принцип обратной связи.

«Имеются сообщения, что фрагменты ДНК погибших бактерий, растворенные в морской воде, могут встраиваться в чужеродный геном (Chiura, 1997; Paul et al., 1993). Концентрация вирусов в морской воде имеет порядок 10^{10} в одном кубическом метре (Bergh et al., 1989). Даже если возникновение нового генома этим путем крайне редко, с вероятностью 10^{-20} , то и тогда, как отмечает Дж. Фурман, при объеме населенного организмами моря $3,6 \cdot 10^7$ км³ и при частоте смены поколений приблизительно в один день, вероятность эволюционного события составит около миллиона ежедневно (Fuhman, 1999).

В последнее время в литературе появляются предположения, что эволюция может осуществляться путем комбинирования отдельных генов, их блоков и последовательностей еще более высокого уровня (Marcotile et al., 1999; Overbeek et al., 1999; Bork et al., 1998).» Приведенный выше фрагмент обзора (из главы 4, § 1. Генный резервуар биосферы) Э.М. Галимова (2009, с. 136-137) подтверждает высокую вероятность первичного формирования простейших форм кодов (цепочек нуклеотидов, фрагментов ДНК будущих геномов) в океанической воде уже на квантовоупорядоченной белковой матрице. Это, скорее всего, взаимозависимые и взаимосвязанные процессы.

«Углистые хондриты богаты не только углеродом, но и водой. Поэтому, возможно, водная оболочка Земли сформировалась в существенной части за счет вещества углистых хондритов (или кометного вещества, которое, очевидно, имеет состав близкий к составу углистых хондритов)». ... «Возможно, первичная водная оболочка представляла собой не океан, а разрозненную цепь отдельных водоемов» (Галимов, Э.М., 2009, с. 107-108). Если это так, то какой солевой состав был у первичных водоемов планеты?

«Споры о солевом составе прекембрийского океана не остыли и до настоящего времени [6, 34-38]. Ряд исследователей считает, что концентрация ионов во внеклеточной жидкости отражает состав воды древних морей, когда возникли примитивные существа, не способные регулировать ионный состав внутренней среды. Существуют и сторонники иной точки зрения» (Наточин, Ю.В., 1984, с. 10).

«Одной из ключевых физиологических проблем эволюции является выяснение роли неорганических факторов среды в возникновении жизни». ... «Основная физиологическая концепция, сформулированная в результате данных, накопленных в XX в., состоит в том, что жизнь возникла в море». ... «Однако имеются аргументы, которые не позволяют принять эту точку зрения» (Наточин, Ю.В., 2006, с. 57-58). «Можно лишь предположить, что у истоков развития жизни были водные бассейны с преобладанием среди катионов ионов калия, в них сформировались протоклетки, затем последовала их миграция в морскую среду (или адаптация к натриевой среде, если в результате природных катаклизмов, попадания богатого натрием вулканического пепла, он сменил калий в качестве доминирующего катиона). Наряду с одноклеточными сформировались многоклеточные существа, у них появились на одном из

этапов эволюции жидкостные фазы тела, возникли физиологические системы стабилизации объема и состава этих жидкостей. На последующих этапах развития жизни, вслед за заселением морей и океанов, происходила колонизация пресных вод и суши» (Наточин, Ю.В., 2006, с. 63-64). ... ««Систематизация данных ряда исследователей показывает, что в среде для синтеза белков *in vivo* и *in vitro* необходимы 5-20 мМ ионов Mg^{2+} и 100 мМ ионов K^+ , напротив, ионы Na^+ не только не могут заменить ионы калия, но являются антагонистами, ингибируя работу белок-синтезирующей системы» ([²²], с.152). Полагают, что ионы магния и калия способствуют в рибосоме комплексообразованию, связыванию компонентов белоксинтезирующей системы, выполняют каталитическую функцию синтеза пептидной связи [²²]» (Наточин, Ю.В., 2006, с. 62).

Природа прагматична. Формирование химического элементарного состава вне- и внутриклеточных пространств биологических объектов могло, с таким же успехом происходить не только в калиевой, но и в натриевой среде, в морской, океанической воде, да и в пресноводных водоемах тоже, причем с использованием любых доступных изотопов химических элементов, различных минералов. Возникновение и селекция первых гомоцепей углерода, в виде примитивных микроскопических «островков протеиноидов» различной конформации, внутри которых существует особый «химический микроклимат» мог, в принципе, происходить в любой водной (не только) среде, с использованием минеральных подложек, как вне- так и внутри этих «белковоподобных островков». Белковые кластеры, например, имеют определенное, ограниченное естественной структурной конфигурацией внутреннее пространство....

Может быть, были «калиевые» водоемы, моря, океаны, с таким же набором и соотношением всех остальных изотопов химических элементов, как и у современных водоемов, морей, океанов, однако маловероятно и очень сложно и запутано. Все зависит от тех далеких конкретных условий, а химические элементы в начальный период самоорганизации живого, как и сейчас, в ряде случаев могли быть взаимозаменяемыми.

«Наиболее распространенной гипотезой возникновения клетки-эукариот является симбиотическая, предложенная Маргелис [¹⁰]. Наряду с миром прокариот начинается развитие новых царств живых существ, которые обусловили возникновение и развитие растений, грибов, животных. Наряду с физико-химическими условиями внутри клетки, к которым относится доминантный катион, следовал и поиск механизма приспособления к среде внешней. Можно предположить, что животные сформировались в условиях околоклеточной среды, где доминировали ионы натрия, стратегия формирования растений была в поиске построения оболочек, противостоящих осмотическим силам. Возможность клеткам адаптироваться в изоосмотической среде океана обусловила исключительные возможности прогресса животных. В последующем произошла миграция этих существ из моря в пресные воды и на сушу» (Наточин, Ю.В., 2006, с. 68-69).

«Не следует множить сущее без необходимости» (Уильям Оккам). Хотя, очевидно, необходимо чем-то объяснить различие в использовании живым натрия и калия. Вероятно, прав Л. Маргелис (Маргелис, Л., 1983, цит. Наточин, Ю.В., 2006), это симбиоз 2-х разных видов клеток, имевших различные физико-химические свойства первичной околоклеточной среды. Но, может быть, вначале были принципиально разные, многочисленные виды протоцитов, формировавшиеся в однородной, по физико-химическому составу, среде, но использовавшие разные катионы?

Так или иначе, найденные и представленные в настоящей работе коэффициенты корреляции между химическим элементарным составом океанической воды и химическим элементарным составом живого вещества слишком высоки (схема 4.1.1). Коэффициенты корреляции между изучаемыми объектами приближаются к единице, а это практически линейные, обязательные, «функциональные» связи.

Первые клетки, возникшие в первичном океане, должны были приспособиться к уникальным свойствам воды, а живые организмы научиться использовать эти свойства. Вода и продукты ее диссоциации — водородные и гидроксильные ионы — являются важными

факторами, определяющими структуру и биологические свойства белков, нуклеиновых кислот, липидов, мембран и других клеточных компонентов (Ленинджер, А., 1974). Водная среда биологических систем обеспечивает конфигурацию и конформацию макромолекул и создает условия для протекания сложных динамических процессов и многочисленных взаимозависимых, часто разнонаправленных ферментативных реакций.

На схеме 6.5.2 представлена современная предполагаемая последовательность событий. «При определенном сочетании условий на Земле, вероятнее всего, в присутствии восстановительной атмосферы, в среде должна образовываться заметная концентрация первичных органических молекул, включая цианистый водород, формальдегид и сахара, аминокислоты, простые липиды (углеводы и смолистые вещества).

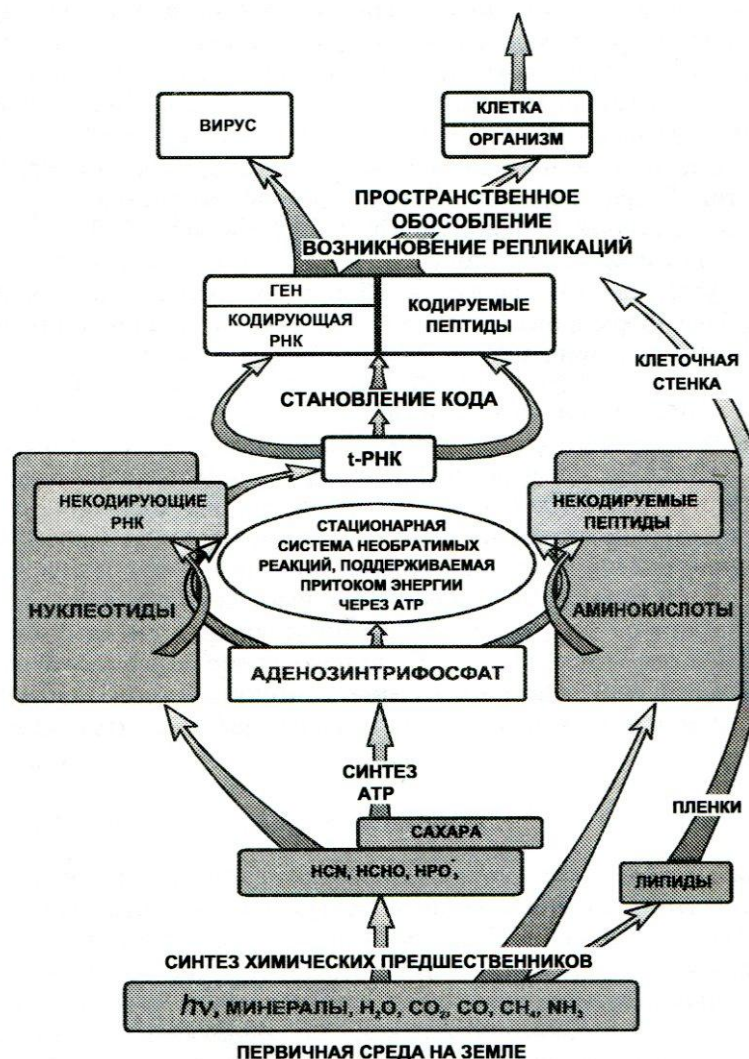


Схема 6.5.2 Современная схема начальной стадии эволюции жизни (Галимов, Э.М., 2009, с. 131, рис. 3.9.)

Вслед за этим происходит синтез нуклеозид-фосфатов, наиболее важный из которых аденозинфосфат. Гидролиз аденозинтрифосфата дает значительную энергию, которая обеспечивает стационарное состояние цепи необратимых процессов. Система необратимых процессов, в которой установилось стационарное состояние, характеризуется минимумом производства энтропии. Эта система является устойчивой.... Таким образом, возникает эволюционирующая стационарная система, поддерживаемая притоком энергии и обменом веществ» (Галимов, Э.М., 2009, с. 129-130).

Происхождение и эволюция живого (схема 6.5.2) может быть разбита условно на три стадии:

- 1) ф
ормирование первичных водоемов, химического элементарного состава, первичных органических соединений, квантовоупорядоченного «предбиотического первичного супа» и первичной неорганической среды на планете, геосфер планеты;
- 2) п
редбиологическая эволюция: АТФ, стационарная система необратимых реакций, аминокислоты, некодированные пептиды, нуклеотиды, не кодирующие РНК, t-РНК, возникновение генетического кода;
- 3) э
волюция жизни: кодирующая РНК, кодированные пептиды, ген, геном → клетки, организмы, высшие организмы → цивилизация....

Во всех стадиях происхождения и эволюции жизни имеется четкая, жесткая физико-химическая организация – квантовомеханическая упорядоченность первичной среды на планете. Начальный период самосборки живого вещества происходит по принципу конструктора Лего, из подручного материала.

Подручный материал и алгоритм самоорганизации живого на 1-2 стадиях можно представить в виде следующих положений:

- 1) молекула № 1 – вода, недавно обнаруженные квантовомеханические свойства воды могут определять ее «поведение» в живых клетках (Reiter, G.F. et all, (Submitted on 26 Jan 2011) <http://arxiv.org/abs/1101.4994>; <http://lenta.ru/news/2011/02/07/water/>);
- 2) во
да, в которой в определенной пропорции растворены все изотопы химических элементов периодической системы;
- 3) во
да и ее нерастворимые соли;
- 4) во
да, взвеси, газообразные вещества;
- 5) во
да и самоорганизация первичных квантовоупорядоченных органических, предбиотических веществ;
- 6) во
да и самоорганизация, селекция жизнеспособных первичных генетических матриц;
- 7) ко
личественное соотношение между химическими элементами океанической воды и электролитами плазмы крови биологических объектов сходно;
- 8) ок
еаническая вода представляет собой раствор, ненасыщенный химическими элементами, как и плазма крови;
- 9) р
Н океанической воды близок к рН внутренних сред организма;
- 10) пр
оцентное соотношение между главными составляющими элементами морской воды всегда постоянно (<http://www.naxodka.info/sea/salt.html>), как и в животном организме;
- 11) представители IА подгруппы и VIIА подгруппы (элементы s-, p-блоков) в океанической воде не связываются с органическим веществом, как и в плазме крови не связываются белками;

- 12) химические элементы d-, f-блоков, p-блока металлов, исходя из представленных выше данных, в океанической воде и плазме крови в значительной степени связаны органическими веществами.

Третья стадия – формирование и эволюция генетического кода, эволюция живого.

То есть это практически готовая внутренняя среда биологических объектов. Процентное соотношение между главными составляющими – химическими элементами воды на космических объектах, сходных по химическому элементарному составу и внешних условий земным, будет аналогичным. Как и свойства углерода.

Первичное упорядочивание на основе углерода – это квантововолновое упорядочивание, формирование квантововолнового белкового фрактала при помощи первичных активных матриц (полевых и электронно-протонно-нейтронных мультиматриц), на которых и образуются вторичные активные матричные структуры – геномы. В основе функционирования первичных и вторичных активных матричных механизмов лежат, одном случае, дискретные, физические единицы барионной материи первичных активных матриц – расположенные в ячейках периодической системы и состоящие из смеси изотопов химических элементов, а, в другом, химические соединения, моноклеотиды, которые можно рассматривать, как «физические единицы» вторичных активных матричных структур, то есть геномов. ... (Соков Л.А., 2009).

Система Д.И. Менделеева является упорядоченным множеством. «Таким образом, таблица элементов представляет собой суперматрице-образную упорядоченную форму. Клеткам ее отвечают не численные коэффициенты и не отдельные функции, характеризующие тот или иной элемент, целые обширнейшие наборы функций и более сложных математических зависимостей, качественно отличных друг от друга, специфических для каждого элемента. Элемент суперматрицы при этом сам может отвечать бесконечно-мерной матрице.... Под суперматрицей понимают матрицу, элементы которой являются тоже матрицами» (Щукарев, С.А., 1970, с. 10).

То есть, на квантово-электронной протонной матрице изотопов химических элементов образуется закономерным и параллельно-последовательным образом матрица протеиноидов, матрица живого 1-го порядка. Вероятно, на этой матрице живого 1-го порядка закономерно и последовательно, в определенном этой матрицей алгоритме, выстраиваются моноклеотиды, образуя РНК, ДНК, матричные системы 2-го и 3-го порядка. Может быть. Но может быть и как-то иначе. При дальнейшем изучении этой проблемы могут появиться новые подробности. В любом случае ключом к образованию предбиотической смеси протеиноидов и далее СВ-систем являются матричные свойства барионной материи.

Химические элементы – это упорядоченное множество, своеобразная топологическая матрица, состоящая из множества эволюционирующих ядер, обладающих невероятной потенциальной энергией.

Это «Закон законов» спроектированный на плоскость, в виде периодической системы, представляемый, в бесконечномерном функциональном пространстве, как *суперматрица*, члены которой сами являются матрицами, отражающими множества изотопов элемента, состояний атомов, образуемых ими соединений, множества функциональных зависимостей свойств атомов и свойств соединений от различных параметров (Щукарев, С.А., 1970; 1974; Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005).

Введенное понятие о периодической таблице (системе Менделеева, Д.И.) химических элементов как о суперматрице, С.А. Щукарев (1970) распространял только на физико-химические свойства и простые соединения химических элементов – построил периодическую систему оксидов... (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 4), не распространяя это понятие на макрообъекты, процессы, явления....

В связи с обнаруженными новыми данными предложено рассматривать квантово-электронную протонную линейную матрицу барионной материи Вселенной (периодическую систему в любой форме), как **матрицу матриц – мультиматрицу**, для создания суперматриц и матриц $1^{го}$, $2^{го}$, $3^{го}$ и т.п. порядка (в том числе различных минералов, кристаллов, РНК, ДНК, генома...).

Исходя из найденного, к трем принципиально различным гипотезам появления предбиологических органических соединений на поверхности Земли (Добрецов, Н.Л., Заварзин, Г.А., 2005; 2007): гипотеза «первичного бульона» – абиогенный синтез первичного органического вещества произошел в определенных областях на поверхности Земли; гипотеза «панспермии» – жизнь зародилась где-то в космосе вне Земли и выпала на Землю с межзвездной пылью или была занесена внутри метеоритов; гипотеза «каталитического реактора» – абиогенный синтез происходил в околосолнечном диске до формирования планеты, можно добавить четвертую: **барионная материя Вселенной – это «мультиматрица», а образование матричных структур – ее базовое свойство.** Что не отрицает существование и функционирование живого на качественно других материальных субстанциях и матричных схемах.

То есть живое (предбиотическая эволюция органических соединений и возникновение СВ-систем) с закономерной неизбежностью будет образовываться там, где есть барионная материя (мультиматрица) и условия для ее самоорганизации и функционирования. Квантовые особенности (естественный алгоритм) формирования электронных орбит изотопов химических элементов (основных структурных компонентов барионной материи, отвечающих за периодичность...) лежат в основе самоорганизации материи, в том числе и живой материи. ... Итак, в хаосе скрыт, «существует» квантовый (и ядерный, полевой...) порядок.

Глава 7 Химический элементарный состав биологических объектов и формирование химического элементарного состава, функционирование систем, органов, тканей

Для того чтобы изучить зависимость показателей обмена изотопов химических элементов, выявить связи процессов, свойств, явлений барионной материи в живом веществе от положения в периодической системе, необходимо провести анализ показателей с совокупностью свойств изотопов химических элементов. Совокупность физических, физико-химических, химических свойств химических элементов определяет в значительной степени число протонов в ядрах атомов, порядковый номер. Решение задачи пришло неожиданно. Вечером 15.04.1970 в очередной раз была предпринята попытка проанализировать показатели обмена химических элементов в биологических системах от положения в периодической системе. С этой целью использовали показатели поступления химических элементов в организм через желудочно-кишечный тракт (МКРЗ, 1961, таблица 12). Показатели поступления химических элементов через желудочно-кишечный тракт, представленные в таблице 12 МКРЗ, выразили в % от поступления, затем перевели в десятичные логарифмы и построили график, где на оси ординат – $\lg$ % от поступления химических элементов из желудочно-кишечного тракта в организм, по оси абсцисс – порядковый номер. К 23.35 15.04.1970 стало ясно – найдена четкая периодическая зависимость, характеризующая поступление химических элементов в организм, определяемая периодическим характером формирования электронных орбит.

С апреля по сентябрь 1970 года были предприняты многократные попытки подать заявку на научное открытие, в сентябре того же года, после защиты в июне кандидатской диссертации, сделана попытка получить разрешение у администрации ФИБ № 4 на подготовку рукописи докторской диссертации. Через год – полтора в результате совместного действия правящей нации и властных структур оказался без работы, без семьи, без жилья. Несмотря на это, работа в этом направлении по инерции продолжалась еще 3–4 года.

В дальнейшем, в 1972–1974 годах, для выявления подобного рода зависимостей использованы данные, представленные в таблицах 6, 7, 8 и 12 книги Радиационная защита, рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, изданной в 1961 году Государственным издательством литературы в области атомной науки и техники.

В приложении к работе представлены: алгоритм анализа, исходные данные, физико-химические константы и результаты расчета – таблицы А.; А. 1а; А. 1–27 и Б. 1–18; результаты корреляционного и регрессивного анализов – таблицы 1–234 и таблицы 235–238, в последних представлен анализ распределения коэффициентов корреляции по величине, уровню значимости в зависимости от используемых объектов и физико-химических констант. В таблице А. (без номера) представлен алгоритм анализа, характер сопоставления и номера таблиц. В таблицах А. 1а и серии А. 1–27 даны биологические, биогеохимические, геохимические и космохимические величины. В таблицах серии Б. 1–18 представлены физические, физико-химические, химические константы элементов, которые также были использованы в корреляционных сопоставлениях. В анализе использовали показатели связи химических элементов белками плазмы крови, часть – разрозненные данные литературы, часть – собственный экспериментальный материал, остальное – расчет и собственные экспериментальные данные – показатели обмена химических элементов в системе «кровь-почки». Корреляционный анализ проведен по стандартной программе. Стандартный алгоритм корреляционного анализа подробно изложен выше, в разделе 4, 4.1 (Алгоритмы..., 1966)...

В начале XXI века после выхода на пенсию получил диплом на научное открытие от РАЕН, защитил докторскую диссертацию, однако возможность заниматься научной работой так и не появилась. В России отменили государственную регистрацию научных открытий, отношение к фундаментальной науке радикальным образом изменилось....

7.1 Зависимость величин переноса и фиксации элементов от атомного номера

Для выяснения зависимости показателей метаболизма химических элементов от атомного номера использовали следующие данные: в таблице А. 1а, представлены показатели всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта Ю.И. Москалева (Москалев, Ю.И., 1985). Значения элементарного состава «стандартного» человека в характеристике целого ряда процессов, номера по порядку А. 1-6, взяты из книги «Радиационная защита» (1961), ниже пункты 1-6 – данные МКРЗ, 1961 и пункт 7 – собственные и литературные данные. В работе рассчитывали следующие свойства химических элементов, которые в дальнейшем выражали в натуральных числах, десятичных логарифмах, натуральных логарифмах и использовали как объекты исследования:

- 1 всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта, % от ежедневно поступающей порции (МКРЗ, 1961; Москалев, Ю.И., 1985);
- 2 всасывание химических элементов из легких, % от поступления (МКРЗ, 1961);
- 3 содержание химических элементов в печени, % от содержания в организме (МКРЗ, 1961);
- 4 содержание химических элементов в почках, % от содержания в организме (МКРЗ, 1961);
- 5 содержание химических элементов в скелете, % от содержания в организме (МКРЗ, 1961);
- 6 период биологического полувыведения химических элементов из организма, дни (МКРЗ, 1961);
- 7 доля химического элемента, связанная белками плазмы, % от содержания в плазме крови (собственные экспериментальные, литературные данные, расчет).

В таблицах приложения (А.1, А. 1-6) настоящей работы представлены сведения о величине всасывания радиоизотопов из желудочно-кишечного тракта, легких, величины, характеризующие содержание стабильных элементов в печени, почках, скелете и расчетный период полувыведения изотопов (элементов) из организма. Сведения о распределении химических элементов основаны примерно на двух тысячах работ (библиография биологических данных опубликована в журнале Health. Phys., 3, 1959).

Выбор параметров обмена химических элементов определялся как видом и значимостью системы, органа в перемещении химических элементов в организме, так и количеством данных (числом изученных химических элементов).

Прежде чем приступить к графическому анализу и описанию биологических процессов, необходимо вспомнить структуру периодической таблицы.

Химические элементы в периодической системе расположены с учетом последовательного прироста числа протонов в ядре атома и разделены с учетом главного квантового числа n на периоды, которые обозначаются цифрами – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ... или могут иметь буквенные обозначения – К, L, M, N, O, P, Q

В каждом периоде (уровне, на котором располагаются электроны) имеются подуровни. Подуровни, орбитальные (побочные) квантовые числа – l ($l = n - 1$), обозначают цифрами – 0, 1, 2, 3, 4 ... или буквами – s, p, d, f, g

Химические элементы, валентные электроны которых находятся на том или ином подуровне, относят и называют соответственно химическими элементами s-, p-, d-, f-семейства или блока.

Таким образом, химические элементы, в зависимости от принадлежности к тому или иному семейству (или блоку), распределены внутри периодов (уровней) так:

- 1^й период, $n = 1$ (К) – s-элементы;
- 2^й период, $n = 2$ (L) – s-, p-элементы;
- 3^й период, $n = 3$ (M) – s-, p-элементы;
- 4^й период, $n = 4$ (N) – s-, d-, p-элементы;
- 5^й период, $n = 5$ (O) – s-, d-, p-элементы;
- 6^й период, $n = 6$ (P) – s-, d-, f-, p-элементы;
- 7^й период, $n = 7$ (Q) – s-, d-, f-, p-элементы (семейства, блоки).

На рисунках 7.1.1-7.1.7 представлены результаты анализа литературного, справочного материала (параметры обмена радиоизотопов и химических элементов в органах и тканях стандартного человека, где на оси абсцисс – атомный номер химического элемента, на оси ординат – $\lg$ величин биопараметров: всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта и легких представлено в процентах от ежедневно поступающей порции; фиксация химических элементов в печени, почках, скелете – в процентах от содержания в организме в целом; период биологического полувыведения химических элементов из организма, в днях).

Как видно (рисунок 7.1.1), величина всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта животных организмов, $\lg$ % от поступления, имеет периодический характер, который определяется соотношением главного и побочного квантовых чисел, то есть регламентируется законами, определяющими строение атома, формирования электронных орбит химических элементов, законами квантовой механики.

Обнаруженная закономерность, периодическое изменение величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта, определяется их физико-химическими свойствами. Физико-химические свойства элементов определяются физическими, физико-химическими, химическими константами. Константы химических элементов, как и найденная закономерность, периодическое изменение величины всасывания их из желудочно-кишечного тракта, имеют периодический характер и определяются соотношением основного и побочного квантовых чисел. То есть обнаруженная закономерность, периодическое изменение величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта, является биологической константой всасывания и имеет полное право на существование, как и любая физическая, физико-химическая, химическая константа.

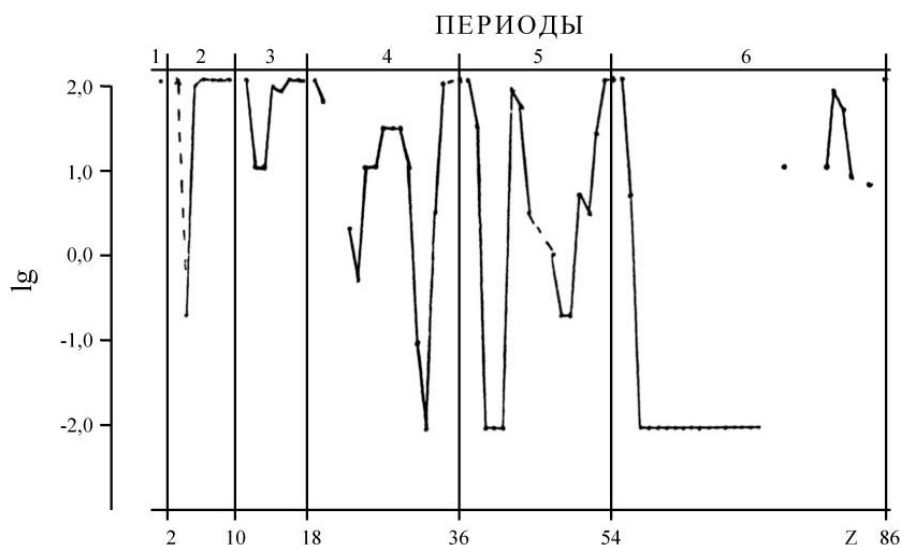


Рисунок 7.1.1 Периодическая система всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта, % от ежедневно поступающей порции, по данным МКРЗ, 1961, $\lg$

На рисунке 7.1.1, график, описывающий всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта, имеет определенные максимумы и минимумы, связанные с началом и окончанием периодов в периодической системе. Так, максимумы приходятся на химические элементы щелочной группы: литий, натрий, калий, рубидий, цезий, [франций] – начало периодов и инертные газы – окончание периодов.

За максимумами, после щелочных элементов, величина всасывания уменьшается к щелочноземельным элементам. Для представителей 4, 5, 6, 7 периодов наблюдается последующее уменьшение величины всасывания к элементам ванадий (4-й период), иттрий,

цирконий (5-й период), лантан, вольфрам (6-й период). Далее, по ходу возрастания атомного номера внутри этих периодов (4-6) величина всасывания химических из желудочно-кишечного тракта возрастает, не достигая, однако максимальных величин (как для элементов щелочной группы и инертных газов). Величина повторного максимума в больших периодах приходится на элементы VI-VIIIБ подгрупп, смещаясь в зависимости от периода вправо или влево. Затем следует повторное уменьшение величины всасывания к представителям IIБ подгруппы – 4-й к 5-й периоды, со смещением вправо для химических элементов 6-го периода.

Таким образом, в малых периодах имеется два максимума – инертные газы, щелочные химические элементы и один минимум – щелочноземельные химические элементы. А в больших периодах три пика – инертные газы, щелочные химические элементы и представители химических элементов d-семейства VI-VIIIБ подгрупп и два минимума, первый – на щелочноземельных химических элементах и редких землях, второй – на представителях IIБ подгруппы и III-VA подгрупп химических элементов.

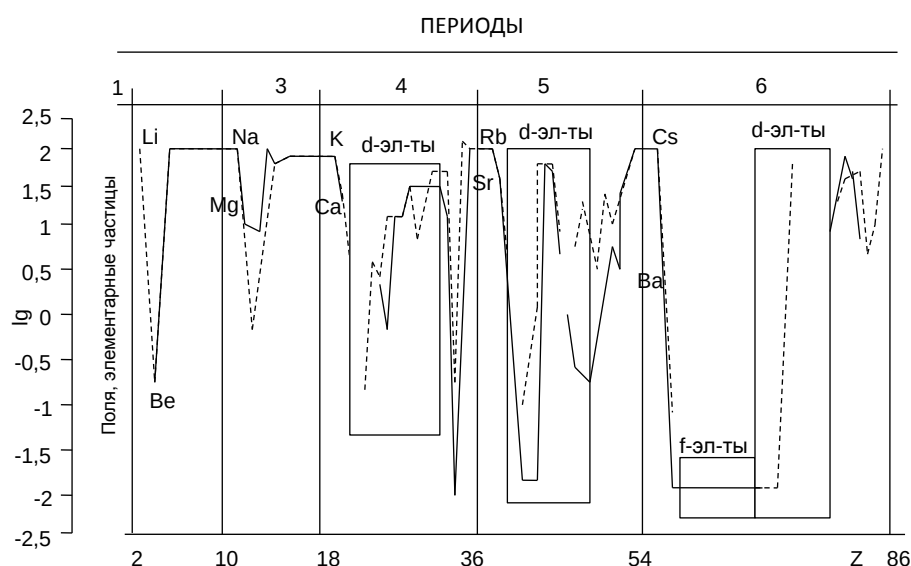


Рисунок 7.1.2 Периодическая система всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта, lg, сплошная линия – по данным МКРЗ, 1961; пунктирная линия – по данным Ю.И. Москалева, 1985

На следующем рисунке 7.1.2 представленные данные МКРЗ и отечественные данные, приведенные в работе Ю.И. Москалева в 1985 году для человека.

Графически характер показателей поступления химических элементов в организм из желудочно-кишечного тракта (рисунки 71.1-71.2), аналогичен. Следует подчеркнуть, показатели поступления химических элементов в организм получены разными группами ученых, в разных странах, в разное время, разными методами (МКРЗ, 1961 [Health. Phys., 3, 1959]; Москалев, Ю.И., 1985).

Элементы s-семейства подразделяются на IA и IIА подгруппы. К IA подгруппе относятся: Li, Na, K, Rb, Cs, Fr; ко IIА подгруппе относятся: Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra. Всасывание химических элементов уменьшается от представителей IA подгруппы, которое равно 100 % от поступления (H, Li, Na, K, Rb, Cs, ...) ко IIА подгруппе до 5-60 %, для Mg, Ca, Sr, Ba, Ra и 0,2 % для Be, последнее связано, вероятно, с тем, что Be склонен образовывать коллоидные частицы, в отличие от других представителей этой подгруппы (Москалев Ю.И., 1985). Кроме того, s-электроны Be «укладываются» на s-электроны предыдущего уровня, у всех остальных s-элементов IIА подгруппы s-электроны наслаиваются на p-электроны.

К элементам d-семейства относятся представители Б-подгрупп химических элементов, которые в периодической системе располагаются, с учетом прироста протонов в ядрах атомов и

закономерностей застройки электронных орбит, в следующей последовательности: IIIБ, IVБ, VB, VIБ, VIIБ, VIIIБ (триады: Fe, Co, Ni; Ru, Rh, Pd; Os, Ir, Pt), IB и IIБ подгруппы.

Элементы d-семейства всасываются из желудочно-кишечного тракта от 0,01 % от поступления, для представителей IIIБ-VБ подгрупп, до 0,25-75 % для представителей химических элементов IIБ подгруппы. То есть имеется закономерная тенденция: увеличение величины всасывания элементов d-блока с увеличением d-электронов на подуровне.

Всасывание химических элементов d-блока увеличивается от IIIБ подгруппы к VIБ подгруппе, то есть с увеличением электронов на подуровне с 1 до 4 (d^1 - d^4), а затем стабилизируется или даже уменьшается, несмотря на дальнейший прирост электронов на подуровне с 5 до 10 (d^5 - d^{10}).

Всасывание химических элементов f-семейства (блока) из желудочно-кишечного тракта животного организма однотипно и составляет по данным МКРЗ (1961) 0,01-0,003 %, по данным Москалева Ю.И. (1985) – лантаноиды всасываются от 0,02 до 0,5 %, актиноиды – от 0,02 до 0,05 %, U и Np 20 и 2 % от поступления соответственно.

Всасывание элементов p-семейства закономерно увеличивается слева направо и каждый из 6 периодов заканчивается полным всасыванием элементов p-семейства VIIA, VIIIA подгрупп. Иначе, каждый из 6 периодов периодической системы начинается и заканчивается полным всасыванием химических элементов из желудочно-кишечного тракта, то есть имеет периодический характер.

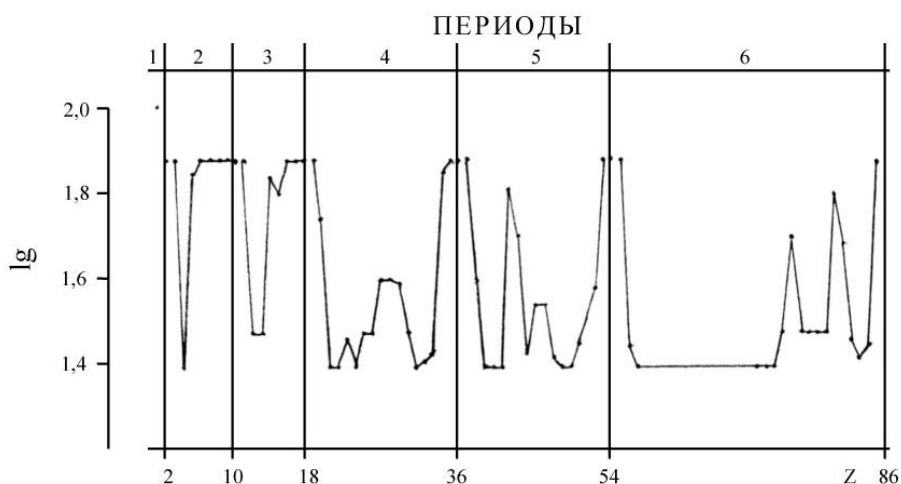


Рисунок 7.1.3 Периодическая система всасывания химических элементов из легких, % от ежедневно поступающей порции, по данным МКРЗ, 1961, lg

Кривая, описывающая резорбцию химических элементов из легких (рисунок 7.1.3) в общем, сходна с кривой, описывающей всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта. Различия лишь количественные. Так же как и в первом случае в малых периодах можно отметить два пика и один минимум, причем максимумы и минимумы всасывания химических элементов из легких приходятся на одни и те же подгруппы, группы семейства химических элементов. В больших периодах – качественные показатели всасывания химических элементов из легких те же, что и в случае всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта. Поступление химических элементов через желудочно-кишечный тракт и легкие в организм имеет четкий периодический характер (рисунок 7.1.1-7.1.3).

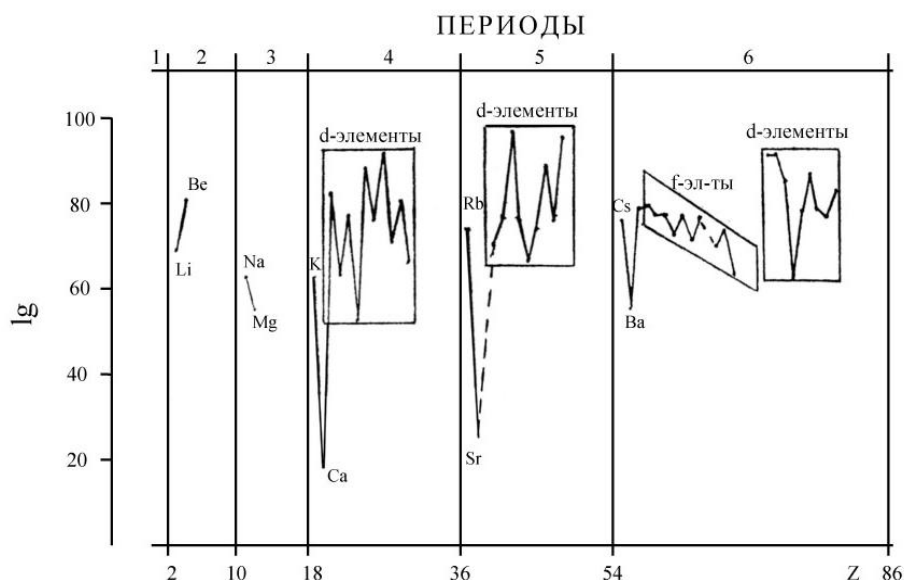


Рисунок 7.1.4 Периодическая система содержания химических элементов в печени, % от содержания в организме, lg

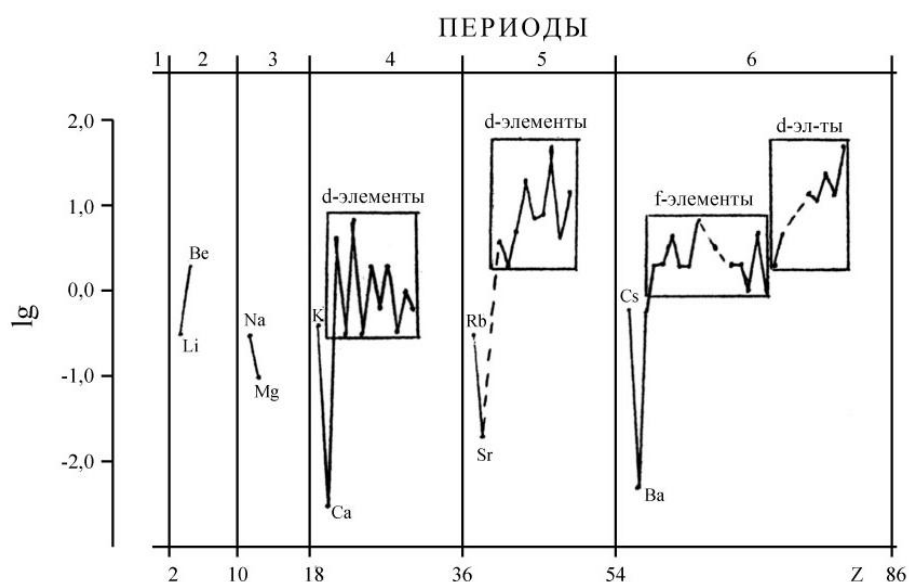


Рисунок 7.1.5 Периодическая система содержания химических элементов в почках, % от содержания в организме, lg

Содержание химических элементов в печени и почках (рисунки 7.1.4 и 7.1.5) описывается сходными по характеру графиками. В каждом периоде большом и малом имеется один минимум, приходящийся на щелочноземельные химические элементы, затем следует повышение содержания к d-элементам, причем содержание d-элементов в каждом из органов варьирует в определенных интервалах. На графиках, особенно 4-го периода, видны четкие различия в обмене четно нечетных химических элементов.

На графике (рисунок 7.1.6), отображающем содержание химических элементов в скелете можно также отметить периодическую повторяемость минимумов и максимумов. Максимумы приходятся на щелочноземельные химические элементы, лантаноиды и актиноиды, минимумы – на представителей щелочной группы и химические элементы VIIБ подгруппы.

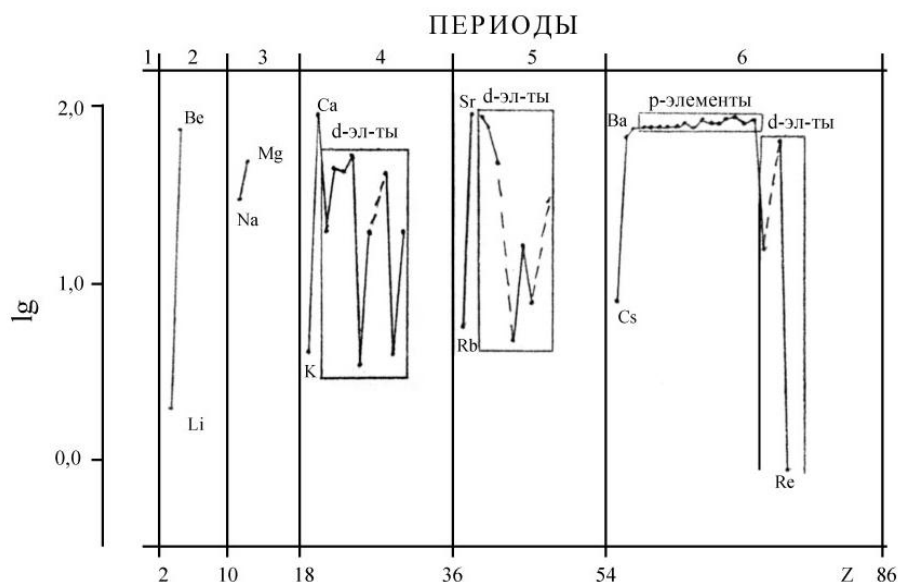


Рисунок 7.1.6 Периодическая система содержания химических элементов в скелете, % от содержания в организме, lg

Период биологического полувыведения (рисунок 7.1.7), описывается кривой, максимумы на которой приходятся на химические элементы щелочноземельной группы, лантаноиды и актиноиды с последующим уменьшением к представителям VII-VIIIБ подгрупп элементов 5-6-го периодов.

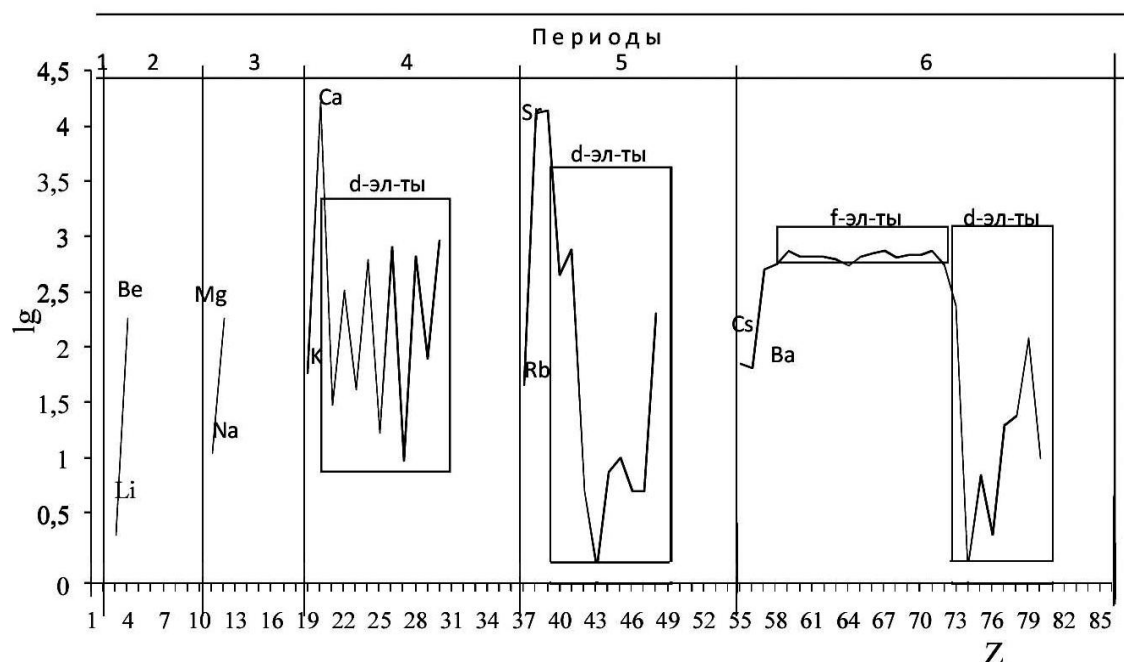


Рисунок 7.1.7 Периодическая система периода биологического полувыведения химических элементов из организма, lg

Величина периода биологического полувыведения d-элементов интенсивно уменьшается с увеличением атомного номера по периодам слева направо для подгрупп IIIБ-VIБ, а затем не менее интенсивно начинает возрастать от химических элементов VIIБ подгруппы ко IIБ. Выведение химических элементов d-блока 4 периода из организма происходит отлично от выведения из организма химических элементов d-блока 5-6 периодов. Химические элементы

d-блока 4 периода, имеющие четный атомный номер, выводятся из организма ~ в 20 раз (!) медленнее, чем химические элементы этого же периода, имеющие нечетный атомный номер. Выведение химических элементов d-блока 5 периода из организма в зависимости от атомного номера сходно с выведением химических элементов d-блока 6 периода (рисунок 7.1.7).

Выведение химических элементов d-блока 4-6 периодов внутри отдельных подгрупп или увеличивается с увеличением атомного номера внутри подгрупп: титан < цирконий < гафний; кобальт < родий < иридий. Или уменьшается с увеличением атомного номера: хром > молибден > вольфрам; железо > рутений > осмий; цинк > кадмий > ртуть. Или увеличивается от представителей 4 и 6 периода к представителям химических элементов d-блока 5 периода: скандий < иттрий > лантан; ванадий < ниобий тантал. Или уменьшается от представителей 4 и 6 периодов химических элементов d-блока к представителям 5 периода – марганец технеций < рений; никель > палладий < платина; медь > серебро < золото. Показатели периода биологического полувыведения химических элементов d-семейства внутри отдельных подгрупп определяются различиями в поведении четных и нечетных химических элементов 4 периода. Механизмы выведения (периода биологического полувыведения) химических элементов 4 периода, отличны от механизмов выведения химических элементов d-блока 5-6 периодов.

Выведение химических элементов f-блока также закономерно. Период биологического полувыведения лантаноидов равен 550-750 дням, актиноидов – $2 \cdot 10^4$ - $6,5 \cdot 10^4$ дней, за исключением периода биологического полувыведения U, который равен 100 дням.

Суммарная скорость выведения химических элементов (s-, d-, f-семейств) из организма, через желудочно-кишечный тракт, почки, легкие..., изображенная графически (за исключением d-элементов 4 периода...), имеет периодический характер, определяемый периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов. Найденная периодическая система выведения химических элементов из организма – это сумма сложных разнонаправленных и взаимозависимых, взаимосвязанных физиологических процессов и биохимических, физико-химических реакций.

Итак, обнаружена группа биологических процессов, характеристик метаболизма, показатели которых имеют периодический характер. Можно говорить об открытии серии биологических констант, определяющих взаимодействие животных организмов и окружающей среды.

Аналогичные результаты получены для космической распространенности химических элементов, ультрафильтрации химических элементов в плазме крови, фильтрации в клубочках почек.... (Соков, Л.А., 1999; 2006; 2008; 2009В).

Следует отметить, что периодичность величин биопараметров от атомного номера достаточно четко прослеживается при изучении величины всасывания из желудочно-кишечного тракта и легких и менее четко для содержания химических элементов в почках, печени, скелете и периода биологического полувыведения, что связано, в том числе с различиями в обмене четно нечетных химических элементов. К сожалению для биологических процессов, рисунки 7.14-7.1.7, по VII-VIIIА подгруппам химических элементов нет данных. Представители VIIIА подгруппы – инертные газы ничем не связываются в биологических объектах и, конечно, должны логично заканчивать процессы и показатели обмена химических элементов, принадлежащих к одним и тем же периодам.

Д.И. Менделеев создал периодическую систему атомов, С.А. Щукарев построил периодическую систему оксидов, послужившую в дальнейшем основой для построения периодических систем простых веществ и соединений (Кораблева, Т.П., Королев, Д.В., 2005, с. 4). В настоящее время формулировка периодического закона основана на этих открытиях. Обнаружен следующий, более высокий уровень функционирования периодического закона. Это новая ступень в теории, как периодического закона, так и самоорганизации биологических объектов.

7.2 Зависимость величин переноса и фиксации элементов от принадлежности к подгруппе, семейству периодической системы

Естественно, зависимость биопараметров обмена элементов может быть периодической от атомного номера лишь в том случае, если группы, подгруппы, семейства элементов переносятся и фиксируются органами и тканями сходным образом.

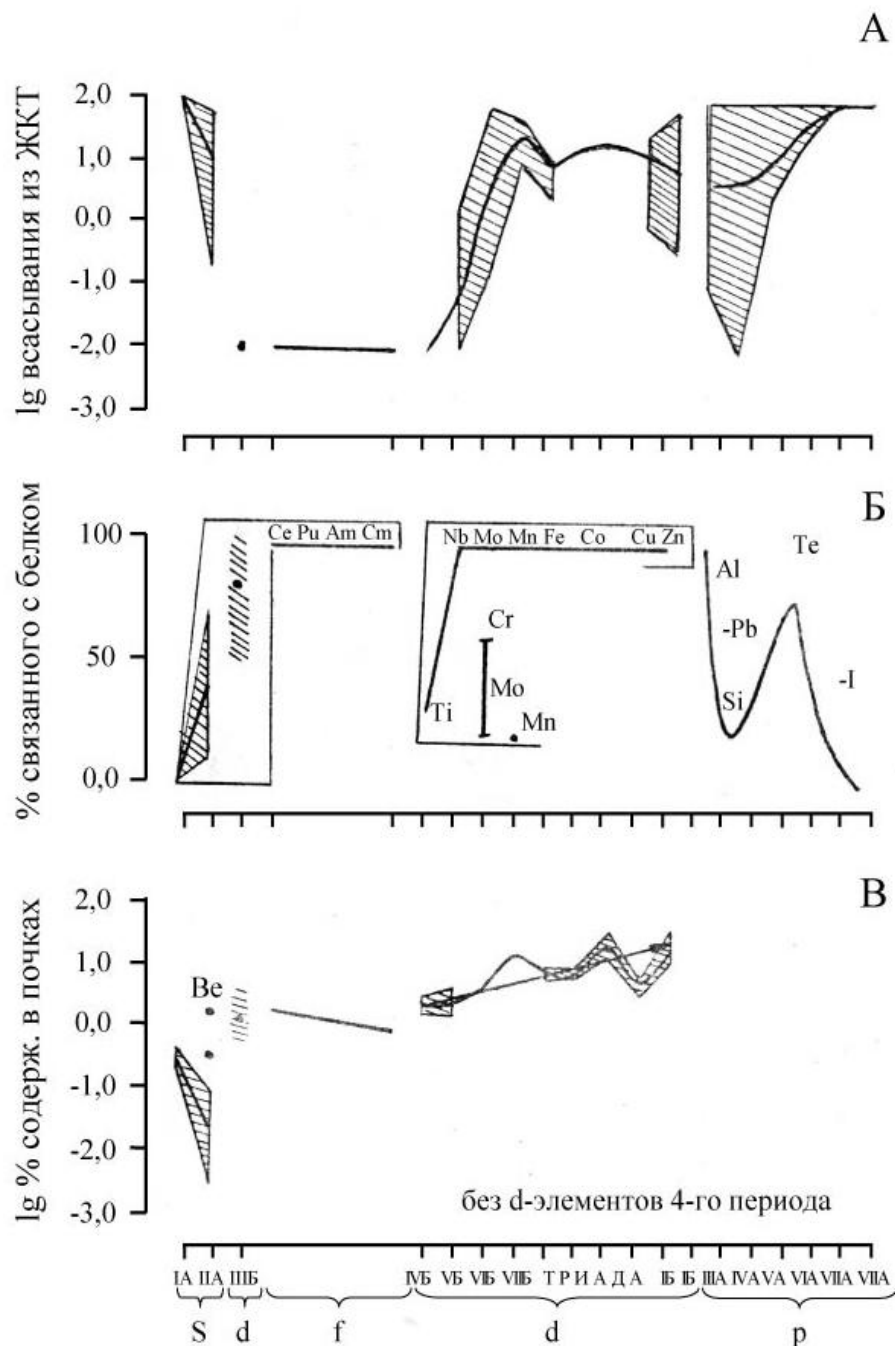


Рисунок 7.2.1 Средние показатели обмена химических элементов: А – всасывание из желудочно-кишечного тракта, % от поступления (lg), Б – связывание белками плазмы, % от содержания в плазме крови, В – содержание в почках, % от содержания в организме (lg) по подгруппам

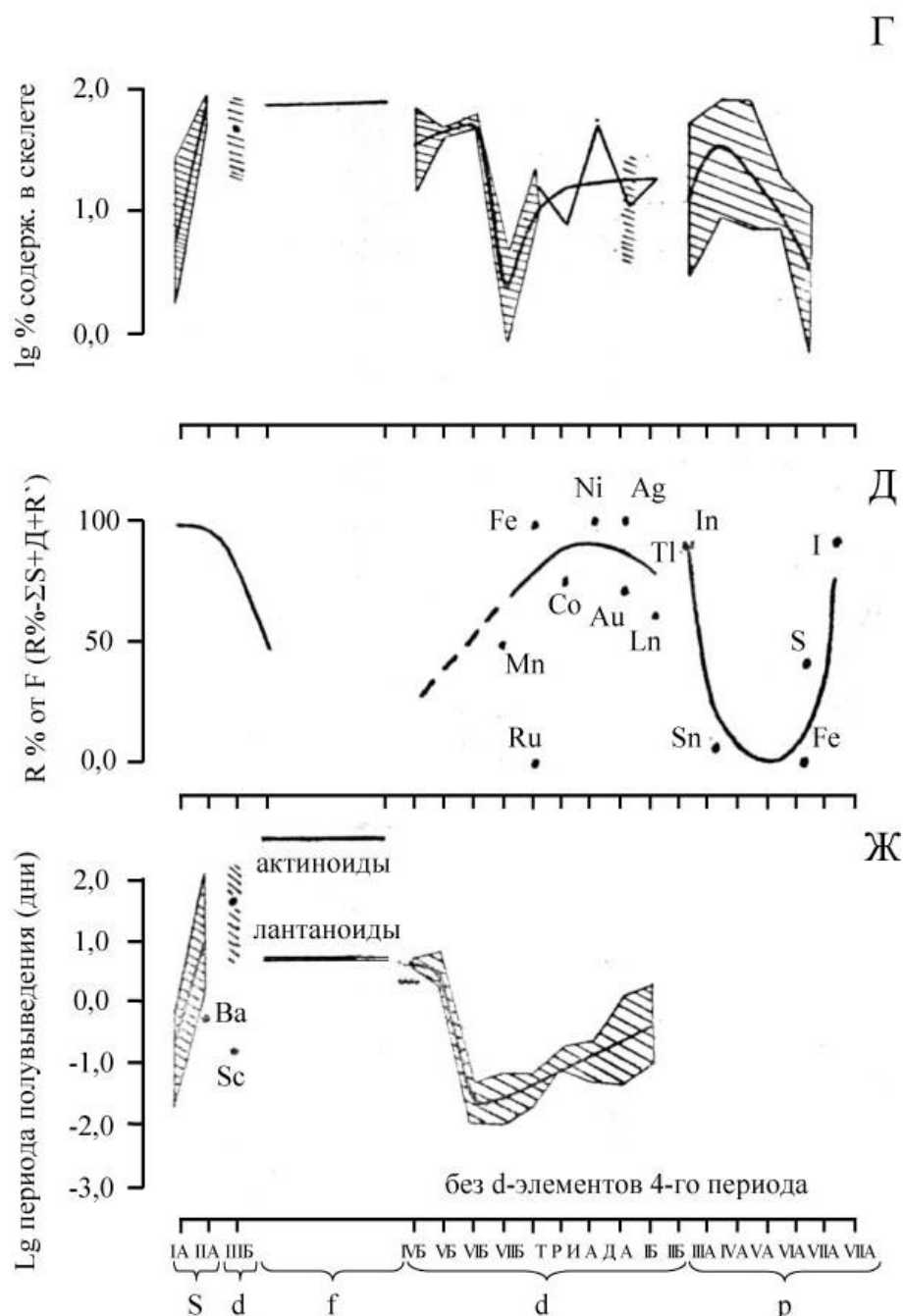


Рисунок 7.2.2 Средние величины показателей обмена химических элементов: Г – содержание в скелете, % от содержания в организме ($\lg$), Д – реабсорбция в канальцах почек, % от профильтрованного, Ж – период биологического полувыведения, дни ($\lg$) по подгруппам

На рисунках 7.2.1-7.2.2 даны средние величины параметров обмена подгрупп (семейств, периодов) элементов. На оси ординат представлены средние величины фиксации и транспорта подгрупп химических элементов – всасывание из желудочно-кишечного тракта (А), период биологического полувыведения из организма (Ж), доли в скелете (Г), почках (В) в виде десятичных логарифмов, доли связанного белками плазмы (Б), канальцевого переноса (Д), в натуральных числах. На оси абсцисс расположены подгруппы и семейства химических элементов, в порядке застройки электронных орбит. Жирной линией соединены точки средних значений для подгрупп, штриховкой показаны пределы колебаний биопараметров в подгруппах.

Всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта, представителей элементов IA подгрупп, равно 100 %. То есть щелочные элементы всасываются из желудочно-

кишечного тракта практически полностью. Всасывание щелочноземельных элементов находится в пределах 0,2 до 60 % от ежедневно поступающей доли. Таким образом, всасывание из желудочно-кишечного тракта элементов s-семейства уменьшается с увеличением атомного номера по периодам.

Всасывание элементов III-IVБ подгрупп равно лишь 0,01 %, затем постепенно увеличивается к элементам VIII-II-IB подгрупп, достигая в среднем для подгрупп 15-25 % на элемент. То есть всасывание элементов d-семейства внутри периодов увеличивается с увеличением атомного номера. Всасывание элементов основных подгрупп III-VIII также увеличивается с увеличением атомного номера по периодам. Характер усредненной кривой (средней до периодам) для всасывания химических элементов из легких качественно аналогичен подобной же кривой всасывания из желудочно-кишечного тракта. Различия количественные.

Содержание химических элементов в почечной ткани по средним величинам от подгрупп так же закономерно зависит от закономерностей застройки поверхностных орбит электронов. Так содержание s-элементов убывает (в среднем примерно в 10 раз) от представителей IA по IIA подгруппе. Содержание химических элементов d-семейства в среднем для подгрупп возрастает в периодической системе слева направо, примерно раз в 20 (от IIIB ко IIB подгруппе).

Содержание s-элементов в скелете возрастает от IA ко IIA подгруппе. Изменение содержания в скелете d-элементов своеобразно: содержание элементов III-IV-V-VIB подгрупп равно приблизительно 47-60 % от содержания в организме в целом, содержание элементов VIIБ подгруппы (марганца, технеция – по радиоизотопу, рения равно соответственно 3,5; 5; 0,9 %) примерно в 20 раз ниже, затем к VII-IB подгруппам повышается приблизительно 20-30 % на химический элемент.

Содержание p-элементов увеличивается от IIIA подгруппы к IVA и VA затем понижается к представителям VI-VIIA подгрупп элементов.

Кривая, описывающая период биологического полувыведения по подгруппам, сходна с кривой, отображающей содержание элементов в скелете. Максимумы и минимумы приходятся на одни и те же подгруппы элементов. Даже необъяснимое понижение содержания в костной ткани элементов VIIБ подгруппы (марганца, технеция, рения) находит свое отражение, на кривой, характеризующей период биологического полувыведения элементов из организма. Это связано, вероятно, с тем, что период биологического полувыведения элементов из организма определяется прочностью их связи в костной ткани, которое отражается на количестве их в кости (рисунок 7.2.2 Г – это количественная кривая), вследствие этого в принципе характер этих двух кривых (рисунок 7.2.2 Г и Ж) примерно одинаков: минимумы на элементах IA и VIIБ подгруппах, максимумы – IIA, IIIB, лантаноиды, актиноиды, IV-VБ подгрупп элементов.

Здесь же на этом 7.2.2 рисунке дано изображение еще двух процессов: величины канальцевого переноса и доли химических элементов, связанные белками сыворотки. Как видно и величины этих параметров обмена химических элементов определяются закономерным изменением свойств подгрупп, семейств элементов.

Итак, интенсивность обмена и уровни фиксации химических элементов в различных системах: всасывание из желудочно-кишечного тракта, легких, доля связывания белками плазмы крови, уровни фиксации в печени, почках, скелете, величина периода биологического полувыведения, а также некоторые биологические показатели, характеризующие стационарные величины обмена в системе «кровь-почки-выделение» можно ориентировочно представить при усредненном главном квантовом числе n и по развернутому орбитальному числу l в виде рядов – квантовых волновых функций.

Всасывается из желудочно-кишечного тракта и легких: s-блок $IA > IIA > d\text{-блок } IIIB \geq f\text{-блок} \leq d\text{-блок } IVБ < VB \text{ } VIIБ < VIIБ < VIIБ = IБ = IБ < p\text{-блок } IIIA < IVA < VA < VIA < VIIA = VIIA$.

Связывается белками плазмы крови: s-блок $IA < IIA < d\text{-блок } IIIB < f\text{-блок} > d\text{-блок } IVБ < VB < VIIБ \leq VIIБ \leq VIIБ = IБ \text{ } IIБ > p\text{-блок } IVБ = VA = VIA > VIIA > VIIA$.

Содержится в почках: s-блок $IA > II A < d\text{-блок III B} - f\text{-блок} - d\text{-блок IV B} < VB < VIB < VII B < VIII B$.

Содержится в печени: s-блок $IA > II A < d\text{-блок III B} - f\text{-блок} - d\text{-блок IV B} < VB < VIB < VII B < VIII B$.

Содержится в скелете: s-блок $IA < II A d\text{-блок III B} < f\text{-блок} \geq d\text{-блок IV} > VB > VIB > VII B < VIII < IB < IB$.

Выводится из организма: s-блок $IA < II A \leq d\text{-блок III B} \leq f\text{-блок} \geq d\text{-блок IV B} \geq VB VIB > VII B < VIII B < IB \leq IB$.

Подобного вида ряды можно привести, в общем виде, для клиренсов, фильтрации в клубочках почек, величины канальцевого переноса и т.п.

Из вышеизложенного вытекают некоторые общие положения, которые могут быть суммированы следующим образом.

1. Величины обмена химических элементов, принадлежащих к одной подгруппе, колеблются в относительно узких границах (на рисунках показано штриховкой), причем различия в величине фиксации химических элементов, внутри подгрупп могут в значительной мере определяться различиями физико-химических свойств химических элементов этой подгруппы.

2. Количественные характеристики обмена химических элементов одной подгруппы отличаются от рядом стоящей весьма значительно (иногда на порядки), что также может быть связано с различием физико-химических свойств подгрупп элементов.

3. Величины обмена подгрупп химических элементов внутри отдельных семейств элементов изменяются закономерно.

4. Различные биологические характеристики обмена химических элементов могут быть описаны сходными или различными кривыми (типами рядов – соотношение подгрупп, семейств химических элементов), причем каждый тип кривой определяется в конечном итоге различием или сходством физико-химических и биохимических условий в отдельных системах, органах и тканях.

И, наконец, если представленные на рисунках 7.2.1-7.2.2 показатели обмена химических элементов в организме «развернуть» по главному квантовому числу n то получим периодические слайды (фракталы), периодичность которых определяется периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов (см. 7.1 рисунки 7.1.1-7.1.7).

7.3 Поведение элементов s- и f-семейств

Поведение s-элементов закономерно для всех исследованных параметров обмена. Так всасывание из желудочно-кишечного тракта и легких представителей IA подгруппы элементов закономерно выше представителей IIА подгруппы, содержание элементов щелочноземельной группы в скелете закономерно выше элементов IA подгруппы, период биологического полувыведения щелочноземельных элементов из организма выше, чем для щелочных элементов. Непонятны данные по периоду биологического полувыведения из организма бария, который равен 65 дням, хотя период биологического полувыведения радия равен $8,1 \cdot 10^3$, стронция – $1,3 \cdot 10^4$, кальция – $1,64 \cdot 10^4$ и затем уменьшается к магнию и бериллию до 180 дней. Согласно этим данным, а также положению бария в подгруппе между стронцием и радием, период биологического полувыведения бария должен быть равен примерно, как минимум 6500 дням, то есть раз в 100 больше значений, данные МКРЗ. Барий же выводится из организма со скоростью щелочных металлов – калия, рубидия, цезия.

Соотношение содержания химических элементов s-семейства в почках и печени также закономерно. Содержание химических элементов IIА подгруппы ниже, чем химических элементов IA подгруппы. В общем поведение s-элементов (соотношение содержания или величин, характеризующих перемещение, химических элементов I и IIА подгрупп) закономерно в самых различных процессах, за исключением поведения бария – период биологического полувыведения и перемещения и фиксация в органах бериллия. Так, например, всасывание последнего из желудочно-кишечного тракта равно 0,02 % (таблицы А. 1а и А. 1 приложения), в то время как всасывание элементов IIА подгруппы колеблется в пределах 5-60 % от поступающего. Содержание бериллия в печени равно 15 % от его содержания в организме в целом, в то время как содержание в печени других представителей IIА подгруппы находится в пределах 0,01-0,9 %, а элементов IA подгруппы в пределах 2-9 % (таблица А. 3 приложения). Содержание бериллия в почках равно 2 %, а магния, кальция, стронция, бария, радия равно соответственно 0,1; $3 \cdot 10^{-3}$; $2 \cdot 10^{-2}$; $5 \cdot 10^{-3}$; 0,4 % в целом организме, представителей щелочных элементов равно 0,3-0,6 % (таблица А. 4 приложения).

Таким образом, поведение бериллия в некоторых процессах несколько нарушает закономерное соотношение в содержании или перемещении химических элементов s-семейства, представленного в периодической системе IA и IIА подгруппами. Тем не менее, поведение бериллия не является исключением, оно закономерно, в отличие от ионов кальция, стронция, бария, радия, внешняя электронная оболочка которых s^2p^6 , ион бериллия имеет конфигурацию внешней электронной оболочки $1s^2$. При этом, при разбавке катионов на аналитические группы (Григорович, В.К., 1966) бериллий относится к III-I, а кальций, стронций, барий, радий ко II группе.

Поведение химических элементов f-семейства в организме однозначно в каждом отдельном виде биологического процесса, а от процесса к процессу отличается на какую-то определенную величину и мало зависит от изменения атомного номера.

Так, всасывание лантаноидов из желудочно-кишечного тракта равно 0,01%, актиноидов – 0,01 % для тория, урана, нептуния и 0,003 % для плутония. Величина резорбции элементов f-семейства из легких равна 25 % (таблицы А. 1а и А.1 и А. 2 приложения). Содержание f-элементов в печени, лантаноидов равно 2-13 %, с незначительной тенденцией к уменьшению с возрастанием атомного номера, актиноидов колеблется в пределах 5-7 % (таблица А. 3). Содержание f-элементов в почках равно 1-7 % (таблица А. 4 приложения), в скелете 80-95 %, причем содержание лантаноидов в кости имеет тенденцию к увеличению с увеличением атомного номера (таблица А. 5 приложения). Период биологического полувыведения лантаноидов из организма равен 550-750 дням, актиноидов $n \cdot 10^4$, исключением урана, период биологического которого равен 100 дням (таблица А. 6 приложения).

7.4 Поведение химических элементов d-семейства

Для изучения поведения химических элементов d-семейства в организме использовали морфологический метод Ф. Цвикки (техника построения многомерных диаграмм), созданный им при разработке ракетной техники в начале Второй мировой войны (Альтшуллер, Г.С., 1973). На рисунках 7.4.1-7.4.6 (А, Б, С, Д) представлено поведение химических элементов – семейства 4-6 периодов (по данным таблиц А.1а, А.1, А. 2, А. 3, А. 4, А. 5, А. 6 приложения), где на оси ординат – $\lg$ величины биопараметров, на оси абсцисс – атомный номер, рисунки серии А – параметры обмена химических элементов d-семейств 4, 5, 6 периодов, вертикальные рамки под углом $\sim 45^\circ$ к оси абсцисс – подгруппы элементов в порядке застройки электронных орбит с ПИБ до ПБ, рисунки серий Б, С, Д – соответственно 4, 5, 6 периоды элементов.

Всасывание d-элементов из желудочно-кишечного тракта увеличивается в общем виде слева направо, то есть с увеличением атомного номера по периодам (рисунок 7.4.1 А). Всасывание d-элементов отдельно 4, 5 или 6 периодов (рисунок 7.4.1 Б, С, Д) достаточно сложно, следует отметить, что жесткой аналогия между всасыванием d-элементов 4 периода и d-элементами 5-го периода нет, то есть кривая (рисунок 7.4.1 Б, С), описывающая всасывание d-элементов 4-го периода не повторяет всасывание, ход кривой, d-элементов 5-го периода. Общим является увеличение величины всасывания d-элементов с увеличением атомного номера как принадлежащих к 4-му периоду, так и к 5-му. Не нарушают эту тенденцию немногочисленные данные по 4 химическим элементам из 10 возможных, имеющиеся для d-элементов 6-го периода. Отсутствие аналогий между кривыми, описывающими всасывание d-элементов 4 и 5 периодов, связано, вероятно, с отсутствием закономерного изменения величины всасывания d-элементов внутри отдельных подгрупп. Во всяком случае, из имеющихся данных для 20 d-элементов (из 30 – 4-6 периодов) какие-либо закономерные изменения величины всасывания с увеличением, например, атомного номера внутри отдельных подгрупп установить не удастся. U-образное изменение величины всасывания для представителей I-ПБ подгрупп элементов (рисунок 7.4.1 А, Z – 29, 47-79 и 30-48-80) может оказаться характерным только для элементов этих 2-х подгрупп.

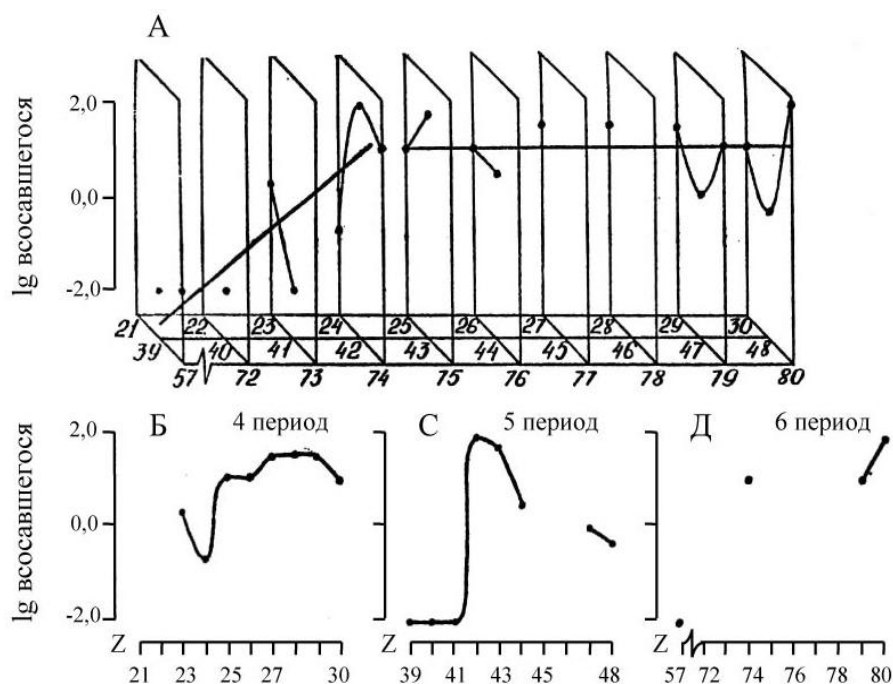


Рисунок 7.4.1 (А, Б, С, Д) Всасывание химических элементов d-блока из желудочно-кишечного тракта, % от поступления ($\lg$)

Всасывание d-элементов (всех подгрупп с IIIБ по IIБ) из желудочно-кишечного тракта может быть записано уравнением:

$$(1) \lg C_{\text{ЖКТ}} = -1,6896 + 0,3539x, \quad \text{где } r = 0,79 \quad (\text{сильная корреляция, здесь и далее}$$

качественная оценка коэффициента корреляции дается по Сепетлиеву, Д., 1968),

где $\lg C_{\text{ЖКТ}}$ – логарифм величины всасывания элементов d-семейства по подгруппам в среднем, x – по значениям атомного номера для элементов 4 периода – атомный номер (Z) – 20, или по значениям атомного номера для элементов 5 периода, $Z - 38$, или по значениям атомного номера элементов 6 периода, $Z - 58$, для представителей IIIБ подгруппы и $Z - 70$ для остальных представителей d-элементов этого периода или же значения x можно представить в цифрах 1, 2, 3 и до 10, соответственно Б подгруппам элементов в периодической системе слева направо аналогично приросту протонов или d-электронов (IIIБ, IVБ, VБ, VIБ, VIIБ, VIIIБ – железо, рутений, осмий, кобальт, родий, иридий; никель, палладий, платина, IB, IIБ).

Всасывание элементов d-семейства из желудочно-кишечного тракта можно представить отдельно для подгрупп III-VIБ и VII-IIБ в виде двух уравнений:

$$(2) \lg C_{\text{ЖКТ}} (\text{III} - \text{VIБ подгруппы}) = -3,3672 + 0,9354x$$

$r = 0,93$ (очень сильная корреляция)

$$(3) \lg C_{\text{ЖКТ}} (\text{VIIБ} - \text{IIБ подгруппы}) = 1,6128 - 0,0665x$$

$r = 0,36$ (умеренная корреляция),

где $\lg C_{\text{ЖКТ}} (\text{III} - \text{VIБ подгруппы})$ – логарифм всасывания элементов d-семейства III-VIБ подгрупп, $\lg C_{\text{ЖКТ}} (\text{VIIБ} - \text{IIБ подгруппы})$ логарифм всасывания элементов d-семейства VII-IIБ подгрупп, значения x – цифры 1, 2, 3 и до 10 соответственно расположению Б подгрупп в периодической системе слева направо (IIIБ, IVБ, ..., IIБ).

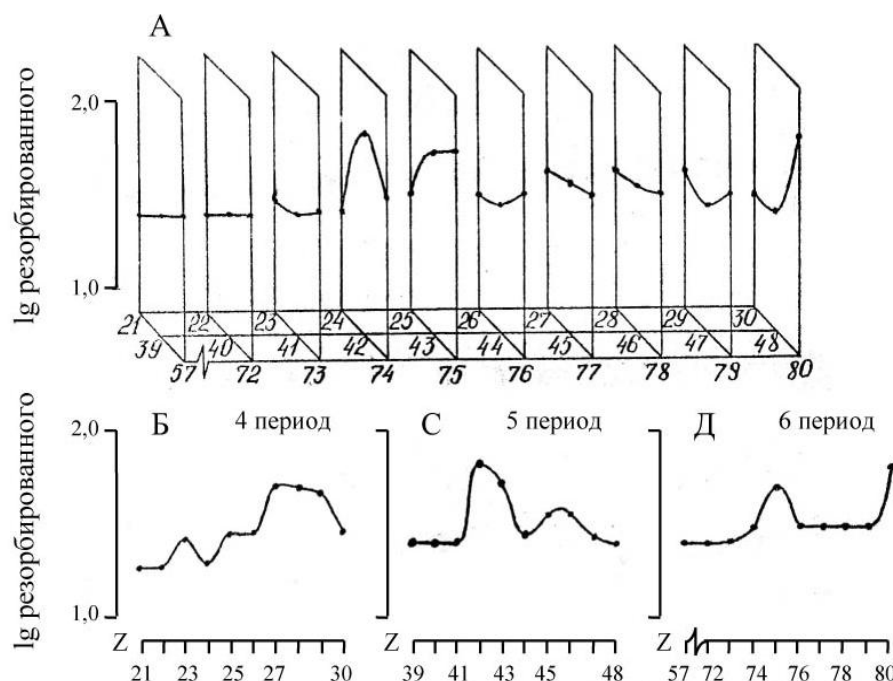


Рисунок 7.4.2 (А, Б, С, Д) Всасывание химических элементов d-блока из легких, % от поступления (lg)

Как видно из представленных уравнений, величина всасывания элементов d-семейства возрастает в периодической системе слева направо, уравнение (1) или же, если рассматривать изменение величины всасывания отдельно по подгруппам с IIIБ по VIБ и с VIIБ по IIБ, величина всасывания нарастает очень интенсивно лишь в первых 4 подгруппах элементов d-семейства от IIIБ к VIIБ (уравнение (2), а затем остается почти постоянной или точнее наблю-

дается даже незначительное уменьшение величина всасывания от VIIБ группы элементов ко IIБ, уравнение (2).

На рисунке 7.4.2 (А, Б, С, Д) представлена резорбция химических элементов d-семейства из легких. Величина всасывания химических элементов d-семейства из легких увеличивается (по периодам) от представителей с меньшим атомным номером к представителям с большим атомным номером и также может быть записана уравнением:

$$(4) \quad \lg C_{\text{из легких}} = 1,4170 + 0,0151x$$

$$r = 0,59 \text{ (значительная корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{из легких}}$ – логарифм величины всасывания элементов d-семейства из легких по подгруппам в среднем, значение x , те же, уравнение (1).

Всасывание элементов d-семейства из легких, также как и всасывание их из желудочно-кишечного тракта можно представить и в виде отдельных уравнений для подгрупп III-VIБ и VII-IIБ:

$$(5) \quad \lg C_{\text{из легких (III – VIБ подгруппы)}} = 1,3157 + 0,0516x,$$

$$r = 0,84 \text{ (сильная корреляция),}$$

$$(6) \quad \lg C_{\text{из легких (VII – IIБ подгруппы)}} = 1,5857 + 0,0065x,$$

$$r = 0,23 \text{ (слабая корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{из легких (III – VIБ подгруппы)}}$ – логарифм всасывания из легких химических элементов d-семейства III-VIБ подгруппы, $\lg C_{\text{из легких VII – IIБ подгруппы}}$ – логарифм всасывания из легких химических элементов d-семейства VII-IIБ подгрупп. Значения x те же, что и для уравнений (2-3).

Общее увеличение величины всасывания из легких химических элементов d-семейства, уравнение (4), указывает на общий характер изменения величины всасывания химических элементов с увеличением атомного номера в периодах элементов. При более детальном анализе обнаруживается, что всасывание из легких элементов d-семейства увеличивается лишь от IIIБ к VIБ подгруппе уравнение (5), а затем или стабилизируется или, точнее, даже начинает уменьшаться от VIIБ ко IIБ подгруппе элементов.

При сопоставлении коэффициентов уравнений 1-4; 2-5; 3-6 можно отметить качественно однородный характер изменения описываемых ими величин, то есть всасывание из желудочно-кишечного тракта и легких элементов d-семейства определяют, вероятно, по одни и те же законы. Так, уравнения 1 и 4 указывают на увеличение всасывания элементов d-семейства, как из легких, так и из желудочно-кишечного тракта от IIIБ ко IIБ подгруппе, при этой всасывание элементов d-семейства из желудочно-кишечного тракта увеличивается (по периодам) с увеличением атомного номера более интенсивно по сравнению с легкими. Увеличение величины всасывания, в общем-то, ограничивается (как из легких, так и из желудочно-кишечного тракта) первыми четырьмя группами, уравнения 2 и 5, а с VIIБ подгрупп по IIБ происходит даже некоторое уменьшение всасывайте, уравнения 3 и 6.

В общем каждый отдельный период 4 и 5, 5 и 6 имеет свой ход – изменения величины всасывания d-элементов от атомного номера, что связано, как вероятно и со всасыванием из желудочно-кишечного тракта, со сложным характером изменения величины всасывания d - элементов из легких внутри отдельных подгрупп (рисунок 7.4.2 Б, С, Д).

Величина содержания элементов d-семейства в печени также линейно зависит от увеличения атомного номера элементов по периодам (рисунок 7.4.3 А, Б, С, Д) и может быть записана серией уравнений:

$$(7) \quad \lg C_{\text{печени}} = 1,0262 + 0,0099x,$$

$$r = 0,18 \text{ (слабая корреляция)»}$$

$$(8) \quad \lg C_{\text{печени (III – VIБ подгруппы)}} = 1,0984 - 0,0056x,$$

$$r = 0,05 \text{ (очень слабая корреляция),}$$

$$(9) \quad \lg C_{\text{из легких (VII – IIБ подгруппы)}} = -0,6919 + 0,0515x,$$

$$r = 0,52 \text{ (значительная корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{печени}}$ – логарифм содержания химических элементов d-семейства в печени $\lg C_{\text{печени}}$ (III – VIБ подгруппы) – логарифм содержания в печени элементов d-семейства III-VIБ подгрупп; $\lg C_{\text{из легких}}$ (VII – IIБ подгруппы) – логарифм содержания в печени элементов d-семейства VII-IIБ подгрупп. Значения x те же, что и для уравнений 1-3.

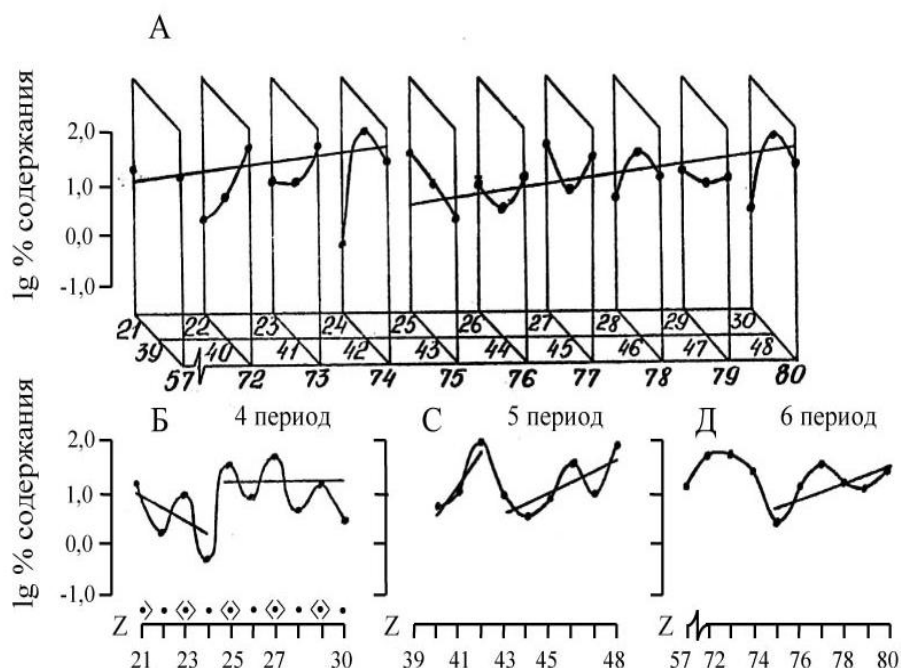


Рисунок 7.4.3 (А, Б, С, Д) Содержание химических элементов d-блока в печени, % от содержания в организме (lg)

Как видно (рисунок 7.4.3 А) уравнение (7) содержание d-элементов в печени, для представителей 4-6 периодов, увеличивается в общем с увеличением атомного номера по периодам, причем более интенсивное увеличение наблюдается в подгруппах VII-IIБ. В подгруппах III-VI содержание d-элементов почти постоянно или, точнее, даже незначительно уменьшается (уравнение 8). Содержание d-элементов 4 периода отлично от содержания в печени d-элементов 5-6 периодов, причем изменение содержания d-элементов от атомного номера, внутри 5-6 периодов сходно. Так, максимумы содержания химических элементов в 5 периоде приходятся на химические элементы с атомным номером 42, 43, 48, то есть на представителей VIБ, VIIБ, IIБ подгрупп, в 6 периоде на элементы с атомным номером 72-73, 77, 80, на представителей IV-VB, VIIБ, IIБ подгрупп; минимумы в 5 периоде приходятся на химические элементы с атомным номером 40, 44, 47, то есть на представителей IV, VIII, IIБ подгрупп, в 6 периоде – на химические элементы с атомными номерами 57, 75, 79, на представителей IIIБ, VIIБ, IIБ подгрупп. В общем, минимумы и максимумы в 5 и 6 периодах приходятся на химические элементы примерно одних и тех же подгрупп, с незначительным смещением в 6 периоде влево.

На следующем рисунке 7.4.4 представлена зависимость содержания элементов d-семейства 4-6 периодов в почках. Как видно (рисунок 7.4.4 А) содержание d-элементов (4-6 периодов), в среднем возрастает с увеличением атомного номера элементов в периодах слева направо. Эту закономерную связь – увеличение содержания элементов d-семейства в почках с возрастанием атомного номера, можно записать уравнением вида:

$$(10) \quad \lg C_{\text{почки}} = 0,1671 + 0,0681x,$$

$$r = 0,69 \text{ (значительная корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{почки}}$ – логарифм содержания в почках элементов d-семейства, значения x те же, что и для уравнения (1).

Разделение d-элементов на две группы с подгруппами III-VIB и VII-IB неоправданно:

$$(11) \lg C_{\text{почки}} (\text{III} - \text{VIB}) = 0,2581 + 0,0036x$$

$r = 0,02$ (нет корреляции),

$$(12) \lg C_{\text{почки}} (\text{VII} - \text{IB}) = 0,6781 + 0,0062x,$$

$r = 0,08$ (нет корреляции),

где $\lg C_{\text{почки}} (\text{III} - \text{VIB})$ – логарифм содержания в почках элементов d-семейства III – VIB подгруппы; $\lg C_{\text{почки}} (\text{VII} - \text{IB})$ – логарифм содержания в почках элементов d-семейства VII – IB подгруппы; значения x – те же, что и для уравнений (2-3).

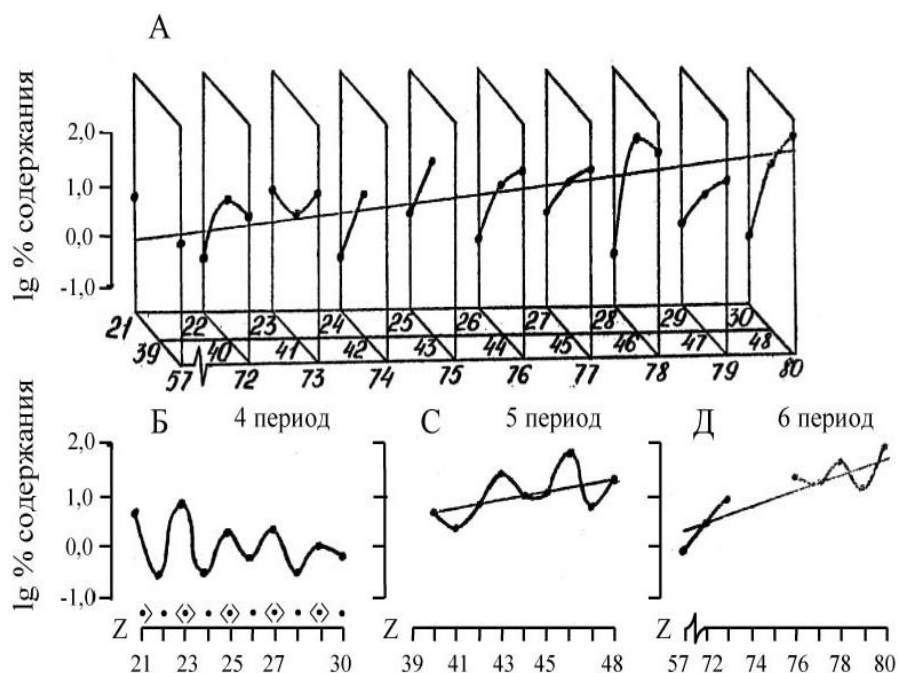


Рисунок 7.4.4 (А, Б, С, Д) Содержание химических элементов d-блока в почках, % от содержания в организме (lg)

Тенденция к увеличению содержания в почках элементов d-семейства отдельно для III-VIB и VII-IB подгрупп остается, но это лишь тенденция, корреляция в первом случае (уравнение 11) отсутствует, во втором – очень слабая).

Обращает на себя внимание закономерное увеличение содержания в почках элементов d-семейства внутри отдельных подгрупп с увеличением атомного номера (IV титан < цирконий ≥ гафний; VIB и VIIB – для представителей 4 и 5 периодов, VIIIB – железо < рутений < осмий, кобальт < родий < иридий, никель < палладий ≥ платина, IB и IIB подгруппы), то есть содержание d-элементов в почках возрастает от представителей 4 периода к 5 и от представителей 5 периода к 6, за некоторыми исключениями. В VIB подгруппе соотношение содержания элементов 4-6 периодов таково: ванадий ≥ ниобий < тантал, в IVB подгруппе не подходит под это правило соотношение пары элементов цирконий – гафний и в VIIIB подгруппе соотношение пары элементов палладий – платина.

Несмотря на общее закономерное увеличение содержания элементов d-семейства в почках с увеличением атомного номера по периодам, поведение d-элементов отдельных периодов своеобразно. Так, содержание d-элементов 4-го периода отлично от содержания d-элементов 5 и 6 периодов. Содержание d-элементов 4 периода колеблется в относительно широком интервале величин, примерно в пределах одного порядка, причем содержание элементов с

нечетным атомным номером выше, чем с четным. Какого-либо закономерного увеличения или уменьшения с изменением атомного номера элементов 4 периода отметить не удастся (рисунок 7.4.4 Б). Общее закономерное увеличение элементов d-семейства 4-6 периодов в почках с увеличением атомного номера по периодам слева направо, определяется закономерным увеличением от атомного номера d-элементов 5 и 6 периодов (рисунок 7.4.4 С и Д).

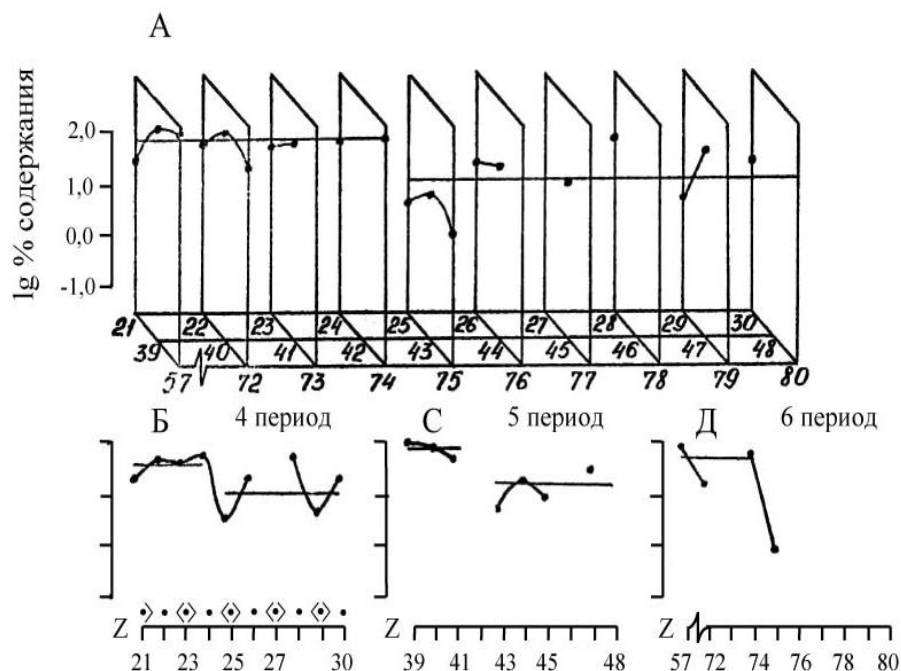


Рисунок 7.4.5 (А, Б, С, Д) Содержание химических элементов d-блока в скелете, % от содержания в организме (lg)

Изменение содержания элементов d-семейства в скелете также определяется закономерным изменением их атомного номера по периодам слева направо (рисунок 7.4.5 А, Б, С, Д). Если же содержание d-элементов в печени, почках с увеличением атомного номера увеличивается (уравнения 7 и 10), то в скелете наоборот, уменьшается:

$$(13) \lg C_{\text{кость}} = 1,6481 - 0,0537x,$$

$$r = 0,35 \text{ (умеренная корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{кость}}$ – логарифм содержания в кости элементов d-семейства, значение x те же, что и в уравнении (1).

Уменьшение содержания d-элементов в кости определяется соотношением содержания групп элементов III-VIB и VII-IB подгрупп. Внутри групп элементов (III-VIB и VII-IB подгрупп) содержание их в кости наоборот увеличивается с увеличением атомного номера:

$$(14) \lg C_{\text{кость (III – VIB подгруппы)}} = 1,6484 + 0,0204x,$$

$$r = 0,31 \text{ (умеренная корреляция),}$$

$$(15) \lg C_{\text{кость (VII – IB подгруппы)}} = 0,1204 + 0,1335x,$$

$$r = 0,56 \text{ (значительная корреляция),}$$

где $\lg C_{\text{кость (III – VIB подгруппы)}}$ – логарифм содержания в скелете элементов d-семейства III – VIB подгрупп; $\lg C_{\text{кость (VII – IB подгруппы)}}$ – логарифм содержания в кости элементов d-семейства VII – IB подгрупп; значения x – те же, что и для уравнений (2-3).

Исходя из данных рисунка 7.4.5 (Б, С, Д) можно отметить, что содержание d-элементов 4 периода в общих чертах изменяется сходно с изменением содержания химических элементов в 5 и 6 периодах по атомному номеру. Для выявления возможных закономерных изменений содержания d-элементов внутри отдельных подгрупп от атомного номера данных недостаточно.

Следует отметить, что содержание d-элементов в 4 периоде определяется еще и четностью атомного номера (рисунок 7.4.5 Б). Содержание элементов с четным атомным номером выше, чем с нечетным, в печени и почках наоборот, содержание нечетных, элементов в органах выше, чем элементов с четным атомным номером (рисунок 7.4.3 Б и 7.4.4 Б).

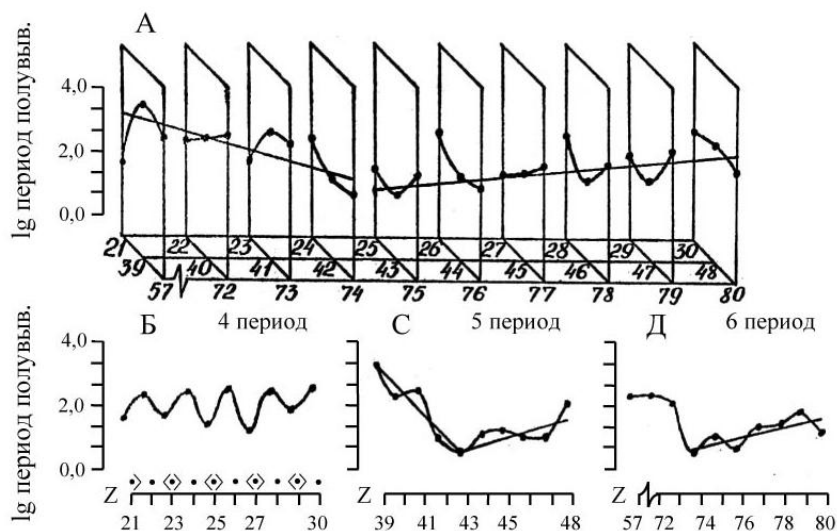


Рисунок 7.4.6 (А, Б, С, Д) Период биологического полувыведения химических элементов из организма, дни (lg)

Величина периода биологического полувыведения элементов d-семейства также закономерно определяется закономерными изменениями их свойств (рисунок 7.4.6 А, Б, С, Д). Величина периода биологического полувыведения d-элементов в общем плане уменьшается слева направо, с увеличением атомного номера по периодам (рисунок 7.4.6 А).

$$(16) \quad \lg C_{ТБ} = 2,2805 - 0,1002x,$$

$r = 0,44$ (умеренная корреляция),

где $\lg C_{ТБ}$ – логарифм величины биологического периода полувыведения элементов d-семейства из организма, значения x те же, что и в уравнении (1).

Более точно изменение величины периода биологического полувыведения элементов d-семейства из организма можно описать следующими уравнениями, разделив элемента на два больше группы – III-VIB и VII-IB подгруппы:

$$(17) \quad \lg C_{ТБ} \text{ (III – VIB подгруппы)} = 3,5110 - 0,5176x,$$

$r = 0,91$ (очень сильная корреляция),

$$(18) \quad \lg C_{ТБ} \text{ (VII – IB подгруппы)} = -0,2922 + 0,2262x,$$

$r = 0,91$ (очень сильная корреляция),

где $\lg C_{ТБ} \text{ (III – VIB подгруппы)}$ – логарифм величины периода биологического полувыведения элементов d-семейства III – VIB подгрупп; $\lg C_{ТБ} \text{ (VII – IB подгруппы)}$ – логарифм величины периода биологического полувыведения элементов d-семейства VII – IB подгрупп; значения x те же, что и в уравнениях (2-3).

Как видно (уравнения 17 и 18), величина периода биологического полувыведения d-элементов из организма интенсивно уменьшается с увеличением атомного номера по периодам слева направо для подгрупп III-VIB, а затем не менее интенсивно начинает возрастать от химических элементов VII-IB подгрупп ко IB. d-элементы 4 периода выделяются из организма отлично от d-элементов 5 и 6 периодов. Выделение d-элементов 4 периода относительно постоянно и как будто не зависит от изменения атомного номера. Величина периода биологического полувыведения d-элементов 4 периода, имеющих четный атомный номер, в 10 и более раз выше, чем d-элементов этого периода, имеющих нечетный атомный номер (таблица

А 6 приложения, рисунок 7.4.6 Б). Выделение d-элементов 5 периода из организма происходит аналогично выделению d-элементов 6 периода в зависимости от изменения атомного номера. Выделение химических элементов d-семейства внутри отдельных подгрупп или увеличивается с увеличением атомного номера внутри подгрупп – титан < цирконий < гафний; кобальт ≤ родий < иридий, или уменьшаются с увеличением атомного номера – хром > молибден > вольфрам; железо > рутений > осмий; цинк > кадмий > ртуть, или увеличивается от представителей 4 и 6 периодов к представителям 5 периода – скандий < иттрий > лантан, ванадий < ниобий > тантал, или уменьшается от представителей 4 и 6 периодов к представителям 5 периода – марганец > технеций < рений; никель > палладий < платина; медь > серебро < золото. На соотношение величины периода биологического полувыведения внутри отдельных подгрупп накладывают отпечаток различия в поведении четных и нечетных элементов 4 периода, а также собственный характер изменения величины биопараметра от атомного номера элементов 4 периода (отличный от поведения d-элементов 5 и 6 периодов).

Перемещение и фиксация элементов d-семейства в различных системах организма можно, вероятно, выразить следующими основными положениями.

1. Закономерные зависимости процессов транспорта и фиксации элементов d-семейства в различных системах организма от атомного номера могут быть описаны уравнениями (1-18) в большинстве своем с достаточными коэффициентами корреляции.

2. Поведение элементов d-семейства (4-6 периодов) закономерно зависит от закономерного изменения атомного номера: величина всасывания из желудочно-кишечного тракта и легких, содержащиеся в печени и почках увеличивается, содержание в скелете, величина периода биологического полувыведения уменьшается с увеличением атомного номера элементов d-семейства в периодах периодической системы слева направо,

3. Изменение величины транспорта и фиксации химических элементов d-семейства от атомного номера в некоторых системах организма качественно однородно, различия в основном количественные, что связано, по всей видимости, со сходными условиями перемещения и фиксации их в этих системах: величина всасывания из желудочно-кишечного тракта – величина всасывания из легких; содержание в печени – содержание в почках; содержание в скелете – величина периода биологического полувыведения.

4. В ряде случаев на фоне общего закономерного изменения величин транспорта и фиксации химических элементов d-семейства от изменения атомного номера в периодической системе слева направо можно выделить закономерное изменение поведения подгрупп элементов III-VIB и VII-IIIБ. Возможно помимо общих механизмов переноса и фиксации химических элементов d-семейства в целом, существуют еще и «специфические» несколько выделяющие элементы указанных подгрупп из обмена химических элементов d-семейства в целом.

5. Перенос и фиксация химических элементов d-семейства 4 периода, имеющих четный атомный номер, происходит отлично от химических элементов d-семейства того же периода, имеющих нечетный атомный номер (печень, почки, скелет, период биологического полувыведения).

6. Поведение химических элементов d-семейства 4 периода часто отлично от поведения химических элементов d-семейства 5 и 6 периодов, перемещение и фиксация последних осуществляется сходным образом.

7. Перемещение и фиксация химических элементов d-семейства внутри отдельных подгрупп (за исключением содержания их в почках) как будто не зависит от закономерного изменения их свойств (физических, физико-химических, химических) внутри этих подгрупп сверху вниз. Если это так, то для каждого из химических элементов d-семейства в различных системах организма могут существовать специфические аналитические системы переноса (физико-химические или биохимические реакции), но по всей «мощности» уступающие общим (для элементов d-семейства в целом) транспортным механизмам.

7.5 Поведение химических элементов р-семейства

Поведение элементов р-семейства в различных системах организма более сложно, чем поведение элементов s-, d-, f-семейств. Сложность эта определяется двумя факторами. Первый фактор – химические элементы р-семейства представлены как анионами, так и катионами, причем многие из них могут иметь как положительный, так и отрицательный заряд, то есть обладают как свойствами катионов, так и свойствами анионов. Граница между катионами и анионами проходит по диагонали, слева направо, сверху вниз по номерам элементов 5, 14, 33, 52, 85. Второй фактор – относительно ограниченное количество изученных элементов, для выявления общих закономерных связей от положения в периодической системе необходимо (желательно) иметь данные для всех 30 элементов р-семейства. Как и в случае d-элементов, при изучении обмена р-элементов также использован морфологический метод Ф. Цвикки (Альтшуллер, Г.С., 1973).

На рисунках 7.5.1-7.5.4 (А, Б, С, Д, Е, Ж) представлено поведение элементов р-семейства 2-6 периодов (по данным таблиц А. 1а, А. 1, А. 2, А. 5, и А. 6), где на оси ординат – $\lg$ величины биопараметра, на оси абсцисс – атомный номер, рисунки серии А – параметры обмена элементов р-семейства 2-6 периодов, изменение атомного номера по периодам слева направо и по подгруппам – сверху вниз, слева направо, рисунки серий Б, С, Д, Е, Ж – соответственно периоды элементов.

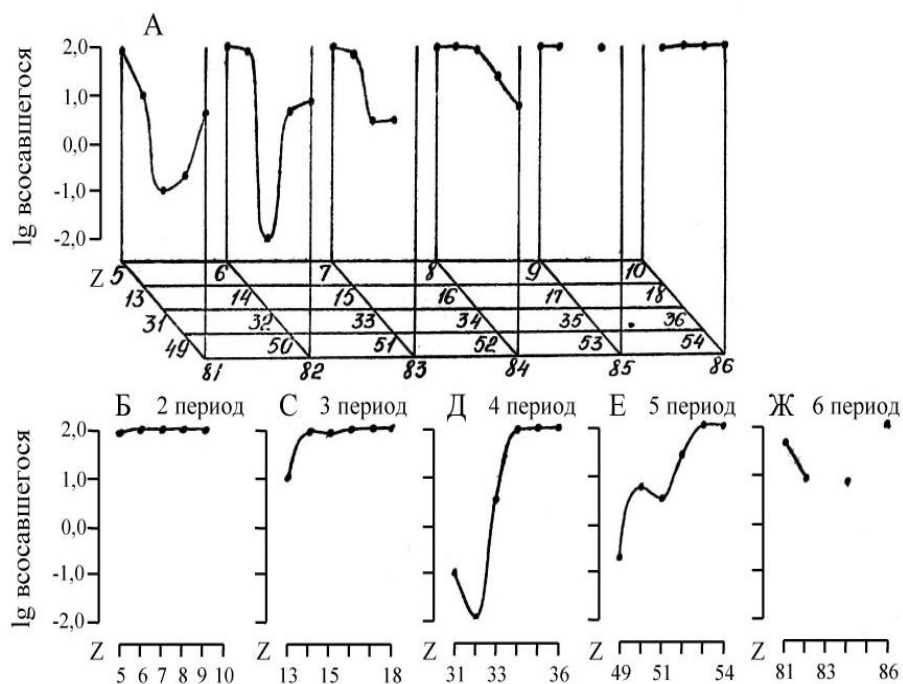


Рисунок 7.5.1 (А, Б, С, Д, Е, Ж) Всасывание химических элементов р-блока из желудочно-кишечного тракта, % от поступления ($\lg$)

На рисунке 7.5.1 (А, Б, С, Д, Е, Ж) представлено всасывание элементов из желудочно-кишечного тракта. Как видно величина всасывания в подгруппе IIIA уменьшается от представителя 2 периода бора, к представителю 3 периода алюминию, достигая наиболее низких значений для представителя 4 периода галлия, затем величина всасывания элементов этой подгруппы начинает увеличиваться к представителям 5 и 6 периодов индию и таллию. Величина всасывания элементов IIIA подгруппы изменяется в пределах 3-х порядков.

Изменение величины всасывания элементов IVA подгруппы происходит в общих чертах аналогично изменению величины всасывания элементов IIIA подгруппы. Так с увеличением атомного номера внутри подгруппы величина всасывания сначала уменьшается. Величина

всасывания из желудочно-кишечного тракта углерода равна 100 % от поступающего, следующего за ним в подгруппе кремния – 85 %, германия лишь – 0,01 %, а олова – 5 % и свинца – 8 %. Величина всасывания химических элементов IVA подгруппы из желудочно-кишечного тракта изменяется в пределах 4 порядков.

Всасывание химических элементов VA подгруппы из желудочно-кишечного тракта также с увеличением атомного номера уменьшается от представителей 2-3 периодов азота и фосфора к представителям 4 и 5 периодов – мышьяку и сурьме. Данных о величине всасывания висмута нет, но если учесть изменения величины всасывания элементов 6 периода (таблица А 1а, А 1) таллия > свинца (>?) и полония, можно предположить, что величина всасывания из желудочно-кишечного тракта висмута должна лежать где-то в пределах 7 % от поступающего в кишечник, то есть подъем величины всасывания в конце VA подгруппы химических элементов, если и может быть, то незначительный.

В следующей VIA подгруппе величина всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта уменьшается с увеличением атомного номера внутри этой подгруппы. Увеличение величины всасывания из желудочно-кишечного тракта всех химических элементов этой подгруппы к концу подгруппы не наблюдается.

Элементы VII и VIIIA подгруппы из желудочно-кишечного тракта (на основании имеющихся данных) всасываются полностью.

Таким образом, величина всасывания из желудочно-кишечного тракта химических элементов р-семейства внутри подгруппы определенным образом зависит от изменения атомного номера элементов внутри отдельных подгрупп. Величина минимума в III-IVA подгруппах приходится на представителей элементов 4 периода. Минимум величины всасывания элементов с увеличением номера подгруппы сдвигается от представителей 4 периода III-IVA подгруппы к элементам 4-5 периодов VI подгруппы и от представителей 4-5 периодов к 6 периоду – VIA подгруппа. С увеличением номера подгруппы показатели величины всасывания химических элементов внутри подгруппы уменьшаются с 3-4 порядков для элементов III-IVA подгруппы до 1-2 порядков химических элементов V-VIA подгрупп, всасывание химических элементов VII-VIIIA происходит полностью.

Естественно, это накладывает отпечаток на изменение величины всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта р-семейства 2-6 периодов в целом. В общем можно отметить, что величина всасывания химических элементов р-семейства из желудочно-кишечного тракта увеличивается в периодической системе слева направо с увеличением атомного номера, причем поведение элементов в каждом отдельном периоде своеобразно (рисунок 7.5.1 Б, С, Д, Е, Ж). Так всасывание элементов 2 периода из желудочно-кишечного тракта происходит практически полностью, за исключением всасывания бора. Всасывание элементов 3 периода увеличивается от алюминия к кремнию и фосфору и далее по периоду равно практически 100 % (рисунок 7.5.1 С). Всасывание элементов 4 периода сначала уменьшается от галлия к германию, а затем возрастает к мышьяку и далее равно 100 %. Всасывание элементов 5 периода возрастает с увеличением атомного номера, то есть от индия к йоду. Всасывание элементов 6 периода сначала уменьшается с увеличением атомного номера, а затем возрастает, если всасывание висмута находится в пределах всасывания свинца и полония, а величина всасывания астата лежит между величин всасывания полония и радона.

Следует отметить, что для элементов р-семейства минимумы всасывания приходится на элементы: IIIA подгруппа – алюминий, галлий, индий ($Z = 13, 31, 49$), IVA подгруппа – германий, олово ($Z = 32, 50$), VA подгруппа – мышьяк, сурьма ($Z = 33, 51$), VIA подгруппа – теллур, полоний ($Z = 52, 84$), то есть лежат по диагонали. От этих химических элементов вправо вверх и влево вниз величина всасывания из желудочно-кишечного тракта увеличивается.

Резорбция элементов р-семейства из легких (рисунок 7.5.2 А, Б, С, Д, Е, Ж) происходит аналогично всасыванию их из желудочно-кишечного тракта. Минимум всасывания в IIIA подгруппе приходится на представителей 3-5 периодов, далее минимум в подгруппах IV-V-VIA сдвигается к представителям 4-5-6 периодов – IV-VI подгрупп, к элементам 5-6 периодов – VIA

подгруппа. Всасывание из легких элементов VII-VIIIA подгрупп происходит одинаково полно (75 % от поступающего).

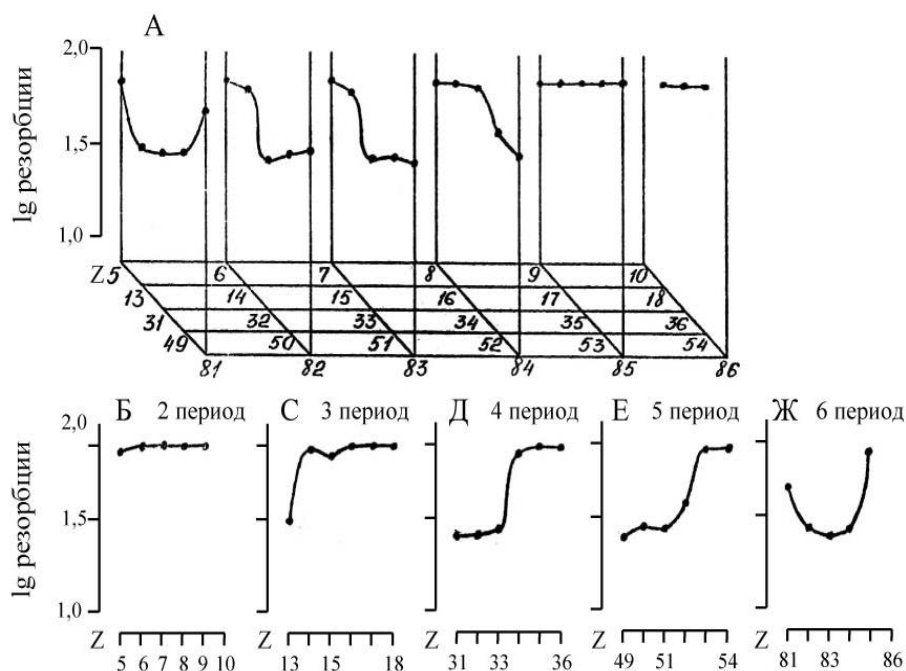


Рисунок 7.5.2 (А, Б, С, Д, Е, Ж) Всасывание химических элементов р-блока из легких, % от поступления (lg)

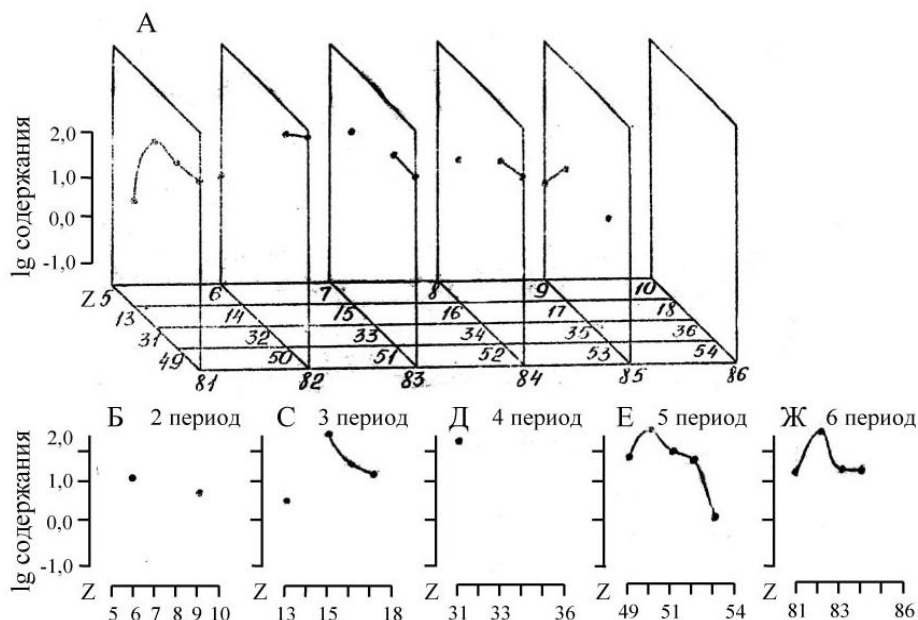


Рисунок 7.5.3 (А, Б, В, Г, Д, Е, Ж) Содержание химических элементов р-блока в скелете, % от содержания в организме (lg)

Величина всасывания химических элементов р-семейства по периодам (рисунок 7.5.2 Б-Ж) увеличивается в общем, виде с увеличением атомного номера слева направо.

Минимумы всасывания элементов р-семейства из легких приходятся на элементы, располагающиеся в периодической системе по диагонали – атомной номер 31-49 (IIA)

подгруппа), 32-83 (IVA подгруппа), 33-83 (VA подгруппа, 84 (VIA подгруппа), то есть, так же как и всасывание р-элементов из желудочно-кишечного тракта, всасывание из легких увеличивается слева направо и вверх.

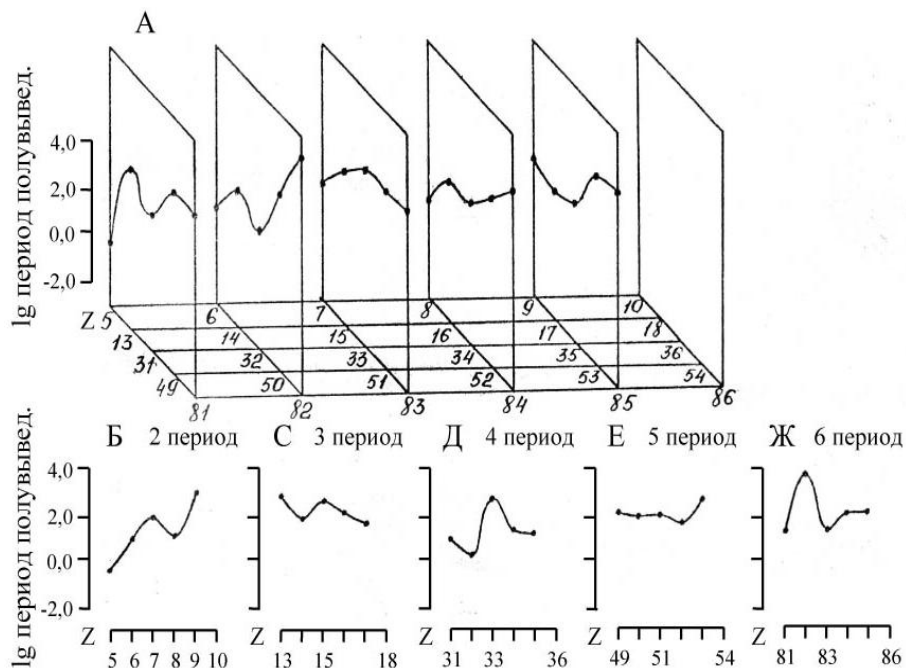


Рисунок 7.5.4 (А, Б, С, Д, Е, Ж) Период биологического полувыведения химических элементов р-блока из организма, дни (lg)

На следующих рисунках 7.5.3-7.5.4 изображено содержание химических элементов р-семейства в кости и период биологического полувыведения их из организма. К сожалению данных, о содержании р-элементов в скелете недостаточно для выявления закономерного поведения от положения в периодической системе. Можно лишь отметить, что пики максимумов в 3, 5, 6 периодах приходятся, вероятно, на химические элементы одних и тех же подгрупп IVA для химических элементов 5 и 6 периодов и VA – фосфор, в 3 периоде. Содержание р-элементов в скелете (по имеющимся данным) в IIIA подгруппе увеличивается от алюминия к галлию, а затем уменьшается к индию и далее к таллию. В IVA подгруппе – увеличивается от углерода к олову с последующим незначительным понижением к свинцу. В VA подгруппе – уменьшается от фосфора к сурьме и от сурьмы к висмуту. В III подгруппе – уменьшается от серы к теллуру (равно) и далее от теллура к полонию. В VIIA подгруппе – увеличивается от фтора к хлору и уменьшается от хлора к йоду.

Можно предположить, что кривые, отображающие содержание р-элементов в скелете, будут обратны кривым, отображающим всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта и легких. То есть, вероятно, содержание р-элементов будет уменьшаться слева направо вверх и справа налево вниз в периодической системе. Величина периода биологического полувыведения элементов р-семейства из организма от положения их в периодической системе изменяется сложно (рисунок 7.5.4 А, Б, С, Д, Е, Ж), Вероятно, характер изменения величины биологического периода полувыведения р-элементов можно объяснить при сопоставлении его со скоростью обмена их в скелете и работок других органов, в том числе выделительных. Какого-либо закономерного изменения величины периода биологического полувыведения р-элементов из организма в зависимости от закономерного расположения их в периодической системе на основании ориентировочного анализа отметить нельзя.

7.6 Характеристика корреляционных связей между поступлением химических элементов в организм, формированием систем, органов, тканей и физико-химическими свойствами химических элементов

В следующих таблицах 7.6.1-7.6.5 представлены результаты корреляционного анализа между физическими, физико-химическими и химическими свойствами элементов с одной стороны и рядом биологических процессов: всасывание элементов из желудочно-кишечного тракта, содержание в печени, почках, скелете, период биологического полувыведения. Перечень физико-химических констант и алгоритм корреляционного анализа представлен в главах 2, 2.2; 4, 4.1.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	-0,37	-0,39	-0,53	-0,28
				0,001	0,01	0,001	0,05
2.	Радиус атома	-	-	-0,25	-	-	-
				0,05			
3.	Радиус иона	0,36	0,26	-	-	0,43	-
		0,01	0,1			0,01	
4.	Ионные потенциалы	-0,60	-0,64	-0,67	-	-0,47	-
		0,001	0,001	0,001		0,05	
5.	Энергия гидратации	-	-	-0,45	-0,36	-0,31	
				0,001	0,05	0,1	
6.	Потенциал первичной ионизации	0,54	0,52	0,47	-	0,30	0,25
		0,001	0,001	0,001		0,05	0,1
7.	Значение электроотрицательности	-0,27	-	-	-	-	-
		0,1					
8.	Работа выхода электрона	-0,27	-	-	-	-	-
		0,1					
9.	Температура кипения	-0,59	-0,40	-0,40	-0,34	-0,30	-
		0,001	0,001	0,001	0,02	0,05	
10.	Температура плавления	-0,37	-	-0,29	-0,35	-	-
		0,001		0,01	0,01		
11.	Относительная плотность	-0,34	-	-0,31	-	-	-
		0,01		0,02			
12.	Сравнительная твердость	-0,35	-0,59	-0,59	-0,38	-0,80	-
		0,01	0,001	0,001	0,02	0,001	
13.	Теплопроводность	-	0,30	0,30	-	0,42	-
			0,1	0,1		0,05	
14.	Электропроводность	-	0,35	0,40	-	0,50	0,47
			0,05	0,05		0,02	0,02
15.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	-0,37	-0,34	-	-0,52	-
			0,1	0,1		0,01	
16.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-0,40	-0,34	-0,39	-	-0,72	-
		0,01	0,05	0,02		0,01	

Таблица 7.6.1 Корреляционные связи между всасыванием химических элементов из желудочно-кишечного тракта, % от ежедневно поступающей порции и их физико-химическими константами

Ранее было показано, что величина этих и некоторых других биологических процессов определяется (для ограниченной группы элементов) такими свойствами элементов как радиус иона, энергия гидратации. Там же было показано, что эти биологические процессы носят периодический характер относительно атомного номера (для содержания элементов в печени, почках, скелете, периода биологического полувыведения – только для представителей s-, d-, f- семейств элементов), причем периодичность эта определяется периодическим характером застройки электронных орбит. Естественно поэтому дальнейшее углубление исследований: сопоставление выше указанных биологических процессов не с одной-двумя константами элементов, а с целым рядом их, причем не с ограниченной группой элементов – 15-20, а с выборкой, приближающейся к генеральной, и составляющей 50-80 % от максимально возможных данных.

В таблице 7.6.1 представлены корреляционные связи между всасыванием элементов из желудочно-кишечного тракта с рядом их физических, физико-химических, химических констант. Как видно корреляционные связи между всасыванием элементов и молекулярным весом, радиусом атома, ионными потенциалами, энергией гидратации, значением электроотрицательности, работой выхода электрона, температурой кипения, плавления, относительной плотностью, сравнительной твердостью, константами стабильности гидрокомплексов, комплексов с ЭДТА обратные, отрицательные. То есть чем больше численные значения выше указанных констант, тем меньшие количества элементов поступают из окружающей среды в организм, тем большие количества их проходят через желудочно-кишечный тракт человека транзитом. Положительные корреляционные связи обнаруживаются с радиусом иона, потенциалом первичной ионизации, физическими константами – тепло- и электропроводностью элементов. Размеры коэффициентов корреляции указывают в основном на среднюю степень тесноты связи. Так коэффициенты корреляции между величиной всасывания элементов и молекулярным весом, r_3 - r_6 , равны соответственно -0,37 ($p < 0,001$), -0,39 ($p < 0,01$), -0,53 ($p < 0,001$), -0,28 ($p < 0,05$). С радиусами атомов корреляционные связи практически отсутствуют, величина коэффициента корреляции $r_3 = -0,25$ ($p < 0,05$) указывает на слабую связь. С радиусами ионов коэффициенты корреляций равны $r_1 = 0,36$ ($p < 0,01$), $r_2 = 0,26$ ($p < 0,1$), $r_5 = 0,43$ ($p < 0,01$). С ионными потенциалами $r_1 = -0,60$, $r_2 = -0,64$, $r_3 = -0,67$, r_1 - $r_3 < 0,001$, с энергией гидратации – $r_3 = -0,45$ ($p < 0,001$), $r_4 = -0,36$ ($p < 0,05$), $r_5 = -0,31$ ($p < 0,1$), с потенциалом первичной ионизации $r_1 = 0,54$, $r_2 = 0,52$, $r_3 = 0,47$, при $p < 0,001$, $r_5 = 0,30$ ($p < 0,05$) и $r_6 = 0,25$ ($p < 0,1$) и т.д. выделить ведущие, основные константы, определяющие величину всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта довольно трудно, и все же, учитывая как частоту проявления корреляционных связей при шести вариантах сопоставлений, так и размеры коэффициентов корреляции, их уровень значимости, следует отметить, что относительно большее значение в процессе всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта имеют ионные потенциалы, потенциал первичной ионизации, температура кипения, сравнительная твердость – $r_5 = -0,80$ (при $p < 0,001$), константы стабильности комплексов с ЭДТА $r_5 = -0,72$ ($p < 0,01$).

Как видно из характера корреляционных связей между величиной всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта и рядом физических, физико-химических констант, в организм поступают в большей степени те элементы, которые образуют менее прочные комплексные соединения, легко отдают, или присоединяют валентные электроны. Корреляция между всасыванием элементов из желудочно-кишечного тракта и потенциалом первичной ионизации должна быть не прямой, а обратной, но дело в том, что р-элементы не отдают, а присоединяют электроны и тем интенсивнее, чем больше необходима энергия для его отрыва от атома, следовательно, с ростом потенциала первичной ионизации всасывание р-элементов (анионов) должно увеличиваться. Объяснять причину увеличения всасывания d-элементов с ростом первичного потенциала вероятно можно тем, что всасываются они не в виде ионов, а в виде может быть малых комплексов.

В целом же всасывание элементов из желудочно-кишечного тракта – это пассивный (как это ни странно) процесс. Это вовсе не отрицает, что всасывание отдельных элементов может происходить с помощью специфических переносчиков.

Общее содержание элементов в организме, их удержание определяется не барьером (барьерами), разделяющим внешнюю и внутреннюю среды, а тканями и органами. Так коэффициенты корреляции (таблица 7.6.2) между содержанием элементов в печени, % от содержания в организме, с физическими, физико-химическими и химическими константами имеют обратный характер, то есть указывают на положительные, прямые связи, в то время как между всасыванием элементов из желудочно-кишечного тракта и теми же константами связи обратные, отрицательные.

№ п/п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	-	-	0,30	0,27
						0,05	0,1
2.	Радиус атома	-0,21	-0,29	-0,28	-0,28	-0,40	-0,37
		0,1	0,02	0,05	0,05	0,01	0,01
3.	Энергия гидратации	-	0,31	0,29	-	0,31	-
			0,05	0,1		0,1	
4.	Потенциал первичной ионизации	-	-	-	0,32	0,34	0,33
					0,02	0,01	0,02
5.	Значение электроотрицательности	-	0,38	0,38	-	0,41	0,42
			0,01	0,01		0,01	0,01
6.	Сродство к электрону	-	-		0,70	0,70	0,71
					0,01	0,01	0,01
7.	Работа выхода электрона	-	0,27	0,27		0,31	0,31
			0,05	0,05		0,05	0,05
8.	Температура кипения	0,30	-	-	0,32	0,42	0,38
		0,01			0,02	0,001	0,01
9.	Температура плавления	0,23	0,24	-	0,24	0,25	-
		0,1	0,1		0,1	0,1	
10.	Относительная плотность	0,28	0,39	0,44	0,28	0,41	0,47
		0,02	0,001	0,001	0,05	0,001	0,001
11.	Константы стабильности гидрокомплексов	-	0,35	0,43	-	-	0,42
			0,1	0,05			0,05
12.	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	0,45	0,36	-	-	-
			0,01	0,05			

Таблица 7.6.2 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в печени, % от содержания в организме и их физико-химическими константами

Так чем больше молекулярный вес элементов, тем больше в относительных единицах их содержится в печени или чем больше энергетические характеристики элементов – энергия гидратация, потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, тем так же больше их относительное количество в печени. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции указывают в большинстве своем на среднюю степень тесноты связи между содержанием элементов в печени, % от содержания в

организме, и целым рядом физических, физико-химических их свойств (таблица 7.6.2). Особую роль в связывании элементов тканью печени, в формировании ее элементарного состава, играет такое свойство элементов как сродство к электрону. Коэффициенты корреляции в этом случае равны $r_4 = 0,70$, $r_5 = 0,70$, $r_6 = 0,71$, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,01.

№ п/п	Константы	r_1/p_1 n	r_2/p_2 n	r_3/p_3 n	r_4/p_4 n	r_5/p_5 n	r_6/p_6 n
1	Молекулярный вес	—	0,31/0,01 66	0,38/0,001 66	0,32/0,02 49	0,43/0,001 48	0,40/0,01 49
2	Радиус атома	—	—	-0,28/0,05 62	—	-0,46/0,001 48	-0,44/0,001 48
3	Потенциал первичной ионизации	0,29/0,02 64	0,24/0,05 64	0,28/0,05 64	0,53/0,001 47	0,50/0,001 47	0,48/0,001 47
4	Значение электроотрицательности	0,38/0,01 48	0,61/0,001 48	0,61/0,001 48	0,40/0,001 34	0,70/0,001 34	0,68/0,001 34
5	Сродство к электрону	—	—	—	—	0,90/0,02 9	0,70/0,05 9
6	Работа выхода электрона	0,40/0,001 53	0,52/0,001 53	0,50/0,001 53	0,45/0,001 39	0,60/0,001 39	0,55/0,001 39
7	Температура кипения	—	—	—	0,33/0,02 48	0,53/0,001 48	0,49/0,001 48
8	Температура плавления	—	0,30/0,02 61	—	—	0,40/0,01 49	—
9	Относительная плотность	0,39/0,001 62	0,58/0,001 62	0,60/0,001 62	0,47/0,001/49	0,63/0,001 49	0,69/0,001 49
10	Сравнительная твердость	—	—	0,34/0,05 48	—	0,40/0,01 46	0,43/0,01 36
11	Константы стабильности гидрокомплексов, рК	—	0,60/0,001 28	0,63/0,001 28	—	0,60/0,001 23	0,59/0,01 23
12	Константы стабильности комплексов с ЭДТА, рК	—	0,56/0,001 35	0,45/0,01 35	0,68/0,01 11	—	—

Таблица 7.6.3 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в почках, % от содержания в организме и их физико-химическими константами

Как и содержание элементов в печени, содержание элементов в почках, % от содержания в организме, связано с теми же физическими и физико-химическими константами элементов (таблица 7.6.3). Дополнительно обнаруживаются корреляционные связи с радиусом иона, $r_5 = -0,31$, при $p < 0,1$, со сравнительной твердостью, коэффициенты корреляции в этом случае положительные, нелинейные, средней степени тесноты связи, при уровнях значимости от 0,1 до 0,01. Характер корреляционных связей между относительным содержанием элементов в почках, также как и для печени, с физическими, физико-химическими константами обратный, корреляционным связям одежду всасыванием элементов из желудочно-кишечного тракта и теми же физическими и физико-химическими свойствами элементов. Так между относительным содержанием элементов в почках и молекулярным весом, энергией гидратации, потенциалом первичной ионизации, значением электроотрицательности и т. д. (таблица 7.6.3) корреляционные связи прямые положительные. Абсолютные значения коэффициентом корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи, но, в общем, для относительного содержания элементов в почках выше, чем для относительного содержания их в печени, при сопоставлении их с теми же физическими и физико-химическими константами. Ведущую роль в фиксации элементов в почечной ткани играют такие константы элементов – как потенциал первичной ионизации, значение вне электроотрицательно ста, сродство и электрону, работа выхода электрона, относительная плотность, константа стабильности гидрокомплексов. Так

коэффициенты корреляции между относительным содержанием элементов в почках и потенциалом первичной ионизации (только для металлов, без р-элементов, в случае сопоставления всех без исключения элементов – корреляционные связи слабые), r_4 - r_6 , равны соответственно 0,53, 0,50, 0,48, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Коэффициенты корреляции между относительным содержанием элементов в почках и значением электроотрицательности равны $r_1 = 0,38$ ($p < 0,01$), $r_2 = 0,61$, $r_3 = 0,61$, $r_4 = 0,40$, $r_5 = 0,70$, $r_6 = 0,68$, при уровнях значимости p_2 - p_6 меньше 0,001. Корреляционные связи между указанными величинами носят нелинейный характер, так как коэффициенты корреляции выше в том случае, если относительное содержание элементов в почках было выражено в десятичных или натуральных логарифмах, причем как для всех без исключения элементов, так и только для металлов (без р-металлов). Коэффициенты корреляции между относительным содержанием металлов в почках и сродством к электрону равны $r_5 = 0,90$ ($p < 0,02$), $r_6 = 0,70$ ($p < 0,05$), то есть указывают на нелинейную, сильную степень связи, правда при относительно невысокой их достоверности – небольшое количество сопоставляемых пар (см. соответствующие таблицы приложения). Коэффициенты корреляции с работой выхода электрона варьируют в пределах от 0,40 до 0,60, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Определенную роль в формировании элементарного состава почек, собственно как и печени, имеет такое свойство элементов, как их относительная плотность. Чем большей относительной плотностью обладают элементы, тем относительно больше их содержится как в печени, так и в почках. Причем, как и в случае печени, относительное содержание элементов в почках нелинейно коррелирует с этой константой. Так коэффициенты корреляции между относительным содержанием элементов в почках и относительной плотностью для элементов в целом r_2 в r_3 больше чем r_1 , и равны соответственно 0,58, 0,60 и 0,39, только для металлов, r_5 и r_6 больше и равны соответственно 0,63, 0,64 и 0,47, при уровнях значимости во всех случаях меньше 0,001. Корреляционные связи между относительным содержанием элементов в почках и сравнительной твердостью также нелинейные, их абсолютные численные значения указывают на среднюю степень тесноты связи между этими объектами, при уровнях значимости от 0,05 до 0,01, для r_3 , r_5 , r_6 .

Определенную роль в формировании элементарного состава почек имеет способность элементов образовывать прочные комплексные соединения. Так коэффициенты корреляции между константами стабильности гидрокомплексов и относительным содержанием элементов в почках равны $r_1 = 0,34$ ($p < 0,1$), $r_2 = 0,60$ ($p < 0,001$), $r_3 = 0,63$ ($p < 0,001$), $r_5 = 0,60$ ($p < 0,01$), $r_6 = 0,59$ ($p < 0,01$), с константами стабильности комплексов с ЭДТА равны – $r_1 = 0,28$ ($p < 0,1$), $r_2 = 0,56$ ($p < 0,001$), $r_3 = 0,45$ ($p < 0,01$), $r_4 = 0,68$ ($p < 0,001$).

Элементарный состав скелета формируется при помощи процессов качественно отличных от процессов, участвующих в формировании элементарного состава паренхиматозных органов – печени и почек (таблица 7.6.4). Так если между элементарным составом скелета, % от содержания в организме, и молекулярным весом (только для металлов, без р-металлов) существуют прямые, положительные связи, такого же типа связи наблюдаются для печени и почек, то с радиусом атома корреляционные связи для скелета и печени, почек противоположные.

Для скелета – прямые, положительные, а для печени и почек – отрицательные. И далее, для относительного содержания элементов в скелете, в зависимости от сопоставляемых констант, обнаруживаются то положительные – радиус иона, энергия гидратации, температура плавления, сравнительная твердость, константы стабильности комплексов с ЭДТА, то отрицательные корреляционные связи – потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, сродство к электрону, работа выхода электрона, теплопроводность, электропроводность, константы стабильности комплексов цитратов. Для печени и почек, если и наблюдаются корреляционные связи с этими константами, то только положительные. Большую роль в задержке элементов в скелете имеет энергия гидратации. Коэффициенты корреляции между относительным содержанием элементов в скелете и энергией гидратации нелинейные, указывают на среднюю тесноту связи и равны $r_3 = 0,43$ ($p < 0,01$), $r_6 = 0,60$ ($p < 0,001$).

№ п/ п	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1.	Молекулярный вес	-	-	-	0,39 0,01	0,40 0,01	0,28 0,1
2.	Радиус атома	0,24 0,1	-	0,24 0,1	-	0,51 0,001	-
3.	Радиус иона	-	-	-	-	0,34 0,1	-
4.	Ионные потенциалы	-	-	-	-	-	0,46 0,05
5.	Энергия гидратации	-	-	0,43 0,01	-	-	0,60 0,001
6.	Потенциал первичной ионизации	-0,30 0,02	-0,30 0,02	-0,22 0,1	-	-0,50 0,001	-
7.	Значение электроотрицательности	-	-	-	-	-0,50 0,01	-
8.	Сродство к электрону	-0,46 0,02	-		-	-	-
9.	Работа выхода электрона	-	-	-	-	-0,43 0,01	-
10	Температура плавления	-	-	0,27 0,05	-	-0,30 0,1	0,29 0,05
11	Относительная плотность	-	-	-	-	-0,30 0,1	-
12	Сравнительная твердость	0,40 0,01	0,35 0,01	0,36 0,02	0,57 0,001	-	0,61 0,001
13	Теплопроводность	-0,44 0,01	-0,38 0,05		-0,55 0,01	-	-0,60 0,01
14	Электропроводность	-0,40 0,02	-0,40 0,05		-0,55 0,01	-	-0,59 0,01
15	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	-	-	-	-	0,53 0,1	-
16	Константы стабильности комплексов цитратов	-0,65 0,01	-0,84 0,001	-0,77 0,01	-0,66 0,02	-	-0,83 0,01

Таблица 7.6.4 Корреляционные связи между содержанием химических элементов в скелете, % от содержания в организме и их физико-химическими константами

Скелет строится из элементов, обладающих высокой сравнительной твердостью, так коэффициенты корреляции с этой константой, r_1 - r_6 , за исключением r_5 — где корреляция от-

сутствует, равны соответственно 0,40 ($p < 0,01$), 0,35 ($p < 0,01$), 0,36 ($p < 0,02$), 0,57 ($p < 0,001$), 0,61 ($p < 0,001$).

Элементы, преимущественно входящие в состав скелета обладают низкой тепло- и электропроводностью. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции с тепло- и электропроводностью элементов указывают на среднюю степень тесноты связи, с уровнями значимости 0,05-0,01. Ведущую роль в формировании элементарного состава скелета имеет прочность комплексов с цитратами. Известно, что цитраты являются транспортными агентами элементов из крови в скелет. Поступив в скелет комплексы химических элементов с цитратами расщепляются, и химические элементы оседают в скелете. Поэтому коэффициенты корреляции между показателями содержания химических элементов в скелете и константами стабильности комплексов цитратов отрицательные и равны $r_1 = -0,65$ ($p < 0,01$), $r_2 = -0,84$ ($p < 0,001$), $r_3 = -0,77$ ($p < 0,01$), $r_4 = -0,66$ ($p < 0,02$), $r_6 = -0,83$ ($p < 0,01$).

№	Константы	$\frac{r_1}{p_1}$	$\frac{r_2}{p_2}$	$\frac{r_3}{p_3}$	$\frac{r_4}{p_4}$	$\frac{r_5}{p_5}$	$\frac{r_6}{p_6}$
1	Радиус атома	$\frac{0,25}{0,05}^{71}$	$\frac{0,31}{0,01}^{71}$	$\frac{0,29}{0,02}^{71}$	-	$\frac{0,35}{0,01}^{54}$	$\frac{0,34}{0,01}^{54}$
2	Энергия гидратации	-	-	-	-	-	$\frac{0,56}{0,001}^{33}$
3	Потенциал первичной ионизации	-	-	$\frac{-0,23}{0,05}^{77}$	-	$\frac{-0,32}{0,02}^{53}$	-
4	Значение электроотрицательности	$\frac{-0,32}{0,02}^{50}$	$\frac{-0,40}{0,001}^{50}$	$\frac{-0,36}{0,01}^{50}$	-	$\frac{-0,40}{0,01}^{36}$	-
5	Работа выхода электрона	$\frac{-0,23}{0,05}^{56}$	$\frac{-0,32}{0,01}^{56}$	$\frac{-0,28}{0,05}^{55}$	-	-	-
6	Температура кипения	-	-	-	-	$\frac{-0,30}{0,05}^{54}$	-
7	Температура плавления	-	-	$\frac{0,54}{0,001}^{67}$	-	-	-
8	Относительная плотность	$\frac{-0,23}{0,05}^{68}$	$\frac{-0,30}{0,01}^{68}$	-	$\frac{-0,26}{0,05}^{54}$	$\frac{-0,40}{0,001}^{54}$	-
9	Теплопроводность	-	-	-	$\frac{-0,40}{0,05}^{31}$	-	$\frac{-0,50}{0,01}^{31}$
10	Электропроводность	-	-	-	-	-	$\frac{-0,43}{0,02}^{30}$

Таблица 7.6.5 Корреляционные связи между периодом биологического полувыведения химических элементов из организма, дни, и их физико-химическими константами

Период биологического полувыведения тем больше, чем больше радиусы атомов. В организме дольше задерживаются те элементы, у которых меньше потенциал первичной ионизации, значение электроотрицательности, работа выхода электрона, относительная плотность, теплопроводность, электропроводность (таблица 7.6.5). Это относится как к элементам в целом, так и только к металлам (без р-металлов). Коэффициенты корреляции между периодом биологического полувыведения элементов и этими константами отрицательные, размеры коэффициентов корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи. Характер корреляционных связей между физическими, физико-химическими, химическими свойствами элементов и периодом их биологического полувыведения сходен в общих чертах с характером корреляционных связей между относительным содержанием элементов в скелете и теми же физическими и физико-химическими константами.

Таким образом, обнаружены корреляционные связи между различными суммами сил, процессов, участвующих в дифференциации элементов во Вселенной (в пределах доступного

исследованию): формированию элементарного состава метеоритов, геосфер Земли, живого вещества, «стандартного» человека, отдельных процессов, происходящих внутри такой системы, как «стандартный» человек и целым рядом физических, физико-химических, химических констант элементов. Вид корреляционных связей, положительные или отрицательные, их абсолютные численные значения, а также набор констант, с которыми наблюдаются корреляционные связи, являются специфическим признаком изучаемой системы и в каждом конкретном случае имеют сугубо индивидуальный характер. Перенос элементов осуществляется с помощью сумм в основном физико-химических и химических реакций, действие физических факторов имеет меньшее значение, во всяком случае, в пределах изученного, так как абсолютные численные значения коэффициентов корреляции с физическими константами – температура кипения, плавления, относительная плотность, сравнительная твердость, теплопроводность, электропроводность, в общем меньше, чем с физико-химическими константами.

В природе существует два качественно различных энергетических фактора, один из них относительно равномерно распределен и определяется способностью элементов вступать во взаимодействуя друг с другом, в различного рода физико-химические реакции. Второй заключен, локализован внутри живого, воспроизводится вместе с его воспроизведением и действует на фоне первого. Действие второго фактора приводит к активному перераспределению, миграции элементов, как во внешней среде, так и внутри этой системы. Результаты действия этих двух факторов определяются закономерностями застройки электронных орбит элементов, связанными с относительно монотонными изменениям в ядрах атомов (последовательное увеличение числа протонов). Независимо от локализация энергии, свойство (способность) элементов к перемещению (в фиксации, поддержанию определенного уровня, концентраций) в сложных (любых) системах (например, образования Космоса – метеориты, геосферы Земли, живое вещество, «стандартный» человек, системы, органы, ткани) можно выразить количественно в виде периодических кривых (в связи) подобно периодичности (-ью) застройки орбит элементов электронами, простым свойствам элементов – радиус атома, иона, потенциал первичной ионизации и т.п.

Первичная распространенность элементов, результат ядерно-физических процессов, представляет собой с точки зрения физикохимии неравновесную систему. То есть последующее распределение или точнее перераспределение и связанная с ним дифференциация, является обязательным атрибутом химических элементов. Ядерно-физические процессы дают системе определенную потенциальную энергию (химические элементы в системе образования распределены по отношению друг к другу без учета их физико-химических свойств), которая затем неизбежно переходит в кинетическую, выражаясь в последующем перераспределении химических элементов (вещества), выделении определенных физико-химических систем (космические образования, метеориты, Земля и ее геосфера, живое вещество и т.д.). То есть импульс к перемещению различного рода комбинационным сочетаниям химических элементов и последующему выделению качественно разнородных систем заложен в момент их образования. В принципе, исходя из таких позиций, любая вновь образованная система должна со временем прийти в состояние равновесия, так как химические элементы, в конце концов, распределяются по отношению друг к другу с учетом своих физико-химических свойств. Но следует учитывать еще три фактора: первый – едва ли химические элементы остаются неизменными, то есть энергия и масса как элементов в целом, так и их составляющих, должны изменяться со временем, следовательно, должны меняться к их свойства, второй – химические элементы подвергаются радиоактивному распаду, может быть первой и второй факторы это одно и то же (Вернадский В.И.), третий – химические элементы, исходя из своих миграционно-комбинационных свойств, могут локализовать источник энергии внутри ограниченной системы, воспроизводить его постоянно и активно перемещать элементы как внутри ограниченной системы, так и во внешней, окружающей среде. Третий фактор может безгранично долго сменять окружающую среду.

Глава 8 Выведение и баланс химических элементов в организме

8.1 Химический элементарный состав почек

Почки – это парный орган, каждая почка имеет форму боба. Правая почка обычно немного меньше, чем левая. Масса обеих почек новорожденных равна 21,5-24,1 г возрастает в постнатальный период к 22-40 годам и равна у женщин 275,4 г, у мужчин – 310,2 г. Объем почки взрослого человека равен 149 (112-182) мл. «У человека весом около 70 кг масса почки равна приблизительно 150 г, то есть масса обеих почек менее 0,43 % массы тела» (Наточин, Ю.В., 1982А, с. 16). Объем левой почки больше правой на 10-25 мл. Вещество почки состоит из корковой и мозговой частей. Соотношение каждой из частей следующее: корковый слой – примерно 70 % (периферическая часть – 64 %, почечные колонки – 6 %); мозговой слой – 25 %, собирательная система – 5 %.

Клетки всех почечных канальцев (нефрона, собирательных трубок и т.д.) имеют цилиндрический объем. Среднее значение общего объема этих клеток равно $93,7 \text{ мл} \pm 14,3 \text{ мл}$ (σ). Межуточный объем представляет собой все ткани за исключением тех, клетки которых имеют цилиндрический объем. Среднее значение межуточного объема почки равно $27,4 \text{ мл} \pm 6,2 \text{ мл}$ (σ). Внеклеточный объем почки включает в себя межуточный объем, а также ультрафильтрат в канальцах и кровь в сосудах. Среднее значение внеклеточного объема равно $48,8 \pm 9 \text{ мл}$ (σ).

Почка взрослого человека на 70,6-81 % состоит из воды. Количество белков в почках равно 17 (14,7-19,3) мас. %, жиров – 5 (1,8-7,2) мас. % сырой ткани. Содержание ДНК-протеида равно 0,011-0,012 мас. %, РНК-протеида – 0,014-0,015 мас. % сырой ткани.

Все эти и другие данные приводятся в Публикации № 23 МКРЗ (1977). В 50-х годах МКРЗ (1961) ввело понятие «стандартный», а несколько позже в 1977 году понятие «условный» человек. Под термином «условный» или «стандартный» человек подразумевается человек в возрасте 20-30 лет, весом 70 кг. Для того чтобы значения концентраций или содержания химических элементов в системах, органах, тканях были сопоставимы, и было введено понятие условный, стандартный или средний человек.

Химический элементарный состав почек относительно хорошо изучен (МКРЗ, 1961, 1977; Москалев, Ю.И., 1985 и т.д.). Показатели поступления, распределения и выведения химических элементов основываются на экспериментальных данных многих тысяч работ. Например, биологические показатели только МКРЗ (Публикация 2, 1961) – это результат работы многих тысяч ученых и научных центров, библиография этих биологических данных насчитывает порядка 1700 работ (Health. Phys., 1959, № 3). Методы определения химических элементов были самыми разными: атомно-адсорбционный, колориметрический, масс-спектрометрический, нейтронно-активационный, пламенно-спектрометрический, рентгено-флуорисцентный, радиохимический, спектрографический, спектрофотометрический, флуориметрический, химический (МКРЗ, 1961; 1977).

В качестве представительной величины химических элементов в органах и тканях условного человека приводится медиана, а для характеристики их вариабельности – $10^{\text{й}}$ и $90^{\text{й}}$ перцентили (80 % интервал). Если перед величиной медианы стоит знак < (менее чем), это значит, что с помощью, использованной в исследовании, методики не удалось обнаружить этот элемент более чем в половине получаемых органов и тканей. Если этот знак стоит перед нижней границей 80 % интервала, то этот элемент не был обнаружен более чем в 10 % отдельных исследованных образцах. Если он стоит перед верхней границей данного интервала, это свидетельствует о том, что элемент не могли обнаружить более чем в 90 % образцов. Если элемент не был найден ни в одном из исследованных образцов органов или тканей в скобках указывается предел чувствительности, перед которым ставится знак <.

Иногда требуемая величина выбиралась из середины статистической совокупности значений, составленных на основании данных разных авторов, и использовалась для вычисления содержания элемента в органе или ткани. Иногда это результат только одного

измерения. В таком случае 80% интервал не приводится. Для таких элементов как Al, Ba, Bi, Fe, Au, Cd, K, Ca, Co, Li, Mg, Mn, Cu, Mo, Ni, Sn, Rb, Pb, Ag, Sr, Ti, P, Cr, Cs, Zn, в Публикации 23 МКРЗ (1977) приведен 80 % интервал.

При вычислении общего содержания химического элемента во всем теле проводилось суммирование величин, характеризующих содержание этого химического элемента в отдельных органах и тканях тела человека. Общее содержание большинства наиболее часто встречающихся химических элементов во всем теле стремились оценивать, как правило, на основании данных не менее чем для 90 % всего тела человека с учетом природы органов или тканей, для которых отсутствует информация о содержании данного химического элемента. Когда концентрация химического элемента в скелете неизвестна, величина содержания химического элемента во всем теле не приводится.

Величины содержания химического элементов в граммах во всем организме, тканях и органах колеблются от 10^4 до 10^{-15} г. Причем показатели от химического элемента к химическому элементу изменяются в несколько раз.

В анализе использовали показатели содержания химических элементов в организме условного человека и в почках. Это данные МКРЗ (1961), таблицы 6, 7, 8 и 12 и МКРЗ, публикация № 23 (1977), таблицы 106, 107, 165, 168, Приложение 1, а также данные Ю.И. Москалева (1985).

Для этого показатели среднего содержания химических элементов в организме условного человека, разрозненные значения в содержании химических элементов в организме человека, выраженные в различных единицах ($\mu\text{г/г}$, г/г , г/тело человека) выразили в количестве граммов на все тело. Вес условного человека равен 70 кг (МКРЗ, 1961). Все найденные в литературе показатели помещены в таблицу периодической системы длинной (развернутой) формы. В ней химические элементы помещены в ячейки (клетки) слева направо и сверху вниз по основному показателю порядковому номеру – Z (число протонов) в порядке его уменьшения. В верхней части ячейки представлен символ химического элемента, Z. В средней части, приблизительное количество этого элемента в организме условного человека в граммах, в натуральных числах. Ниже, в третьей (нижней) строчке ячейки – приблизительное количество химического элемента в организме условного человека в граммах, переведенных в десятичные логарифмы (Соков, Л.А., 2006, с. 36, таблица 4). Показатели содержания для химических элементов F, Si, Se, Br, Te, Cs, Hg – это данные только на мягкие ткани (70 кг – 10 кг вес скелета условного человека = 60 кг), без учета их содержания в скелете и зубах. В дальнейшем эти показатели были использованы при расчетах содержания химических элементов в почках, % от содержания в организме человека.

Проанализирован и изучен химический элементарный состав почек (2) условного человека в граммах на орган. Численные значения содержания химических элементов пересчитаны с г/г влажной ткани почек на весь орган (2 почки), вес которого равен 300-310 г (МКРЗ, Публикация 2 и 23). Вес почек определяется весом входящих в него основных органообразующих элементов: O, C, N, H и в меньшей степени P, S, Na, K, Cl, Mg, Ca, Fe, Zn. Вклад остальных химических элементов в массу почек составляет несколько миллиграмм (Соков, Л.А., 2006, с. 37, таблица 5). Используя показатели среднего химического элементарного состава организма взрослого человека, химического элементарного состава почек рассчитали показатели содержания химических элементов в почках, % от содержания в организме (Соков, Л.А., 2006, с. 38, таблица 6).

Почки составляют 0,43-0,44 % от веса тела условного человека (МКРЗ, Публикация 2 и 23). При условии равномерного распределения химических элементов в организме человека содержание каждого химического элемента в почках, должно быть в пределах 0,43-0,44 % от их содержания в организме.

Исходя из проделанной работы, по степени концентрации в почках все химические элементы периодической системы можно разделить на следующие группы:

1) концентрация химических элементов в почках не превышает 0,5 % от содержания в организме:

s-элементы – H, Li, Na, K, Pb, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra;

d-элементы – Ti, Cr, Ni;

p-элементы – B, C, N, O, F, Al, P, Sn, Sb, I;

f-элементы – нет;

2) концентрация химических элементов находится в пределах от 0,6 % до 5 % от содержания в организме:

s-элементы – Cs, Be;

d-элементы – Sc, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ag, La, Hf, Ta;

p-элементы – Cl, Ga, As, Se, Br, In, Pb;

f-элементы – Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Tb, Ho, Er, Tm, Th, Np, Pu, Am, Cm;

3) концентрация химических элементов в почках находится в пределах от 6 % до 10 % от содержания в организме:

s-элементы – нет;

d-элементы – V, Ru, Rh, Au;

p-элементы – Tl;

f-элементы – Eu, U;

4) концентрация химических элементов в почках превышает 10 % от их содержания в организме:

s-элементы – нет;

d-элементы – Tc – 20 %, Pd – 48 %, Cd – 15 %, Os – 13 %, Ir – 11 %, Pt – 25 %, Hg – 50 %;

p-элементы – Ge – 36 %, Te – 14 %, Bi – 36 %, Po – 16 %;

f-элементы – нет.

Химические элементы, представленные в группах 2-4, являются, очевидно, основными нефротропными химическими элементами. Степень концентрации химических элементов в почках (по сравнению с организмом в целом) от 2 до 100 и более раз по группам 2-4 косвенно указывает на их участие в интимных биохимических, биоорганических процессах, происходящих в почках, которые и определяют их биологическую значимость.

Обращает на себя внимание закономерное увеличение содержания в почках химических элементов внутри отдельных подгрупп сверху вниз с увеличением атомного номера:

IVБ подгруппа – титан < цирконий > гафний;

VB подгруппа – ванадий > ниобий < тантал;

VIБ и VIIБ подгруппы – для представителей 4 и 5 периодов: хром < молибден; марганец < технеций;

VIIIБ подгруппы – железо < рутений < осмий;

кобальт < родий < иридий;

никель < палладий > платина;

и IB, IIB подгруппы – медь < серебро < золото;

цинк < кадмий < ртуть.

То есть, чем больше атомный номер химического элемента d-семейства по подгруппам сверху вниз, тем больше химические элементы концентрируются тканями почек, за некоторыми исключениями. Так в VIБ подгруппе ванадий концентрируется почками в большей степени, чем ниобий, в IVБ подгруппе не подходит под это правило соотношение пары элементов цирконий – гафний, в VIIIБ подгруппе исключением из этого правила является соотношение концентраций в почках палладий – платина.

Несмотря на общее закономерное увеличение содержания химических элементов d-блока в почках слева направо с увеличением атомного номера по периодам (5, 6, 7), поведение химических элементов d-блока отдельных периодов своеобразно.

Так, концентрация в почках химических элементов d-блока 4 периода отлична от характера концентрации в почках химических элементов d-блока 5 и 6 периодов.

Концентрации в почках химических элементов 4 периода колеблется в относительно широком интервале, примерно в пределах одного порядка (от 0,3 % от содержания в условном

человеке для Ti, до 7 % для V). Причем концентрации химических элементов d-блока 4 периода, обладающих нечетным атомным номером – ^{23}V , ^{25}Mn , ^{27}Co , ^{29}Cu , выше, чем с четным атомным номером – ^{22}Ti , ^{24}Cr , ^{26}Fe , ^{28}Ni , ^{30}Zn .

Какого-либо закономерного увеличения или уменьшения концентрации химических элементов d-блока 4 периода в почках с увеличением числа протонов (атомного номера слева направо) в ядрах атомов не наблюдается.

Общее закономерное увеличение содержания в почках химических элементов d-семейства 4, 5, 6 периодов с увеличением атомного номера по периодам слева направо определяется закономерным увеличением содержания в почках химических элементов d-блока 5-6 периодов.

Концентрация химических элементов f-семейства достаточно ровна и в среднем $\approx 3,1$ % от содержания в организме условного человека (находится в интервале от 1 до 7 %) и относится по степени концентрации ко 2-3 группам.

Как и чем объяснить большую концентрацию в почках от 1,5 до 11-12 раз по сравнению с организмом таких химических элементов как: s-элементы – Cs, Be; d-элементы – Sc, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Zr, Nb, Mo, Ag, La, Hf, Ta; p-элементы – Cl, Ga, As, Se, Br, In, Pb; f-элементы – Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Tb, Ho, Er, Tm, Th, Np, Pu, Am, Cm (эти нефротропные химические элементы относятся, согласно предложенной выше классификации, к элементам 2 группы)?

Можно объяснить, что Cl, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Se, Br относятся к незаменимым, эссенциальным химическим элементам. Они имеют право концентрироваться в силу жизненной необходимости в тех или иных тканях, органах (в данном случае в почках), а остальные 27 химических элементов концентрируются в почечной ткани в 1,5-11,5 раз случайно, как примеси?

А как объяснить (3 группа нефротропов), что такие металлы как d-элементы – V, Ru, Rh, Au; p-элементы – Tl; f-элементы – Eu и U концентрируются в почечной ткани в 13-27 раз больше, чем в среднем по организму? Из этой группы химических элементов эссенциальным является только ванадий. А остальные шесть (Ru, Rh, Au, Tl, Eu, U) химических элементов так же случайно в виде очередных примесей оказались в почечной ткани?

А что же можно сказать о нефротропных элементах, относящихся по степени концентрации к 4 группе? Это металлы, относящиеся к d- и p-элементам, наиболее активные в химическом отношении. Так Tc (вероятно представлен на планете $\sim 3 \cdot 10^{-13}$ г Tc/г урановой смолки) концентрируется в почечной ткани в 45,5 раз. Pd, состоящий из смеси 6 устойчивых изотопов, причем основную часть элемента составляет смесь трех его изотопов ^{105}Pd (22,8 %), ^{106}Pd (27,2 %), ^{108}Pd (26,8 %), концентрируется почечной тканью в 109 раз. Cd представлен на планете смесью восьми природных изотопов с массовыми числами от 106 до 116, наиболее распространенные в смеси ^{112}Cd (24,07 %), ^{114}Cd (28,86 %), причем два изотопа кадмия в этой смеси ^{106}Cd и ^{116}Cd , возможно являются радиоактивными (таблицы 2.1.1 и 2.1.2), концентрируется в почках в 34 раза. Os имеет семь устойчивых изотопов с массовыми числами от 184 до 192, причем наибольший удельный вклад в смесь изотопов осмия вносит ^{192}Os – 41 % от смеси, есть и 8 природный, вторичный неустойчивый изотоп осмия – ^{187}Os $T_{1/2} = 3 \cdot 10^{10}$ лет. Os концентрируется почками в 34 раза. Ir имеет два устойчивых изотопа ^{191}Ir (38,5 %) и ^{193}Ir (61,5 %), концентрируется в почках в 25 раз. Pt смесь шести природных изотопов с массовыми числами от 190 до 198, наибольшую распространенность в смеси имеют ^{194}Pt (32,8 %), ^{195}Pt (33,7 %), причем ^{190}Pt – радиоактивный изотоп, α -излучатель с $T_{1/2} = 6 \cdot 10^{15}$ лет, концентрируется почками 56,8 раза. Hg в естественных условиях изотопная смесь химического элемента состоит из семи изотопов с массовыми числами от 196 до 204. Наиболее распространен изотоп ^{202}Hg . Очевидно существует в природе и восьмой, радиоактивный изотоп ^{206}Hg $T_{1/2} = 8,6$ мин, который образуется постоянно при α -распаде ^{210}Pb в радиоактивном семействе урана. Hg содержится до 50 % именно в почечной ткани, то есть Hg концентрируется в почках 113,6 раз. Доля почек в этом расчете принята за 0,44 % от веса тела.

Такой же высокой концентрационной способностью в почках обладают металлы p-семейства. Так Ge – это смесь из пяти естественных изотопов с массовыми числами от 70 до 76,

причем ^{74}Ge имеет распространенность в этой смеси 36,74 %, концентрируется в почках в 81,8 раза. Те – это смесь восьми природных изотопов с массовыми числами от 120 до 130, с максимальной распространенностью в смеси ^{130}Te до 34,39 %, причем ^{123}Te , вероятно, является неустойчивым изотопом с $T_{1/2} = 1,2 \cdot 10^{13}$ лет, концентрируется почечной тканью в 31,8 раза. Bi, один естественный радиоактивный первичный изотоп ^{209}Bi , с $T_{1/2} = 2 \cdot 10^{17}$ лет, α -распад, есть еще четыре вторичных неустойчивых изотопа с массовыми числами $^{210-212,214}\text{Bi}$, которые являются продуктами распада трех естественных радиоактивных семейств, концентрируется почками в 81,8 раза. Po представлен смесью семи изотопов с массовыми числами от 210 до 218, которые являются продуктами распада естественных радиоактивных семейств, концентрируется почечной тканью в 36,4 раза.

Какую роль выполняют вышеперечисленные изотопы химических элементов в почках?

Итак, почки формируются из химических элементов, имеющих большой молекулярный вес, большие энергетические характеристики, обладающих большей способностью к комплексообразованию. По четырехступенчатой степени нефротропности химических элементов – это элементы, принадлежащие ко 2-4 группам (смотри выше).

В основном это (по классификации Виноградова, А.П., 1933) микро- и, в большей степени, ультрамикроэлементы, металлы d- и p-блоков (V, Ru, Rh, Au, Tl, Eu, U, Tc, Pd, Cd, Os, Ir, Pt, Hg, Ge, Te, Bi, Po и др.), которые, вероятно, также определяют биохимические (ферментативные) принципы работы почек.

При этом количество химического элемента в почках определяется принадлежностью к группе, подгруппе, семейству химических элементов периодической системы, то есть является периодической функцией атомного номера, определяемой периодичностью формирования наружных электронных орбит (взаимоотношением основного n и побочного l квантовых чисел). Отсюда, внутренняя среда человека и, в частности, органов выведения химических элементов из организма, определяется и контролируется электронным строением химических элементов.

8.2 Скорость клубочковой фильтрации химических элементов

Анатомо-физиологическое устройство и принципы работы почек интенсивно изучаются около 350 лет. В конце XVII Беллини открыл в почках наличие собирательных трубочек (ductus Bellini). Примерно в это же время Мальпиги (Malpighi, 1666) обнаружил в почках прозрачные сферические тела – «железы», из которых моча стекает в беллиниевы ходы и через них в лоханки. Следующим крупным этапом прогресса почечной физиологии явилось диссертационное исследование Шумлянского (1782), который сумел рассмотреть тонкое устройство (клубочки капилляров, «окруженные некоторыми кольцевидными границами») начальной части нефрона. Через 60 лет Боуман (Bouman, 1842) дал полное описание структуры нефрона, которое без принципиальных изменений существует до настоящего времени. В том же 1842 году, весьма вероятно еще не зная о работе Боумана, Людвиг пришел к аналогичным выводам о строении почек. Он же в доцентской лекции высказал идею о фильтрации, как об основе мочеобразования. Людвиг (Ludwig, 1843, 1844) разработал и сформулировал фильтрационно-реабсорбционную теорию процесса мочеобразования (Гинецинский, А.Г., 1964, с. 69).

«У всех высших животных, унаследовавших свой почечный аппарат от покинувших морскую среду первичных позвоночных, начальным звеном мочеобразования оставалась ультрафильтрация. Этот слепой физико-химический процесс дифференцирует вещества, циркулирующие в крови, лишь по величине их молекул и выбрасывает их в полость нефрона, отнюдь не различая степени их биологической ценности. Чтобы избежать фатальной потери самых необходимых ингредиентов плазмы, канальцевая часть нефрона начинает работать в обратном направлении. Ее основной функцией становится реабсорбция, которая компенсирует опустошения, вносимые фильтрацией, возвращая в кровь ценные для организма вещества.

Сущность гломерулярного процесса относительно проста: под давлением крови, протекающей через капилляры клубочков, часть воды плазмы вместе со всеми растворенными в ней неорганическими и кристаллическими органическими веществами отделяется от коллоидов, крупномолекулярных плазменных белков, и переходит в полость капсулы нефрона. Этот процесс имеет, несомненно, физико-химическую природу, представляя собой ультрафильтрацию плазмы. Он совершается за счет работы сердца, создающей давление крови в сосудах, сама же почка в этом процессе активного участия не принимает» (Гинецинский, А.Г., 1964, с. 70).

В основе выделения большинства ионов почкой позвоночных, лежит изменение соотношения между фильтрацией и реабсорбцией, у некоторых животных в почке формируется аппарат секреции двухвалентных ионов и калия (Наточин, Ю.В., 1982).

Клубочковая фильтрация – это пассивный процесс. Ее движущая сила – это разность между гидростатическим и онкотическим (коллоидоосмотическим) давлением, называемым эффективным фильтрационным давлением. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) можно измерить с помощью индикаторных веществ (например, инулина и др.) по принципу Фика (Детьен, П., 1996).

Известно IV типа мембран (смотри 6, 6.1). В мембраны I-го типа встроены вкрапления мембран II и III-го типов. Такими комбинированными мембранами выстланы проксимальные и дистальные части нефрона. Мембраны клубочков почек в капсулах Шумлянского-Боумана относятся к мембранам IV типа. Мембраны IV типа имеют поры, диаметр которых можно оценить по размерам самых больших молекул, проникающих через них. Мембраны клубочков почек пропускают все меньшие по размерам молекулы, чем молекула альбумина (ОММ – относительная молекулярная масса которого равна ~ 70000 Да). Размеры пор мембраны клубочков почек равны 3 нм. Инулин (ОММ $\sim$ равна 5000 Да) с легкостью проникает через поры мембран клубочков почек.

Мембраны IV типа, помимо паренхимы почек, встречаются еще и в капиллярах млекопитающих (Альберт, А., 1989).

И.И. Лихницкая (1972) считает, что небольшое различие концентраций ионов по обе стороны клубочковой мембраны обусловлено в соответствии принципом равновесия Доннана наличием в плазме крови анионов, не диффундирующих через мембрану и удерживающих часть катионов. Так, отношение концентраций в фильтрате и плазме крови для натрия и калия 0,95, магния 0,75, кальция 0,6, хлоридов и бикарбонатов 1,05. Распределение Ca и Mg по обе стороны клубочкового фильтра зависит и оттого, что часть этих ионов образует недиссоциированные комплексы с высокомолекулярными соединениями плазмы.

Согласно современным представлениям перенос компонентов фильтрата через мембрану почечного клубочка осуществляется за счет механического «просеивания» и диффузии молекул через поры в клубочковой мембране. Максимальный размер молекул, ультрафильтруемых в почечном тельце, определен наибольшим размером пор. Максимальный радиус поры равен 35 Å. Средний радиус пор оказался близким к 28,5 Å, а отношение очищения плазмы от крупных молекул к скорости фильтрации снижалось с приближением радиуса фильтруемой молекулы к критической величине 28,5 Å (сывороточный альбумин, MW = 69000 Да, R Å = 35,5, отношение – 0,01) (Лихницкая, И.И., 1972). Ю.В. Наточин (1974, с. 7) приводит сходные данные: «Эквивалентный средний радиус пор базальной мембраны составляет около 29 Å. Радиус молекулы инулина, 98 % которого проходит через клубочковый фильтр, равен 14,8 Å (Pitts, 1968). Это вещество часто используют для измерения объема клубочковой фильтрации».

Небольшое различие концентрации ионов натрия, хлора и некоторых других веществ (как указывалось ранее) по обеим сторонам клубочковой мембраны обусловлено равновесием Доннана – наличием в плазме крови анионов, не диффундирующих через мембрану и удерживающих часть катионов. По этому поводу Ю.В. Наточин (1974, с. 8) замечает, «Для внесения поправки на связывание некоторых ионов белками плазмы крови, вводится понятие об ультрафильтруемой фракции f . Это та часть вещества от общей его концентрации в плазме крови, которая не связана с белком и свободно проникает через клубочковый фильтр. Ультрафильтруемая фракция натрия и калия составляет 0,95, она значительно ниже для кальция (0,6) и магния (0,75) (Pitts, 1968). Эти величины свидетельствуют о том, что около 40% кальция плазмы крови связано с белком и не фильтруется в клубочках. Однако в профильтрованной жидкости кальций также состоит из двух фракций: одна из них – это ионизированный кальций, другая – кальций, связанный с низкомолекулярными соединениями, проходящими через гломерулярный фильтр». Очевидно, все выше изложенное в равной мере относится ко всем изотопам, представителям s-, p-, d-, f-семействам химических элементов.

«К настоящему времени предложено несколько десятков (а с модификациями, возможно, и около сотни) различных методов измерения СКФ. Эти способы могли быть основаны как на введении экзогенных гломерулярных маркеров (инулин, комплексоны, рентгеновские контрасты и др.), получении проб сыворотки крови и мочи, или только на заборах крови с введением или отсутствием введения различных тест-агентов и т. д.» (Каюков, И.Г., 2004).

Определение парциальных функций почек у крыс проводили по инулину. Расчет СКФ жидкой части плазмы крови и изотопов химических элементов проводили по общепринятым формулам (Зарецкий, И.И., 1963; Наточин, Ю.В., 1974; Каюков, И.Г., Есаян, А.М., 2002):

$$K = \frac{U_x}{P_x},$$

где K – концентрационный индекс, U_x – концентрация вещества в моче, P_x – концентрация вещества в сыворотке (плазме) крови, ультрафильтрате сыворотки (плазмы) крови.

Клиренс вещества находили по формуле, предложенной Ван Слайком (цит. Зарецкий, И.И., 1963):

$$C = \frac{U_x \cdot V}{P_x},$$

где V – минутный диурез в мл/мин, C – клиренс вещества. Клиренс креатинина или клиренс инулина рассматривали как СКФ.

Итак, для расчета СКФ необходимо знать, какая часть химического элемента находится в ультрафильтруемом состоянии, то есть, не связана белками плазмы крови. В таблице 8.2.1 представлены показатели ультрафильтруемости химических элементов. Показатели ультрафильтруемости химических элементов помещены в таблицу периодической системы развернутой формы. В ячейке таблицы, вверху представлен символ элемента, его атомный номер, в нижней части ячейки, в числителе помещены собственные экспериментальные данные, в знаменателе – данные литературы, в скобках указаны расчетные данные.

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B			IB	II B	IIIA	IVA	VA	VI A	VII A	VIIIA
H 1																	He 2
Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
100-95	(80-60)											(20)				100	100
Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
99**															52		
100-99	70-64											15	80	90		100	100
K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
99	75					6	2	1	59		2						
100-95	80-30	1	69-63	40	40-0	81-0	5-0	0	42-4	10-5	12-0	(8)	(44)	(50-20)	(60)	100	100
Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
95-90	86	30					2			11		2	8	37	5	40	
100-95	90-40	0	(25-0)	1	34-0	(0)	5-0	(4)	(5)	0	(15)				0	42-0	100
Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
99	66									10		70	30	2			
100-95		0	0	0	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)				(0)		100
Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
(100-95)																	
Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
10			1	1													
0	(10-0)	(10-0)	4	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)				
Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
10-0	(10-0)	(10-0)	(10-0)	10-0	10-0	10-0	10-0	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)	(10-0)				

* в скобках приведены результаты расчёта

** в числителе представлены результаты собственных исследований, в знаменателе — сведения, заимствованные из литературных источников

Таблица 8.2.1 Периодическая система показателей ультрафильтруемости химических элементов в плазме крови (% от содержания в плазме крови)

СКФ химических элементов, согласно данным таблицы 8.2.1 (СКФ = показателю ультрафильтруемости химического элемента в плазме × на клиренс инулина), можно представить ориентировочно при усредненном главном квантовом числе n и по развернутому орбитальному числу l в виде ряда, который является обратным рядом (константе) связывания химических элементов белками плазмы крови:

s -блок $IA > IIA > d$ -блок $IIIB > f$ -блок $\leq IVB > VB > VIB \geq VII B \geq VII B \approx IB \text{ II B} < p$ -блок $IVA \approx VA \approx VIA < VIIA < VIIIA$.

Изотопы химических элементов s -блока, IA подгруппы практически полностью фильтруются в клубочках почек. Изотопы химических элементов s -блока, IIA подгруппы фильтруются в клубочках почек на 30-90 % от их содержания в плазме крови, то есть в несколько меньших количествах, чем изотопы химических элементов IA подгруппы.

Изотопы химических элементов d -блока, 4-7 периодов, как и изотопы химических элементов p -блока нижнего левого поля периодической таблицы, металлы, имеют СКФ ≈ 1 -70 % от их содержания в плазме крови.

Изотопы химических элементов f -блока (лантаноиды и актиноиды) имеют СКФ от долей процента до ≈ 10 % от содержания в плазме крови (смотри данные таблицы 8.2.1). Например, фильтрационные фракции циркулирующих в крови ^{241}Am или ^{249}Cf составляют у крыс, собак, обезьян 3,2-4,5 %. Для ^{239}Pu у крыс, собак и человека эта фракция значительно меньше и равна

0,06-0,08 %, что объясняется большей стабильностью комплексов ^{239}Pu – трансферрин (Durbin, P.W., 1962; 1973).

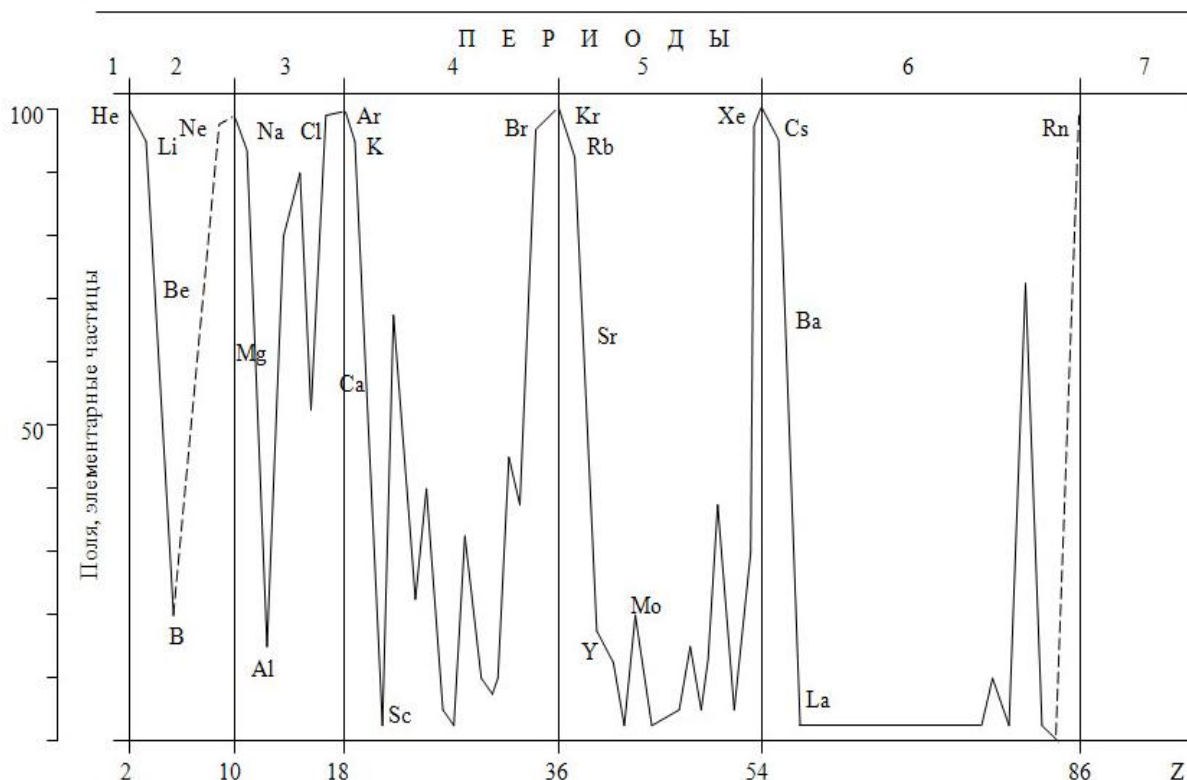


Рисунок 8.2.1 Периодическая система показателей ультрафильтруемости химических элементов в плазме крови, % от содержания в плазме крови

Изотопы химических элементов р-блока VIIA подгруппы, за исключением изотопов йода, свободно фильтруются в клубочках почек.

И, наконец, VIIIA подгруппа химических элементов, которой собственно и заканчивается формирование электронных р-орбит. В VIIIA подгруппу входят He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn. В плазме крови благородные газы находятся в атомарном виде, то есть свободно проходят через почечный фильтр.

На рисунке 8.2.1, найденная закономерность проанализирована графически. На оси ординат – % химического элемента, не связанного белками плазмы крови. На оси абсцисс – атомный номер химического элемента. Информационное поле рисунка разделено вертикальными линиями, соответственно главному квантовому числу n (периодам периодической системы). После оси ординат отмечено – поля, элементарные частицы. Как видно, кривая рисунка 8.2.1 имеет периодический характер. Показатели ультрафильтруемости обратны показателям связывания химических элементов белками плазмы крови (6, таблицы 6.2.1 и 6.3.1, рисунки 6.5.1, 6.5.2. Поэтому показатели ультрафильтруемости химических элементов в плазме крови и СКФ будут коррелировать с такими константами химических элементов, как значение электроотрицательности, работа выхода электрона, рК гидрокомплексов и комплексов с ЭДТА и т.д., но с обратным знаком.

Таким образом, ультрафильтруемость и СКФ химических элементов, представленные с учетом главного n и орбитального l квантовых чисел, слева направо, в порядке возрастания заряда ядра атома, имеют периодический характер. Эта периодичность аналогична характеру периодичности застройки электронных орбит химических элементов. То есть, важнейшие гомеостатические константы биологических объектов,

способность химических элементов к ультрафильтрации через мембраны IV типа и СКФ химических элементов могут быть записаны графически как простые физические, физико-химические или химические константы химических элементов.

8.3 Парциальные функции почек химических элементов в зависимости от их положения в периодической системе

Найденные закономерные связи и зависимости между положением элементов в периодической системе и поведением их в системе «кровь – почки – выведение» указывают на возможность существования подобных зависимостей и для других биопараметров, так как работа различных систем организма взаимосвязана.

В таблице 8.3.1 представлены собственные экспериментальные данные, характеризующие выведение химических элементов через почки. Выведение с мочой за сутки, % от введенного количества. Клиренс ультрафильтруемой части плазмы крови, мл/час/кг веса крысы. Скорость клубочковой фильтрации – СКФ, % от введенного количества час/кг веса крысы. Величина канальцевого транспорта (это соотношение между реабсорбцией химических элементов в канальцах почек и обратным поступлением их в просвет канальцев за счет секреции – диффузии) % от величины профильтрованного.

Как видно, максимум выведения с мочой за сутки приходится на химические элементы VA, VIA, VIIA, VIIIA, VIIIB подгрупп: Sb, S, I, Ru, Co и составляет от введенного количества соответственно 76 %, 48 %, 23 %, 20 %, 51 %. Исключением из этого правила являются данные по Fe, представителю VIIIB подгруппы, выведение которого с мочой за сутки равно лишь 0,071 % от введенного количества. В значительно меньших количествах выводятся химические элементы, представители I-IV групп периодической системы. Так, выведение с мочой за сутки от введенного количества химических элементов IAB подгрупп Rb; Cs; Au равно – 0,62 %; 4,5 %; 1,3 % соответственно; химических элементов IIA подгруппы Ca, Sr, Ba равно – 0,2 %; 1,6 %; 3,9 % соответственно; химических элементов IIIB подгрупп Y, Ce, Pm, Sm, In, Tl равно – 4,7 %; 0,4 %; 0,9 %; 0,9 %; 3,2 %; 4,1% соответственно, и представителя IV подгруппы Sn равно 0,68 % от введенного количества. То есть, имеется общая тенденция увеличения выведения химических элементов с мочой в периодической системе от IAB-IVA подгрупп к VA-VIA, VIIA-VIIIB подгруппам.

Изменение клиренсов ультрафильтрата плазмы крови химических элементов в зависимости от их принадлежности к группам периодической системы закономерно зависит от принадлежности к А- или Б-подгруппам.

Так величины клиренсов ультрафильтрата плазмы крови химических элементов Б-подгрупп Au, Zn, Pm, Sm, Mn, Ru равны соответственно 72; 150; 65; 65; 110; 96 мл/час/кг веса крысы. Величины клиренсов химических элементов А-подгрупп изменяются закономерно в зависимости от принадлежности к подгруппе (таблица 8.3.2).

Из этого простого сопоставления следует, что величина клиренса ультрафильтрата плазмы крови уменьшается от щелочных элементов к щелочноземельным элементам, затем последовательно увеличивается к VA подгруппе, с последующим уменьшением к VIIA подгруппе. Внутри отдельных А-, Б-подгрупп химических элементов величины клиренсов ультрафильтрата плазмы крови изменяются закономерно с увеличением атомного номера:

IA подгруппа – Na < Rb < Cs;

IIБ подгруппа – Ag < Au;

IIA подгруппа – Ca < Sr, Ba;

IIIB подгруппа и f-элементы – Y < Ce < Pm, Sm;

VIA подгруппа – S < Te;

VIIIB подгруппа – Fe < Ru.

Имеется и одно исключение: In > Tl (IIIA подгруппа).

Изотоп	Выведено за сутки, % от введенного	Клиренс, мл/час/кг	СКФ, % от введенного/час/кг	Функция почечной транспорт, % от введенного
Na ²²	-	0,44	157	99,6
K ⁴⁰	-	-	82	99,2
Rb ⁸⁶	0,62	10,6	3	95,7
Cs ¹³⁷	4,5	11	24	98
Ag ^{100m/110}	-	1,1	3,8	99,3
Au ¹⁹⁸	1,3	72	2,7	70
Ca ⁴⁵	0,2	0,2	3,6	99,8
Sr ⁹⁰	1,6	2,2	5,4	99
Ba ¹⁴⁰	3,9	1,5	0,5	99,1
Zn ⁶⁵	-	150	0,9	59,9
Y ⁹¹	4,7	5,1	1,6	87,6
Ce ¹⁴⁴	0,4	6,8	0,6	86,9
Pm ¹⁴⁷	0,9	65	0,1	45
Sm ¹⁵¹	0,9	65	0,1	45
In ^{116m/116}	3,2	29	3	91
Tl ²⁰⁴	4,1	1,8	1,1	89,7
Sn ¹¹³	0,68	295	0,9	6,3
Sb ¹²⁵	76	1170	3,1	-2,61**
S ³⁵	48	87	2,3	41,8
Te ^{127m/127}	5,1	480	0,02	-0,01**
Mn ⁵⁶	0,15	110	0,02	48,4
I ¹³¹	23	12	9,0	92,0
Fe ⁵⁹	0,071	0,06	5,2	99,7
Ru ¹⁰⁶	20	96	0,1	-0,01**
Co ⁶⁰	51	28	7,2	74,6
Ni ⁶³	-	4,5	62	98,1

* – изучение проведено по калию стабильному

** – это разница между СКФ химического элемента, % от введенного, и содержанием в моче за этот же отрезок времени, % от введенного. Содержание в моче в этот период времени Sb~5,71%, Te=0,03%, Ru=0,11% от введенного в организм

Таблица 8.3.1 Выведение с мочой и парциальные функции почек для радиоизотопов (ошибка результатов $s_x \pm 5 \div 15\%$)

Таким образом, величины клиренсов ультрафильтрата плазмы крови для А-подгрупп химических элементов изменяются закономерно при переходе от одной подгруппы химических элементов к следующей за ней в периодической системе слева направо. Клиренс химических элементов возрастает с увеличением атомного номера внутри А-, Б-подгрупп, за исключением пары химических элементов In > Tl (А-подгруппа). Следует отметить, Tl был введен в кровоток с изотопным носителем в субтоксической дозе.

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIB
Na, K, Rb, Cs	Ca, Sr, Ba	In, Tl	Sn	Sb	S, Te	I	Fe
0,44-11>	0,2-2,2	<1,8-29,0	<95<	1170>	87-480>	12	>(0,06)

Таблица 8.3.2 Клиренсы ультрафильтрата плазмы крови
А-подгрупп химических элементов (мл/час/кг веса крысы)

Изменение СКФ и величины канальцевого транспорта химических элементов закономерно зависит от их положения в периодической системе (таблица 8.3.1). На оси ординат рисунка 8.3.1 в нижней части СКФ химических элементов % от введенного количества/час/кг веса крысы и их реабсорбция % от профильтрованного количества. На оси абсцисс – положение групп и подгрупп химических элементов в периодической системе, учитывающей порядок заполнения электронных орбит по суборбитальному квантовому числу l . В верхней части рисунка 8.3.1 на оси ординат десятичный логарифм СКФ тех же элементов, значения оси абсцисс те же, что и для нижней части этого рисунка.

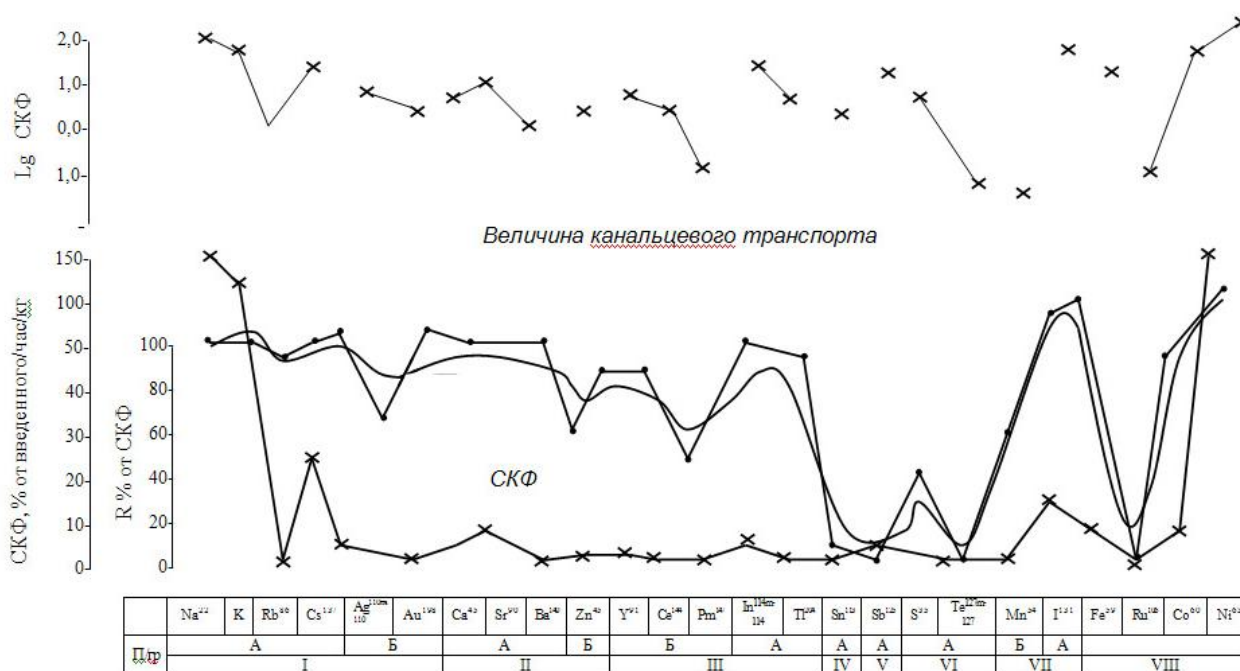


Рисунок 8.3.1 Изменение СКФ и канальцевого транспорта (R) химических элементов в зависимости от их принадлежности к группам подгруппам периодической системы

СКФ уменьшается от представителей IA подгруппы – Na, K, Rb, Cs, составляя 157 %; 82 %; 3 % и 24 % от введенного, к представителям IB подгруппы – Ag, Au, составляя соответственно 3,8 % и 2,7 % и далее к представителям IIAB подгрупп – Ca, Sr, Ba, Zn, где СКФ находится в пределах от 0,5 % до 5,4 % и далее уменьшается к химическим элементам IIAB подгрупп и f-элементам – Y, Ce, Pm, Sm, In, Tl, для которых СКФ находится в пределах 0,1-3,0 % от введенного количества/час/кг веса крысы. А далее наблюдается тенденция к увеличению СКФ с IVA-VA подгрупп к VIIIB подгруппе химических элементов, за исключением СКФ для Te, Mn, Ru. Например, СКФ Sn, представителя IVA подгруппы, равна 0,9 %; Sb, S, представителей

VA-VIIA подгрупп – 3,1 %, 2,3 %; Fe, Co, Ni, представителей VIIIБ подгруппы – 5,2 %, 7,2 %, 6,2 % соответственно от введенного количества/час/кг веса крысы.

Закономерное изменение СКФ химических элементов от одной группы к следующей за ней в периодической системе, происходит как будто независимо от разделения их на А-, Б-подгруппы.

Внутри отдельных подгрупп химических элементов СКФ уменьшается от представителей с меньшим атомным номером к большему:

IA подгруппа – $\text{Na} > \text{K} > \text{Rb} \leq \text{Cs}$;

IIБ подгруппа – $\text{Ag} > \text{Au}$;

IIА подгруппа – $\text{Ca} < \text{Sr} > \text{Ba}$;

IIIБ подгруппа и f-элементы (лантаноиды) – $\text{Y} > \text{Ce} > \text{Pm}, \text{Sm}$;

IIIА подгруппа – $\text{In} > \text{Tl}$;

VIA подгруппа – $\text{S} > \text{Te}$;

VIIIБ подгруппа – $\text{Fe} < \text{Ru}$.

При этом СКФ химических элементов изменяется от одного химического элемента к другому довольно значительно. Так, СКФ Na больше, чем K примерно вдвое, Cs – почти в 7 раз, Rb – в 52 раза.

СКФ Ag больше Au почти в 1,5 раза. СКФ Ca и Sr больше, чем Ba в 7,2 и в 11 раз соответственно. В IIIБ подгруппе и f-элементах СКФ уменьшается от Y к Pm и Sm в 16 раз. Изменение СКФ химических элементов в IIIА, VIA и VIIIБ подгруппах также закономерно уменьшается с увеличением атомного номера: In фильтруется в 3 раза больше, чем Tl, S в 115 раз больше, чем Te и Fe в 52 раза больше, чем Ru.

Таким образом, СКФ с химических элементов закономерно уменьшается с увеличением атомного номера по периодам слева направо от представителей IАБ подгрупп к представителям IIIАБ подгрупп и затем увеличивается от химических элементов IVA подгруппы к химическим элементам VIIIБ подгруппы. Внутри отдельных подгрупп СКФ химических элементов закономерно уменьшается с увеличением атомного номера, за исключением СКФ для пар Rb-Cs и Ca-Sr.

Величина канальцевого транспорта (реабсорбция в канальцах почек и секреция-диффузия в просвет канальца) химических элементов, представленная в таблице 44, изменяется для представителей А-подгрупп (s-, p-семейств химических элементов) следующим образом:

IA подгруппа – Na – 99,6 %, K – 99,2 %, Rb – 95,7 %, Cs – 98 %;

IIА подгруппа – Ca – 99,8 %, Sr – 99 %, Ba – 99,1 %;

IIIА подгруппа – In – 91 %, Tl – 89,7 %;

IVA подгруппа – Sn – 6,3 %;

VA подгруппа – Sb – (-2,61 %);

VIA подгруппа – S – 41,8 %, Te – (-0,01 %);

VIIА подгруппа – I – 92 %.

Изменение величины канальцевого транспорта химических элементов Б-подгрупп в зависимости этих положения в периодической системе происходит так:

IIБ подгруппа – Ag – 99,3 %, Au – 70 %;

IIБ подгруппа – Zn – 59,9 %;

IIIБ подгруппа и f-элементы (лантаноиды) – Y – 87 %, Ce – 86,9 %, Pm и Sm – 45 %;

VIIIБ подгруппа – Mn – 48,8 %;

VIIIБ подгруппа – Fe – 99,7 %, Ru – (-0,01 %), Co – 74,6 %, Ni – 98,1 %.

Величина канальцевого транспорта (реабсорбции) химических элементов в канальцах уменьшается от представителей IA-IIА и VIIА подгрупп к IVA, VA подгруппам. Реабсорбция вычисляется в % от профильтрованного в клубочках почек по разнице между профильтрованным количеством химического элемента и выведенным с мочой. При этом совершенно не учитывается обратный переход химических элементов через стенки канальцев в просвет канальцев за счет процессов секреции, диффузии. Поэтому правильнее говорить о

величине канальцевого транспорта (переноса), если вклад реабсорбции, секреции, диффузии в выведении того или иного химического элемента неизвестен.

Из химических элементов IA подгруппы Li, Na не связаны белками плазмы крови. Они свободно фильтруются в клубочках почек и в значительной степени активно реабсорбируются из просвета канальцев почек за счет системы Na^+/K^+ -АТФазы (Наточин, Ю.В., 1972; Лихницкая, И.И., 1972; Ткаченко, Б.И., 1994; Katz, A.L., 1982; Murrer, H., Burckhardt, G., 1983; Детъен, П., 1996). Химические элементы K, Rb, Cs и, вероятно, Fr почти полностью реабсорбируются из просвета канальцев почек, а выведение их с мочой определяется не столько фильтрационно-реабсорбционными механизмами, сколько поступлением их в просвет канальцев за счет секреции с помощью той же самой Na^+/K^+ -АТФазы.

Химические элементы IIA подгруппы Mg, Ca, Sr, Ba, Ra, вероятно, имеют преимущественно фильтрационно-реабсорбционный тип гомеостаза, за счет Ca^{2+} -АТФазы. Вклад секреторно-диффузионных механизмов в выведении химических элементов IIA подгруппы невелик.

Химические элементы Sb, Te, Ru выводятся из организма через почки преимущественно с помощью секреторных механизмов, это очевидно, так как величины, характеризующие канальцевый транспорт отрицательны, то есть с мочой их выводится больше, чем может профильтроваться в клубочках почек.

Практически все химические элементы выводятся через почки с участием как фильтрационно-реабсорбционных, так и секреторно-диффузионных механизмов, но соотношение этих механизмов индивидуально и зависит от особенностей физико-химических свойств химических элементов. Об этом косвенно говорит изменение концентрации ультрафильтруемой части химических элементов в плазме крови, концентрации их в моче, изменение значений концентрационных индексов, клиренсов в суточной динамике после внутривенного поступления химических элементов в организм.

Каково соотношение фильтрационно-реабсорбционных и секреторно-диффузионных механизмов в выведении через почки химических элементов d-, f-, p-семейств? Вероятно, по роли и участию в выведении через почки фильтрационно-реабсорбционных и секреторно-диффузионных процессов, все химические элементы периодической системы можно условно разбить на 3 группы:

1-я группа химических элементов, которые выводятся из организма в основном с помощью фильтрационно-реабсорбционных механизмов, роль секреторно-диффузионных механизмов незначительна;

2-я группа химических элементов выводится в равной степени как с помощью секреторно-диффузионных, так и фильтрационно-реабсорбционных механизмов;

3-я группа химических элементов выводится с помощью секреторно-диффузионных механизмов, фильтрационно-реабсорбционные процессы являются вспомогательными.

Естественно, в этих процессах участвуют в той или иной мере все виды пассивного и активного транспорта веществ через мембраны (простая диффузия через бислой и ионные каналы, облегченная диффузия, первично-активный транспорт, вторично-активный транспорт и т.д.). Доказано существование транспортных АТФаз для Na/K, Ca и некоторых других химических элементов. Но, вероятно, существуют активные транспортные системы, не столь масштабные, как для Na/K, Ca и для химических элементов d-, f-, p-блоков.

Так, для представителей 5 периода, p-элементов, величина канальцевого транспорта изменяется следующим образом: In (91 % от профильтрованного) > Sn (6,3 %) > Sb (-2,6 %) – это разница между СКФ химического элемента в % и содержанием его в моче, % от введенного за этот же период времени: 3,1 % – 5,7 % = -2,6 % (ΔU) < Te (ΔU = -0,01 %, что равно 50 % от СКФ Te) < I (92 %). То есть величина канальцевого транспорта химических элементов закономерно уменьшается от In и I, представителей IIIA и VIIA подгрупп (таблица 8.3.1) к Sb, представителю VA подгруппы периодической системы.

Возможно в канальцах почек для Sb (а также для Sn, In, Te, I) существует специфическая транспортная система, действие которой закономерно убывает от Sb к Sn и In, и от Sb к Te и I (таблица 8.3.1, схема 8.3.1). На схеме представлено соотношение между величиной

канальцевого транспорта (соотношение реабсорбционных и секреторно-диффузионных процессов) химических элементов и расположением их в периодической системе. Выделена VA подгруппа элементов, Sb заключена в квадрат. Стрелками показано уменьшение величины канальцевого транспорта химических элементов почками.

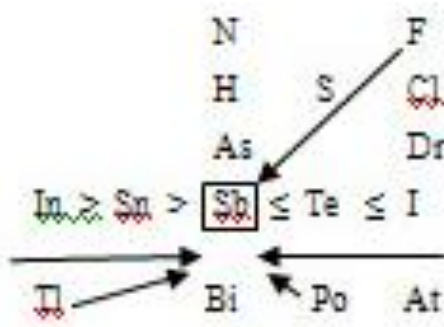


Схема 8.3.1 Соотношение величины показателей канальцевого транспорта химических элементов р-блока

Так химические элементы VIIA подгруппы F, Cl, Br, I (возможно At) выводятся в основном с мочой от 55,5 до 93,5 % от поступления в сутки. Причем величина реабсорбции F составляет 46-77 % от профильтрованного, для Cl величина реабсорбции составляет 99,5 % и более (Katz, A.I., 1982; Murrer, H., Burckhardt, G., 1983). По химическим свойствам соединения As и Sb близки. Sb в течение суток выводится с мочой до 50-70 % от поступления, Bi – до 66-75 %. Вероятно, механизмы выведения As, Sb, Bi – сходны. Как показали исследования, Sb выводится в основном с помощью секреторно-диффузионных механизмов, возможно, эти же механизмы ответственны за выведение через почки и других представителей VA подгруппы химических элементов.

Итак, общее суммарное выведение химических элементов с мочой за сутки, клиренс ультрафильтрата плазмы крови, СКФ, величина канальцевого транспорта закономерно определяется принадлежностью их к группе, подгруппе, семейству периодической системы и, следовательно, закономерно зависит от электронного строения химических элементов.

8.4 Общая ориентировочная схема выведения химических элементов через почки и периодическая система

Найденные закономерности – изменение интенсивности и величины процессов обмена химических элементов в системе «кровь – почки – выделение» в зависимости от их местоположения в периодической системе, могут быть суммированы в виде общей, ориентировочной схемы (схема 8.4.1). За основу взята схема изменения свойств ионов в связи с положением в периодической системе элементов Д.И. Менделеева (Мусакин, А.П., 1971).

На схеме 8.4.1 представлена направленность изменения различных процессов: интенсивность изменения концентрации химических элементов в крови, плазме, ультрафильтрате плазмы крови, в моче, СКФ, канальцевого транспорта (соотношений процессов реабсорбции и секреции-диффузии в канальцах почек) по показателю степени «b» уравнения $Y = A \cdot t^b$, в течение первых суток после однократного внутривенного введения. Здесь же представлены стационарные показатели величины клиренсов ультрафильтрата плазмы крови, уровни фильтрации и канальцевого транспорта химических элементов в почечном нефроне, измеренные за 24 часа после их однократного внутривенного введения (последние три параметра обведены на схеме жирной линией). Вверху на схеме обозначения групп химических элементов с I по VII, слева, вертикально – ряды химических элементов со II по X. Квадрат – это схематизированная периодическая система, здесь же даны обозначения некоторых, основных свойств элементов: (Z^+) – валентность элементов, (r) – радиусы ионов, (Z^+/r) – отношение зарядов к радиусам ионов, ломаная линия с точками – амфотерные ионы и граница между катионами и анионами. Стрелки на схеме указывают направление увеличения биопараметров химических элементов, их физико-химических свойств.

Как видно из этой схемы, интенсивность изменения концентрации химических элементов в крови, плазме, ультрафильтрате плазмы крови, моче, СКФ и канальцевого транспорта (соотношения процессов реабсорбции и секреции-диффузии в канальцах почек) увеличивается от химических элементов I группы к III (в пределах изученного), соответственно увеличению положительного заряда иона и уменьшению радиусов ионов химических элементов этих групп. Внутри групп I и II (только для 2^x пар химических элементов: Rb-Cs, Ca-Sr) интенсивность изменения концентрации химических элементов в крови в этот же отрезок времени (за 24 часа наблюдения) увеличивается с уменьшением отношения заряда к радиусу иона. Интенсивность изменения СКФ, канальцевого транспорта (для этих же 2-х пар химических элементов) уменьшается тем больше, чем меньше радиус иона и больше отношение заряда иона к его радиусу.

Стационарные показатели – клиренсы, СКФ, величина канальцевого транспорта химических элементов, увеличиваются от IV или II групп химических элементов к VII. Внутри отдельных групп химических элементов величина клиренса ультрафильтрата плазмы крови увеличивается, а СКФ и канальцевого транспорта уменьшаются с увеличением радиуса ионов, уменьшением отношения заряда иона к его радиусу. Закономерное уменьшение величины клиренсов, фильтрации, канальцевого транспорта химических элементов от одной группы к последующей, определяются химическими свойствами, которые, в свою очередь, определяются характером заряда ионов. Химические элементы 3 групп периодической системы, имеются в виду основные подгруппы, являются катионами, остальные – анионы (граница идет по диагонали: слева сверху направо вниз, схема 8). Промежуточные химические элементы между катионами и анионами могут иметь или положительный или отрицательный заряд. Вследствие этого, направленность изменения величин биопараметров для представителей групп анионов и катионов различна, противоположна. Причем, с увеличением активности, как катионов, так и анионов, абсолютные величины клиренсов, СКФ химических элементов, канальцевого транспорта возрастают. Можно по аналогии выдвинуть предположение, что интенсивность изменения этих биопараметров будет обратно изменению их абсолютных величин. Для представителей I-III групп химических элементов это так и есть.

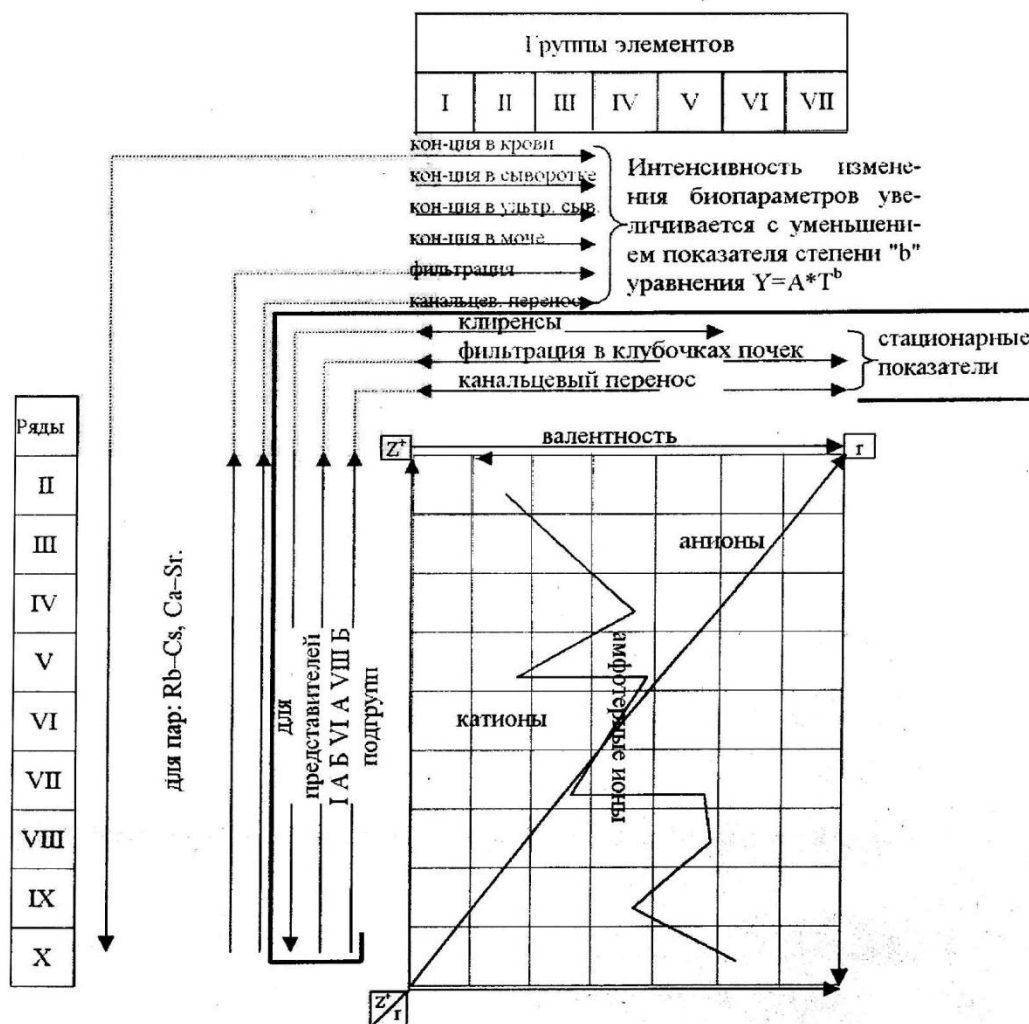


Схема 8.4.1 Общая схема (ориентированная) поведения химических элементов в системе «кровь – почки – выделение» от изменения их свойств в связи с положением в периодической системе

Таким образом, поведение химических элементов в системе «кровь – почки – выделение» закономерно связано с положением их в периодической системе. При этом как отдельные динамические процессы: изменение, в течение суток после однократного внутривенного введения: концентрации химических элементов в крови, плазме, ультрафильтрате плазмы крови, выведение с мочой, изменение в течение этого времени величин клиренсов ультрафильтрата плазмы крови, СКФ, величины канальцевого транспорта, так и стационарные показатели: клиренсы, фильтрация, канальцевый транспорт химических элементов за 24й час после их поступления в организм, закономерным образом зависят от принадлежности химических элементов к группам, подгруппам, семействам периодической системы и связаны с закономерными изменениями их физико-химических свойств. Почки являются частью гомеостатического аппарата биологического объекта и поэтому повторяют основные закономерности гомеостатических функций организма. Количественные и качественные механизмы почечного гомеостаза изотопов химических элементов эволюционно формируются на их ядерно-орбитальных свойствах.

8.5 Баланс химических элементов в организме

«Очень важное свойство биосферы – единство геохимической среды и жизни, сложившееся в процессе эволюции биосферы и выражающееся постоянно зависимостью жизни от геохимических условий среды и климата (водный режим, температура, инсоляция). Химическая мозаичность биосферы и единство геохимической среды и жизни помогают установить пути для изучения регионов биосферы. Эти регионы биосферы характеризуются вовлечением в биогенную миграцию химических элементов в определенных количествах и соотношениях, что создает черты своей особой региональной нормы, состава фауны и флоры, а также реакции организмов на факторы среды. Степень накопления химических элементов организмами определяется не только геохимией среды и биологической природой организмов, но и биологическими пищевыми цепями, через которые осуществляется связь организмов и среды (почвообразующие породы, почвы, воды, воздух, микроорганизмы, растения, животные, человек)» (Ковальский, В.В., 1974).

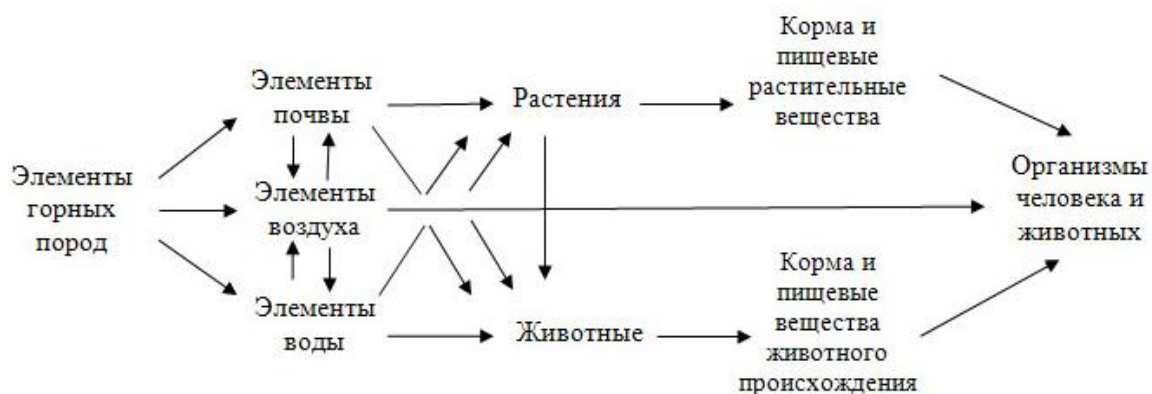


Схема 8.5.1 Биогеохимическая пищевая цепь химических элементов.
Видоизмененная схема В.В. Ковальского, 1974

С этим положением В.В. Ковальского можно полностью согласиться (схема 8.5.1). Поступление химических элементов, в организм из окружающей среды происходит с пищей, жидкостями, воздухом, выведение из организма – с мочой, калом, воздухом, потом, волосами, менструальной кровью, отмирающим эпителием кожных покровов, молоком (МКРЗ, 1961; Человек. Медико-биологические данные, 1977; Авцын, А.П., 1972; Авцын, А.П. и др., 1991). Основная масса химических элементов поступает в организм с пищей. Причем содержание химических элементов в пище в различных регионах земного шара различно (Hamilton, E.J., 1981), но может нивелироваться тем, что в развитых странах население включает в свой рацион продукты питания, произведенные в других биогеохимических районах (Книжников, В.А. и др., 1981).

Интервал суточного содержания химических элементов в пище человека в таких странах как Великобритания, США, Индия, ФРГ в основном находится в пределах (max/min) от 1,1 до 4,7 раз (таблица 8.5.1). Суточное содержание Cs, Al, Li, Th в пище человека, проживающего в США выше, чем в других регионах мира в 7,7; 19,6; 20; 60 раз соответственно. В рационе человека, проживающего в Великобритании, Sr в 6 раз больше, чем в пище человека, проживающего в ФРГ, и в ~ 2 раза больше, чем в рационе человека, проживающего в Индии или США.

Химический элемент	Единица измерения	Великобритания	США	Индия	ФРГ	max min
Алюминий	мг/моль	0,085±0,041	1,67	-	-	19,6
Серебро	мг/моль	0,25±0,16	0,65	-	-	2,6
Барий	мг/моль	4,39±1,63	5,46	-	3,20	1,7
Бериллий	мг/моль	1,66	1,33	-	-	1,2
Бром	мг/моль	0,11±0,01	0,09	-	0,03	3,7
Кадмий	мг/моль	0,57±0,27	1,33	-	0,44	3,0
Кальций	мг/моль	34,9±0,5	27,4	17,7	9,48	3,7
Цезий	мг/моль	0,098±0,053	0,75	-	0,098	7,7
Хлор	мг/моль	0,150±0,002	0,148	-	0,126	1,2
Хром	мг/моль	6,15±3,11	2,88	2,88	1,00	6,1
Медь	мг/моль	0,049±0,012	0,055	0,091	0,042	2,2
Железо	мг/моль	0,417±0,002	0,21-0,28	0,71	0,25	3,4
Калий	мг/моль	71,6±0,8	76,7	105	61,4	1,7
Литий	мг/моль	24,5±7,6	288	14,4	-	20
Магний	мг/моль	10,3±0,8	11-14,0	30,4	-	3,0
Марганец	мг/моль	49,1±14,6	67,3	151	49,1	3,1
Молибден	мг/моль	1,30±0,35	3,13	-	0,73	4,3
Фосфор	мг/моль	61,3±1,0	58-84	48	-	1,7
Свинец	мг/моль	1,54±0,73	2,12	-	-	1,4
Рубидий	мг/моль	51,5±17,5	25,7	31,6	22,2	2,3
Сера	мг/моль	29,3±2,1	26,5	37,4	-	1,4
Сурьма	мг/моль	0,28±0,22	0,41	-	0,189	2,2
Стронций	мг/моль	9,79±1,64	21,7	45,6	-	4,7
Таллий	мг/моль	6-9,78	7,34	-	-	1,3
Торий	мг/моль	0,215	12,9	-	-	6,0
Титан	мг/моль	16,7	17,7	-	-	1,1
Уран	мг/моль	4,16	7,98	-	-	1,9
Цинк	мг/моль	0,21±0,018	0,199	0,246	0,180	1,4

Таблица 8.5.1 Суточное содержание некоторых химических элементов в пище человека в различных регионах земного шара (Hamilton, E.J., 1981). Видоизмененная таблица

Сравнительные данные о содержании химических элементов в усредненной диете человека в различных регионах земного шара представляют несомненный интерес, так как позволяют с определенной долей вероятности использовать их для ориентировочной оценки микро- и ультрамикроэлементарного гомеостаза конкретного человека. Отражения существенных различий в пищевом рационе по Al, Li, Th, Cs, Cr в патологической панораме человека еще не улавливается либо оценивается в недостаточной степени (Авцын, А.П. и др., 1991).

Выведение же химических элементов из организма в основном, по массе своей, за исключением газообразных веществ, происходит с мочой и калом (МКРЗ, 1961; Человек. Медико-биологические данные, 1977). Причем в суточном балансе поступление некоторых химических элементов в организм равно его выведению, хотя это равновесие должно определяться целым рядом обстоятельств, в том числе и возрастом биологической системы.

В таблице 8.5.2 представлен суточный баланс 51 химического элемента для условного человека. Поступление всех химических элементов происходит в основном через желудочно-кишечный тракт и легкие. Причем через легкие, помимо O, CO, CO₂, H, инертных газов, соединений N, поступают такие элементы, как Al, Ba, Be, V, Bi, Fe, I, Cd, Co, Si, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Po, Hg, Pb, S, Sb, Tl, Te, Ti, U, Cr, Cs, Sr, F, W, Li, Se, Br, Cl вероятно и целый ряд других химических элементов с пылью и в газообразном состоянии (МКРЗ, Публикация 23, 1977; Авцын, А.П. и др., 1991). Однако количество химического элемента, поступающее в организм через легкие, на порядки меньше, чем поступление химических элементов с пищей и жидкостями.

Элемент	Поступление		Выделение			Единица измерения
	пища и жидкость	воздух	моча	фекалий	другие биосубстраты	
Азот:					0,3 пот	г
мужчины	16	-	15		Следы: волос, ногти	
женщины	13	-	13		Следы: другие выделения	
Алюминий	45	0,10	0,10	43	1 пот 0,006 волосы	мг
Барий	0,75	0,09-0,026	0,05	0,69	0,01 пот 0,075 волосы	«
Бериллий	12	< 0,01	1,0	10	1 прочие	мкг
Бор	1,3		1,0	0,27	0,001 волосы	мг
Бром	7,5	-	7,0	0,07	0,19 пот 0,01 прочие жидкости 0,002 волосы	«
Ванадий	2	0,2·10 ⁻³	0,015	2	-	«
Висмут	20	< 0,01	1,6	18	Неизвестно	мкг
Водород	350	-	160	13	72 пот 95 выделения с воздухом 10 не установленные выделения	г
Германий	1,5	-	1,4	0,10	Пот	мг
Железо:					0,50 пот	«
мужчины	16	0,03	0,25	15	0,013 волосы	«
женщины	12	0,03	0,20	11	0,60 менструальные выделения	«
Йод	200	0,5-35	170	20	6 пот 2,3 волосы, следы: прочие выделения	мкг
Кадмий	150	< 1	2,8	50		«
Калий	3,3	-	100	0,36	0,13 пот, следы: прочие жидкости	г
Кальций	1,1	-	0,18	0,74	0,032-0,15 пот Следы: пр. жидкости и волосы	«
Кислород:					720 выдыхается	«
мужчины	2600	920	1300	100	580 пот 760 неуплодные потери с потом	

Таблица 8.5.2 Суточный баланс химических элементов для условного человека (МКРЗ, Публикация №23, 1977)

Продолжение таблицы 8.5.2

Элемент	Поступление		Выделение			Единица измерения
	пища и жидкость	воздух	моча	фекалий	другие биосубстраты	
Кислород: женщины	1800	640	1100	90	510 выдыхается 370 пот 530 неувливаемые потери с потом	«
Кобальт	300	< 0,1	200	90	4,0 пот 2,4 волосы Следы: прочие жидкости	мкг
Кремний	3,5	157	10	10	0,3 волосы	мг
Литий	2,0	-	0,8	1,2	Следы: волосы, ногти, молоко, пот	«
Магний: мужчины женщины	0,34 0,27	- -	0,13 0,11	0,21 0,16	0,0015 пот Следы: волосы, прочие жидкости	г
Марганец	3,7	0,002	0,03	3,6	0,039 пот 0,002 волосы и ногти	мг
Медь	3,5	0,02	0,05	3,4	0,040-0,40 пот 0,003 волосы и ногти 0,020 менструальные потери	«
Молибден	300	< 0,1	150	120	20 пот 0,01 волосы, следы: пр. жидкости	мкг
Мышьяк	1,0	0,0014	0,05	0,8	0,5·10 ⁻³ волосы и ногти	мг
Натрий	4,4	-	3,3	0,1	0,87 пот 0,13 прочие жидкости 0,1·10 ⁻³ волосы	г
Никель	400	0,6	11	370	20 пот 1 волосы	мкг
Ниобий	620	-	360	260	Следы: пот, 0,3 волосы	«
Олово	4	0,34·10 ⁻³	0,02	3,5	0,5 пот	мг
Полоний-210	3,2	< 0,01	0,011	3,2	Следы: пот, 0,9 волосы	пКи
Радий-226	2,3	-	0,08	2,2	Неизвестно	пКи
Ртуть	15	1	0,35	10	Следы: пот, 0,9 волосы	мкг
Рубидий	2,2	-	1,9	0,3	0,05 пот и прочие жидкости	мг
Свинец	0,44	0,01	0,045	0,3	0,065 пот 0,03 волосы	«

Часть химических элементов выводится из организма исключительно через почки. Отношение – выведено с мочой больше, чем выведено через желудочно-кишечный тракт, в зависимости от принадлежности химических элементов s-, d-, p-, f-блоку (в скобках после символа элемента численное значение отношения), следующее:

s-элементы – Na (33), K (278), Rb (6,3), Cs (9);

d-элементы – Co (2,2), Nb (1,4), Mo (1,25), Hg (?3,5);

p-элементы – B (3,7), N (10), O (13), Br (100), Ge (10), I (8,5), Se (2,5), S (5,7);

Sb (~4,4), Te (5,3), P (1,8), F (6,7), Cl (88).

Отношение – выведено с калом больше, чем выведено через почки, в зависимости от принадлежности химических элементов s-, p-, d-, f-блоку (в скобках после символа элемента численное значение отношения), следующее:

s-элементы – Li (1,5), Be (10), Mg (1,5-1,6), Ca (4,1), Sr (4,4), Ba (13,8), Ra (27,5);

d-элементы – V (133), Fe (50-60), Cd (18), Mn (120), Cu (68), Ni (~ 34), Ag (~ 6,7), Ti (1,6), Cr (1,1), Zn (22), Zr (~ 27);

p-элементы – Al (430), B (11), As (16), Sn (175), Po (291), Pb (~ 6,7), Tl (2), C (1,4);

f-элементы – Th (29), U (2,8-36).

Продолжение таблицы 8.5.2

Элемент	Поступление		Выделение			Единица измерения
	пища и жидкость	воздух	моча	фекалий	другие биосубстраты	
Селен	150	-	50	20	80 пот 0,3 волосы, следы: пр. жидкости	мкг
Сера	0,85	$0,54 \cdot 10^{-3}$	0,8	0,14	0,026 пот 0,032 волосы	г
Серебро	70	-	9	60	0,4 пот 0,6 волосы	мкг
Стронций	1,9	-	0,34	1,5	0,02 пот $0,1 \cdot 10^{-3}$ волосы Следы: прочие жидкости	«
Сурьма	~50	0,05	~40	~9	1 волосы	мкг
Таллий	1,5	0,05	0,5	1,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$ волосы Следы: пот, молоко	«
Теллур	0,6	0	0,53	0,10	0,01 выдыхается	мг
Титан	0,85	$1 \cdot 10^{-3}$	0,33	0,52	$0,8 \cdot 10^{-3}$ волосы	«
Торий	3	-	0,1	2,0	-	мкг
Углерод	300	-	5,0	7,0	270 выдыхается 18 прочие выделения	г «
Уран	1,9	$7 \cdot 10^{-3}$	0,05-0,5	1,4-1,8	0,02 волосы	мкг
Фосфор	1,4	-	0,9	0,5	0,001 пот 0,0001 волосы Следы: прочие жидкости	г
Фтор	1,8	-	1,0	0,15	0,65 пот, следы: прочие жидкости	мг
Хлор	5,2	-	4,4	0,05	0,78 пот 0,05 прочие жидкости	г «
Хром	150	0,1	70	80	1 пот 0,6 волосы Следы: прочие жидкости	мкг «
Цезий	10	0,025	9,0	< 1,0	Пот	«
Цинк	13	< 0,1	0,5	11	0,78 пот 0,03 волосы, ногти 1 менструальные потери	мг
Цирконий	4,2	-	0,15	4		«

Si выводится с мочой и калом в отношении 1:1. Следует отметить, что часть химического элемента, поступая с пищей и жидкостью, не всасывается из желудочно-кишечного тракта в кровь и выводится из организма транзитом. Поэтому роль почек в выведении химических элементов из организма значительно больше, чем может показаться на основании простого сопоставления: поступление в желудочно-кишечный тракт и далее выведение с калом или с мочой. Выведение химических элементов с потом, молоком, волосами, ногтями, менструальной кровью незначительно и ничтожно в общем, суточном балансе: поступление с пищей, жидкостями, воздухом, выведение с мочой и калом. Хотя, конечно, выведение химических элементов с молоком и менструальной кровью может повлиять в той или иной степени на баланс химических элементов у женщин, особенно микро- и ультрамикроэлементов.

В настоящее время отсутствуют или неполны обобщающие данные о содержании микроэлементов в различных органах и тканях эмбрионов и плодов человека в пренатальном периоде. В процессе онтогенеза определенные органы и ткани способны избирательно концентрировать в своем составе те или иные микроэлементы. Большинство исследователей объясняют это физиологической ролью микроэлементов и специфической деятельностью органа (Авцын, А.П. и др., 1992).

Показано, что содержание Cu, Zn, Si, Mn, Al в сером и белом веществе головного мозга повышается к моменту рождения (Бабенко, Г.А., 1953). У новорожденных наибольшее количество таких микроэлементов, как Cu, Ti, Al, Si, содержится в зрительных буграх и продолговатом мозге. В зрелом возрасте некоторые микроэлементы, особенно Cu и Ti,

концентрируются в коре полушарий большого мозга. В старческом возрасте отмечены обратные отношения (Авцын, А.П. и др., 1991).

Содержание химических элементов с ростом организма (набором массы) возрастает. Как измеряется концентрация химических элементов в организме, системах, органах, тканях с возрастом, неизвестно, исключая ориентировочные данные для K, Al, Ca, Cu, Mg, Mo, P, Sn и некоторых других. Концентрации химических элементов во всем теле и в различных органах и тканях необязательно остаются постоянными в течение всей жизни. Хотя точные данные об этом для химических элементов немногочисленны (МКРЗ, Публикация № 23, 1977).

Наилучшей величиной, характеризующей суммарное выведение химических элементов из организма, является период биологического полувыведения – T_6 . Биологический период полувыведения (T_6) – это время, необходимое для удаления половины содержания химического элемента или радиоактивного изотопа из организма в результате биологических процессов. При этом принимается, что между стабильным элементом в пище и воде и стабильным элементом в критическом органе тела существует равновесие, поэтому число граммов, удаленных за день, должно быть равно числу граммов, отложившихся в организме за день (МКРЗ, 1961).

Найдено (7, рисунок 7.1.7, без d-элементов 4-го периода), суммарная скорость выведения химических элементов из организма (через желудочно-кишечный тракт, почки, легкие...), изображенная графически, имеет периодический характер, определяемый периодическим характером формирования электронных орбит химических элементов. То есть выведение химических элементов из организма закономерно определяется законами квантовой механики.

Как отмечено выше, должен быть баланс между поступлением химических элементов во взрослый организм ($\pm \%$?) и их выведением из него. Поэтому естественен корреляционный анализ между показателями, характеризующими поступление химических элементов в организм и T_6 (периодом биологического полувыведения химических элементов из организма), а также рядом величин, характеризующих содержание химических элементов в системах, органах и тканях (содержание химических элементов в печени, почках, скелете, «условном» человеке и т.д.). Анализ проведен в полном объеме по обычной схеме.

При сопоставлении показателей, характеризующих поступление химических элементов s-, p-, d-, f-блоков в живой организм и T_6 в натуральных числах, достоверных корреляционных связей не выявлено. При сопоставлении этих же показателей, выраженных в десятичных логарифмах, обнаруживаются отрицательные средней степени тесноты связи между всасыванием химических элементов из желудочно-кишечного тракта (жкт) и легких и их T_6 : $\lg \text{жкт}$ с $\lg T_6$, $n = 65$, $r_2 = -0,43$, $p < 0,001$, $\lg \text{легкие}$ с $\lg T_6$, $n = 79$, $r_2 = -0,36$, $p \leq 0,001$.

Такие же отрицательные обратные корреляционные связи обнаружены между содержанием химических элементов в печени, почках: $\lg \text{печень}$ с $\lg T_6$, $n = 68$, $r_2 = -0,42$, $p \leq 0,001$, $\lg \text{почки}$ с $\lg T_6$, $n = 66$, $r_2 = -0,44$, $p \leq 0,001$. При сопоставлении показателей поступления химических элементов в организм, всасывание из желудочно-кишечного тракта и легких, а также содержание их в печени, почках с T_6 в натуральных логарифмах, обнаружены отрицательные, обратные средней степени тесноты при высоком уровне достоверности корреляционные связи: $\ln \text{жкт}$ с $\ln T_6$, $n = 65$, $r_3 = -0,43$, $p \leq 0,001$, $\ln \text{легкие}$ с $\ln T_6$, $n = 79$, $r_3 = -0,36$, $p \leq 0,001$, $\ln \text{печень}$ с $\ln T_6$, $n = 65$, $r_3 = -0,42$, $p \leq 0,001$, $\ln \text{почки}$ с $\ln T_6$, $n = 65$, $r_3 = -0,44$, $p \leq 0,001$.

При сопоставлении показателей, характеризующих поступление химических элементов только s-, d-, f-блоков, только металлов, без p-металлов, в организм, всасывание в желудочно-кишечном тракте и легких, а также их содержание в печени, почках с T_6 , выраженных в натуральных числах, достоверных корреляционных связей не найдено. Найдены достоверные корреляционные связи, средней степени тесноты и высокой степени вероятности ($p < 0,001$), если значения этих показателей были выражены в десятичных и натуральных логарифмах, корреляционные связи отрицательные, обратные: $\lg \text{жкт}$ с $\lg T_6$ – нет достоверных связей, $\lg \text{легкие}$ с $\lg T_6$, $n = 55$, $r_5 = -0,43$, $\lg \text{печень}$ с $\lg T_6$, $n = 49$, $r_5 = -0,45$, $\lg \text{почки}$ с $\lg T_6$, $n = 49$,

$r_5 = -0,47$ и $\ln$ жкт с $\ln T_6$ – нет достоверных связей, $\ln$ легкие с $\ln T_6$, $n = 55$, $r_5 = -0,42$, $\ln$ печень с $\ln T_6$, $n = 49$, $r_6 = -0,41$, $\ln$ почки с $\ln T_6$, $n = 49$, $r_6 = -0,44$.

Итак, обнаружены отрицательные обратные связи между поступлением химических элементов в организм и скоростью их выведения из него, причем, эти связи нелинейные. То есть, чем в больших количествах поступают химические элементы в организм, тем быстрее они выводятся из него (химические элементы IA, VIIA подгрупп...) и чем меньшие количества элементов поступают в организм через желудочно-кишечный тракт и легкие, тем дольше они в нем задерживаются (это, в основном, химические элементы, имеющие электронное строение d- и f-семейств элементов).

№ п/п	Характер сопоставления	n	r	σ_r	t_r	p_r	F	Z	$Y_i = a_0 + a_1 x = Y_i = A \cdot a_1^x =$	σ_{a_1}	t_{a_1}	p_{a_1}
химические элементы s-, p-, d-, f-блоков выражены:												
1	В натуральных числах	60	0,39	0,11	3,51	0,001	10,4	1,17	$= 42,3 + 0,0044 \cdot T_5$	0,0013	3,23	0,01
2	В десятичных логарифмах	60	0,52	0,10	5,50	0,001	22,0	1,54	$= 0,76 + 0,31 \cdot \lg T_5$	0,07	4,69	0,001
3	В натуральных логарифмах	60	0,54	0,11	5,05	0,001			$= 6 \cdot \ln T_5^{0,31}$			
металлы s-, d-, f-блоков выражены:												
4	В натуральных числах	44	0,40	0,13	3,06	0,01	7,9	1,03	$= 48,8 + 0,0038 \cdot T_5$	0,0013	2,81	0,01
5	В десятичных логарифмах	44	0,61	0,10	6,22	0,001	24,4	1,60	$= 0,81 + 0,34 \cdot \lg T_5$	0,07	4,94	0,001
6	В натуральных логарифмах	44	0,75	0,10	7,4	0,001			$= 4,1 \cdot \ln T_5^{0,41}$			

Таблица 8.5.3 Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в скелете по периоду биологического полувыведения из организма

Основным депо для большинства химических элементов в организме является скелет. Химический элементарный состав скелета формируется из представителей химических элементов s-блока, ПА подгруппы, представителя химических элементов p-блока, VA подгруппы, P, f-элементов, лантаноидов, актиноидов и, в меньшей степени, из химических элементов d- и металлов p-блока.

Скорость обмена химических элементов скелет – организм (остальные органы, ткани) определяет как основные параметры гомеостаза их в организме, так и скорость их выведения из него. Поэтому целесообразно сопоставить интегральный процесс – суммарное выведение химических элементов из организма, T_6 , с содержанием их в скелете.

В таблице 8.5.3 представлены показатели регрессионного анализа – содержание химических элементов в скелете, период биологического полувыведения, где № п/п – тип регрессионного анализа и характер сопоставления (в анализ включались показатели s-, p-, d-, f-блоков химических элементов, № п/п – 1, 2, 3, или показатели s-, d-, p-блоков химических элементов, № п/п – 4, 5, 6); n – число сопоставляемых пар; r – коэффициент корреляции; σ_r – средняя ошибка коэффициента корреляции; F – вариансное отношение; Z – преобразованный коэффициент корреляции; коэффициенты уравнений регрессии a_0 и a_1 или A и a_1 ; σ_{a_1} – средняя ошибка коэффициента a_1 ; t_r или t_{a_1} – нормированное отклонение для r или a_1 соответственно; p_r и p_{a_1} – вероятность коэффициента корреляции r и коэффициента уравнения a_1 соответственно.

Обнаружены положительные и самые высокие, при данном алгоритме сопоставления, корреляционные связи между содержанием химических элементов в скелете и их T_6 (таблица 8.5.3). Как видно, корреляционные связи между содержанием химических элементов в скелете и T_6 не прямые, то есть чем в меньших количествах химические элементы поступают в организм, тем непропорционально медленнее они выводятся из него. На это замечание указывает соотношение величины коэффициентов корреляции между содержанием химических элементов в скелете и скоростями их выведения из организма: для элементов s-, d-, f-блоков – $r_4 < r_5 < r_6$ (таблица 8.5.3). Это соотношение оптимально, лучше всего в нашем

случае, может быть записано соотношениями 3 и 6, уравнениям степенной функции (таблица 8.5.3, уравнения № 3 и № 6). Содержание большинства химических элементов периодической системы в организме в абсолютных количествах, определяется их содержанием в скелете. Это химические элементы ПА подгруппы, элементы d-, f- и, частично, p-блока – в основном металлы. Поэтому скелету принадлежит, помимо опорной и кроветворной функций, центральная, ведущая роль в регуляции гомеостаза. Скелет является основным депо большинства химических элементов в организме, ежесекундно получает и отдает в кровоток химические элементы, которые необходимы в цепях биохимических, бионеорганических (ферментативных, гормональных...), физико-химических реакций, и если теоретически заблокировать этот поток, скелет – организм, то следует неминуемая, мгновенная, в течение нескольких минут, гибель животного организма.

В процессе биологической эволюции планеты Земля, появление у живых систем скелета вывело организмы на качественно новую ступень во взаимоотношении окружающей среда – живые организмы. Это, в значительной степени, определило биопараметры поступления – всасывание химических элементов из желудочно-кишечного тракта и легких, формирование систем, органов, тканей организма во взаимодействии с белковыми, белковоподобными образованиями, и, наконец, закономерностями их выведения из него. Проведен корреляционный анализ с T_6 и целым рядом объектов, в том числе между содержанием химических элементов в «стандартном» человеке, выраженным в % от содержания в океанической воде. Обнаружена только одна непрямая, положительная корреляционная средней степени связь между выделением химических элементов и их содержанием в «стандартном» человеке: $\ln T_6$ с $\ln$ «стандартный» человек, $n = 45$, $r_3 = 0,33$, $p \leq 0,05$.

То есть, чем в меньших количествах в относительных единицах химические элементы концентрируются в «стандартном» человеке, тем медленнее они из него выводятся, а органы выведения химических элементов из организма функционально настроены на более интенсивное выведение миграционно более подвижных химических элементов в биосфере (химические элементы s-блока IA подгруппы, химические элементы p-блока, в основном правое верхнее поле: VIA, VIIA, VIIIA подгруппы, за исключением F и некоторых химических элементов d-блока...). То есть, гидрогенические по В.И. Вернадскому, растворимые в воде химические элементы, являются более подвижными, имеют меньший T_6 , быстрее покидают организм человека.

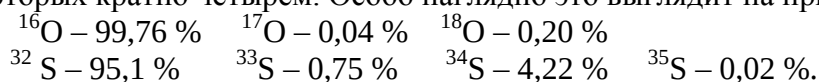
Глава 9 Четно-нечетные химические элементы

9.1 Распределение четно-нечетных химических элементов

Основной информационно-энергетической характеристикой изотопов химических элементов является число протонов и нейтронов в ядрах атомов химических элементов. В 1914 году G. Oddo (цит. Вернадский, В.И., 1940; 1965) указал на значительную распространенность среди кларковских чисел земной коры четных атомов и кратных четырем. Четные элементы образуют 86,5 % ее общей массы. В 1917-1927 годах W. Harkins (цит. Вернадский, В.И., 1940; 1965) нашел, что четные химические элементы в метеоритах по массе составляют 92,22 и 97,69 % металлических и каменных соответственно. В последующем происходила детализация правила (закона) G. Oddo. В 1928 году П. Ниггли отметил, что периоды максимумов распространенности в естественном ряду элементов наступает через 6 или 12 элементов и что элементы, отличающихся на 2 от указанных, также являются более распространенными. П. Ниггли считал, что степень распространенности химического элемента определяется устойчивостью его ядра. В 1930 году Р.А. Зондер устанавливает периодичность наиболее распространенных химических элементов через 6 номеров: O, Si, Ca, Fe и соответствующие им порядковые номера 8, 14, 20, 26.

Элементы с четными порядковыми номерами составляют 87 % массы земной коры, а с нечетными – только 13 %; это является следствием большей энергии связи и, следовательно, большей устойчивости и большего выхода при нуклеосинтезе для ядер с четным числом нуклонов (Taylor, S.R., 1964; Wedepohl K.H., 1967; Sammiung Göschen, Bd 1224-1224a/1224b).

Среди изотопов одного химического элемента обычно преобладают те, массовое число которых кратно четырем. Особо наглядно это выглядит на примере кислорода и серы:



У нечетных и четных элементов в начале таблицы Менделеева наибольшие кларки характерны для шестых по порядковому номеру элементов: у нечетных – H (1), N (7), Al (13), K (19), Mn (25); у четных – O (8), Si (14), Ca (20), Fe (26). Объяснения этой закономерности пока нет.

В земной коре преобладают легкие элементы, представленные изотопами типа $4q$ (четыре протона), с четными порядковыми номерами и атомными массами (<http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php>).

В последующем происходила детализация правила G. Oddo. В настоящее время этот феномен называют правилом Оддо-Гаркинса (Oddo-Harkins). Так А.Е. Ферсман разделил элементы по типу атомов (содержания протонов) на $4q$, $4q+1$, $4q+2$, $4q+3$ (где q – есть целое число) и, проанализировав соотношения атомов различных типов первых 28 элементов, нашел, что в земной коре преобладают атомы типа $4q$ – 70 % по объему. Второе место занимает водород, к которому относится несколько менее 20 % всех атомов. Третье место принадлежит атомам типа $4q+3$, менее 10 %, тогда как на оба типа атомов $4q+1$ и $4q+2$ приходится только около $7,10^{-4}$ долей общего числа атомов. Преобладание четных атомов А.Е. Ферсман связывает, как с и многие другие его современники, с особой устойчивостью ядра. В 1928 году П. Ниггли отметил, что периоды максимумов распространенности в естественном ряду химических элементов наступают через 6 или через 12 элементов и что химические элементы, отличающиеся на два от указанных, также являются более распространенными. П. Ниггли считал, что степень распространенности химического элемента определяется устойчивостью его ядра. В 1930 году Р.А. Зондер устанавливает периодичность наиболее распространения химических элементов через 6 номеров: O, Si, Ca, Fe и соответствующие им порядковые номера 8, 14, 20, 26. Периодичность [(1или 2) + 6 + 6 + 6 + 6....], а не 2, 8:8 (2, 3 периоды), 18:18 (4, 5 периоды), 32:32 (6, 7 периоды) обусловленная строением электронных оболочек, лежащая в основе периодической системы, свидетельствует о ядерной периодичности.

«Ядра, состоящие из четного (нечетного) числа протонов и четного (нечетного) числа нейтронов, называются *четно-четными* (*нечетно-нечетными*). Ядра, состоящие из четного

(нечетного) числа протонов и нечетного (четного) числа нейтронов, называются *четно-нечетными (нечетно-четными)*» (Яворский, Б.М., Детлаф, А.А., 1968, с. 807).

«Еще в 20-х годах С.А. Щукарев первым в мире сформулировал правила неустойчивости нечетно-массовых и устойчивости четно-массовых изобар, известные как правила изобарной (ядерной) статистики Щукарева-Маттауха. Эти правила позволили объяснить отсутствие устойчивых нечетных элементов 43, 61, 85 и 87 и положили конец их поискам в природе (технеций, прометий, астат и франций получены искусственно в 30-40-е годы)» (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 6). Технеций, прометий, астат и франций обнаруживаются в следовых количествах в естественных условиях за счет спонтанного деления урана, актиния... (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968, с. 27, 143, 180, 202).

Правила 4, 6, 12, различные интерпретации соотношений четно-нечетных ядер (количество протонов, нейтронов, их соотношения, роль атомного веса – четное число или нечетное, количество изотопов у четно-нечетных ядер и т.п.) – это детализация одного и того же закона G. Oddo. Делались и делаются попытки объяснить с помощью этого закона как характер кривых кларков, происхождение химических элементов, а также и сам феномен количественной неодинаковости четно-нечетных химических элементов. В.И. Вернадский объясняет неодинаковую количественную распространенность четно-нечетных элементов большой рассеянностью нечетных. Едва ли это так. Четных химических элементов в природе больше, чем нечетных – факт (Oddo, G., 1914; Harkins, W., 1917-1921; Nigly, P., 1928; Zonder, P.A., 1930; Ферсман, А.Е., 1952-1960; Виноградов, А.П., 1933; Вернадский, В.И. и многие другие).

В настоящее время феномен четно-нечетных химических элементов их неодинаковой распространенности объясняется большей устойчивостью четных ядер. Вероятно, их создается примерно одинаковое количество. Нечетные ядра, обладая меньшей устойчивостью, распадаются, превращаясь в устойчивые четные формы ядер. И, как следствие, четных химических элементов становится больше. Четные химические элементы имеют, кроме того, в несколько раз больше изотопов, чем нечетные химические элементы (Соков, Л.А., 2006, с. 157). «Ядер, содержащих четное число протонов и нейтронов, по-видимому, больше, чем их соседей, а тех ядер, которые можно считать состоящими из α -частиц, особенно много» (Тейлер, Р.Дж., 1975, с. 80).

Выше говорилось о неодинаковом количестве четных и нечетных элементов в самых различных объектах (закон Г. Оддо). Более того, правила 4, 6, 12, различные интерпретации соотношений четно-нечетных ядер (количество протонов, нейтронов, их соотношения, роль атомного веса – четное число или нечетное, количество изотопов у четно-нечетных ядер и т. п.) – это детализация одного и того же закона Г. Оддо. Делались и делаются попытки объяснить с помощью этого закона как характер кривых кларков, происхождение элементов, а также и сам феномен количественной неодинаковости четно-нечетных элементов. Целый ряд авторов объясняет различное количество четно-нечетных элементов большей устойчивостью четных ядер. Это положение общепринято и сейчас.

В.И. Вернадский объясняет неодинаковую количественную распространенность четно-нечетных элементов большей рассеянностью нечетных, то есть результатом неодинакового распределения. В.И. Вернадским была обнаружена особая форма миграции элементов, которая классифицируется как форма существования элементов – состояние рассеяния.

Четные элементы имеют и большее количество стабильных изотопов, что отражает рисунок 9.1.1, где по оси абсцисс – количество протонов в ядрах атомов, по оси ординат – количество стабильных (долгоживущих) изотопов соответствующего химического элемента. В анализе использованы данные М. Гайсинский, Ж. Адлов (1968). Как видно, количество стабильных изотопов нечетных химических элементов равно 1-2 и не зависит от числа протонов в ядрах атомов. Количество же стабильных изотопов четных химических элементов возрастает с ростом количества протонов в ядре атома до $Z = 48-54$ и достигает максимума у Sn ($Z = 50$) и равно 10, затем, с дальнейшим увеличением числа протонов в ядрах атомов, наблюдается тенденция к уменьшению количества стабильных изотопов.

На рисунке 9.1.1 представлена формула, описывающая найденную закономерность для Z от 2 до ~ 100 четных химических элементов. Согласно проведенным расчетам по этой формуле, во Вселенной существует островок «стабильности» ~ в диапазоне Z от 1 до ~ 100, а далее четных элементов быть не может, так как продолжение графика рисунка 9.1.1 уходит в «отрицательную бесконечность». Например, при Z 200, 300, 400... химические элементы имеют отрицательное количество изотопов -32,4, -106, -218. Парадокс, если и могут существовать где-то, то только нечетные изотопы химических элементов, а не четные, как принято считать.

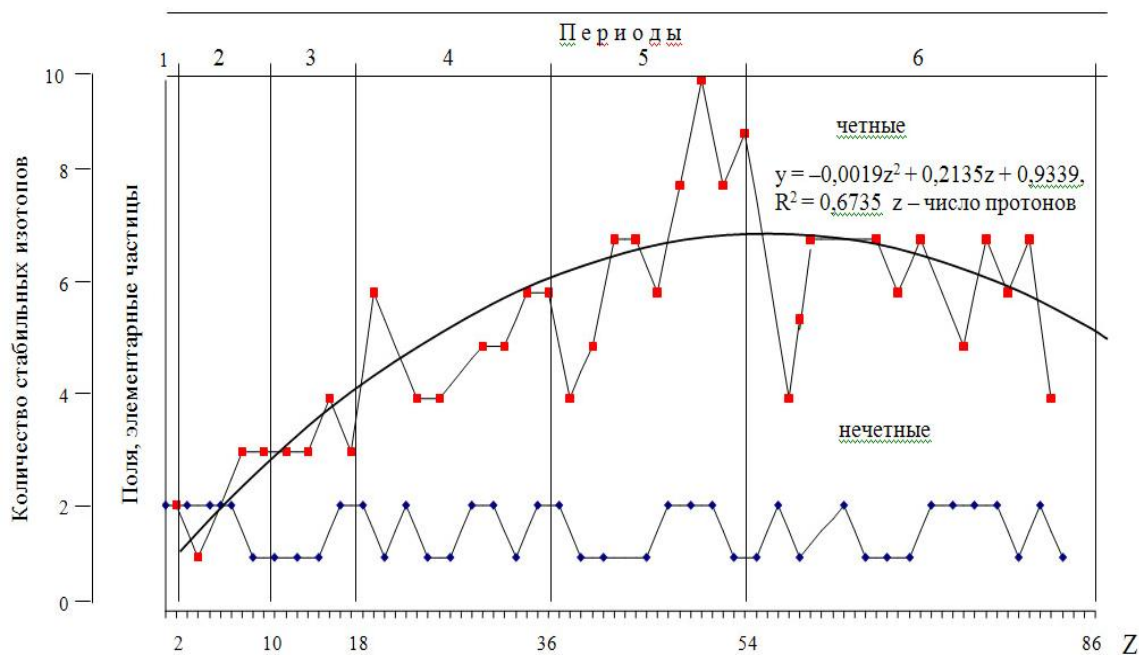


Рисунок 9.1.1 Зависимость количества стабильных изотопов четно-нечетных химических элементов от числа протонов в ядрах атомов

Большое внимание эффекту четно-нечетные химические элементы уделял А.Е. Ферсман (цит. Ферсман, А.Е., 1952-1960). Им обнаружен ряд частных закономерностей соотношения четно-нечетных ядер. А.Е. Ферсман рассчитал изменение соотношения четно-нечетных ядер в геосферах Земли, Земного шара в целом и т.п.:

	четные	нечетные
атмосфера	24,3	75,7
почва, биосфера	75	25
гидросфера	85,7	14,3
осадочная оболочка	89,35	10,65
гранитные пегматиты	84	16
граниты	86,5	13,5
плато-базальты	89,7	10,3
перидотиты	95,7	4,30
Земля в целом	97,2	2,8

Анализируя соотношения четно-нечетных атомов в различных образованиях, А.Е. Ферсман приходит к выводу, что «весь комплекс образований, связанных с обособлением из состава земной коры почвенного покрова, воды океанов и живого вещества, связан с одной определенной тенденцией – возможного накопления в них нечетных элементов (в большей или меньшей степени). Этим как бы продолжается та тенденция, которая весьма характеризовала собой процессы эволюции магматических пород, где обособление конечных гранитных и,

особенно, пегматитовых фаз шло совершенно определенно по этому направлению. В противоположность им идет резкое накопление четных элементов в породах карбонатного типа, в кремнеземистых породах и частично в мергелях», и далее – «правильность настоящего положения, совершенно доказанная для пегматитов, не может считаться окончательно обоснованной для почвы и живого вещества ввиду недостатка аналитических данных и отсутствия настоящих точно проверенных средних кларков, что заставляет приведенные выше выводы считать пока лишь вероятными».

Итак, как видно из представленного материала, количество четных и нечетных химических элементов неодинаково в самых различных объектах.

Периодичность 6, а не 8, обусловленная строением электронных оболочек, свидетельствует о ядерной периодичности, рисунок 9.1.2 (Ферсман, А.Е., 1952-1960).

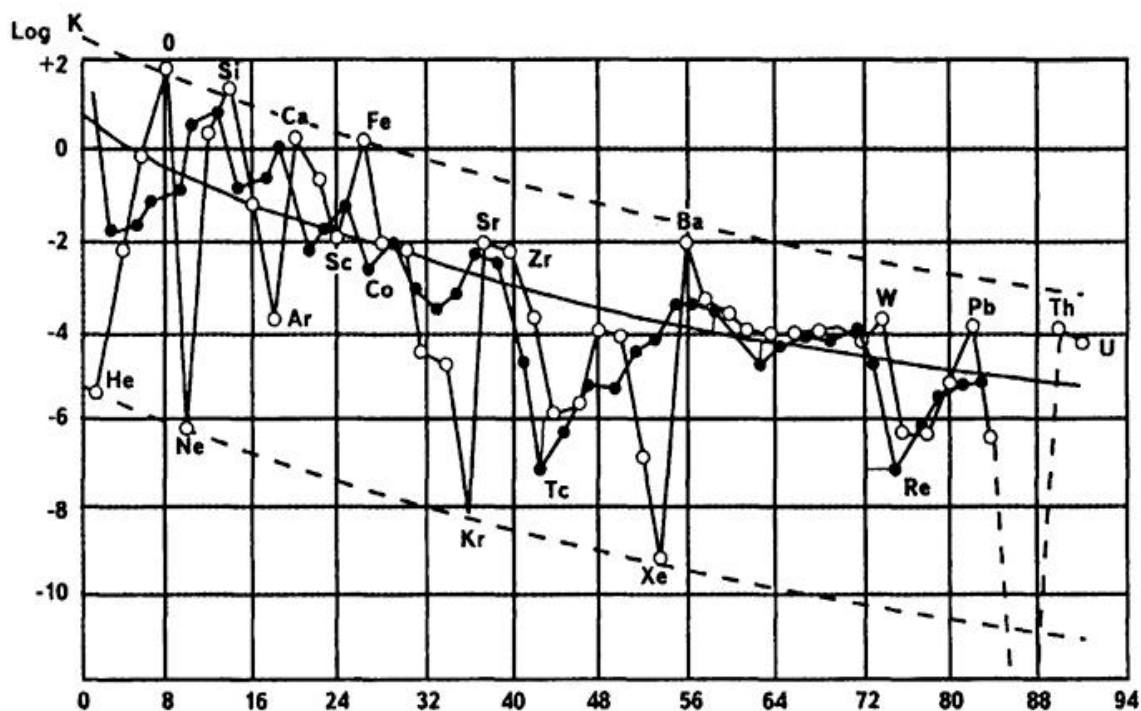


Рисунок 9.1.2 Логарифмы атомных кларков, А.Е. Ферсман (1952-1960)

А.Е. Ферсман разделил элементы по типу атомов (содержания протонов) на $4q$, $4q+1$, $4q+2$, $4q+3$ (где q – есть целое число). И, проанализировав соотношения атомов различных типов первых 28 элементов, нашел, что в земной коре преобладают атомы типа $4q$ – 70 % по объему, второе место занимает водород, к которому относится несколько менее 20 % всех атомов, третье место принадлежит атомам типа $4q+3$, менее 10 %, тогда как на оба типа атомов $4q+1$ и $4q+2$ приходится около $7 \cdot 10^{-4}$ долей общего числа атомов. Преобладание четных атомов связывается А. Е. Ферсманом с особой устойчивостью ядра.

И далее, А.Е. Ферсман связывает эти пять основных положений для кларков в различных объектах Космоса, геосферах Земли и т.д. с основными чертами, как он считает, строения ядер элементов:

«1. Принципиальное различие построения четных и нечетных элементов, выражаемое в очень малом количестве нечетных изотопов и у нечетных элементов и, как правило, значительном содержании четных изотопов у четных элементов.

2. Преобладание вообще четных изотопов, но почти полное отсутствие четных изотопов у нечетных элементов и редкое присутствие нечетных изотопов у четных элементов.

3. Характерны переломы в строении атомов, намечающие три группы элементов:

а) от № 1 до № 7-8

б) от № 9 до № 28-30,

в) от № 30 до конца.

Отличительные черты этих групп определяются особенно резким переломом на медь-цинк, так как в схеме элементы низших номеров характеризуются тем, что следующий нечетный отличается от предыдущего четного на 3 (реже 2,5) единиц атомного веса, а от последующего четного – на 1, тогда как после резкого перелома в группе медь-цинк, галлий начинается совершенно иная система, в которой каждый нечетный отличается от предыдущего на 1 протон, а от изотопа последующего элемента на 5, 3, 1 или 7, 5, 3, 2, 1 протон. Это резкое различие в структурных взаимоотношениях приходится на очень важную переломную точку во всех кривых кларков, устанавливающих до атомного номера 28 область наиболее распространенных элементов.

4. Наибольшей структурной аномалией с точки зрения образования обычных плеяд из изотопов, являются элементы бериллий и бор, для которых и в кривых кларков, как правило, мы находим резко выраженные минимумы.

5. Кроме указанных выше черт бериллия и бора, мы вообще не находим таких индивидуальных черт строения атомов, которые бы очень определенно и точно могли быть перенесены на величины кларков, тем не менее имеется ряд отдельных частных, которые необходимо отметить:

а) в общем ходе соотношений изотопов, отмеченном в п. 3, имеются два типичных замедления в приращении числа протонов: одно в группе стронций – иттрий, другое в группе лантан – церий...

б) нанося на общую диаграмму по двум координатам изотопического числа Z и атомного веса A , мы получаем совершенно сходную конфигурацию расположения и черт изотопов соседних атомов в области стронция и бария, а также ряд закономерностей, связанных, с одной стороны, с величинами кларков, а с другой – с характером кривой (по Астону).

6. Строение атомов (по ядру) проявляется в первую очередь на кривых кларков в следующих явлениях:

а) различие четных и нечетных элементов и преобладание в максимумах изотопов, кратных 4;

б) различие величины кларков до и после атомного номера 28;

в) в особенностях строения некоторых участков изотопов главным образом бора, бериллия, стронция и бария;

г) общей зависимости кларков от атомного веса.

В схеме влияние ядра мы наблюдаем в общем течении кривых кларков, тогда как индивидуальные особенности кларков элементов мы скорее склонны связывать с периодическими чертами, вызванными наружными оболочками атома, чем с периодичностью самого ядра».

Такая детализация не дает ответа на основной вопрос, который А.Е. Ферсман пытается решить, величина кларков – строение ядер. В общем, это частные, хотя и важные количественные соотношения. Обнаруживается параллелизм между количеством стабильных изотопов и порядковым номером, количеством стабильных изотопов и величиной кларка, переломы на кривой кларков связываются с переломами в строении ядра атома, а вернее с соотношением протонов и нейтронов в ядре. Это феноменология. Минимумы бериллия и бора на кривой кларков (к п. 4) объясняются в настоящее время тем, что эти элементы входят в циклы ядерных реакций (Тейлер, Р.Дж., 1975).

Различное количество четно-нечетных химических элементов в живом была доказана раньше А.Е. Ферсмана А.П. Виноградовым (1933). Анализируя данные кривых кларков, характеризующих связь между содержанием химических элементов у морских растений, животных и организмов суши, А.П. Виноградов показал, что кривая по нечетным химическим элементам у организмов моря лежит выше, чем по четным химическим элементам, в то время как у организмов суши наоборот. А.П. Виноградовым (1933) найдено, что в живом веществе у морских организмов нечетных химических элементов содержится больше, чем четных и,

наоборот, в живом веществе суши четных химических элементов содержится больше, чем нечетных (рисунок 9.1.3).

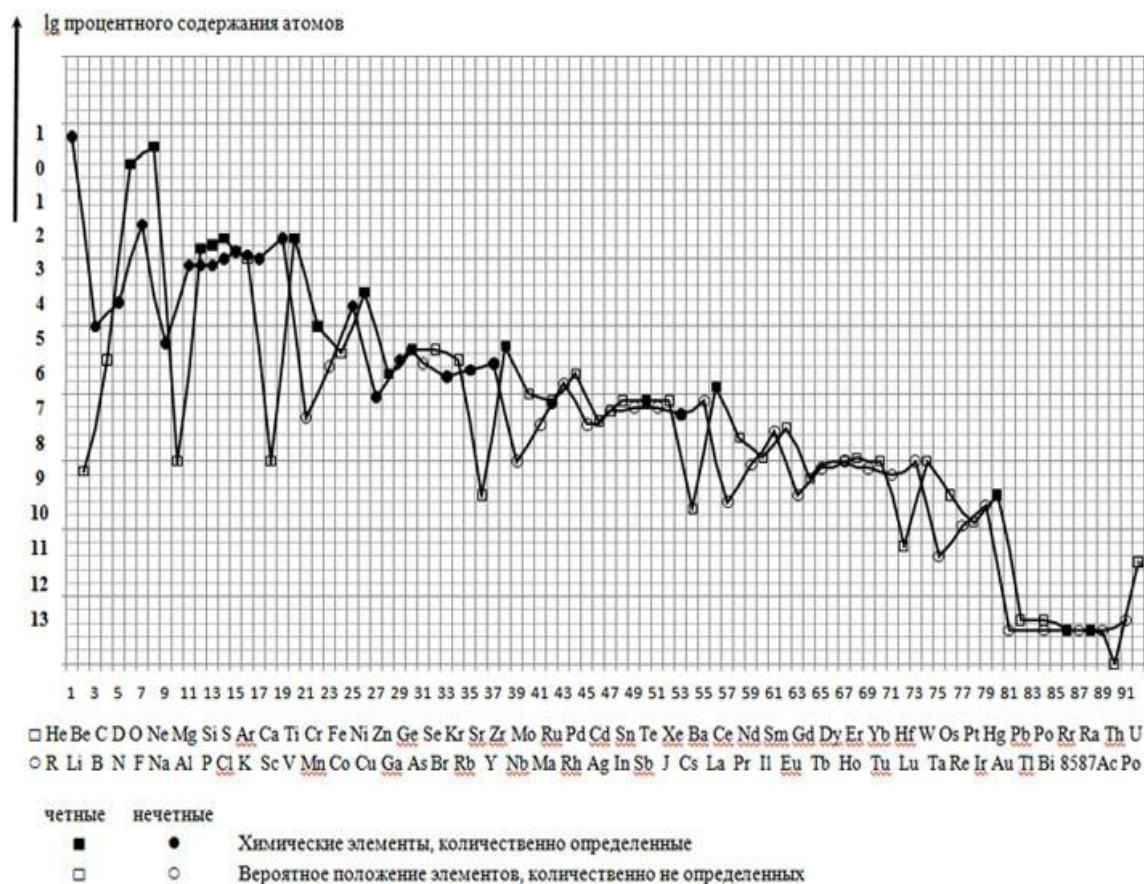


Рисунок 9.1.3 Периодичность химического элементарного состава организмов суши, по оси абсцисс Z (Виноградов, А.П., 1935)

А.П. Виноградовым (1933) было показано, что элементарный состав организмов связан определенным образом с атомным номером элементов (рисунок 9.1.3). В связи с тем, что геохимическая история четных элементов отличается от нечетных, он дал отдельно кривые распределения четных и нечетных химических элементов в живом веществе от атомного номера. «Кривые четных и нечетных рядов имеют правильные периоды с максимумами и минимумами. Для элементов четного ряда периоды отвечают формуле $2+6+6\dots$, для нечетного ряда — $1+6+6\dots$. Элементы, отвечающие этим числам, находятся в максимумах кривых. Кривая четного ряда по отношению к кривой нечетного ряда как бы сдвинута вправо и вверх. Элементы, находящиеся в максимумах четного ряда с подчиненными им элементами нечетного ряда, образуют ряд пар: Ca/K; Fe/Mn; Rb/Sr; Cs/Ba и т.п., для которых известен физиологический (и геохимический) антагонизм» (рисунок 3.4.3)...

«В максимумах четного ряда находятся элементы — O, Si, Ca, Fe, Ge, Sr, Ru, Sn, Ba, ... и другие, в нечетном ряду это H, N, Al, K, Mn, Ga, Ra и другие. Все химические элементы, находящиеся в максимумах кривой (шестые), являются главным субстратом жизнедеятельности древних форм организмов и их современных потомков. Элементы, расположенные на восходящих или нисходящих кривых, имеют несколько меньшее значение для организма и, наконец, элементы, расположенные в минимумах кривых имеют относительно небольшое значение для жизнедеятельности...».

Далее А.П. Виноградов отмечает: «содержание элементов в живых организмах в известной мере зависит не только от протонов, но и наружных электронов, иными словами, от

химических свойств атомов». Основной вывод, сделанный А.П. Виноградовым таков: «количество тех или иных химических элементов в живом веществе находится в обратной пропорциональности их атомным весам (или атомным числам). Химический элементарный состав живого вещества в основном определяется числами зарядов атомов (протонов), то есть количественный элементарный состав живого, есть периодическая функция атомного номера».

«Сравнивая кларки, характеризующие содержание элементов в живом и неживом, например, в земной коре, видим, что распределение элементов, в общем-то, сходно. Так, в максимумах (при увеличении атомного номера от 1 до 90) находятся те же элементы (как в случае четных элементов, так и нечетных)». Далее А.П. Виноградов отмечает, что «содержание элементов в живых организмах в известной мере зависит не только от протонов, но и наружных электронов, иными словами, от химических свойств атома».

В этих же работах А.П. Виноградов (1933-1935) показал, что элементарный состав живых организмов является видовым признаком.

Основной вывод, сделанный А.П. Виноградовым таков: «количество тех или иных химических элементов в живом веществе находится в обратной пропорциональности к их атомным весам (или атомным числам). Химический элементарный состав живого вещества в основном определяется числами зарядов ядер атомов (протонов), то есть количественный элементарный состав живого есть периодическая функция атомного номера».

Следует подчеркнуть, это «не химическая периодичность», это периодичность кларков живого вещества через шесть элементов не совпадает с периодичностью химической (периодической застройкой электронных орбит химических элементов) по главному квантовому числу n : 2; 8, 8; 18, 18; 32, 32...

Это основной биогеохимический закон количественной распространенности химических элементов в живом веществе, является частным случаем более общего геохимического закона распространенности элементов в геосферах Земли и Космоса.

Вот что сказал о работе А.П. Виноградова В.И. Вернадский (1965): «пока точное количественное представление об элементарном составе живого вещества дано быть не может. Раньше, чем оно может быть сделано с той точностью, какую можно иметь для химического состава минералов, горных пород, литосферы, необходимо получить количественные данные для возможно большого числа отдельных видов, семейств, биогеоценозов. Но все же можно уже сейчас дать как первое приближение порядок распространенности в живом веществе некоторых химических элементов из входящих в его состав и можно подойти к некоторым более крупным эмпирическим обобщениям, как это сделано недавно А. Виноградовым, указавшим зависимость химического состава в связи с периодической системой элементов. Полученная кривая резко отличается от такой же кривой для чисел Кларка – для состава литосферы. Едва ли порядок большинства элементов изменится при более точном подсчете».

9.2 Обмен четно-нечетных химических элементов в организме человека

Как показано выше, помимо закона G. Oddo, закона распространенности (феномена неодинаковой устойчивости четно-нечетных ядер) четно-нечетных химических элементов, существует закон качественно отличный от первого, закон неодинакового их перемещения.

Дальнейшее изучение показателей обмена четно-нечетных химических элементов в космохимических, геохимических, биогеохимических, биологических объектах, в системах, органах, тканях человека, живого вещества, ..., как видно, является целесообразным.

Поэтому, на примере химических элементов d-блока 4^{го} периода изучено содержание четно-нечетных химических элементов в различных объектах. Химические же элементы d-блока 4^{го} периода в биологии относят по классификации А.П. Виноградова (1933) к микроэлементам. В настоящее время имеется достаточное, особенно для d-элементов 4^{го} периода число аналитических данных для экспериментальных животных, человека в целом, по ряду органов, систем, тканей (МКРЗ, 1961; Человек..., 1977).

В расчетах использованы литературные и справочные данные о содержании химических элементов в живом веществе, «стандартном» человеке, геосферах планеты (Вернадский, В.И., 1940; 1965; Виноградов, А.П., 1933; МКРЗ, 1961; Ферсман, А.Е., 1952-1960; Человек..., 1977). Для того чтобы выяснить, какие космохимические, геохимические, биогеохимические, биологические объекты и органы, ткани человека фиксируют преимущественно четные, а какие космохимические, геохимические, биогеохимические, биологические объекты и органы, ткани человека фиксируют преимущественно нечетные химические элементы, провели сопоставление содержания химических элементов в вес %: сумму четных химических элементов d-блока 4^{го} периода пересчитанную на один элемент $/(Ti^{22}+Cr^{24}+Fe^{26}+Ni^{28}+Zn^{30}) : 5 =$ среднее содержание в одном четном представителе d-блока 4^{го} периода/, отнесли к сумме нечетных химических элементов d-блока 4^{го} периода, пересчитанную на один элемент $/(Sc^{21}+V^{23}+Mn^{25}+Co^{27}+Cu^{29}) : 5 =$ среднее содержание в одном нечетном представителе d-блока 4^{го} периода/.

Отношение абсолютных количеств четных к нечетным химическим элементам d-блока 4^{го} периода будет следующим:

- метеориты – 92;
- океаническая вода – 3,2;
- земная кора – 29,5;
- горные породы:
 - первичные,
 - основные – базальт и др. – 29,5,
 - кислые – граниты и др. – 35;
 - и осадочные:
 - глины, сланцы и др. – 34,6;
- живое вещество – 69,5;
- «стандартный» человек – 54,8.

Как видно, в земной коре, горных породах происходит накопление нечетных химических элементов d-блока, четных же содержится в 3 раза меньше, чем в метеоритах, особенно интенсивно накапливаются нечетные химические элементы океанической водой – отношение четные / нечетные химические элементы уменьшается по сравнению с метеоритами в 30 раз.

Приведенные выше отношения четно-нечетных химических элементов d-семейства 4^{го} периода для живого вещества, «стандартного» человека как будто подтверждают выводы А.Е. Ферсмана (см. выше), если эти соотношения сопоставить с аналогичными данными для метеоритов, без учета генетических связей. Но живое вещество – продукт океанической воды. Отношения четно-нечетных химических элементов для живого вещества и «стандартного» человека в 20 раз больше, чем такое же соотношение для океанической воды и в 2 раза больше,

чем для земной коры и ее образований. То есть, в живом веществе и «стандартном» человеке происходит концентрация четных химических элементов d-блока 4^{го} периода.

Отношения абсолютных количеств четных к нечетным химическим элементам d-семейства 4-го периода равно или меньше 10 – для грудной железы, мозга; до 20 – для желудка, 12 – перстной кишки, тощей, тонкой, слепой, ободочной, сердца, печени поджелудочной железы, кожи; до 30 – для прямой кишки, почек, языка, влагалища, яичек; до 40 – для надпочечников, аорты, пищевода, гортани, яичников, зубной железы, трахеи, мочевого пузыря, матки; до 50 – для мышц диафрагмы; до 60 – для скелета, предстательной железы, щитовидной железы; до 70 – для мышц поясничных, сальника; больше 70 – мышцы грудные (74), легкие (157), селезенка (225). Следует учитывать, это отношение абсолютных количеств (мг/г сырой ткани), а, как известно абсолютные количества химических элементов, от элемента к элементу, меняются на порядки, поэтому при таком анализе ведущим может быть какой-то один элемент.

При таком сопоставлении выделяются три группы органов, тканей.

В первой группе органов, тканей, относительное содержание четных к нечетным химическим элементам равно примерно $1 \pm 0,3$. К этой группе органов, тканей человека относится аорта, пищевод, гортань, поясничные мышцы, сальник, предстательная железа, зубная железа, язык, трахея, мочевой пузырь, яички.

Вторая группа накапливает преимущественно нечетные химические элементы. Отношение нечетные / четные химические элементы находится в интервале чисел от 1,3 до 2,0 – грудная железа, влагалище, желудок, прямая кишка, сердце, мышцы диафрагмы, в интервале чисел от 2,1 до 4,0 – мозг, 12-перстная кишка, тонкая кишка, тощая кишка, слепая кишка, ободочная кишка, печень, поджелудочная железа, больше 4,1 – почки.

Третья группа органов, тканей накапливает четные химические элементы в больших количествах, чем нечетные – отношение четные / нечетные химические элементы находится в интервале чисел от 1,3 до 4,0 – скелет, надпочечники, грудные мышцы, яичники, селезенка, матка, щитовидная железа, а больше 4,1 – легкие и кожа.

Масса органов, тканей, представляющих первую группу, то есть не дискриминирующих четно-нечетные элементы, равна примерно 5-10 % от веса тела «стандартного» человека в целом. Масса второй группы органов и тканей, накапливающих преимущественно нечетные элементы: желудочно-кишечный тракт – 2,9 %, коэффициент накопления нечетных равен примерно 2, печени – 2,4 %, коэффициент накопления нечетных – 3,9; мозг – масса 2 %, коэффициент накопления – 2,9. То есть вторая группа органов, тканей равна по массе примерно 7-7,5 % от веса тела «стандартного» человека, при коэффициенте накопления преимущественно нечетных элементов ~ 3. Третья группа органов по массе больше 20 % от веса тела. К этой группе относятся кожа и подкожные ткани – 8,7 % от веса тела, коэффициент накопления в пользу четных – 4,4, легкие – масса 1,4 %, коэффициент преимущественного накопления четных элементов равен 5,1, и скелет – 10 % от веса тела, коэффициент преимущественного накопления четных равен 1,64. Мышцы и жировая ткань, составляющие по массе около 60 % от веса тела в целом не разделяет химические элементы в зависимости от того имеют ли они четный или нечетный атомный номер.

В сумме эти три группы органов и тканей, а также мышцы и жировая ткань, составляют по массе более 90 % от веса тела. Остальное – это соединительная ткань – кровеносные сосуды, хрящи и т. п., которые также не могут оказывать существенного влияния на разделение четных элементов от нечетных, так как часть из рассмотренных выше подобных по строению органов, например, аорта, грудная железа, гортань, трахея и т. д. в разделении четно-нечетных элементов не участвуют.

Всасывание элементов d-семейства 4-го периода из желудочно-кишечного тракта, имеющих как четный, так и нечетный атомный номер, происходит примерно в одинаковых количествах. В общем, в несколько больших количествах всасываются из желудочно-кишечного тракта, легких химические элементы, имеющие нечетный атомный номер.

Для того, чтобы выяснить какие органы, ткани фиксируют преимущественно четные, а какие нечетные химические элементы, необходимо провести сопоставление – сумма четных / на

элемент к сумме нечетных / на элемент, выразив предварительно содержание каждого химического элемента в относительных числах, в % от содержания в организме. Если дискриминация четных химических элементов против нечетных отсутствует, отношение сумма четных / на элемент к сумме нечетных / на элемент должно быть равно единице.

В таблице 9.2.1 представлены показатели содержания химических элементов d-блока 4^{го} периода в скелете, печени и почках и их периоды биологического полувыведения. Здесь же в таблице 9.2.1 даны отдельно средние показатели содержания нечетных и четных химических элементов d-блока 4^{го} периода в скелете, печени и почках и средние показатели полувыведения нечетных и четных химических элементов из организма человека в днях.

Как видно в скелете четных химических элементов содержится ~ в 2,2 раза больших количествах, чем нечетных. В печени и почках же наоборот нечетные химические элементы концентрируются ~ в 6,53 и 8 раз больших количествах, чем четные соответственно.

Выведение химических элементов, имеющих четный или нечетный атомный номер, происходит с различной скоростью (Соков, Л.А., 2006, с. 157-161). Период биологического полувыведения из организма (T_6) химических элементов, имеющих нечетный атомный номер, равен в днях: Sc – 30, V – 42, Mn – 17, Co – 9,5, Cu – 80; для четных химических элементов T_6 равен в днях: Ti – 320, Cr – 616, Fe – 800, Ni – 667, Zn – 933 (таблица 9.2.1). Итак, химические элементы d-блока 4^{го} периода, имеющие нечетное количество протонов в ядрах атомов, имеют среднюю скорость выведения из организма (T_6) 35,7 дня. Химические элементы того же блока 4 периода, имеющие четное количество протонов, покидают организм (T_6) в среднем за 672,2 дня, то есть примерно в 20 раз медленнее (таблица 9.2.1).

Элемент Показатель	²¹ Sc	²² Ti	²³ V	²⁴ Cr	²⁵ Mn	²⁶ Fe	²⁷ Co	²⁸ Ni	²⁹ Cu	³⁰ Zn	Среднее нечетное	Среднее четное
Скелет	22	47	45	57	3,5	21	—	60	4,2	21	18,7	41,2
Печень	18	2	10	0,6	35	9	50	5	15	3	25,6	3,92
Почки	5	0,3	7	0,3	2	0,6	2	0,3	1	0,6	3,4	0,42
T_6	30	320	42	616	17	800	9,5	667	80	933	35,7	672,2

Таблица 9.2.1 Показатели содержания химических элементов в скелете, печени, почках, % от содержания в организме человека, и их период биологического полувыведения (T_6) в днях.

Таким образом, механизмы гомеостаза четных и нечетных химических элементов в организме человека, на примере химических элементов d-блока 4^{го} периода, разные. Чем меньше химических элементов d-блока 4^{го} периода содержится в скелете, тем больше их концентрируется в печени и почках, тем быстрее они покидают организм. И, наоборот, чем больше их содержится в скелете, тем меньше их концентрируется в печени и почках, тем медленнее они покидают организм. В организме человека имеются органы-концентраторы как четных, так и нечетных химических элементов. То есть, биологическая, клеточная, гомеостатическая, резервная емкость, скорость гомеостатических реакций химических элементов в организме определяется и количеством протонов в ядрах атомов химических элементов (Соков, Л.А., 2006).

Итак, кроме физического феномена неодинаковой устойчивости четно-нечетных ядер, существует, как его следствие, физический и физико-химический феномен, определяющий различное перемещение, обмен, метаболизм четно-нечетных ядер в костной и живой материи.

С помощью каких механизмов осуществляется дискриминация химических элементов, имеющих четное или нечетное количество протонов и нейтронов в ядрах атомов?

Очевидно, существует несколько причин, определяющих скорость физико-химических процессов четно-нечетных химических элементов, участвующих в самоорганизации и функционировании объектов костной и живой материи.

Первая причина дискриминации четно-нечетных химических элементов заключается в том, что химические элементы, обладающие сходством в строении электронных оболочек, имеющие близкие значения физико-химических констант, могут перемещаться, мигрировать, накапливаться по-разному в том случае, если с изменением в системе, объекте количеств химических элементов изменяются физические, физико-химические, химические свойства (константы). Так, известно, что с уменьшением количества химического элемента до определенных величин, резко, в несколько раз, падает его температура плавления и кипения (научное открытие, зарегистрированное в СССР в 1975 г.). Вероятно, макро- и микроколичества химических элементов обладают неодинаковой относительной плотностью, сравнительной твердостью, тепло- и электропроводностью и т. п.

Химическое поведение весовых количеств химических элементов описывается обычными макрохимическими закономерностями, тогда как химическое поведение и физико-химические свойства микроколичеств химических элементов имеют ряд особенностей, связанных с их «невесомостью» (Балабуха, В.С., Фрадкин, Г.Е., 1958). Микроконцентрации химических элементов в растворе часто могут не превышать произведения растворимости – ПР, а если и превышают ПР, образуя нерастворимые соединения (гидроокиси), могут не выпадать в осадок, проходить через фильтры. Кроме того, в микроколичествах химические элементы склонны к адсорбции, причем, чем лучше растворимость, тем меньше склонность к адсорбции. Иными словами, нечетные химические элементы наделены косвенно большими миграционными способностями, чем четные химические элементы.

Четных химических элементов в некоторых тканях, органах человека, больше чем нечетных. Это можно объяснить тем, что в коже, подкожных тканях, легких, скелете концентрации четных химических элементов превышают ПР, образуя «малорастворимые» соединения, надолго задерживаются в этих органах и тканях, а, следовательно, и медленно выводятся из организма. Какие причины обуславливают накопление нечетных химических элементов в таких органах, как головной мозг, пищеварительный тракт, печень, почки и некоторых других? Почему нечетные химические элементы покидают организм человека ~ в 20 раз быстрее, чем имеющие четный атомный номер? Почему четные и нечетные ядра атомов химических элементов имеют различные физические, физико-химические и биологические свойства?

Вторая причина дискриминации четно-нечетных химических элементов заключается в том, что не только периодический принцип формирования электронных оболочек, но и само строение ядер химических элементов определяет скорость и избирательность физико-химических процессов.

«С.А. Щукарев одним из первых утверждал, что наряду с общим законом периодичности свойств химических элементов существует много более частных законов и закономерностей, основанных также на строении атомов, и поэтому Периодический закон следует, безусловно, осознавать как принцип периодичности: «Мы все яснее понимаем, что скорее имеем закон совершенно особого типа, и даже не закон, а, скорее общий принцип периодичности, если понимать под принципом общий закон, из которого вытекают как частные случаи многочисленные обычные законы»» (Кораблева, Т.П., Корольков, Д. В., 2005, с. 5).

«Еще Э. Резерфорд предсказывал наличие ядерной периодичности и сформулировал следующий тезис: ядра с возрастанием их заряда обнаруживают периодичность строения, но поскольку при этом существуют два типа частиц (протоны и нейтроны), а не один, периодическая система ядер может оказаться гораздо более сложной, и для ее иллюстрации

может понадобиться, скорее, поверхность, а не плоскость, как для периодической системы атомов. После работ М. Геппер-Майер и И. Йенсена, разработавших теорию распределения квантовых уровней в атомных ядрах с квантовыми числами, подобными квантовым числам для электронных оболочек атомов, стало возможным сопоставление ядерной и электронной (т. е. химической) периодичности» (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 10-11).

Итак, проиллюстрирован новый закон (физический и физико-химический феномен, определяющий различное перемещение, обмен, метаболизм четно-нечетных ядер в костной и живой материи), основанный на периодических свойствах строения ядер атомов. Этот закон, видимо, можно объяснить существованием и взаимодействием в изотопах химических элементах двух периодических структур: внутренней ядерной структуры, отражающий процессы формирования ядра атома и внешней, электронной структуры, периодический характер формирования которой определяется законами строения ядра атома. Эти структуры атома, в основном, и определяют характер самоорганизации барионной материи, ее физические, физико-химические, биологические свойства.

Несомненно, с развитием нанотехнологий, не только в биологии, медицине, но и технике, эти знания и исследования необходимы «как воздух». Это научное направление может обеспечить научно-технический прорыв и лидирующее положение не только в науке, но и в экономике современной Цивилизации....

Глава 10 Характеристика корреляционных связей

10.1 Характеристика качества и типов корреляционных связей, а также распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от вида изучаемого объекта

В работе учитывались коэффициенты корреляции если уровень значимости их был меньше 0,1. Коэффициенты корреляции варьировались по абсолютным численным значениям примерно от 0,25 до 0,90 и более. Основная масса корреляционных связей из найденных 915 про 2104 сопоставлений, указывает на среднюю степень тесноты связи между кларками систем, миграционно-комбинационными характеристиками и физическими, физико-химическими и химическими свойствами элементов. В таблице 59 представлено распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от типа объекта. Для кларков метеоритов найдено 20 достоверных корреляционных связей. В 13 случаях размеры коэффициентов корреляций указывают на среднюю тесноту связи кларков метеоритов с различными физико-химическими константами. Для кларков земной коры и океанической воды характерны корреляционные связи средней степени тесноты, относительное количество слабых и тем более сильной степени тесноты корреляционных связей немного. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции, как общее количество, так и указывающих на сильную и среднюю степень тесноты связи, возрастает, если кларки тех или иных систем выражены в процентах от материнских, генетически с ними связанных. Так, например, общее количество достоверных коэффициентов корреляция в случае кларков земной коры равно 41, число коэффициентов корреляции до 0,30 равно 14, от 0,31 до 0,70 – 22, выше 0,71 – 1. Если кларки земной коры выражены в % от Земного шара, что общее число коэффициентов корреляции равно 53, число коэффициентов корреляция до 0,30 равно 13, от 0,31 до 0,70 – 36, и выше 0,71 – 4. В случае кларков океанической воды общее количество коэффициентов корреляции равно 62, из них по абсолютной величине до 0,30 – 14, от 0,31 до 0,70 – 45, выше 0,71 – 3, если же элементарный состав океанической воды выражен в % от содержания элементов в Земном шаре, то общее количество коэффициентов корреляция равно 65, из них по абсолютной величине до 0,30 – 10, от 0,31 до 0,70 – 46, а выше 0,71 – 9, то есть наблюдается резкое, в три раза, увеличение числа коэффициентов корреляции, указывающих на сильную степень связи между относительным содержанием элементов в океанической воде с теми или иными физико-химическими константами. В случае если элементарный состав океанической воды выражен в % от их содержания в земной коре, общее число достоверных коэффициентов корреляция уменьшается с 62 для кларков океанической воды до 55, но число коэффициентов корреляции, указывающих на сильную степень связи, возрастает примерно в двое. Распределение коэффициентов корреляции по величине, их количество в зависимости от размеров, еще одно доказательство того, что формирование элементарного состава океанической воды в большей степени обязано элементарному составу Земного шара в целом, чем элементарному составу земной коры.

Для кларков живого вещества обнаруживаются 26 корреляционных связей, причем все коэффициенты корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи с теми или иными физико-химическими константами. Если элементарный состав живого вещества выражен в процентах от элементарного состава океанической воды, количество коэффициентов корреляции увеличивается вдвое, повышаются и их абсолютные численные значения, количество коэффициентов корреляции от 0,71 до 0,99 равно 12. Для кларков «стандартного» человека также найдено 28 корреляционных связей, указывающих на среднюю степень тесноты связи с физико-химическими свойствами элементов. Если элементарный состав «стандартного» человека выражен в % от элементарного состава океанической воды, количество коэффициентов корреляции увеличивается до 35, повышаются и их абсолютные численные значения. В случае если кларки живого вещества и «стандартного» человека выражены в % от земной коры, количество и абсолютные численные значения коэффициентов корреляции в общем такие же как и для их кларков.

То есть во всех случаях, если сопоставляли с физическими, физико-химическими свойствами элементов не кларки систем, обладающих чертами, как первичного их образования, так и несущих на себе особенности перераспределения, а миграционно-комбинационные характеристики систем, вычисленные с учетом генетических аспектов, абсолютное число корреляционных связей, их размеры всегда были выше.

Далее в этой же таблице приводится распределение коэффициентов корреляции в зависимости от их абсолютных численных значений для целого ряда параметров, начиная от всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта, кончая их выведением из организма, и таким биологическим свойством, как токсичность. Как видно, в большинстве своем размеры коэффициентов корреляции указывают, что между физико-химическими свойствами элементов и этими параметрами в основном существуют средней степени тесноты связи, реже наблюдаются как сильные, так и слабой степени корреляционные связи.

В следующей таблице 60 представлена характеристика качества и типов корреляционных связей. В первой строке показано сколько всего для того или иного объекта было проведено корреляционных сопоставлений. Во второй строке показано сколько всего найдено достоверных корреляционных связей и далее в 3-7 строках представлено отдельно для каждого объекта количество корреляционных связей в зависимости от уровня значимости. Как видно в зависимости от вида объекта обнаруживается от 18,6 до 73 % достоверных корреляционных связей, от общего числа сопоставлений для каждого конкретного объекта, в среднем же эта величина равна 43,5 %. В общем, значительная часть найденных коэффициентов корреляций имеет уровень значимости меньше 0,001 – 325 из 915, то есть 35,5 %. Число коэффициентов корреляции с уровнями значимости 0,01 и 0,001 равно 530, что составляет 57 % от общего количества найденных коэффициентов корреляции и 25,2 % от общего числа сопоставлений. Число коэффициентов корреляции с уровнями значимости от 0,1 до 0,02 равно 385, то есть составляет 43 % от общего количества найденных коэффициентов корреляции и ~ 18,3 % от общего числа сопоставлений. То есть значительная часть коэффициентов корреляции, из общего числа найденных обладает достаточно высокими уровнями значимости.

В зависимости от типа сопоставлений, общее число коэффициентов корреляции распределяется так: если сопоставлялись все элементы без исключения – в натуральных числах – 124, в десятичных логарифмах – 125, в натуральных логарифмах – 179, если сопоставлялись только металлы (без р-металлов) – в натуральных числах – 127, в десятичных логарифмах – 178, в натуральных логарифмах – 182. То есть если значения тех или иных объектов выражены в натуральных числах найден всего (для элементов в целом и только для металлов) 251 коэффициент корреляции, если значения взяты в десятичных логарифмах – 303, в натуральных логарифмах – 361. Таким образом, между кларками систем, различными миграционно-комбинационными характеристиками элементов и физическими, физико-химическими и химическими их свойствами доминирует нелинейный тип связи.

10.2 Роль физических, физико-химических и химических свойств элементов в их количественной распространенности, в способности к перемещению и биологическому проявлению

Роль физических, физико-химических и химических констант в формировании того или иного объекта показана выше, при анализе результатов корреляционного анализа (гл. VI, § 2-4). Здесь же имеет смысл оценить роль тех или иных констант (из группы изученных) в перемещении, биологическом проявлении в общем плане.

С этой целью результаты корреляционного анализа – сопоставление физических, физико-химических свойств элементов с различного рода параметрами – кларки систем, миграционно-комбинационные характеристики, сведены в две таблицы 61-62.

В сопоставлении этих таблиц использованы те же принципы, что и для таблиц 59-60, только распределение коэффициентов корреляции по величине и характеристика качества и типов корреляционных связей рассматриваются не от вида исследуемого объекта, а от вида используемых физических, физико-химических и химических констант. В первой из них дано распределение коэффициентов корреляции независимо от знака по величине в зависимости от вида используемых констант. Как видно абсолютные численные значения коэффициентов корреляции от 0,91 и выше обнаружены только в двух случаях для ионных потенциалов и констант стабильности комплексов с ЭДТА, от 0,81 до 0,90 в двадцати случаях – для молекулярного веса – в одном случае, для ионных потенциалов – также в одном случае, для сродства к электрону – в трех, для относительной плотности и сравнительной твердости – в двух и пяти случаях соответственно и для констант стабильности комплексов с ЭДТА и цитратами – в шести и двух случаях соответственно. Коэффициенты корреляции размером от 0,71 до 0,80 обнаруживаются в пятидесяти семи случаях – для ионных потенциалов – восемь, энергии гидратации – шесть, потенциалов первичной ионизации – два, значения электроотрицательности – десять, сродство к электрону – один, работа выхода электрона – пять, относительная плотность – три, сравнительная твердость – восемь, электропроводность – один, константы стабильности гидрокомплексов – два, константа стабильности комплексов с ЭДТА – одиннадцать, константа стабильности комплексов цитратов – один. Общее количество коэффициентов корреляции, абсолютные численные значения которых от 0,71 и выше равно семидесяти девяти. Коэффициенты корреляции размером от 0,61 до 0,70 распределяются между изучаемыми константами так: молекулярный вес – три, радиус атома – три, ионные потенциалы – десять, энергия гидратации – два, потенциал первичной ионизации – пять, значение электроотрицательности – девять, сродство к электроду – пять, работа выхода электрона – восемь, температура кипения и плавления – по три, относительная плотность – тринадцать, сравнительная твердость – семь, электропроводность – два, константа стабильности гидрокомплексов – шесть, константа стабильности комплексов с ЭДТА – восемь, константы стабильности комплексов цитратов – четыре.

Исходя из количества наблюдаемых коэффициентов корреляции размером от 0,61 до 0,99 для той или иной физической, физико-химической константы можно построить следующий ряд: константы стабильности комплексов с ЭДТА > ионные потенциалы = сравнительная твердость > значение электроотрицательности = относительная плотность > работа выхода электрона > сродство к электрону > энергия гидратации = константы стабильности гидрокомплексов > потенциал первичной ионизации = константы стабильности комплексов цитратов, а далее идут молекулярный вес, радиусы атомов и ионов, температура кипения и плавления, тепло- и электропроводность. Если учесть количество коэффициентов корреляции размером от 0,51 до 0,60, то первые десять констант по количеству коэффициентов корреляции от 0,51 до 0,99 будут: константа стабильности комплексов с ЭДТА > относительная плотность > значение электроотрицательности > сравнительная твердость > работа выхода электрона > константы стабильности

гидрокомплексов > ионные потенциалы > энергия гидратации > потенциал первичной ионизации > сродство к электрону. Эти десять констант являются ведущими в формировании того или иного объекта, дифференциации первичного вещества. Естественно роль их, выше приведенный порядок для того или иного объекта может значительно меняться в зависимости от характера объекта. И, тем не менее, ведущими свойствами элементов, в определенных температурных рамках, являются способность элементов образовывать прочные комплексы, энергетические характеристики элементов, связанные с переходом атома из нейтрального в ион и наоборот, то есть характеризующие способность элементов вступать в те или иные реакции и т.п. и такие физические константы, как относительная плотность и сравнительная твердость. Собственно эти десять констант, расположенные по значимости в том или ином порядке: по частоте появления коэффициентов корреляции, их размеров, уровнях значимости и определяют миграционно-комбинационные свойства элементов (таблицы 47-58). Выше указывалось, что порядок появления коэффициентов корреляции по их значимости является индивидуальным свойством изучаемой системы. Например, формирование скелета определяется прочностью комплексов цитратов. Для других объектов достоверные корреляционные связи с константами стабильности комплексов с цитратами не обнаруживаются. Формирование элементарного состава метеоритов, а также ряда планет Солнечной системы, да и не только системы звезды Солнце, определяется соотношением валентность – радиус иона, температурой кипения и плавления, сравнительной твердостью элементов. В остальных случаях дифференциация и формирование различного рода объектов определяется одними и теми же физико-химическими свойствами элементов, а также их совокупностью. На это указывают обнаруживаемые практически со всеми физическими, физико-химическими константами элементов преимущественно средней степени тесноты корреляционные связи. Так если сильной степени корреляционных связей найдено всего 79 или, если считать, что размеры коэффициентов корреляции от 0,61 до 0,70 также указывают на сильную или значительную степень тесноты связи (качественная оценка степени тесноты связи по размерам коэффициентов корреляции разными авторами оценивается по-разному, например, Сепетлиев Д., 1968 и Велицкая Е.Я., 1972), то число значительных и сильных корреляционных связей достигнет 170, а число коэффициентов корреляции, указывающих на среднюю степень связи, коэффициенты корреляций от 0,31 до 0,60 равно 592. Число коэффициентов корреляции, указывающих на слабую тесноту связи, равно 153.

В таблице 62 представлена характеристика качества и типов корреляционных связей в зависимости от вида используемых физических, физико-химических и химических констант. В первой строке для каждой физико-химической константы дано число сопоставлений, во второй – число найденных достоверных корреляционных связей, в 3-7 строках – количество коэффициентов корреляции для каждой константы в зависимости от уровня значимости. В строках 8-13 количество коэффициентов корреляции в зависимости от типа сопоставлений. В общем, для практически каждой физико-химической константы число коэффициентов корреляции с уровнями значимости 0,01 и 0,001 в сумме больше, чем число коэффициентов корреляции с уровнями значимости от 0,1 до 0,02, за исключением сродства к электрону, теплопроводности и электропроводности. Для большинства физических и физико-химических констант коэффициенты корреляции наблюдались чаще, если значения исследуемых объектов были выражены в десятичных или натуральных логарифмах.

Заключение

Матрица? Матрица!

Вселенная в современном понимании – это сложная, многоуровневая пространственно структурированная система информационных единиц материи. В устройстве Вселенной отмечается регулярность, повторяемость и периодичность: сверхскопления галактик – филаменты и огромные пустоты, где практически нет галактик – войды складываются в некое подобие ячеистой структуры, с определенной периодичностью. Просматривается характерный масштаб в 100-150 мегапарсек. Ячеистая структура с ее квазипериодичностью – феномен самого крупного космического масштаба (Эйнасто, Я.Э., 1974; 1997).

Материя во Вселенной представлена темной энергией – 65-70 %, темной материей – 25 %, обычным барионным веществом – 5 %, на долю звезд приходится – 0,5 %, на долю нейтрино – 0,3-3,0 %. Вполне возможно открытие и новых типов энергии и материи.... Окружающий нас мир сложен, до конца не изучен.

В монографии представлены материалы многолетней работы, целью которой являлось изучение процессов самоорганизации и получение физико-химической схемы дифференциации первичной космической распространенности химических элементов, метеоритов-хондритов, лунной поверхности, земной коры, океанической воды..., до химического элементарного состава живого вещества, человека, его систем органов, тканей, процессов поступления, выведения химических элементов.

За модель исследования взята Солнечная система, которая состоит из плазмы, нелетучего и летучего вещества.

Изучены корреляционные связи между 20 космохимическими, геохимическими, биогеохимическими объектами, живым веществом, «стандартным» человеком, системами, органами, тканями, белками плазмы крови, процессами поступления химических элементов в организм, посредством всасывания из желудочно-кишечного тракта и легких, выведения из организма (T_6) и этими объектами, процессами и физическими, физико-химическими, химическими константами химических элементов. При корреляционном анализе учитывалась принадлежность химических элементов к s-, p-, d-, f-семействам.

В результате этого анализа выявлены физические, физико-химические, химические свойства (константы), ответственные за формирование химического элементарного состава метеоритов-хондритов, земного шара, земной коры, океанической воды, живого вещества, «стандартного» человека, систем, органов, тканей, связывание химических элементов белками плазмы крови, поступление и выведение их из организма. Найдены десять констант, которые по частоте появления коэффициентов корреляции, их размеров от 0,51 до 0,99, уровнях значимости можно представить в виде следующего ряда: константа стабильности комплексов с ЭДТА > относительная плотность > значение электроотрицательности > сравнительная твердость > работа выхода электрона > константы стабильности гидрокомплексов > ионные потенциалы > энергия гидратации > потенциал первичной ионизации > сродство к электрону. Эти десять констант является ведущими в формировании того или иного объекта, дифференциации первичного космического вещества.

Самоорганизация живого вещества, его последующая эволюция происходила и происходит в эволюционирующей смеси ядер изотопов химических элементов. Эволюционные изменения смеси ядер изотопов химических элементов являются одним из основных факторов эволюции живого. Причем с эволюцией химического изотопного состава внешней среды, в том числе вследствие космических, геологических, антропогенных влияний и воздействий, изменяются и эволюционируют биологические объекты, их химический изотопный состав, то есть гомеостатическая емкость, скорость гомеостатических реакций, резервная гомеостатическая емкость химических элементов.

Найдена главная последовательность дифференциации первичного космического вещества: с учетом максимальной величины и степени значимости коэффициентов корреляции, изучаемые объекты можно представить в виде следующей «генетической»

последовательности: космическая распространенность химических элементов (которая в той или иной степени характеризует элементарный состав системы их образования) → метеориты-хондриты – Земной шар → земная кора – океаническая вода → живое вещество – человек.

Найдено, в самоорганизации первичной смеси изотопов химических элементов, кроме внешних факторов, определяющую роль играют качественные, количественные характеристики и особенности строения, как ядер атомов, так и изотопов химических элементов:

- 1) абсолютные количества и набор химических элементов;
- 2) четность (или нечетность) протонов в ядрах атомов;
- 3) периодический характер формирования электронных орбит...

Последнее, в дифференциации и самоорганизации первичной смеси определяет периодический, фрактальный характер показателей химического элементарного состава объектов, процессов, явлений.

Определены три группы органов, тканей, процессов в организме человека, которые: а) не дифференцируют химические элементы по признаку четный-нечетный; б) накапливают больше четных химических элементов, чем нечетных; в) накапливают больше нечетных химических элементов.

Основные космохимические, геохимические, биогеохимические, биохимические константы химических элементов: образцы лунного грунта, Земной коры, всасывание из желудочно-кишечного тракта, легких, связывание белками плазмы крови, содержание в скелете, печени, почках, выведение из организма, токсичность (Bienvenu P. et col., 1963), водопотребление (Можаев Е.А., 1971) можно представить, как и физические, физико-химические, химические константы при усредненном главном квантовом числе n и по развернутому орбитальному числу l в виде периодических кривых.

Обнаружен новый класс констант химических элементов – периодические кривые, слайды – фракталы (схема 1): показатели содержания химических элементов, % от материнской системы – ось ординат, на оси абсцисс – атомный номер, Z . Основные космохимические, геохимические, биологические константы химических элементов представлены на схеме 1 в следующем порядке: образцы лунного грунта (1), земной коры (2), всасывание из желудочно-кишечного тракта (3), связывание белками плазмы крови (4), содержание в почках (5), печени (6), скелете (7), выведение из организма (8), токсичность (9), водопотребление (10).

На схеме 1 представлены три типа фракталов (констант), в основе которых лежит квантовый принцип упорядочивания. Первый тип фракталов представлен на рисунках 1, 2, где показаны процессы, ответственные за формирование лунной и земной коры (Соков, Л.А., 2009В), второй тип фракталов характеризует показатели обмена химических элементов в организме человека – рисунки 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Соков, Л.А., 1998; 1999; 1999А; 1999Б; 2006; 2008; 2009; 2009А; 2009Б). Третий тип фракталов характеризует свойства и явления живой материи: рисунок 9 – периодические изменения токсичности катионов металлов (LD_{50}) (Bienvenu, P. et col., 1963) и рисунок 10 – объем выпиваемой воды, в зависимости от количества растворенной в ней соли (Можаев, Е.А., 1971).

Найденные закономерности можно представить, как и физические, физико-химические, химические константы (квантовые фракталы четвертого типа) химических элементов при усредненном главном квантовом числе n и по развернутому орбитальному квантовому числу l в виде периодических кривых (геометрических усложняющихся фракталов – схема 1). Каждый фрагмент любого типа фрактала по Z слева направо имеет одну и ту же размерность: определенное количество химических элементов – 2, 8, 8, 18, 18, 32, 32, 50, 50,..., что соответствует распределению электронов по полностью заселенным слоям в оболочке многоэлектронного атома, согласно теории самосогласованного поля Хартри-Фока, а не идеализированного: 2, 8, 18, 32, 50 по Э. Шредингеру (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 37).

В представленных на схеме 1 фракталах четко соблюдается правило последовательного заполнения $(n+1)$ -групп (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 35-50).

Ключевым понятием в теории фракталов является симметричное, в масштабной инвариантности самоподобие. Квантово-волновые фракталы (схема 1) отличаются от «обычных» фракталов квантовой размерностью $[(n+1)$ -группы или $(n+1)^{\uparrow}, n^{\uparrow}]$. В представленных на схеме 1 квантовых фракталах четко соблюдается правило последовательного заполнения $(n+1)$ -групп (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 35-50).

Отличие фрактала от фрактала (в том числе рисунки 1-10) в количественных характеристиках и направленности показателей, характеризующих поведение s -, p -, d -, f -блоков и внутри этих блоков изотопов химических элементов в динамических и биологических динамических системах. На всех фракталах присутствует феномен четно-нечетности химических элементов (Оддо-Гаркинса).

Перечисленные объекты, процессы, явления являются квантовыми (волновыми) макро- и микрообъектами, процессами, явлениями..., то есть, периодичность является фундаментальным свойством и проявляет себя на всех уровнях организации доступной наблюдению материи.

По-видимому, традиционные представления о периодичности... охватывают только около 100 элементов, а Периодический закон в классической форме является лишь составной частью существующего более общего принципа организации материи, куда таблица Д.И. Менделеева включается как составная часть (Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 68-70).

На схеме 1 представлены три типа фракталов, в основе которых лежит квантовый принцип упорядочивания.

1. Первый тип квантовых фракталов представлен на рисунках 1, 2, где показаны процессы, ответственные за формирование лунной и земной коры (Соков, Л.А., 2009В).

2. Второй тип квантовых фракталов характеризует показатели обмена химических элементов в организме человека – рисунки 3, 4, 5, 6, 7, 8. Аналогичные результаты получены для космической распространенности химических элементов, всасывания из легких, ультрафильтрации и фильтрации в клубочках почек.... (Соков, Л.А., 1998; 1999; 1999А; 1999Б; 2006; 2008; 2009; 2009А; 2009Б).

3. Третий тип квантовых фракталов характеризует свойства и явления живой материи: рисунок 9 периодические изменения токсичности катионов металлов (LD_{50}) (Bienvenu, P. et col., 1963) и рисунок 10 – объем выпиваемой воды, в зависимости от количества растворенной в ней соли (Можаев, Е.А., 1971).

Всем известен четвертый тип квантовых фракталов, состоящий из трех подгрупп: физических, физико-химических, химических констант (свойств).

Обычные фракталы, характеризуются симметричным в масштабной инвариантности самоподобием, со своей собственной классификацией (геометрические, алгебраические, стохастические).

Различные комбинации информационных единиц материи обладают способностью перемещать и локализовывать источник энергии внутри того или иного материального информационно-энергетического объекта или системы объектов. Информационные единицы материи или системы информационных единиц материи, в том числе и барионная форма живого вещества (человек – Цивилизация), обладают способностью целенаправленно познавать окружающий мир (материю) и преобразовывать его (Соков, Л.А., 2006; 2008).

Информация материальна и присутствует во всех материальных системах (в живой и неживой природе). Информационными характеристиками изотопов химических элементов являются: Z_e (где Z – число протонов или зарядовое число атома, e – заряд протона, равный по абсолютному значению заряду электрона), N – число нейтронов, p , l , m , s – квантовые числа, характеризующие состояние электронов и вместе с Z , e , N определяющие физико-химические свойства изотопов химических элементов (R_a , R_i , E и т.д.) и принадлежность к подгруппам, группам, семействам. Каждая информационная ячейка периодической системы,

представленная совокупностью изотопов химических элементов, дискретна, имеет индивидуальные информационные характеристики. Барионная материя обладает разнообразными информационными свойствами – кодом: четный или нечетный номер ячейки – четное или нечетное количество протонов (и электронов, нейтронов) в ядре, количество протонов, электронов (и нейтронов). Соотношение элементарных частиц барионной материи определяется квантовыми числами: основным – n (K, L, M, N, O, P, Q), побочным – l (s-, p-, d-, f-...), магнитным – m , спиновым – s . Прочитать совокупность информационных характеристик барионной материи можно однозначно, без половинчатых и промежуточных значений, без компромиссов.

Существуют различные формы (способы) записи информации: аналоговая, цифровая, смешанная. ... Особенность цифровой информации заключается в том, что ее базовые элементы всегда находятся в однозначном состоянии. Способ записи информации в суперматрице, не аналоговый, а цифровой.

На практике используют различные виды информационных единиц. Любой алфавит – это совокупность информационных единиц, из которых может быть составлена (раньше отливали из легкоплавких металлов) информационная матрица. То есть алфавит любого языка сам по себе не имеет средств чтения – кода (он в головах людей). А вот мультиматрица – барионная суперматрица и геном самочитаемые, рецепт реализации этих матриц – код, находится внутри них.

Главная последовательность дивергенции и диссипации космического вещества (изотопов химических элементов...) происходит с помощью суперматрицы. Белая, барионная материя – это матрица матриц – суперматрица, обладает способностью к самоорганизации и созданию мультиматриц и матриц $1^{го}$, $2^{го}$, $3^{го}$ и т.п. порядка, в том числе, галактических и внегалактических объектов: протозвездно-протопланетных образований, летучей и нелетучей фаз материи, планет, сфер и биосфер планет, том числе минералов – кристаллов, кристаллоподобных структур, белков, ДНК, РНК, генома... и т.п., и т.д.

Внутри каждого из нас функционирует суперматрица (единицы порядка, превращающие хаос в порядок), отвечающая за взаимодействие белковой матрицы и матрицы (генома), это абсолютно независимый, естественный физический и физико-химический способ самоорганизации, регуляции, контроля биологических объектов.

Основой жизни на планете являются белки. Обнаружена периодическая функция связывания изотопов химических элементов белками плазмы крови (белковым буфером), представленная в таблицах – периодическая система связывания химических элементов белками или графически, глава 6, 6.1-6.5 результаты настоящей работы (Соков Л.А., 2006, с. 97; 2009) – это белковая топологическая матрица в бесконечномерном пространстве мультиматрицы.

Это геометрический, самоусложняющийся и саморазвивающийся по Z, фрактал (белковый слайд – мультиматрица) запрограммирован и воспроизводится с помощью матричного механизма – квантовой электронно-протонной суперматрицы, а в настоящее время и по программе, заключенной в ДНК..., то есть это результат взаимодействия двух разноуровневых матричных механизмов: первичной, суперматрицы, и вторичной – мультиматрицы ДНК, с помощью генетических и эпигенетических механизмов. Это квантово-волновой макрослайд – слепок процессов, происходящих на электронных орбитах изотопов химических элементов. Это квантовое эхо Большого взрыва. Матрица от матрицы (через порядок → хаос → порядок →?).

Найденные закономерные периодические изменения показателей связывания химических элементов белками (Соков, Л.А., 1998; 1999), их ультрафильтруемость в плазме крови, а также все физиологические, биохимические, иммунохимические метаболические показатели, которые этим определяются, объясняются легко с позиции А- и М-химии, базового принципа периодической системы Периодического закона.

Принципы А- и М-химии изотопов химических элементов и углеводородных цепей остаются одними и теми же, независимо от среды. Каждая совокупность изотопов химических

элементов, представляющих тот или иной химический элемент, может быть неспецифическим катализатором образования как специфических, так и неспецифических протеиноидов. Изначально, первичная самоорганизующаяся и самоорганизованная предбиотическая смесь органических соединений в водной среде может быть неоднородна, из-за растворенных в ней изотопов химических элементов. Неоднородность этой первичной органической смеси определяется квантово-полевым строением изотопов химических элементов, физико-химическими свойствами, в том числе и прочностью химических связей AL_k (химических элементов s-, p-блока) и ML_k (химических элементов s-, d-, f-блоков), определяющих основные принципы периодичности. Скорее всего, первичная океаническая, органическая водная смесь протеиноидов – это белковый буфер первичного супа, по показателям связи с химическими элементами будет иметь тот же характер, что и представленные в главе 6, 6.1-6.5 результаты настоящей работы....

Первичные протеиноиды в водной среде (пресной, морской, океанической...) должны быть связаны в той или иной степени с изотопами химических элементов, устойчивых, радиоактивных, естественных и искусственных. Они обязательно будут взаимодействовать с изотопами химических элементов по типу AL_k и ML_k комплексов. Это квантовые механизмы упорядочивания материи (Соков Л.А., 2009).

Исходя из изложенного, выдвинута гипотеза, согласно которой показатели связи химических элементов органическими, предбиотическими (естественными и искусственными) веществами океанической (любой) воды, представленные с учетом главного (n) и орбитального (l) квантовых чисел, последовательно, слева направо, в порядке возрастания заряда ядра атома, должны иметь периодический характер, аналогичный характеру периодической застройки электронных орбит химических элементов. Как и для белков плазмы крови животных организмов (Соков, Л.А., 1998; 2006; 2009).

(NASA Request For Information (RFI) «The Past, Present, and Future of Life on

Earth: Scientific Connections between NASA's Earth Science Division and Astrobiology Program» документ NNH 10 ZDAO 01 OL Мной в октябре 2010 года подана заявка на грант в NASA Request For Information (RFI) – INFORMATION REQUESTED № 2 «Квантовое упорядочение предбиотического первичного супа»).

NASA USA предложено проверить гипотезу, согласно которой первичная океаническая органическая (предбиотическая) смесь – это «квантовый упорядоченный органический, предбиотический буфер первичного супа», сам, очевидно, может служить вторичным матричным квантовым механизмом упорядочения предбиотической смеси и участвовать в образовании генома и наследственной структуры. То есть способствовать формированию природной матричной структуры следующего уровня организации материи.

Иными словами, до и во время самосборки генетической матрицы предбиотический суп уже имел квантововолновую организацию.

Физико-химическая реакция – это квантовое событие. Предбиотический этап – это химический этап эволюции, должен быть описан, исходя из законов физики – строения барионной материи, принципами квантовой механики. Это и есть первичный квантовый волновой механизм упорядочивания, на котором появляются первые многочисленные комбинации и сочетания в цепях и цепочках пуриновых и пиримидиновых оснований. Начинается все именно с этого механизма упорядочивания. Это естественный каскадный бифуркационный селекционный процесс. При этом «отсеивается» множество различных «неудачных вариантов» кодов – геномов, до тех пор, пока основные черты строения и соотношения нуклеиновых кислот и белковых матриц, в виде самодостаточных структур, не смогут воспроизводить себя и выживать в естественном отборе, конкурируя друг с другом.

Последние исследования подтверждают высокую вероятность первичного формирования простейших форм кодов (цепочек нуклеотидов, фрагментов ДНК будущих геномов) в океанической воде (Галимов, Э.М., 2009, с. 136-137) уже на квантовоупорядоченной белковой матрице. Это, скорее всего, взаимозависимые и взаимосвязанные процессы.

Квантововолновой механизм упорядочивания в самоорганизации живого «использует» принцип обратной связи.

В неживой материи самоорганизация происходит с помощью одноразового отбора, в живом действует нарастающий отбор (Докинз, Р., 1986, <http://lib.rus.ec/b/153786/read#t1>). Из простого, появляется сложное на основе принципа упорядочивания. «Упорядочение – это нарастающая степень несвободности поведения» (Галимов, Э.М., 2007). В основе самоорганизации лежит квантовый механизм упорядочивания, а сборка макромолекул, молекулярных машин и первичных автономных структур – протоклеток, происходит по принципу конструктора Лего, что обеспечивает большую устойчивость этих конструкций.

Впервые предложил в 1970 году рассматривать периодическую систему (совокупность изотопов химических элементов) как суперматрицу великий русский химик, профессор Санкт-Петербургского государственного университета Сергей Александрович Щукарев. Таблица Д.И. Менделеева является упорядоченным множеством и представляет собой суперматрицеобразную упорядоченную форму. Элемент суперматрицы при этом сам может отвечать бесконечно-мерной матрице.... Под суперматрицей понимают матрицу, элементы которой являются тоже матрицами (Щукарев, С.А., 1970, с. 10; Кораблева, Т.П., Корольков, Д.В., 2005, с. 12-17).

Химические элементы – это «упорядоченное множество», «своеобразная топологическая матрица», состоящая из множества эволюционирующих ядер, обладающих невероятной потенциальной энергией. Это «Закон законов» спроектированный на плоскость, в виде периодической системы, представляемый, «в бесконечномерном функциональном пространстве, как *суперматрица*, члены которой сами являются матрицами, отражающими множества изотопов элемента, состояний атомов, образуемых ими соединений, множества функциональных зависимостей свойств атомов и свойств соединений от различных параметров» (Щукарев С.А., 1970; 1974).

Каждое ядро атома является матрицей, все известные ядра являются базовой физической мультиматрицей. Каждый изотоп (и совокупность изотопов химических элементов, представляющая химический элемент), является матрицей, вся смесь (ячейки химических элементов в таблице Д.И. Менделеева, на 07.04.2010 их уже 118) – физико-химической суперматрицей, состоящей из большого количества ячеек – «памяти».

Информационные дискретные свойства в мультиматрицах создаются в момент их образования. Механизмы образования изотопов химических элементов неразрывно связаны с механизмами происхождения и эволюции звезд, галактик, Вселенной (Большой взрыв, взрывы сверхновых, ядерные процессы в ударных волнах и т.п., Устинова, Г.К., 2002; Линде, А.Д., 2007; <http://elementy.ru/lib/430484>). Переписать индивидуальные информационные характеристики материи можно только с помощью ядерных реакций, естественных и искусственных.

Способы записи информации во Вселенной в физической (полевой, ядерной...) и физико-химической (атомы, ионы, химические соединения – соли, молекулы...) суперматрице, мультиматрицах и матрицах цифровые. Поля костной и живой материи также дискретны: электромагнитное, гравитационное, сильное, слабое взаимодействия и могут быть определенным образом информационно организованы (например, как теле- и радиосигналы...). Особенность цифровой информации заключается в том, что ее базовые элементы всегда находятся в однозначном дискретном состоянии.

Грегори Мендель в 19-м столетии обнаружил основы передачи информации в живом, которая оказалась цифровой генетической физикой технологией. Информация в геноме имеет ядерно-электронный характер. Химические соединения, моонуклеотиды, можно рассматривать как «физические единицы» вторичных активных матричных структур, то есть геномов.... Дискретные информационные химические единицы (моонуклеотиды) в геноме состоят из физических – барионных информационных единиц материи, то есть, собраны из элементов барионной суперматрицы, которая, в свою очередь, имеет свой код самопрочтения. Дискретными физическими информационными единицами ДНК являются пуриновые (аденин

и гуанин) и пиримидиновые (цитозин и тимин) основания. Дискретными физическими информационными единицами РНК являются пуриновые (аденин и гуанин) и пиримидиновые (цитозин и урацил, вместо тимина) основания. На схемах их обозначают буквами: а, г, ц, т, у. В том и другом случае – это химические соединения, несущие определенную информационную нагрузку, участвующие в самоорганизации кода – матрицы. Процедуру транскрипции – трансляции обеспечивает знаменитый «трехбуквенный генетический код», теоретически вычисленный величайшим русским ученым XX века Г.А. Гамовым (<http://physics.kgsu.ru/astronomia/NV/Gamov.htm>).

Информация в геноме, как и в барионной материи, записана в ROM (Read Only Memory) и расшифровывается, только как «читаемая память». Она «прожжена» раз и навсегда при создании генома, при зачатии. Цифровая информация в геноме, в ДНК может перезаписываться в естественных условиях только один раз. А прочитана эта информация может быть любое количество раз в течение жизни биологической динамической системы (Докинз, Р., 1986). «Переход от одних единиц к другим приводит к новому понятию материи. Материя становится «активной»: она порождает необратимые процессы, а необратимые процессы организуют материю» (Пригожин, И., Стенгерс, И., 2008, с. 13). Барионная материя (как, вероятно, и все, что есть во Вселенной) – изотопы химических элементов – физико-химическая суперматрица, как и звезды, рождается, живет и умирает в нейтронных звездах, черных дырах, чтобы вновь возродиться из нейтронного вещества, плазмы ..., на качественно новом уровне. Изотопы химических элементов обладают радиоактивностью, причем максимально технически возможный определенный период полураспада изотопов химических элементов равен примерно 10^{17} лет (Гайсинский, М., Адлов, Ж., 1968). «В ходе предпринятых в последнее время попыток построить единую теорию элементарных частиц высказывалась гипотеза о том, что все элементарные частицы материи, включая протон, нестабильны (правда время жизни протона достигает колоссальной величины – 10^{30} лет)» (Пригожин, И., Стенгерс, И., 2008, с. 196). Геном, как и барионная материя, не вечен как в биологическом, так и геологическом плане. «Сроки жизни ДНК-сообщений (плюс-минус несколько мутаций) измеряются миллионами и сотням миллионов лет; или, другими словами, от 10000 сроков жизни индивидуумов, до триллиона. Каждый индивидуальный организм должен рассматриваться как временное транспортное средство, в котором ДНК-сообщения проводят крошечную долю своих геологических сроков жизни...» (Докинз, Р., 1986, <http://lib.rus.ec/b/153786/read#t1>).

Итак, базовые цифровые информационные программы многоуровневой организации материи во Вселенной – суперматрица: поля, элементарные частицы, ядра, атомы (полевая, физико-химическая / химическая, в виде различных химических соединений, молекул) и мультиматрица – геном, записанные в ROM не являются вечными. Любые информационные единицы материи, как и сама материя, изменяются, эволюционируют, усложняясь. То есть, живое вещество является всего лишь одним из этапов (или уровней) самоорганизации материи.

«Порядок и хаос – сложные понятия. Единицы, используемые в статическом описании, которые дает динамика, отличаются от единиц, которые понадобились для создания эволюционной парадигмы, выражаемой ростом энтропии. Переход от одних единиц к другим приводит к новому понятию материи. Материя становится «активной»: она порождает необратимые процессы, а необратимые процессы организуют материю» (Пригожин И., Стенгерс И., 2008, с.13).

В море хаоса всегда существуют единицы порядка (информационные единицы материи, обладающие программой самоорганизации), в которых есть код (в момент Большого и последующих взрывов зашифрована программа) самоорганизации. Такими единицами порядка, в «море хаоса», являются изотопы химических элементов (и калибровочные бозоны, лептоны, кварки, адроны, барионы... или их комбинации в виде изотопов химических элементов и различные сочетания изотопов химических элементов..., полей) – информационные единицы материи. То есть любой тип хаоса содержит в себе

самоорганизующиеся информационные единицы, способные к самоорганизации, самопрограммированию, самоалгоритмизации и созданию структур, обладающих способностью к самоанализу, самопознанию, самопреобразованию и преобразованию окружающей среды, в том числе и Космоса в целом (Соков, Л.А., 2006).

Итак, хаос всегда содержит единицы порядка базовые информационные единицы материи.

Матрица – это первопричина, первоисточник. Существуют различные типы матриц: первичные естественные активные (полевая, ядерная, ядерно-электронная...с кодом, программой самоорганизации); вторичные естественные природные активные (геном, минералы – кристаллы, кристаллоиды, глины, ..., сталагмиты, сталактиты...); вторичные искусственные активные робототехнические информационно-аналитические системы; вторичные искусственные пассивные (код, программа прочтения, трансляции и реализации лежит вне матрицы, в головах людей, в биокомпьютерах – это матричные инструменты: все электронные цифровые передающие, обрабатывающие, принимающие информацию устройства, математические матрицы, алфавиты, иероглифы, знаки дорожного движения, картины, рисунки, графики, скульптуры, наклейки на теле, образец, модель, штамп, шаблон, форма, алгоритмы «цветных» революций... и т.д., и т.п.).... В активных матрицах код самопрочтения является их неотъемлемой частью.

Любой вид, тип, подтип фракталов должен иметь свой собственный матричный механизм образования.

Матрица – это первопричина, первоисточник. Существуют различные типы матриц:

1) первичные естественные активные (полевая, ядерная, ядерно-электронная...с кодом, программой самоорганизации материи);

2) вторичные естественные природные активные (геном /нуклеотидный код/, ...);

3) вторичные искусственные активные робототехнические информационно-аналитические системы, находящиеся пока под контролем человека;

4) вторичные искусственные пассивные (код, программа прочтения, трансляции и реализации лежит вне матрицы, в головах людей, ...)....

В активных матрицах код самопрочтения является базовым и записан, по аналогии с компьютерными технологиями, в ROM (Read Only Memory). Информация в матрицах может быть записана и в RAM (Random Access Memory), то есть, перезаписываться и сохраняться и не сохраняться (Dawkins R., 1986). В живом это вся условно-рефлекторная деятельность, жизнедеятельность на основе обратной афферентации П. К. Анохина (1935; 1973), мышление, память,..., с помощью которых осуществляется адаптация, акклиматизация, обучение и т.п., и т.д.

В самоорганизации открытых систем есть условия, инструменты и процессы: первичные – обязательные (стрела времени, необратимость, нелинейность, дивергенция, конвергенция, диссипация, энтропия, флуктуация, бифуркация, аттракторы, фракталы, ... отвечающие за чередование состояний материи: порядок→хаос→порядок→хаос...) и вторичные – проявляющиеся в отдельных случаях самоорганизации (катастрофы, мутации, кооперативные эффекты, джoker, гомеостаз, адаптация, реакция Белоусова, шестиугольные ячейки Бенара, вихри Тейлора, обратная связь: отрицательная, положительная, ... и т.д., и т.п.) (Лоренц, Э., 1972.

<http://www.lenta.ru/articles/2008/04/18/lorenz/>

Ласло, Э.,

<http://spkurdyumov.narod.ru/laslo77.htm>; Виноградов, А.П., 1990; Хакен, Г., 1980; Хокинг, С., 1990; http://www.chronos.msu.ru/TERMS/razumovsky_divergencia.html; Пригожин, И., Стенгерс, И., 2008).

Материя, помимо инструментов и процессов, снабжена механизмами самоорганизации – мультиматрицами: первичным, естественным кодом, планом, программой самопрочтения, самопрограммирования, самопознания. Алгоритм самопрочтения и, естественно, результат... целиком и полностью зависит от типа мультиматрицы, определяется условиями внешней среды, то есть взаимоотношением мультиматриц. Материи присуща направленная избирательность и изменчивость материально-информационно-энергетических взаимодействий, приводящих к иерархическому структурированию вещества, энергии,

информации: энергетически-конфигурационной, структурно-информационной и т.п. (Соков, Л.А., 2006; 2008).

Введенное понятие о периодической системе (таблице) химических элементов как о суперматрице, С.А. Щукарев (1970;1974) распространял только на физико-химические свойства и соединения химических элементов, не распространяя это понятие на макрообъекты, процессы, явления.... Исходя из найденного, к трем гипотезам (гипотеза «первичного бульона» – абиогенный синтез первичного органического вещества произошел в определенных областях на поверхности Земли; гипотеза «панспермии» – жизнь зародилась где-то в космосе вне Земли и выпала на Землю с межзвездной пылью или была занесена внутри метеоритов; гипотеза «каталитического реактора» – абиогенный синтез происходил в околосолнечном диске до формирования планет) можно добавить четвертую: барионная материя Вселенной – это «суперматрица», а образование матричных структур – ее базовое свойство.

Таким образом, материя – это суперматрица – мульти-мультиматрица, обладает способностью к самоорганизации и созданию мультиматриц и матричных структур $1^{го}$, $2^{го}$, $3^{го}$ и т.п. порядка. Это ячеистая структура Вселенной, различные типы галактик, галактические и внегалактические объекты, звезды, протозвездные и протопланетные образования, летучая и нелетучая фазы материи, планеты, сферы планет, в том числе минералы – кристаллы, кристаллоподобные структуры, белки, ДНК, РНК, геномы... и т.п., и т.д.

Найденное мультиматричное квантово-волновое упорядочение костного и живого вещества – фрактальное, плоско-геометрическое описание (схема 1) или объемные трехмерные, в 4-х мерном пространстве А. Пуанкаре объекты: строение, структура, свойства, явления, процессы обмена (метаболизма) барионной материи указывает как на механизмы, процессы, так и на инструменты самоорганизации. Например, изотопы химических элементов (барионные «инструменты внешней среды»...), поступающие и постоянно циркулирующие в плазме крови, имеют квантовую размерность взаимодействия с белками ($n+1^{\uparrow}$, $n^{\uparrow}$), в прямом смысле слова являются внешними независимыми, первичными квантовыми управляющими и контролерами генома в режиме *on line* со стороны внешней среды...(Соков, Л.А., 2009). Пусковым механизмом, запускающим экспрессию генов, определяющих какой белок должен синтезироваться, являются качественные квантовые характеристики ($n+1$), количество, уровень М-металлов (и А-элементов) в крови, внеклеточной и внутриклеточной жидкости... (Риш, М.А., 2003; Северин, Е.С., ред., 2007, с. 191). Происхождение и функционирование живого в нелетучей фазе вещества Солнечной системы может быть объяснено взаимодействием и взаимозависимостью первичных и вторичных естественных, природных активных матричных механизмов.

Главная последовательность дифференциации первичного барионного вещества обеспечивается матричными механизмами. То есть барионное вещество Вселенной – это суперматрица, в которой заключены изначально все возможные дальнейшие сценарии самоорганизации материи.

Литература

1. Аветисов, В.А. Физические аспекты предбиологической эволюции : сложность иерархичность. Динамика / В.А. Аветисов // Химическая физика. – 2003. 22(2). – С. 16-20.
2. Авцын, А.П. Введение в географическую патологию : монография / А.П. Авцын. – М. : Медицина, 1972. – 328 с.
3. Авцын, А.П. Принципы классификации заболеваний биогеохимической природы / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, Л.С. Строчкова // Арх. пат. – 1983. – № 9. – С. 3-14.
4. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын // Клин. мед. – 1987. - № 6. – С. 36-43.
5. Авцын, А.П. Синтезирующие подходы в изучении микроэлементов / А.П. Авцын // Микроэлементозы человека. – М. : Медицина, 1989. – С. 4-10.
6. Авцын, А.П. Микроэлементозы человека : монография / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М. : Медицина, 1991. – 496 с.
7. Агафшин, Н.П. 1982, цит. по Ю.И. Москалеву Минеральный обмен : монография / Ю.И. Москалев. – М. : Медицина, 1985. – 288 с.
8. Алексеенко, В.А., 1969, <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php#>
9. Алексеенко, В.А., 1997, Биосфера и жизнь; <http://chemistry.narod.ru/razdeli/geochemistry/rasprost.htm>; <http://bibl.tikva.ru/base/B1334/B1334Chapter3-2.php#>
10. Алексеенко, В.А. Геохимия ландшафта и окружающая среда. – М. : Недра, 1990. – 142 с.
11. Алексеенко, В.А. Экологическая геохимия. – М. : Логос, 2000. – 627 с.
12. Алексеенко, В.А. Геохимические барьеры. – М. : Логос, 2003. – 145 с.
13. Андреева, Т.В. Свойства элементов : справочник в 2^х томах / Т.В. Андреева, А.С. Болгар, М.В. Власова и др. // под ред. Г.В. Самсонова. – М. : Металлургия, 1976. – Т. 1. – 599 с.
14. Анохин, П.К. Проблема центра и периферии в физиологии нервной деятельности : сб. работ / П.К. Анохин // под ред. П.К. Анохина. Горький, 1935. – С. 9-70.
15. Анохин, П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин // Принципы системной организации функций. – М. : Наука, 1973. – С. 5-61. – Режим доступа : www.intellectus.ru/lib/00037.htm
16. Анохин, П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса : монография / П.К. Анохин. – М. : Медицина, 1968. – 546 с.
17. Анохин, П.К. Теория функциональной системы / П.К. Анохин // Успехи физиол. наук. – 1970. – Т. 1. - №1. – С. 19-54.
18. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем : монография / П.К. Анохин. – М. : Медицина. 1975. – 477 с.
19. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы : монография / П.К. Анохин. – М. : Наука, 1980. – 197 с.
20. Антонова, М.М. Свойства элементов : справочник в 2^х томах / М.М. Антонова, И.Т. Брахнова, А.Л. Борисова и др. // под ред. Г.В. Самсонова. – М. : Металлургия, 1976, Ч.2. – 383 с.
21. Алгоритмы и программы решения планово-экономических задач и задач управления производством. – Казань, 1966. – 437 с.
22. Альберт, А. Избирательная токсичность. Физико-химические основы терапии : монография в 2 т. / А. Альберт, пер. с англ. – М. : Медицина, 1953; 1989. – Т. 1. – 400 с. Т. 2. – 432 с.
23. Алмазов, В.А. Методы функционального исследования системы крови : монография / В.А. Алмазов, С.И. Рябов. – Л. : Медгиз, 1963. – 132 с.
24. Альтшуллер, Г.С. Алгоритмы изобретения : монография / Г.С. Альтшуллер. – М. : Московский рабочий, 1973. – 296 с.

25. Амбарцумян, В.А. Научные труды [в трех томах] / под редакцией В.В. Соболева. Издательство АН Армянской ССР. Т. 1 и Т. 2. – 1960; Т. 3. – 1988.
26. Астрономия и современная картина мира / отв. ред. В.В. Казютинский. – М. : ИФРАН, 1996. – 247 с.
27. Архангельская, Т.В. Поведение радиоактивного цинка в организме и ускорение его выведения / Т.В. Архангельская, Л.А. Ильин, Г.А. Норец // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов. – М. : Атомиздат, 1965. – С. 520-531.
28. Бадалов, С.Т. Биогеохимические особенности спонтанных превращений и распадов химических элементов в живой и костной материи / С.Т. Бадалов // Горный вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. Геология и геохимия (№25) 2006. – Режим доступа : <http://mining-bulletin.geotech.uz/ru/frchive/2006/25/33>
29. Бадалов, С.Т. Геохимические причины совместного нахождения химических элементов в природной материи / С.Т. Бадалов // Горный вестник Узбекистана. Научно-технический и производственный журнал. Геология и геохимия (№31) 2007. – Режим доступа : <http://mining-bulletin.geotech.uz/ru/frchive/2007/31/259>
30. Балабуха, В.С. Накопление радиоактивных элементов в организме и их выведение : монография / В.С. Балабуха, Г.Е. Фрадкин. – М. : Медгиз, 1958. – 184 с.
31. Балабуха, В.С. Проблема выведения из организма долгоживущих радиоактивных изотопов : монография / В.С. Балабуха, Л.М. Разбитная, Н.О. Разумовский, Л.И. Тихонова. – М. : Госатомиздат, 1962. – 168 с.
32. Балла, Ю.М. Микроэлементы в гематологии и кардиологии : монография / Ю.М. Балла, В.М. Лифшиц. – Воронеж : Изд-во Воронежского ун-та, 1965. – 175 с.
33. Баренбаум, А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция : монография / А.А.Баренбаум. – М. : ГЕОС. 2002. – 393 с. http://www.abitura.com/modern_physics/barenbaum_7.htm
34. Барнс, С.А. Ядерные реакции в сильно проэволюционировавших звездах / С.А. Барнс // Ядерная астрофизика. – М. : Мир, 1986. – С. 191-227.
35. Барсков, И.С. Биоминерализация и эволюция. Коэволюция минерального и биологического миров / И.С. Барсков // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 71-73 (339 с.).
36. Бгатов, А.В. Биогенная классификация химических элементов / А.В. Бгатов // Философия науки №2 (6), 1999. – Режим доступа : http://inwt.ru/index.php?option=com_content&task=view?id=56&Itemid=45
37. Бобородова, Н.Л. Кроветворение при длительном воздействии стабильных и радиоактивных микроэлементов (железа, кобальта и цинка) : монография / Н.Л. Бобородова. – М. : Медицина, 1975. – 167 с.
38. Беляев, Ю.А. Химические формы нахождения церия в печени крыс / Ю.А. Беляев // Сб. рефератов по рад. мед. за 1957. – М. : Медгиз, 1959. – Т. 1. – С. 120.
39. Беляев, Ю.А. Физико-химическое состояние плутония (Pu^{239}) в крови при внутривенном его введении / Ю.А. Беляев // Мед. радиология. – 1959А. - № 9. – С. 45-51.
40. Беляев, Ю.А. Характер фиксации церия белком / Ю.А. Беляев // Биохимия. – 1963. – Т.28. – Вып. 4.– С. 635-638.
41. Беляев, Ю.А. Удаление плутония у крыс при пероральном применении некоторых комплексонов / Ю.А. Беляев // Распределение, биологическое действие, ускорение выведения радиоактивных изотопов. – М. : Медицина, 1964. – С. 338-342.
42. Беляев, Ю.А. Эффективность и диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТПА) при интрахеальном введении плутония / Ю.А. Беляев, В.К. Лемберг // Распределение,

- биологическое действие, ускорение выведения радиоактивных изотопов. – М. : Медицина, 1964. – С. 343-347.
43. Бернар, К. Курс общей физиологии. Жизненные явления, общие животным и растениям : монография / К. Бернар. – СПб. : Билибин, 1978. – 316 с.
 44. Беус, А.А. Геохимия литосферы : монография / А.А. Беус. – М. : Высшая школа, 1981. – 214 с.
 45. Бозон Хиггса. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Бозон_Хиггса; <http://elementy.ru/LHC/LHC/tasks/higgs>
 46. Болдинг, К. Большие проблемы Большого взрыва, 1980. – Режим доступа : <http://www.ojasvi.kiev.ua/text/dif2/babah.htm>
 47. Бочкарев, В.М. Влияние стабильного носителя на распределение Mo^{99} в организме крыс / В.М. Бочкарев, Г.В. Добрякова, С.М. Пучкова // Радиоактивные изотопы во внешней среде и организме. – М. : Атомиздат, 1970. – С. 46-49.
 48. Бочкарева, Т.С. История науки и техники : учебное пособие для студентов вузов / Т.С. Бочкарева // под ред. проф. А.И. Бочкарева. – Тольятти : Изд-во ТГУС, 2007. – (С. 186) 224 с.
 49. Бочков, Н.П. Генетические механизмы гомеостаза организма / Н.П. Бочков, В.И. Иванов // В кн. : Гомеостаз / под ред. П.Д. Горизонтова. – М. : Медицина, 1981. – С. 241-255.
 50. Брахнова, И.Т. Сравнительная оценка влияния на организм пыли боридов и карбидов переходных металлов с учетом особенностей их электронного строения / И.Т. Брахнова // Гигиена труда и профзаболеваний. – 1969. – № 1. – С. 26-30.
 51. Брахнова, И.Т. Сравнительная оценка влияния на организм силицидов переходных металлов / И.Т. Брахнова, Г.В. Самсонов // Гигиена и санитария. – 1970. - № 1. – С. 42-45.
 52. Брахнова, И.Т. Токсичность порошков металлов и их соединений : монография / И.Т. Брахнова. – Киев : Наукова думка, 1971. – 224 с.
 53. Брахнова, И.Т. Гигиеническая оценка влияния на организм гидридов переходных металлов с учетом их электронного и кристаллического строения / И.Т. Брахнова, Г.А. Шкурко // Гигиена и санитария. – 1972. - № 7. – С. 36-39.
 54. Брахнова, И.Т. Строение кристаллической решетки простых веществ и соединений как показатель их токсического действия / И.Т. Брахнова, Л.Н. Баженова // Гигиена и санитария. – 1971. - № 10. – С. 95-100.
 55. Брахнова, И.Т. Промышленная токсикология и гигиена труда в порошковой металлургии : автореф. дис. докт. мед. наук / И.Т. Брахнова. – Киев, 1972. – 59 с.
 56. Бронштейн, В.А. Гипотезы о звездах и Вселенной : монография / В.А. Бронштейн. – М. : Наука, 1974. – 384 с.
 57. БСЭ. 1952-1957.
 58. Булдаков, Л.А. Пути всасывания радиоактивных изотопов цезия-137, стронция-89,90 и церия-144 / Л.А. Булдаков // Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов / под ред. А.В. Лебединского и Ю.И. Москалева. – М. : Медгиз, 1961. – С. 82-87.
 59. Булдаков, Л.А. Проблемы распределения и экспериментальной оценки допустимых уровней Cs-137, Sr-90, Ru-106 : монография / Л.А. Булдаков, Ю.И. Москалев. – М. : Атомиздат, 1968. – 295 с.
 60. Бургышев, П.Ф. Распределение бериллия у крыс / П.Ф. Бургышев, Ю.И. Москалев, А.А. Кузнецов, В.А. Назарова // Фармакол. и токсикол. – 1976. - № 5. – С. 615-618.
 61. Бучаченко, А.Л., Химия – это музыка природы // Вестник российской академии наук, 2001. Том 71, № 6. – С. 544-549.
 62. Вартбург, М. Безумная идея Андреаса Альбрехта / М. Вартбург // «Знание – сила». – 2000. - №10. – С. 34-37.

63. Василенко, И.Я. Кинетика обмена органических и неорганических соединений ^{14}C / И.Я. Василенко, П.Ф. Бугрышев, А.С. Истомина, В. Турова // Журнал гиг. эпидемиол. (Прага). – 1982. – Т. 26. – № 1. – С. 18-27.
64. Вассербург, Г.Дж., Папанастасиу Д.А. Некоторые короткоживущие радионуклиды в ранней Солнечной системе – связь с исходной межзвездной средой / Г.Дж. Вассербург, Д.А. Папанастасиу // Ядерная астрофизика. – М. : Мир, 1986. – С. 65-142
65. Вдовыкин, Г.Н. Экзобиология Луны : монография / Г.Н. Вдовыкин. – М. : Наука, 1975. – 119 с.
66. Веденеев, В.И. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации, сродство к электрону : справочник / В.И. Веденеев, Л.В. Гурвич, В.Н. Кондратьев, В.А. Медведев, Е.Л. Франкевич. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 215 с.
67. Венчиков, А.И. Биотики : монография / А.И. Венчиков. – Ашхабад : Ылым, 1978. – 280 с.
68. Веселкин, П.Н. Изменения регулирования температурного гомеостаза в патологии (лихорадочная реакция) : монографии / П.Н. Веселкин // Гомеостаз ; под ред. П.Д. Горизонтова. – М. : Медицина, 1981. – С. 521-537.
69. Вернадский, В.И. Химические элементы и механизм земной коры / В.И. Вернадский // Природа. – 1922. – С. 31-40.
70. Вернадский, В.И. Химический состав живого вещества в связи с химией земной коры. – Л. : Время, 1922А. – 48 с.
71. Вернадский, В.И. Начало и вечность жизни. – Л. : Время. 1922Б. – 60 с.
72. Вернадский, В.И. Биосфера. – Л. : НХТИ, 1926. – 14 с.
73. Вернадский, В.И. Водное равновесие земной коры и химические элементы / В.И. Вернадский // Природа. – 1933. – № 8/9. – С. 22-27.
74. Вернадский, В.И. Биогеохимические очерки (1922-1932) : монография / В.И. Вернадский. – М. : АН СССР, 1940. – 250 с.
75. Вернадский, В.И. Избранные сочинения в 5^{ти} т. Биосфера I-II / В.И. Вернадский. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 5. – 422 с.
76. Вернадский, В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения : монография / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1965. – 374 с.
77. Вернадский, В.И. Биосфера (избранные труды по биогеохимии) : монография / В.И. Вернадский. – М. : Мысль, 1967. – 376 с.
78. Вернадский, В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения : монография / В.И. Вернадский. – М. : Наука, 1987. – 340 с.
79. Верхова, О.А. Биологическая роль лантаноидов / О.А. Верхова, В.Р. Сорока // Успехи современной биол. – 1980. – № 3. – С. 365-381.
80. Виленчик, М.М. ДНК-гомеостаз: механизмы поддержания и биологические последствия нарушения. В кн.: Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем / В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – С. 32-41.
81. Виноградов, А.П. Геохимия живого вещества : монография / А.П. Виноградов. – Л. : Изд-во АН СССР, 1932. – 67 с.
82. Виноградов, А.П. Химический элементарный состав организмов и периодическая система Д.И.Менделеева / А.П. Виноградов // Природа. – 1933. – № 8/9. – С. 28-36.
83. Виноградов, А.П. Труды биогеохимической лаборатории / ред. В.И. Вернадский, А.П. Виноградов. – Л., М. : Изд-во АН СССР, 1935. – Т.3. – 280 с.
84. Виноградов, А.П. К химическому познанию биосферы / А.П. Виноградов // Почвоведение. – 1945. – №7. – С. 348-354.
85. Виноградов, А.П. Геохимическая обстановка в районах эндемического зоба / А.П. Виноградов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геоф. – 1946. – Т.10. – № 4. – С. 341-356.

86. Виноградов, А.П. Биогеохимические провинции / А.П. Виноградов // Труды Юбилейной сессии, посвященной столетию со дня рождения В.В. Докучаева. – М.; Л., 1949. – С. 59-84.
87. Виноградов, А.П. О причинах происхождения урвской эндемии (Геохимические исследования) / А.П. Виноградов // Тр. Биогеох. – 1949А. – Т.9. – С. 5-29.
88. Виноградов, А.П. Введение в геохимию океана : монография / А.П. Виноградов. – М. : Наука, 1967. – 215 с.
89. Валяшко, М.Г., 1971. – Режим доступа : <http://www.oceanavt.ru/content/view/1025/27/1/3>
90. Виноградов, А.П. БСЭ. – Режим доступа : <http://dic.academic.ru>
91. Виноградов, В.А. Дивергенция. Конвергенция : Лингвистический энциклопедический словарь / В.А. Виноградов. – М. : Советская энциклопедия, 1990. – С. 136, 234.
92. Войнар, А.О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека : монография / А.О. Войнар. – М. : Сов. наука, 1953. – 496 с.
93. Войнар, А.О. Биологическая роль микроэлементов в жизни животных и человека : монография / А.О. Войнар. – М. : Высшая школа, 1960. – 544 с.
94. Волантэн, Л. Субатомная физика и частицы : в 2 т. – М. : Мир, 1986. – Т. 1
95. Воробьева, М.А. Влияние аминокислот как предшественников белков на активность каталитических РНК / М.А. Воробьева, Е.В. Гусева, А.Г. Веняминова, В.В. Власов // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 186-188 (339 с).
96. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г. Земная кремневая жизнь / М.Г. Воронков, И.Г. Кузнецов // Химия и жизнь, 1983, № 12, стр. 95-99.
97. Воронков М.Г., Кузнецов И.Г., Кремний в живой природе / Академик К.Р. Седов (отв. ред.) – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. – 157 с. – Серия "Человек и окружающая среда" – АН СССР. Сиб. отд-ние.
98. В Солнечной системе стало на одну недоразвитую планету больше / Новости физики и космоса. Выпуск 19 (142) 1-15 октября, 2009. – Режим доступа : <http://physics03.narod.ru/Interes/Newsp/142nsp.htm>
99. Габович, Г.Д. Гигиенические проблемы фторирования питьевой воды : монография / Г.Д. Габович, А. А. Минх. – М. : Медицина, 1979. – 199 с.
100. Гаврусевич, Б.А. Основы общей геохимии : монография / Б.А. Гаврусевич. – М. : Недра, 1968. – 328 с.
101. Галибин, Г.П. Токсикология промышленных соединений урана : монография / Г.П. Галибин, Ю.В. Новиков ; под ред. Ю.И. Москалева. – М. : Атомиздат, 1976. – 184 с.
102. Галимов, Э.М. Природа биологического фракционирования изотопов : монография / Э.М. Галимов. – М. : Наука, 1981. – 247 с.
103. Галимов, Э.М. Принцип аддитивности в изотопной термодинамике / Э.М. Галимов // Геохимия. – 1982. – № 6. – С. 767-783.
104. Галимов, Э.М. Происхождение Луны. Российская концепция против «американской» / Э.М. Галимов // Земля и Вселенная. – 2005. - № 6. – Режим доступа : <http://ziv.telescopes.ru/rubric/astronomy/index.html?pub=9>
105. Галимов, Э.М., ред. Пробелы зарождения и эволюции биосферы : сборник / Рос. акад. наук, Совет Подпрограммы I Программы № 18 Президиума РАН «Проблемы зарождения и эволюции биосферы» ; под ред. Э.М. Галимова. – М. : URSS, 2008. – 552 с.
106. Галимов, Э.М. Феномен жизни: Между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. Изд. 3, стереот. . – М. : URSS, (2001; 2008) 2009. – 256 с..
107. Гамов, Г.А., Мировая линия Гамова. – Режим доступа : <http://www.nature.ru/>; <http://physics.kgsu.ru/astronomia/NV/Gamov.htm><http://www.vselennaja.ru/nauka/lich6.html>; <http://physics.kgsu.ru/astronomia/NV/Gamov.htm>;

<http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390><http://www.peoples.ru/science/physics/gamow/history.html>

108. Гайсинский, М. Радиохимический состав элементов : монография / М. Гайсинский, Ж. Адлов : пер. с англ. канд. хим. наук Б.Ф. Мясоедова ; под ред. канд. хим. наук С.С. Родина. – М. : Атомиздат, 1968. – 256 с.
109. Гвоздев, Юрий Постулаты Вселенной 21/07/2007. – Режим доступа : <http://www.dvastronom.ru/universe-postulates.php>
110. Георгиевский, В.И. Минеральный обмен / В.И. Георгиевский // Физиология сельскохозяйственных животных. – Л. : 1978. – С. 217-255.
111. Гиндилис, Л.М. Поиск Внеземного Разума / Л.М. Гиндилис. – М. : Физмалит, 2004. – 648 с.
112. Гинецинский, А.Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия : монография / А.Г. Гинецинский. – М. ; Л. : Наука, 1964. – 428 с.
113. Горнштейн, Т.Н. Кирхгоф и его исследования по тепловому излучению / Т.Н. Горнштейн // Тр. Института истории естествознания и техники. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – Т. 34. – С. 110-156.
114. Горский, Ю.М. Гомеостатика: изучение механизмов поддержания гомеостаза в организме и в человеческих коллективах / Ю.М. Горский // В кн.: Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем : ред. В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – С. 174-181.
115. Горизонтов, П. Д. Гомеостаз / П.Д. Горизонтов. – М. : Медицина, 1981. – 576 с.
116. Городецкий, А.А. Выведение из организма некоторых радиоактивных веществ : монография / А.А. Городецкий, Г.Т. Сиваченко, О.А. Хомутовский, Э.З. Рябова. – Киев, 1959. – 200 с.
117. Григорович, В.К. Периодический закон Менделеева и электронное строение металлов : монография / В.К. Григорович. – М. : Наука, 1966. – 287 с.
118. Григорьев, С.М. Роль воды в образовании земной коры : монография / С.М. Григорьев. – М. : Недра, 1971. – 263 с.
119. Грибовский, Г.П. Некоторые аспекты экологической ситуации в Челябинской области и ее влияние на качество сельскохозяйственной продукции / Г.П. Грибовский, Ю.Г. Грибовский // Проблемы экологии Южного Урала. – 1995. – № 2. – С. 48-51.
120. Гробстайн, К. Стратегия жизни : монография / К. Гробстайн. – М. : Мир, 1968. – 143 с.
121. Гусев, В.А. Генетический код – игра случая или фундаментальный закон природы? / В.А. Гусев // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 271 (339 с.).
122. Гусев, С.Д. К вопросу об анализе и математическом моделировании системы гомеостаза печени при ее токсическом поражении / С.Д. Гусев, С.А. Арутюнян, С.П. Якимов // Гомеостатические процессы в изолированных системах и организме. Межведомственный сборник научных трудов ; отв. ред. д. б. н. В.П. Нефедов. – Красноярск, 1983. – С. 130-139.
123. Дарвин, Ч. Происхождение видов путем естественного отбора : монография / Дарвин Ч.. 1859. (On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life). – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Дарвин,_Чарльз#.
124. Демерменджи, А.Г. Экологический и эволюционный принципы круговорота вещества в биосфере: теория и эксперименты / А.Г. Демерменджи, В.Г. Губанов // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 47-50 (339 с.).
125. Детьен, П. Функция почек. Водный и электролитный баланс / П. Детьен // Физиология человека ; под ред. Р. Шмидта, Г. Гевса. – М. : Мир, 1996. – 193 с.

126. ДНК. – Режим доступа : <http://bannikov.narod.ru/nukleotid.html>;
<http://genomical.ru/dvoynaya-spiral-dnk>
127. Добрецов, Н.Л. Краткая аннотация Подпрограммы II / Н.Л. Добрецов, Г.А. Заварзин // Происхождение и эволюция жизни на Земле : физико-химические, геологические, палеонтологические и биологические проблемы. 2007. – Режим доступа : <http://www.bionet.nsc.ru/live/live.php?r=about&p=about>
128. Добрецов, Н.Л. О ранних стадиях зарождения и эволюции жизни / Н.Л. Добрецов, Н.А. Колчанов // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 7-10 (339 с.).
129. Добровольский, В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние : монография / В.В. Добровольский. – М. : Мысль, 1983. – 160 с.
130. Добровольский, О.К. Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине / О.К. Добровольский // Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания. – Л., 1970. – Т. 1. – 310 с.
131. Дубровина, З.В. Всасывание из желудочно-кишечного тракта некоторых соединений кальция и их влияние на усвоение радиостронция у крыс / З.В. Дубровина // Радиобиология. – 1966. – Т. 6. - № 1 – С. 78-80.
132. Дубровина, З.В. Зависимость поведения радиоактивных изотопов в организме от их физико-химических характеристик / З.В. Дубровина, Л.А. Соков // Мед. радиология. – 1970. – Т. XV. - № 10. – С. 41-47.
133. Дубровский, В.Н. Самоорганизация пространства-времени в процессе эволюции Вселенной / В.Н. Дубровский, Ю.Б. Молчанов // Астрономия и современная картина мира ; отв. ред. В.В. Казютинский. – М. : ИФРАН, 1996. – 247 с.
134. Еремеева, А.И. Астрономическая картина мира и ее творцы : монография / А.И. Еремеева. – М. : Наука, 1984. – 224 с.
135. Еремеева А.И. История астрономии: учебник / А.И. Еремеева, Ф.А. Цицин. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – 349 с. – Режим доступа : http://astronomer.nfrod.ru/Library/History/h_table.htm
136. Ершов, Ю.А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учеб. для мед. спец. Вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд, А.З. Книжник, Н.И. Михайличенко ; под ред. Ю.А. Ершова. – М. : Высш. шк., 1993. – 560 с.
137. Еськов, К.Ю. Современные представления о происхождении живого. – Режим доступа : <http://atheo-club.ru/evolution/eskov.htm>
138. Заварзин, Г.А. Становление биосферы / Г.А. Заварзин // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 11-13 (339 с).
139. Загускин, С.А. Энергетические механизмы клетки: гомеостаз и биоритмы / С.А. Загускин // Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем ; ред. В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд – ние, 1991. – С. 51-57.
140. Закон постоянства солевого состава морской воды. – Режим доступа : <http://www.naxodka.info/sea/salt.html>
141. Закутинский, Д.И. Справочник по токсикологии радиоактивных изотопов / Д.И. Закутинский, Ю.Д. Парфенов, Л.Н. Селиванова. – М. : Медгиз, 1962. – 116 с.
142. Заликин, Г.А. Распределение Ra^{233} в организме крыс / Г.А. Заликин // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов. – М. : Атомиздат, 1966. – С. 30-36.
143. Зарецкий, И.И. Клиническая физиология и методы функциональной диагностики почек : монография / И.И. Зарецкий. – М. : Медгиз, 1963. – 280 с.
144. Злобин, Ю.А. Происхождение жизни / Ю.А. Злобин // Природа. – 2001. - № 2. – С. 25 – 26.

145. Золин, В.Ф. Редкоземельный зонд в химии и биологии : монография / В.Ф. Золин, Л.Г. Коренева. – М. : Наука, 1980. – 349 с.
146. Иванов, Ю.И. К методике одновременного определения объема экстра- и интрацеллюлярной жидкости в организме крыс / Ю.И. Иванов, Б.А. Пахмурный // Биол. эксперим. биологии и медицины. – 1965. – Т. 59. - № 4. – С. 123-125.
147. Иванова, Л.Н. Выделительная система и водно-солевой обмен : экологическая физиология животных / Л.Н. Иванова, Э.А. Лавриненко // Часть II. Физиологические системы в процессе адаптации и факторы среды обитания. В серии: Руководство по физиологии. – Л. : Наука, 1981. – 528 с. (С. 169-226).
148. Иващенко, А.Т. Эволюция ДНК геномов живых систем: ограничения и свобода / А.Т. Иващенко, Т.А. Иващенко, Т.А. Карпенюк, А.В. Гончарова, Ш.А. Атамбаева // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 275-277 (339 с.).
149. Израэль, Ю.А. Кислотные дожди / Ю.А. Израэль, И.М. Назаров, А.Я. Пресиан и др. – Л. : Гидрометеиздат, 1983. – 206 с.
150. Ильин, Л.А. Радиоактивный йод в проблеме радиационной безопасности : монография / Л.А. Ильин, Г.В. Архангельская, Ю.О. Константинов, И.А. Лихтарев. – М. : Атомиздат, 1972. – 270 с.
151. Ионе, К.Г. Абиогенный синтез углеводов в земной коре как возможный предшественник стадии биожизни / К.Г. Ионе // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 153-156 (339 с.).
152. Ишханов, Б.С. Нуклеосинтез во вселенной : Web-версия учебного пособия Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, И.А. Тутынь "Нуклеосинтез во вселенной" М. : Изд-во Московского университета, 1998. Публикацию подготовил студент 4 курса М. Яхно при участии Э. Кэбина. – Режим доступа : <http://nuclphys.sinp.msu.ru/nuclsynt/index.html#i>
153. **Ишханов, Б.С.** Физика ядра и частиц, XX век : Web-версия учебного пособия Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин "Физика ядра и частиц. XX век" М., Изд-во Московского университета. 2000. В Web-версии учтены современные ядерные данные. Публикацию подготовил Э. Кэбин
154. Йегер, Л. Клиническая иммунология и аллергология : в 2 т. / Л. Йегер. – М. : Медицина, 1990. – Т. 1. – 528 с.
155. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях : монография / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.
156. «Кабинет – История астрономии». – Режим доступа : <http://naturalhystory.narod.ru>
157. Кадменский, С.Г. Радиоактивность атомных ядер: история, результаты, новейшие достижения / С.Г. Кадменский // Соровский образовательный журнал, №11, 1999. phys.web.ru.
158. Калистратова, В.С. Влияние некоторых факторов на поведение ^{111}Ag в организме животных / В.С. Калистратова, Д.Г. Коган, М.Д. Козлова // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов. – М. : Атомиздат, 1966. – С. 146-151.
159. Калистратова, В.С. Влияние способа введения на поведение коллоидного золота (Au^{198}) в организме белых крыс / В.С. Калистратова, Ю.И. Москалев, Н.Г. Серебряков // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов. – М. : Атомиздат, 1966А. – С. 36-44.
160. Капланский, С.Я. О некоторых функциях белков сыворотки крови / С.Я. Капланский // Терапевт. арх. – 1962. – Т. 34. – Вып. 2. – С. 3-12.

161. Капланский, С.Я. Некоторые проблемы патологии обмена аминокислот / С.Я. Капланский // Химические основы процессов жизнедеятельности : под ред. В.Н. Ореховичева. – М., 1962. – С. 253-262.
162. Карлышев, В.М. Тайны мироздания : учебное пособие / В.М. Карлышев, В.М. Крылов. – Челябинск, 2005. – 158 с.
163. Касавина, В.С. Минеральные ресурсы организма : монография / В.С. Касавина, В.П. Торбенко. – М. : Наука, 1975. – 198 с.
164. Кач, А. Ускорение выведения радиостронция из организма млекопитающих / А. Кач // Метаболизм стронция. – М. : Атомиздат, 1971. – С. 262-280.
165. Каюков, И.Г. Современные методы диагностики почек : диагностика нарушений водно-солевого гомеостаза / И.Г.Каюков, А.М. Есаян // Нефрология. – 2002. – Т. 6. - № 1. – С. 87-100.
166. Кветная, Т.В. Мелатонин : роль и значение в возрастной патологии : монография / Т.В. Кветная, И.В. Князькин. – СПб. : ВМедА, 2004. – 111 с.
167. Келина, Н.Ю. Токсикология в таблицах и схемах / Н.Ю. Келина, Н.В. Безручко. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 146 с.
168. Кист, А.А. О связи между токсичностью некоторых элементов и их содержанием в нормальном организме / А.А. Кист // Активационный анализ биологических объектов. – Ташкент : ФАН Узбекской ССР, 1967. – С. 87-111.
169. Кист А.А. Исследование по нейтронному активационному анализу объектов биосферы : автореф. дис. ... докт. хим. наук / А.А. Кист. – Л., 1969. – 35 с.
170. Кист, А.А. Биологическая роль химических элементов и периодический закон : монография / А.А. Кист. – Ташкент : ФАН Узбекской ССР, 1973. – 65 с.
171. Кист, А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии : монография / А.А. Кист. – Ташкент : ФАН Узбекской ССР, 1987. – 236 с.
172. КЛАРКИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ – Режим доступа : <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2005.html>
173. Климишин, И.А. Релятивистская астрономия : монография / И.А. Климишин. – М. : Наука, 1989. – 288 с.
174. Климишин, И.А., 1984. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв
175. Ковальский, В.В. Новые направления и задачи биологической химии сельскохозяйственных животных в связи с изучением биогеохимических провинций / В.В. Ковальский. – М. : Изд-во Мин. Сельск. Хоз-ва СССР, 1957.
176. Ковальский, В.В. Биогеохимические провинции СССР и методы их изучения / В.В. Ковальский // Тр. Биогеохим. лабор. АН СССР. – 1960. – Т. 11. – С. 8-33.
177. Ковальский, В.В. Биогеохимическая экология и ее биологическое значение / В.В. Ковальский // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – Киев, 1963. – С. 22-34.
178. Ковальский, В.В. Проблема микроэлементов в животноводстве и пути ее решения / В.В.Ковальский // Вопросы химизации животноводства. – М. : Наука, 1964. – С. 188-206.
179. Ковальский, В.В. Геохимическая экология – новое направление в изучении изменчивости обмена веществ под влиянием избытка и недостатка микроэлементов / В.В. Ковальский // Докл. ВАСХНИЛ. – 1967. – № 11. – С. 2-7.
180. Ковальский, В.В. Значение геохимической экологии в определении потребности с/х животных / В.В. Ковальский // Микроэлементы в животноводстве. – М. : Изд-во с/х литерат. журналов и плакатов, 1969. – С. 5-22.
181. Ковальский, В.В. Геохимическая экология. Очерки : монография / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1972. – 282 с.
182. Ковальский, В.В. Геохимическая экология. Очерки : монография / В.В. Ковальский. – М. : Наука, 1974. – 300 с.

183. Ковальский, В.В. Геохимическая среда и жизнь : монография / В.В. Ковальский. – М. : Наука, 1982. – 77 с.
184. Ковальский, В.В. Современные направления и задачи биохимии / В.В. Ковальский // Биологическая роль микроэлементов. – М. : Наука, 1983. – С. 3-17.
185. Коган, А.Б. Биологическая кибернетика : монография / А.Б. Коган, Н.П. Наумов, В.Г. Режабек, О.Г. Чораян : ред. А.Б. Коган. – М. : Высшая школа, 1972. – 384 с.
186. Коломийцева, М.Г. Микроэлементы в медицине : монография / М.Г. Коломийцева, Р.Д. Габович. – М. : Медицина, 1970. – 288 с.
187. Кондрашов, А.П. Справочник необходимых знаний / сост. А.П. Кондрашов, Ю.В. Стрекалов, главный ред. В.Б. Тетевин. – М. : РИПОЛ КЛАССИК, 2002. – 768 с.
188. Кораблева, Т.П. Теория периодической системы : учебное пособие / Т.П. Кораблева, Д.В. Корольков. – СПб. : Издательство С.-Петербургского университета, 2005. – 174 с.
189. Короновский, Н.В. Основы геологии : учебник / Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова. – М. : Высшая школа, 1991. – 416 с. – Режим доступа : <http://geo.web.ru/db/msg.html?uri=part10-02.htm&mid=1163814>
190. Костецкий, Э.Я. Твердофазный синтез протоклеток и их составляющих на матрице апатита и сокристаллизующихся с ним минералах / Э.Я. Костецкий // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 65-67 (339 с).
191. Краткий справочник по геохимии, 2 изд., переработанное и доп. / под ред. А.И. Перельман. – М. : Недра, 1977. – 184 с.
192. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. – Л. : Химия, 1972. – 200 с.
193. Кудрин, А.В. Микроэлементы в иммунологии и онкологии : монография / А.В. Кудрин, О.А. Громова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 544 с.
194. Кузин, А.М. Когда миры соприкасаются / А.М. Кузин. – М. : Молодая гвардия, 1974. – 208 с.
195. Книжников, В.А. Микроэлементы / В.А. Книжников, А.А. Муравьев, Н.А. Тюрин // Б.М.Э. – 3^е изд. – 1981. – Т. 15. – С. 674-685.
196. Кравков, Н.П., Основы фармакологии, ч. 2, М., Госмедиздат, 1931, цит. Кист, А.А., Биологическая роль химических элементов и периодический закон : монография / А.А. Кист. – Ташкент : ФАН Узбекской ССР, 1973. – с. 45-46 (65 с.).
197. Кравчинский, Б.Д. Физиология водно-солевого обмена : монография / Б.Д. Кравчинский. – Л. : Гос-ное изд-во мед-ской лит-ры, 1963. – 311 с.
198. Куликова, В.Г. Переход радиоактивных изотопов от матери к потомству / В.Г. Куликова // Теоретические вопросы минерального обмена : Тр. Института экологии растений и животных. – Свердловск, 1970. – Вып. 68. – С. 55-61.
199. Купер, Д. Периодический закон : монография / Д. Купер : пер. с англ. К.Н. Семененко. – М. : Мир, 1965. – 130 с.
200. Курляндская, Э.Б. Некоторые вопросы токсикологии радиоактивных веществ / Э.Б. Курляндская // Материалы по токсичности радиоактив. веществ: сб. работ Ин-та гигиены пруда и проф. заболеваний. – М., 1957. – Вып. 1. – С. 3.
201. Лазарев, Н.В. Общие основы промышленной токсикологии. – Л. : Медгиз, 1938. – 184 с.
202. Лазарис, Я.А. Обмен цинка в животном организме / Я.А. Лазарис, В.М. Карлинский // Успехи совр. биол. – 1970. – Т. 70. - № 2. – С. 255-275.
203. Ламарк, Ж. Философия зоологии (1809, фрагмент) : пер. с фр., Т. 2. – М.-Л. : Гос. изд-во биологической и медицинской литературы, 1937. – С. 358-360.
204. Ларин, Ю.С. Цитогомеостаз на тканевом и органном уровнях / Ю.С. Ларин // Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем : сб. науч. тр. / В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд – ние, 1991. – С. 42-50.

205. Ласло, Э. Век бифуркации. Постигание изменяющегося мира. – Режим доступа : <http://spkurdyumov.narod.ru/laslo77.htm>
206. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов : монография / Э.Н. Левина.– Л. : Медицина, 1972. – 184 с.
207. Левченко, В.Ф. Эволюционная экология и эволюционная физиология – что общего? / В.Ф. Левченко // Журн. эвол. биохим. и физиол., 1990, № 4. – С. 455-461.
208. Левченко, В.Ф. Модели в теории биологической эволюции : монография / В.Ф. Левченко. – СПб. : Наука, 1993. – 384 с.
209. Лем, С. Сумма технологии / С. Лем. – М. : Мир, 1968. – 520 с.
210. Ленинджер А. Биохимия : учебник / А. Ленинджер. – М. : Мир, 1974 (1976). – 957 (960) с.
211. Леонов, В.А., Дубина Т.Л. Цинк в организме человека и животных : монография / В.А. Леонов, Т.Л. Дубина. – Минск : Наука и техника, 1971. – 128 с.
212. Линде, А.Д. (профессор Стэндфордского университета, США) Многоликая Вселенная, Москва, ФИАН, лекция 10 июня 2007 года. – Режим доступа : http://elementy.ru/images/lections/Linde_lecture_10.06.2007.jpg
213. Лихницкая, И.И. Клубочковая фильтрация: Физиология почки / И.И. Лихницкая // В серии : «Руководство по физиологии». – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1972. – С. 77-82 (398 с.).
214. Лищук, В.А. Гомеостаз и регуляция физиологических систем организма : монография / В.А. Лищук, Б. Лорд, В. Павлович-Кентера и др. : под ред. В.П. Нефедова. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1992. – 253 с.
215. Лурье, Ю.Ю. Справочник по аналитической химии / Ю.Ю. Лурье. – М. : Геохимиздат, 1962. – 288 с.
216. Любашевский, Н.М. Влияние связывания радиоизотопов стронция, иттрия и цезия белками сыворотки крови на накопление их в ткани / Н.М. Любашевский // Радиобиология. – 1968. – Т. VIII. – Вып. 5. – С.754-755.
217. Любашевский, Н.М. Изучение структурно-биологических характеристик обменных поверхностей костной ткани в связи с особенностями метаболизма некоторых микро- и макроэлементов / Н.М. Любашевский // Биохимия микроэлементов. – Ташкент : ФАНУССР, 1969. – С 38-39.
218. Любашевский, Н.М. Метаболизм радиоизотопов в скелете позвоночных : монография / Н.М. Любашевский. – М. : Наука, 1980. – 256 с.
219. Люблина, Е.И. В сб.: Вопросы общей и частной токсикологии.– Л., 1965, цит. по Э. Н. Левиной Общая токсикология металлов: монография. – Л. : Медицина, 1972. – 184 с.
220. Люблина, Е.И. О связи токсичности некоторых веществ с периодической системой Менделеева / Е.И. Люблина // Гигиена труда и профзаболеваний. – 1967. - № 2. – С. 9-13.
221. Люблина, Е.И. Инструкция по установлению расчетным способом ориентировочных предельно допустимых концентраций промышленных ядов в воздухе рабочих помещений / Е.И. Люблина, А.А. Голубев. – Л., 1967. – 11 с.
222. Mg – зависимый магнитный изотопный эффект в реакциях митохондриального субстратного и окислительного фосфорилирования. <http://archictac.livejournal.com/495.html?mode=reply>
223. Майшев, А. Как начиналась жизнь на Земле? Беседа с директором ГЕОХИ Э. Галимовым, 2007. Источник : hi-tech.Expert
224. Маргелис, Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. – М. : Мир, 1983, цит. Наточин, Ю.В. Физико-химические детерминанты физиологической эволюции: от протоклетки к человеку / Ю.В. Наточин // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2006. – Т. 92. № 1. С. 57-72

225. Марков, А., Ванюшин, Б., Костинский, А. Геном человека и эпигенетика. Программы: Время: Мир. Ведущая Лагутина И. – Режим доступа : <http://www.svoboda.org/programs/tw/2005/tw.031105>
226. Марков, А.В. От Ламарка к Дарвину...и обратно / А.В. Марков // Экология и жизнь, №1, 2008. – Режим доступа : <http://elementy.ru/lib/430567?context=3034127>
227. Масевич, А.Г. Герцшпрунга-Рессела диаграмма ©2001 Большая Российская энциклопедия, 1969-1978. – Режим доступа : <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00017/96500.htm>
228. Мартынова, Г.И. Лунная кора – понятие находится в стадии формирования / Г.И. Мартынова // Геологический словарь в 2-х т. – М. : Недра, 1978. Т. 1. А-М. – 488 с.; Т. 2. Н-Я. – 456 с. – Режим доступа : http://vladsc.narod.ru/library/geol_sl/impactit.htm
229. Мелихова, М.А. Биохимия. Строение, свойства и обмен белков: лекция / М.А. Мелихова : под ред. проф. П.С. Васильева. – М. : Офсетное пр-во ГЦОИФКа, 1972. – 46 с.
230. Мерзон, А.К. О методике определения поперечного кровотока / А.К. Мерзон // Терапевт. арх. – 1957. – Вып. 6. – С. 69-78.
231. Можаяев Е.А. Связь водопотребления животных с токсичностью химических загрязнений воды и физическими свойствами содержащихся в них элементов / Е.А. Можаяев // Гигиена и санитария. – 1971. - № 8. – С. 17-21.
232. Моисеев, А. Скрытая масса и нейтринная Вселенная: вопросы космологического моделирования 12/05/2003. – Режим доступа : <http://www.dvastronom.ru/universe-neitrimodel.php>
233. Морозов, Н. Периодическая система строения вещества (БМ), (БГ).
234. Морозов, К.А. Всасывание и секреция в тонкой кишке (Субмикроскопические аспекты) : монография / К.А. Морозов, Ю.А. Лысиков, Б.В. Питран, С.И. Хвыля. – М. : Медицина, 1988. – 224 с.
235. Москалев, Ю.И. Распределение и токсичность радиоактивных веществ: Дисс... докт. мед. наук / Ю.И. Москалев. – М., 1955.
236. Москалев, Ю.И. О влиянии изотопного носителя на распределение церия-144 / Ю.И. Москалев // В кн. : Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов ; под ред. А.В. Лебединского и Ю.И. Москалева. – М. : Медгиз, 1961. – С. 141-154.
237. Москалев, Ю.И. Распределение цезия-137 в организме животных / Ю.И. Москалев // В кн. : Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов; под ред. А.В. Лебединского и Ю.И. Москалева. – М. : Медгиз, 1961. – С. 5.
238. Москалев, Ю.И. Опыты по распределению сурьмы-124 и теллура-127 / Ю.И. Москалев // Распределение, биологическое действие, ускорение выведения радиоактивных изотопов : сб. работ под ред. Ю.И. Москалева. – М. : Медицина, 1964. – С. 62-70.
239. Москалев, Ю.И. Опыты по распределению олова-113 / Ю.И. Москалев // Распределение, биологическое действие, ускорение выведения радиоактивных изотопов : сб. работ под ред. Ю.И. Москалева. – М. : Медицина, 1964А. – С. 78-82.
240. Москалев, Ю.И. Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов / Ю.И. Москалев // Мед. радиология. – 1965. - № 4. – С. 53-59.
241. Москалев, Ю.И. Минеральный обмен : монография / Ю.И. Москалев. – М. : Медицина, 1985. – 288 с.
242. Мур, Дж.В. Тяжелые металлы в природных водах : монография / Дж.В., Мур, С. Рамамурти. – М. : "Мир", 1987. – 285 с.
243. Мусакин, А.А. Таблицы и схемы аналитической химии / А.А. Мусакин. – Л. : Химия, 1971. – 128 с.
244. Найдено новое доказательство существования тёмной энергии, 19 декабря 2008. – Режим доступа : <http://cosmicnews.ru/2008/12/najdeno-novoe-dokazatelstvo-sushhestvovaniya-tyomnoj-energii/>

245. Нарликар, Дж. Неистовая Вселенная : монография / Дж. Нарликар. – М. : Мир, 1985. – 178 с.
246. Наточин, Ю.В. Реабсорбция и секреция органических веществ: Физиология почки / Ю.В. Наточин // В серии : Руководство по физиологии ; под ред. д.б.н. Ю.В. Наточина. – Л. : Ленингр. отд-ние Наука, 1972. – С. 83-115.
247. Наточин, Ю.В. Реабсорбция и секреция электролитов: Физиология почки : Ю.В. Наточин // В серии : Руководство по физиологии ; под ред. д.б.н. Ю.В. Наточина. – Л. : Ленингр. отд-ние Наука, 1972А. – С. 116-141.
248. Наточин, Ю.В. Физиология почки : Ю.В. Наточин : В серии Руководство по физиологии // под ред. д.б.н. Ю.В. Наточина. – Л. : Ленингр. отд-ние Наука, 1972Б. – 398 с.
249. Наточин, Ю.В. Физиология почки. Формулы и расчеты : монография / Ю.В. Наточин. – Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. – 59 с.
250. Наточин, Ю.В. Водно-солевой гомеостаз: эволюция и экология: Препринт науч. докл. на VI Всесоюз. конф. экол. Физиологии, к 100-летию со дня рождения Л.А. Орбели / Ю.В. Наточин. – Сыктывкар : КФАН СССР, 1982. – 49 с.
251. Наточин, Ю.В. Проблемы эволюционной физиологии водно-солевого обмена / Ю.В. Наточин. – Л. : Наука, 1984. – 38 с.
252. Наточин, Ю.В. Архитектура физиологических функций: тот же фундамент, новые грани / Ю.В. Наточин // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2002. – Т. 88.- № 2. – С. 129-143.
253. Наточин, Ю.В. Физико-химические детерминанты физиологической эволюции: от протоклетки к человеку / Ю.В. Наточин // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2006. – Т. 92. № 1. С. 57-72
254. Нестеренко, В.С. Природно-экономические и социальные аспекты проблемы загрязнения окружающей среды на Южном Урале тяжелыми металлами / В.С. Нестеренко // Проблемы экологии Южного Урала. – 1995. - № 1. – С. 35-43.
255. Нефедов, В.П., ред. Гомеостатические процессы в изолированных системах и организме : межведомственный сборник научных трудов / ред. В.П. Нефедов. – Красноярск, 1983. – 231 с.
256. Нефедов, В.П., и др. Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем: монография / В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 232 с.
257. Николаев, М.П. Учебник фармакологии / М.П. Николаев. – М. : Медгиз, 1948. – 560 с.
258. Ноздрюхина, Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека : монография / Л.Р. Ноздрюхина. – М. : Наука, 1977. – 184 с.
259. Ньюман, У. Минеральный обмен кости : монография / У. Ньюман, М. Ньюман. – М. : Мир, 1961. – 270 с.
260. Овчаренко, Е.Н. Переход радиоактивных веществ от матери к плоду / Е.Н. Овчаренко // Мед. радиология. – 1969. - № 2. – С. 61-69.
261. Онищенко, Н.А. Клеточный гомеостаз как фактор тканевой устойчивости / Н.А. Овчаренко // В кн.: Гомеостаз на различных уровнях организации биосистем / В.П. Нефедов, А.А. Ясайтис, В.Н. Новосельцев и др. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – С. 58-64.
262. Опарин, А.И. The origin of life, 2nd ed., Dover, New York, N.Y. – 1938. – 270 p.
263. Опарин, А.И. Жизнь / А.И. Опарин // БСЭ, 2-е изд., т. 16, 1952. – С. 139-153.
264. Оргел, Л. Введение в химию переходных элементов : монография / Л. Оргел. – М. : Мир, 1964. – 210 с.

265. Павловская, Н.А. Связывание тория компонентами крови в зависимости от химической природы вводимого соединения / Н.А. Павловская, Л.Г. Макеева, Р.Л. Орлянская // Гигиена и санитария. – 1970. – № 2. – С. 49-52.
266. Павловская, Н.А. Торий-232 и продукты его распада (биологические и гигиенические аспекты) : монография / Н.А. Павловская, М.Р. Зельцер. – М. : Энергоиздат, 1982. – 70 с.
267. Павлюченко, А.Н. Современная космология: проблемы обоснования / А.Н. Павлюченко // Астрономия и современная картина мира : сб. науч. статей ; отв. ред. В.В. Казютинский. – М. : ИФРАН, 1996. – 247 с.
268. Памяти Эдварда Нортон Лоренца. Эффект бабочки. 18. 04. 2008. – Режим доступа : <http://www.lenta.ru/articles/2008/04/18/lorenz/>
269. Пармон, В.Н. Естественный отбор среди молекул / В.Н. Пармон // Наука из первых рук . – 2004. – № 0. – С. 32-41.
270. Пенионжевич, Ю.Э. Физика экзотических ядер / Ю.Э. Пенионжевич // Соровский образовательный журнал. – 1995. – № 1. – С.92-98
271. Пенионжевич, Ю.Э. Ядерная астрофизика / Ю.Э. Пенионжевич // Соровский образовательный журнал. – 1998. – № 10. – С. 68-76
272. Пенионжевич, Ю.Э. Ядерная астрофизика. – Режим доступа : <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1197390>
273. Перельман, В.И. Краткий справочник химика / В.И. Перельман. – М.-Л : Химия, 1964. – 620 с.
274. Перельман, А.И. Геохимия биосферы и ноосферы / А.И. Перельман // Биогеохимические циклы в биосфере. – М. : Наука, 1976. – С. 86-97.
275. Перельман, А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1979. – 422 с.
276. Петрунькина, А.М. Практическая биохимия / А.М. Петрунькина. – М. : Медгиз, 1961.– 428 с.
277. Плохих, Н.А. Геохимические аномалии в городах Челябинской области / Н.А. Плохих // Проблемы экологии Южного Урала. – 1996. – № 4. – С. 38-42.
278. Поиск Хиггсовского бозона на LHC. – Режим доступа : <http://elementy.ru/LHC/LHC/tasks/higgs>
279. Пояс Койпера; Солнечная система. – Режим доступа : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/26/EightTNOs_ru.png; http://www.krugosvet.ru/enc/nauka_i_tehnika/astronomiya/SOLNECHNAYA_SISTEMA.html; <http://kosmos19.narod.ru/>; http://ru.wikipedia.org/wiki/Солнечная_система
280. Пригожин, И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой : монография / И. Пригожин, И. Стенгерс ; пер. с англ. ; под общ. ред. и с послесл. В.И. Аршинова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Скачкова. Изд. 6-е. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 296 с.
281. Происхождение Мирового океана. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/Океан>
282. Пучкова, С.М. Физико-химическое состояние кальция, стронция и натрия в сыворотке крови / С.М. Пучкова // Тезисы IV научно-практической конференции по радиационной гигиене. – Л., 1965. – С. 57-58.
283. Пучкова, С.М. Об использовании диализа с ультрафильтрацией, колоночного разделения на сефадексах для оценки связи белков с минеральными элементами / С.М. Пучкова // Материалы конференции физиологов, биохимиков и фармакологов с участием практических врачей: Тезисы и тексты докл. – Уфа, 1966. – С. 320-321.
284. Пучкова, С.М. Физико-химическое состояние натрия, цезия, кальция, стронция, иттрия в сыворотке / С.М. Пучкова // Радиоактивные изотопы и организм. – М., 1968. – С. 223-228.
285. Пучкова, С.М. О роли белков сыворотки крови и тканей в транспортировке и фиксации радиоактивных элементов : дис... канд. биол. наук. – Челябинск, 1969.

286. Пучкова, С.М. Роль белков сыворотки крови в транспортировке и фиксации некоторых радиоактивных элементов : Автореф. дис... канд. биол. наук. – Челябинск, 1969А. – 16 с.
287. Пучкова, С.М. Изучение связывания и распределения Cs^{137} и Te^{127} в крови крыс в динамике за сутки / С.М. Пучкова, Л.А. Соков // Радиоактивные изотопы во внешней среде и организме. – М. : Атомиздат, 1970. – С. 54-57.
288. Работникова, Л.В. Вопросы общей и частной промышленной токсикологии. – Л. : Изд-во НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1965. – С. 52, – цит. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина, 1972. – 184 с.
289. Радиационная защита. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите (вторая публикация). – М. : Госатомиздат, 1961. – 260 с.
290. Радиоактивные изотопы, Википедия ru.wikipedia.org/wiki/Радиоактивные_изотопы
291. Раецкая, Ю.И. Биогеохимия и проблемы микроэлементов в животноводстве / Ю.И. Раецкая // Современные задачи и проблемы биогеохимии. – М. : Наука, 1976. – С. 178-182.
292. Разбитная, Л.М. Характеристика состояния радиоактивных изотопов Sr^{89} , Y^{91} и Ce^{144} в крови / Л.М. Разбитная, В.С. Балабуха // Химическая защита организма от ионизирующих излучений : сб. ст. ; под ред. В.С. Балабуха, М. : Атомиздат, 1960. – С. 117-124. (151 с.)
293. Разбитная, Л.М. Исследование реакций комплексообразования церия, иттрия и уранила с полиаммонополиуксусными кислотами: Автореф. дис. канд. хим. наук. – М., 1964.
294. Разумовский, Н.О. Влияние предварительного введения стабильных изотопов стронция, кальция и фосфора на отложение радиоактивного стронция в скелете крыс / Н.О. Разумовский, О.Л. Торчинская // Распределение, биологическое действие и миграция радиоактивных изотопов : сб. ст. – М. : Медгиз 1961. – С. 145-154. (343 с.)
295. Рамад, Ф. Основы прикладной экологии. Воздействие человека на биосферу : монография / Ф. Рамад. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 543 с.
296. Рассел, Г., Милн, А., Пейн-Гапошкина, С. Истолкование звездных спектров и изучение атмосферы звезд. – Режим доступа : <http://www.portalus.ru>
297. Ратнер, Н.А. Изменения функции почек при гипертонической болезни : монография / Н.А. Ратнер. – М. : Медгиз, 1953. – 220 с.
298. Резанов, И.А. Возникновение жизни: взгляд геолога / И.А. Резанов // Наука в России. – 2001. - № 2. – С. 32-38.
299. Резерфорд, Э. Сорок лет развития физики / Э. Резерфорд // сб. статей : Резерфорд – ученый и учитель : под ред. акад. П.Л. Капицы. – М. : Наука, 1973. – 216 с.
300. Риш, М.А. Наследственные микроэлементозы / М.А. Риш // Труды Биогеохимической лаборатории. – М. : Наука, 2003. – Т. 23. – С. 301-348.
301. Розенберг, Г.С. Порядок – хаос, асимптотика – синергетика : взгляд экологов / Г.С. Розенберг, С.В. Саксонов // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. ст. VII Международной научной конференции (5-6 ноября 2009 г.). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2009. – (С. 15-20) 208 с.
302. Рокитский, П.Ф. Биологическая статистика. – Минск : Высшейш. школа, 1973. – 320 с.
303. Рубаков, В.А. Темная материя и темная энергия во Вселенной, лекция, 17.04.2005. – Режим доступа : <http://elementy.ru/lib/25560/25567>
304. Рузиев, Т. Морфофункциональный анализ процессов компенсаторной и регенерационной гипертонии почки крыс, кроликов и собак : автореф. дис.... канд. биол. наук. – Душанбе, 1966. – 38 с.
305. Руководство по внутренним болезням. Болезни почек / под ред. проф. Е.М. Тареева. – М. : Медгиз, 1963. – Т. IX. – 383 с.
306. Рускол, Е.Л. Происхождение луны : монография / Е.Л. Рускол. – М. : Наука, 1975. – 188 с.
307. Руттен, М. Происхождение жизни : монография / М. Руттен. – М. : Мир, 1973. – 411 с.

308. Рыжков, В.Н. Звездный нуклеосинтез – источник происхождения химических элементов / В.Н. Рыжов // Соревновательный Образовательный Журнал, 2000. - № 8 – С. 81-87.
309. Рябов, С.И. Почки и обмен веществ : монография / С.И. Рябов, А.Д. Кожевников. – Л. : Наука, 1980. – 168 с.
310. Савельев, А.А. Определение некоторых функциональных свойств элементов. – М., 1970. – 7 с.
311. Савинов, А.Б. Биосистемология (системные основы теории эволюции и экологии) / А.Б. Савинов. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2006. – 205 с.
312. Савинов, А.Б. Проблема новой эволюционной парадигмы (философский, системный и общебиологический аспекты) / А.Б. Савинов // XXI Любименские чтения. Современные проблемы эволюции. – Ульяновск : Ульяновск. Гос. Пед. Ун-т, 2007. – С. 60-72.
313. Самсонов, Г.В. Роль образования стабильных электронных конфигураций в формировании свойств химических элементов и соединений. – Киев : Наукова Думка, 1965.
314. Самсонов, Г.В. Физико-химические свойства элементов : справочник / под ред. Г.В. Самсонова. – Киев : Наукова Думка, 1965А. – 807 с.
315. Самсонов, Г.В. и др. Конфигурационная модель вещества : монография. – Киев : Наукова Думка, 1971. – 230 с.
316. Самсонов, Г.В. Электронное строение и физические свойства твердого тела / Г.В. Самсонов : под ред. Г.В. Самсонова. – Киев : Наукова Думка, 1972. – 167 с.
317. Самсонов, Г.В. Физико-химические свойства окислов : справочник / Г.В. Самсонов, И.Т. Борисова, Т.Г. Жидкова : под ред. Г.В. Самсонова. – М. : Металлургия, 1978. – 471 с.
318. Сандрацкая, С.Э. О распределении и выведении теллура из организма / С.Э. Сандрацкая, Г.П. Красовский // Гигиена и санитария. – 1963. - № 7. – С. 92-95.
319. Саркисов, Д.С. Структурные основы гомеостаза // В кн.: Гомеостаз : под ред. П.Д. Горизонтова. – М. : Медицина, 1981. – С. 256-311.
320. Северин, Е.С., ред. Биохимия : учебник для ВУЗов. – М. : Издательство ГЭОТАР-Медиа, 2004 – 776 с. (2009. – 768 с.)
321. Седов, В.В. Особенности поведения в организме животных некоторых радиоактивных изотопов в зависимости от физико-химических свойств соединений / В.В. Седов, И.Д. Ковальчук // Распределение и биологическое действие радиоактивных изотопов: сборник статей под ред. д.м.н. Ю.И. Москалева. – М. : Атомиздат, 1966. – С. 129-138.
322. Семенов, Д.И. О механизмах минерального обмена и роли биоконплексонов в животном организме / Д.И. Семенов, И.П. Трегубенко // Комплексоны (синтез, свойства, применение в биологии и медицине). – Свердловск, 1958. – С. 75-87.
323. Семенов, Д.И. Сравнение влияния различных конплексонов на поведение радиоизотопов в организме / Д.И. Семенов, И.Т. Трегубенко // Комплексоны (синтез, свойства, применение в биологии и медицине). – Свердловск, 1958. – С. 89-95.
324. Семенов, Д.И. Поведение ниобия в животном организме / Д.И. Семенов, Г.М. Балашова, М.Д. Борисова // Обмен радиоизотопов в животном организме: Тр. Ин-та биологии УФАИ СССР. – Свердловск, 1966. – Вып. 46.– С. 5-12.
325. Семишин, В.И. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева : монография / В.И. Семишин. – М. : Медицина, 1968. – 419 с.
326. Семишин, В.И. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева : монография / В.И. Семишин. – М. : Химия, 1972. – 188 с.
327. Сепетлиев, Д. Статистические методы в научных медицинских исследованиях : Д. Сепетлиев. – М. : Медицина, 1968. – 419 с.

328. Сетров, М.И. Организация биосистем : монография / М.И. Сетров. – Л. : Наука, Ленингр. отд – ние, 1971. – 380 с.
329. Сидоренко, Г.М. Никель : монография / Г.М. Сидоренко, А.И. Ицкова. – М. : Медицина, 1980. – 172 с.
330. Скальный, А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека : монография / А.В. Скальный. – М. : ОНИКС 21 век Мир, 2004. – 216 с.
331. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине : монография / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М. : ОНИКС 21 век Мир, 2004. – 272 с.
332. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов : справочник / И.М. Скурихин. – М. : Агропромиздат, 1987. – Кн. 1. – 224 с.
333. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов : справочник / И.М. Скурихин, М.Н. Волгарев. – М. : Мир, 1987. – Кн. 2. – 360 с.
334. Снытников, В.Н. Жизнь создает планеты? Допланетная жизнь не значит инопланетная: новая гипотеза происхождения жизни предложена сибирскими учеными / В.Н. Снытников, В.Н. Пармон // Наука из первых рук. – 2001. – № 0. – С. 20-31.
335. Снытников, В.Н. Астрокатализ: происхождение органических предбиотических соединений на Земле / В.Н. Снытников // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 13-16 (339 с).
336. Снытников, В.Н. Астрокатализ как стартовый этап геобиологических процессов. Жизнь создает планеты? // В кн.: Эволюция биосферы и биоразнообразие. К 70-летию А.Ю. Розанова. – М. : КМК, 2006. – С. 49-59.
337. С
 пирин, А.С. Мир РНК и его эволюция / А.С. Спирин // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 10 (339 с).
338. Соботович, Э.В. Изотопная космохимия : монография / Э. В. Соботович. – М. : Атомиздат, 1974. – 207 с.
339. Соков, Л.А. Некоторые закономерности выведения радиоактивных изотопов через почки: дис... канд. мед. наук / Л.А. Соков ; ин-т Биофизики МЗ СССР. – Челябинск, 1969. – 160 с.
340. Соков, Л.А. Некоторые закономерности выведения радиоактивных изотопов через почки: автореф... канд. мед. наук / Л.А. Соков ; ин-т Биофизики МЗ СССР. – Челябинск, 1970. – 22 с.
341. Соков, Л.А. Зависимость между величиной всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта и их положением в периодической системе Д.И. Менделеева / Л.А. Соков // Проблемы экологии Южного Урала / УОРАН. – 1998. - № 4. (С. 35-42) 47 с.
342. Соков, Л.А. Зависимость между величиной резорбции элементов из легких и их положением в периодической системе Д.И. Менделеева / Л.А. Соков // Проблемы экологии Южного Урала / УОРАН. – 1999. - № 1. – (С. 52-57) 64 с.
343. Соков, Л.А. Зависимость между содержанием элементов в скелете позвоночных и их положением в периодической системе Д. И. Менделеева / Л.А. Соков // Проблемы экологии Южного Урала / УОРАН. – 1999А. - № 2. – (С. 33-38) 61с.
344. Соков, Л.А. Формирование химического элементарного состава почек / Л.А. Соков // Проблемы экологии Южного Урала / УОРАН. – 1999Б. - № 2. (С. 39-44) 61 с.
345. Соков, Л.А. Почечный гомеостаз химических элементов (химическая элементология) : монография / Л.А. Соков. – Челябинск: Издательский центр «Уральская академия», 2006. – 180 с.
346. Соков, Л.А. Гомеостатическая емкость химических элементов в биологических объектах / Л.А. Соков, В.А. Егоров // Вестник уральской медицинской академической науки, 2007. - № 1 (15). – С. 58-63.

347. оков, Л.А. Главная последовательность дифференциации первичного космического вещества / Л.А. Соков // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. статей V Международной научно-технической конференции (май, ноябрь 2008). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2008. – 246 с. (С. 7-16). – Режим доступа : <http://ecoradmod.narod.ru/rus/publication/Wivoe-2.doc> С
348. оков, Л.А. Самоорганизация и последующая эволюция живого вещества во Вселенной одно из свойств барионной материи / Л.А. Соков // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. статей VI Международной научно-технической конференции (май 2009). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2009. – (С. 6-20) 154 с. С
349. Соков, Л.А. Периодическая система выведения химических элементов из организма / Л.А. Соков // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. статей VI Международной научно-технической конференции (май 2009А). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2009А. – (С. 25-28) 154 с.
350. Соков, Л.А. Четно-нечетные химические элементы / Л.А. Соков // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. статей VI Международной научно-технической конференции (май 2009Б). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2009Б. – (С. 49-53) 154 с.
351. Соков, Л.А. Самоорганизация нелетучего барионного вещества Солнечной системы / Л.А. Соков // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем : сб. статей VII Международной научно-технической конференции (5-6 ноября 2009В). – Тольятти : Изд-во ПВГУС, 2009В. – (С. 7-11) 208 с.
352. олевой состав океана. Энциклопедия. – Режим доступа : <http://zemplja.clow.ru> С
353. Сорока, В.Р. О формах нахождения некоторых микроэлементов в скелетных мышцах / В.Р. Сорока // Бюл. эксперим. биологии и медицины. – 1964. – Т. 57. - №5. – С. 49-51.
354. Спирин, А.С. Мир РНК и его эволюция / А.С. Спирин // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Россия, тезисы докладов. Новосибирск, 2005. – С. 10 (339 с).
355. Справочник химика : в 3 т. / под ред. Б.П. Никольского и др. – М. : Химия, 1961-1971. – Т. 1 – 1071 с., Т. 2 – 1168 с., Т. 3 – 1005 с.
356. Станюкович, К.П. Систематика элементарных частиц / К.П. Станюкович, В.Г. Лапчинский // О системе частиц. Атомы. Ядра. Элементарные частицы. – М. : Атомиздат, 1969. – С. 74-75.
357. Столетов, А.Г. Густав Роберт Кирхгоф, Собр. соч., т. 2. – М.-Л. : Гостехиздат, 1941. – Т. 2.
358. Сторожок, С.А. Молекулярная структура мембран эритроцитов и их механические свойства / С.А. Сторожок, А.Г. Санников, Ю.М. Захаров. – Тюмень : Изд-во Тюменского государственного университета, 1997. – 140 с.
359. Судаков, К.В. Системокванты физиологических процессов / К.В. Судаков, Г.Ц. Агаянц, Ю.Е. Вагин., С.М. Толпыго, Е.А. Умрюхин. – М. : Международный фонд арменоведения им. Академика Ц.П. Агаянца, 1997. – 152 с.
360. Сушнина, Н.Н. Микрофлора и первичное почвообразование : монография / Н.Н. Сушнина, И.Г. Цюрупа. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1973. – 458 с.
361. Талбот, М. Голографическая Вселенная : монография / М. Талбот : перев. с англ. В. Постникова. – М. : Издательский дом «София», 2004. – 368 с.
362. Тейлер, Р.Дж. Происхождение химических элементов : монография / Р.Дж. Тейлер ; перевод с англ. Н.Б. Егоровой ; под ред. Г.А. Лейкина. – М. : Мир, 1975. – 232 с.
363. Тестов, Б.В. Собственная энергетика – основное условие возникновения жизни / Б.В. Тестов // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее

- совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. Новосибирск, 2005. – С. 143-144 (339 с).
364. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы : Тр. Биогеохимической лаборатории. Т. 24 / отв. ред. д.б.н. В.В. Ермаков. – М. : Наука, 2003. – 351 с.
 365. Ткаченко, Б.И. Механизмы гомеостатического контроля в сердечнососудистой системе / Б.И. Ткаченко // В кн.: Гомеостаз ; под ред. П.Д. Горизонтова. – М. : Медицина, 1981. – С. 398-418.
 366. Ткаченко, Б.И. Основы физиологии человека: учебник для высших учебных заведений в 2^х томах / под ред. академика РАМН Б.И. Ткаченко. – СПб. : Изд-во «Межд. фонд истории науки», 1994. – Т.1. – 570 с. – Т. 2. – 412 с.
 367. Тимофеева-Ресовская, Е.А. Распределение актиния-228 при внутривенном введении / Е.А. Тимофеева-Ресовская, Ю.И. Москалев, Г.И. Борн // Теоретические вопросы минерального обмена. – Свердловск. – 1970. – С. 23-30.
 368. Тодоров, И. Клинические, лабораторные исследования в педиатрии / И. Тодоров. – София; Москва : Медицина и физкультура, 1963. – 608 с.
 369. Трофимов, А.В. Молекулярная биология нейроэндокринных клеток желудочно-кишечного тракта в моделях преждевременного старения : монография / А.В. Трофимов, И.В. Князькин, И.М. Кветной. – СПб. : Изд-во «Система», 2004. – 158 с.
 370. Трошин, А. Проблемы клеточной проницаемости : монография / А. Трошин. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 474с.
 371. Тяпкин, А.А. Ида Ноддак, о пионерском вкладе немецкого химика в открытие явления деления ядер урана (About Pioneer Contribution of German Chemist Ida Noddack in Discovering of Fission Phenomenon of Uranus Nuclei, 1934) Проф. А.А.Тяпкин (Дубна, ОИЯИ); I. Noddack Angewandte Chemie, 47, 1934, 653; Ида Ноддак, Успехи Химии, 4, 1935, 66. – Режим доступа : <http://bourabai.kz/tyapkin/noddack.htm>
 372. Тяпкин, А. А. Об истории возникновения «теории относительности». 2-е изд., испр. – Дубна : ОИЯИ, 2004. – 152 с.
 373. Уголев, А.М. Физиология всасывания (Руководство по физиологии) / отв. ред. А.М. Уголев. – Л. : Наука, 1977. – 667 с.
 374. Уголев, А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций : монография / А.М. Уголев. – Л. : Наука, 1985. – 544 с.
 375. Уоддингтон, К.Х. Основные биологические концепции / К.Х. Уоддингтон // На пути к теоретической биологии. – М. : Мир, 1970. – С. 160-168.
 376. Урбах, В.Ю. Математическая статистика для биологов и медиков / В.Ю. Урбах. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 323 с.
 377. Урбах, В.Ю. Биометрические методы (стат. обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве, медицине) / В.Ю. Урбах. – М. : Наука, 1964. – 415 с.
 378. Урбах, В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях / В.Ю. Урбах. – М. : Медицина, 1975. – 255 с.
 379. Урланис, Б.Ц. Общая теория статистики / Б.Ц. Урланис. – М. : Статистика, 1973. – 439 с.
 380. Устинова, Г.К. Особенности генерации Li, Be, и В частицами высоких энергий / Г.К. Устинова // Изв. РАН. Сер. физ. – 1997. – Т. 61. - № 6. – С. 1208-1212
 381. Устинова, Г.К. Возможное решение проблемы происхождения Li, Be и В / Г. К. Устинова // Докл. РАН. – 1998. – Т 358. - № 3. – С. 391-394
 382. Устинова, Г.К. Механизмы формирования изотопной гетерогенности первичного вещества Солнечной системы в ударных волнах / Г.К. Устинова // Геохимия. – 2002. - №9. – С. 915-932.
 383. Фаулер, У.А. Экспериментальная и теоретическая ядерная астрофизика, поиски происхождения элементов. Нобелевская лекция по физике 1983 года / У.А. Фаулер // Успехи физ. наук. – 1985. – Т. 145. – Вып. 3. – С. 441-488

384. Фердман, Д.Л. Биохимия : учебник / Д.Л. Фердман. – М. : Высшая школа, 1962. – 613 с.
385. Ферсман, А.Е. Избранные труды : в 6 т. / А.Е. Ферсман. – М. : Изд-во АН СССР, 1952. – Т. 1. – 863 с.; 1953. – Т. 2. – 768 с.; 1955. – Т. 3. – 799 с.; 1958. – Т. 4. – 588 с.; 1959. – Т. 5. – 858 с.; 1960. – Т. 6. – 742 с.
386. Ферхуген, Дж. Земля. Введение в общую геологию : в 2 т. / Дж. Ферхуген, Ф. Тернер, Л. Вейс, К. Вархафтиг, У. Файф. – М. : Мир, 1974. – Т. 1. – 392 с., Т. 2. – 398 с.
387. Физика экзотических ядер I распространенность элементов. – Режим доступа : <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>
388. Фомин, Н.А. Адаптация: общебиологические и психологические основы : Н.А. Фомин. – М. : Изд. «Теория и практика физической культуры», 2003. – 383 с.
389. Фортескью, Дж. Геохимия окружающей среды : монография / Дж. Фортескью : пер. с англ. – М. : Прогресс, 1985. – 360 с.
390. Фриден, Я. Роль соединений меди в природе / Я. Фриден // Горизонты биохимии. – М., 1964. – С. 354-391.
391. Хакен, Г. Синергетика : монография / Г. Хакен. – М. : Мир, 1985. – 423 с.
392. Хевеши, Г. Радиоактивные индикаторы : монография / Г. Хевеши. – М., 1950. – 540 с.
393. Химическая эволюция: А.И. Опарин; Дж. Холдейн; Г. Юри – С. Миллер; Сидней Фокс; У. Гилберг; М. Эйген; Г. Вэхтерхойзер и т. д. – Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/Первичный_суп
394. Хлебович, В.В. Новое окно в эпигенетику / В.В. Хлебович // Природа. – 2006. - № 7. – С. 4-15.
395. Хокинг, С. Краткая история времени. От Большого Взрыва до черных дыр : монография / С. Хокинг. – М. : Амфора, 2008. – 232 с.
396. Хорошавина, С.Г. Концепции современного естествознания / С.Г. Хорошавина. – Ростов н/Д. : «Феникс», 2002. – 480 с.
397. Хьюз, М. Неорганическая химия биологических процессов 6 монография / М. Хьюз. – М. : Мир, 1983. – 414 с.
398. Цицин, Ф.А. Астрономическая картина мира : новые аспекты / Ф.А. Цицин // Астрономия и современная картина мира : отв. ред. В.В. Казютинский. – М. : ИФРАН, 1996. – 247 с. – Режим доступа : <http://www.phylosophy.ru/iphras/libraru/zizin.html>
399. Человек. Медико-биологические данные : справочник. – М. : Медицина, 1977. – 496 с.
400. Чердынцев, В.В. Распространенность химических элементов : монография / В.В. Чердынцев. – М. : Гостеххимиздат, 1958. – 360 с.
401. Чернин, А.Д. Послесловие к книге Я. Эйнасто Яан Эйнасто – космолог 21-го века, 2009. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1233291/afterword.html>
402. Чернух, А.К. Кожа : монография / А.К. Чернух, Е.П. Фролов. – М. : Медицина, 1983. – 336 с.
403. Чумаков, Г.А. Сценарии зарождения хаотической динамики в кинетических моделях гетерогенных каталитических реакций / Г.А. Чумаков, Е.А. Лашина, Н.А. Чумакова, А.И. Бородин // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 153-156 (339 с).
404. Шейман, Д.А. Патофизиология почки : монография / Д.А. Шейман. – М. : Восточная книжная компания, 1997. – 224 с.
405. Шишов, К.А. Основы биосферного мышления / К.А. Шишов // Системный анализ и основы биосферного мышления : под ред. академика Международной академии информатизации Р.П. Чапцова. – Челябинск : ТОО Версия, 1994. – С. 118-136.
406. Шкловский, И.С. Звезды, их рождение, жизнь и смерть : монография / И.С. Шкловский. – М. : Наука, 1975. – 368 с.

407. Шкодзинский, В.С. Специфика ранней геологической эволюции Земли. Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Россия : тезисы докладов. Новосибирск, 2005. – С. 97-99 (339 с).
408. Шуколюков, Ю.А. Изотопная неоднородность Солнечной системы: причины и следствия / Ю.А. Шуколюков // Геохимия. – 1988. - № 2. – С. 200-211
409. Шустов В.Я. Микроэлементы в гематологии : монография / В.Я. Шустов. – М. : Медицина, 1967. – 159 с.
410. Щербина, В.В. Основы геохимии / В.В. Щербина. – М. : Недра, 1972. – 296 с.
411. Щукарев, С.А. Неорганическая химия / С.А. Щукарев // Учебное пособие для хим. факультетов ун-тов. – М. : Высшая школа, 1970 (1974). – Т. 1. – 353 с.
412. Щукарев, С.А. Периодическая система Д.И. Менделеева и современная химия / С.А. Щукарев // Периодический закон и строение атома : сб. работ. – М. : Атомиздат, 1971. – С. 128-203.
413. Эйнасто, Я.Э. Сказание о темной материи (Яан Эйнасто ©, академик АН Эстонии, профессор, Тартуская обсерватория / Перевод с эстонского: Влад Пустынский © (Nature 250, 309, 1974); 1997; Эйнасто Яан. Сказание о темной материи. 14.02.2009 | Astront. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1233291/text.html>
414. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н.С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.
415. Юшкин, Н.П. Биоминеральные взаимодействия. 42-е чтение им. В.И. Вернадского 12 марта 2002 г. / Н.П. Юшкин. – М. : «Наука», 2002. – 62 с.
416. Юшкин, Н.П. Рожденные из кристаллов? / Н.П. Юшкин // Наука из первых рук. – 2004. - № 0. – С. 42-54.
417. Юшкин, Н.П. Минеральные предшественники биосферы и концепция углеводородного организмобиоза / Н.П. Юшкин // Происхождение и эволюция биосферы. Международное рабочее совещание 26-29 июня, 2005, Новосибирск, Россия, тезисы докладов. – Новосибирск, 2005. – С. 26-28 (339 с).
418. Яворский, Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М. : Наука, 1968. – 940 с.
419. Ярошевский, А.А. Химический состав биосферы / А.А. Ярошевский // Природа. – 1993. - №7. – С. 33-40.
420. Ярошевский, А.А. Химический состав земной коры / А.А. Ярошевский // Природа. – 1997. - №6. – С. 58-66.
421. Яцимирский, К.Б. Константы нестойкости комплексных соединений / К.Б. Яцимирский, В.П. Васильев. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 205 с.
422. Aeberhardt, A. Фиксация церия-144 красными кровяными шариками. Возможности применения в патофизиологии // Труды второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии. – Женева, 1958 г., доклад № 1216.
423. Agassi, J. The Kirchhoff – Planck radiation law, Sciences, 1967, v. 156, № 3771
424. Aggett, P.J. Physiology and metabolism of essentially trace elements: An outline // Clin. Endocrinal. Metab. – 1985. – Vol. 14, № 3. – P. 513-543.
425. Ballou, J.E., Thompson, R.C. Metabolism of Zn⁶⁵ in Rats// Health. Phys. – 1961. – Vol. 6, № 1-2. – P. 6-18.
426. Baumann, E.J., Metzger, N. 1956, цит. Москалев Ю.И. Минеральный обмен. – М. : Медицина, 1985. – 288 с.
427. Beilin, L.J., Knightg, J., Munzo-Faure, A.D., Anderson, J. The measurement of sodium concentration in human red blood cells // J. Gen. Physiol. – 1956. – Vol. 50, № 1. – P. 61, цит. Зарецкий И.И. Клиническая физиология и методы функциональной диагностики почек. – М. : Медгиз, 1963. – 280 с.
428. Berglund, F.A technique for renal clearance measurement in the rat // Scand J. Clin. and Lab. Invest. – 1962. – Vol. 14. – Suppl., № 64. – P. 12.

429. Berglund, F. Renal clearance of inulin, polyfructosan-s and a polyethylen glycol (PeG 1.00) in the rat // *Acta Physiol. Scand.* – 1965. – Vol. 64, № 3. – P. 238.
430. Bernard, C. *Lekans sur les phenomenes de la vie communes aux animaux et aux vegetaux.* – Paris, 1878, цит. Гинецинский А.Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия. – Л., М. : Наука, 1964. – 428 с.
431. Bertrand, G. *C. R. Acad. Sci.* – 1912; 1925, 180, 1380; 1925, 180, 1933; 1926, 182, 1504; 1926, 183, 5, цит. Авцин А.П. Введение в географическую патологию. – М. : Медицина, 1972. – 328 с.
432. Bibliography for biological, mathematical and physical data // *Health. Phys.* – 1960. – № 3. – 380 с.
433. Bienvenu, P., Nafre, Ch., Cier, A. *Acad. Sci. (Paris).* – 1963. 256. № 4. 1043, цит. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина, Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
434. Blake, J.J. 1884, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
435. Blaufox, M., Guttman, R.D., Merrile, J.P. Measurement of renal excretion in the rat with single injection clearances // *Am. J. Physiol.* – 1967. – Vol. 212, № 3. – P. 629
436. Boocock, G., Popplew, D. Atomic weapons Res Establ. U.K. Atomic Energy Autor (Rept), 1966. – NO – 37/66. 20
437. Botov, N.G., Kozulin, S.P., Mironova, N.I., Dubov, R.I. Hekh Level Radioactive waste magnagement // *Proceedings of the Fourth Annual International Conference.* – Las Vegas, Nevada, April 26-30, 1993. – P. 1984-1996.
438. Bouman Searle 1956, цит. Коломийцева, М.Г., Габович, Р.Д. Микроэлементы в медицине. – М. : Медицина, 1970. – 288 с. (С. 17).
439. Bowen, H.G. *Trace Elements in Biochemistry.* Academia Press. London and New York, 1966.
440. Brull, L., Bernincolin, J. Physico-chemical condition of calcium and magnesium in plasma and their renal excretion // *Art. int pharmacodyn.* – 1956. – Vol. 108. - № 3. – P. 4.
441. Cannon, W.B. Organization for physiological homeostasis // *Physiol. Rev.* – 1929. – Vol. 9. – P. 399-431.
442. Cannon, W.B. *The wisdom of the body.* – L. : Trubner and Co., 1932. – 312 p.
443. Carr, C.W., Singer L., Spurrel F. The relative binding of calcium and strontium with serum proteins and other substances // *Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med.* – 1962. – Vol. 110, № 1.– P. 80.
444. Coher, J. Novel Center Seek to Add Spark to Origins of Life. *Scienc*e, 270 1925-1926 (1995)
445. Copp, H., Melntosh, H.W. Excretion of calcium by the kidney // *Rein. Foic.* – 1962. – Vol. 4. – P. 21.
446. Cooper, G., Kimmich, N., Belisle, W., Sarinana, J., Brabham, K., Garrel, L. Carbonaceous meteorites as a source of sugar-related organic compounds for the early Earth // *Nature.* 2001. - № 414. – P. 879-883.
447. Cotlov, E. Simple tail vein infusion method for renal clearance measurements in the rat // *J. Appl. Physiol.*, 1961. – Vol. 16, № 4. – P. 764-766.
448. Cregar, C.R., Ansary, M.N.A., Colwin, L.B., Couch Y.R. Distribution of Calcium and Strontium in the Blood of the Laying Hen // *Proc. Soc. Exph. Biol. a Med.* – 1967. – Vol. 124, № 3. – P. 799-937.
449. Danielli, J., Davis, J. *Adv. m. Enzimol.* – 1951, XI, 35, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
450. Dawkins, R. *The Blind Watchmaker* / Перевел с английского Анатолий Протопопов. Докинз Ричард. Слепой часовщик, 1986. – Режим доступа : <http://lib.rus.ec/b/153786/read#t1>
451. Della-Rosa, R.J., Smith, F.A., Stannard, J.N. The renal excretion of strontium and calcium in dogs // *Int. J. Rad. Biol.* – 1961. – Vol. 3, № 3. – P. 557-561.

452. Dennes, E., Tupper, R., Utormall, A. Studies of Zn in blood // *Biochem. J.* – 1962. – Vol. 82, № 3. – P. 466-476.
453. Dawkins R. The Blind Watchmaker, 1986 (Докинз Ричард, Оксфорд, 1986, Слепой часовщик. Перевёл с английского Анатолий Протопопов). <http://lib.rus.ec/b/153786/read#t1>
454. Dubrin, P.W. Distribution of transuranic elements in mammal // *Health Physics.* – 1962, № 8. – P. 665-676.
455. Dubrin, P.W. Metabolism and biological effects of the transplutonium elements. – (1962) // *Handbuch der Experimentellen Pharmacologie* / Ed. H.C. Hoelge et al. – Berlin, 1973. – Bd. 36. – Ch. 18. – S. 739-896.
456. Eichhorn, G.L. Feder. Proc. – 1961, 20, 3, 40, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
457. Ekman, L., Valmet, E., Aberg, B. Behavior of itrium-91 and some Lanthanous towards serum proteins in paper electrophoresis and gel filtration // *Int. J. Applied. Radiation a. Isotopes.* – 1961. – Vol. 12, № 42. – P. 32-40.
458. Erokhin, A. Evolutionary Catalysis in the Iron-Sulfur World. Program and Abstracts, 8th ISSOL Meeting 11th International Conference on the Origin of Life, July 5-12 1996, 79
459. Ferrer, M. The cellular machinery of ferroplasma acidiphilum is iron-protein-dominated / M. Ferrer, O.V. Golyshina, A. Beloqui, P.N.Golyshin, K.N. Timmis // *Nature.* 2007. V. 445. P. 91-94.
460. Foreman, H. Chelating Compounds as therapeutic agents for metal // *Proc. of the Second internat. pharmacol. Meeting*, Vol 4. – Praha, 1965.
461. Forth, W., Rumell, W. 1976, цит. Авцын, А.П. и др., Микроэлементозы. – М. : Медицина, 1991. – 496 с.
462. Frieden, E. A survey of the essential biochemical elements // *Biochemistry of the essential ultratrace elements* / Ed. E. Frieden. – New York, London: Plenum press, 1984. – C. 1-16.
463. Gachelin, G. Le cholesterolium material pour le cellules // *Recherch.* – 1980. – Vol. 112. – P. 725-731.
464. Galimov, E.M. Phenomenon of life / E.M. Galimov // *Science in Russia?* 2003. 5. – P. 36-41.
465. Giordo, G., Marugo, M., Scopinaro, N., Caraceni, C.E. Comportamento dell escrezione urinariadi cationi mono-e bilaventi dipo caricoendovenosodi magnesio // *Arch. E. Marogliano Patol. e elin.* – 1968. – Vol. 25, № 2. – P. 157.
466. Gensicke, F. Zur Frage des Transport mechanismus volh Radionucliden in Blut. I. Der Transport von Ce-144, Pm-147 und Y-90, 91 in Mommserum // *Arch, E. Marogliano patol. e elin.* – 1968, № 2, 1, 111, 157, 25.
467. Goldring, W., Charis H. Hypertension and hypotensive disease. – New York, 1944.
468. Greenberg, D.M., Gunter, J. On the determination of diffusible and non-diffusible serum Ca // *J. Biol. Chem.* – 1930. - № 85. – P. 491.
469. Gunter, N.H. Eie einfache technik der intravenosen injektion beider ratte // *Pflugers Arch. ges. Physiol.* – 1958. – Vol. 267, № 5. P. 545-546.
470. Hamilton, E.J. An everview: the chemical elements, nutrition, disease and the health of man. Research meeded on mineral content of human tissues // *Fed. Proc.* – 1981. – Vol. 40, № 8. – P. 2126-2130.
471. Heller, J., Vostal, J. Renal excretion of calcium-disodium ethylendiamine-tetraacetil acid-aneu fubular secretory mechanism // *Experientia.* – 1964. – Vol. 20, № 2. – P. 99.
472. Hertz, W. Der ultrafiltrorfier bare Anbil des serum kalkes // *Ztschr. f. kinderch.* – 1929, № 47. – S. 215.
473. Holliday, M.A., Egan, T.Y. Renal function in rat, dog and man // *Nature.* – 1962. – Vol. 24, № 193. – P. 54.
474. Irving, H., Williams, R. *J. Am. Chem. Soc.* – 1953, oct., 3192, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.

475. Jones J.J. *Exp. Biol.* – 1939, 16, 3, 425, цит. Левина Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
476. Joyce, G.F. The antiquity of RNA-based evolution. *Nature*, 418, 214-221 (2002)
477. Kavin, B. Metabolism of radionuclides // *Acta Bioch. Biochys.* – 1953. – № 45. – P. 230.
478. Katz, A.L. Renal Na-K-ATPase: its role in tubular sodium and potassium transport // *Am. J. Physiol.* – 1982. – Vol. 242. – P. 207-209.
479. Kety, S.S. The lead citrate complex ion and its role in the physiology and therapy of lead poisoning // *J. Biol. Chem.* – 1942. – № 142. – P. 181.
480. Kiedrowski, von G. Primordial soup or crkpes? / G. von Kiedrowski // *Nature*, 381, 20-21 (1996).
481. Kirk, P.L., King, C.G. Ca distribution in blood // *J. Lab. and Clin. Med.* – 1926. № 11. – P. 928.
482. Kleiman, L.J., Radford, E.P., Torelli, G. Epurazione dell urea e dell inulina in ratti non anestetizzati e non disturbati dalle manipolazioni tecniche // *Boll. Soc. ital. stud. sperim.* – 1964. – Vol. 40, № 24, bis. – P. 2235.
483. Klemperer, F.M., Ap Martin, Liddy, R.E. Fate of beryllium compounds in rat / *Arch. Biochem.* – 1952. – № 41. – P. 148-152.
484. Kokka, J.P., Tannen, R.L. *Fluids and electrolytes*, –3rd. ed Copyright by W.S. Saunders Company. – 1985; 1990; 1996. – 899 p.
485. Koshland, D.E. The Seven Pillars of Life. *Science*, 295, 2215-2216 (2002)
486. Kostak, S.A., Bearn, A.C. Hereditary disorders of copper metabolism // *The metabolic basis of inherited disease* / Ed. I.B. Stanburg. – New York, 1978. – P. 1098-1125.
487. Kvenvolden, K.A., Lawless, J.G. Ponnamperna Nonprotein Amino Acids in the Murchison Meteorite. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. 1971. – № 68(2). – P. 486-490.
488. Laker, M.F. *Clinical Biochemistry for Medical Students*. The Medical School University of Newcastle upon Tyne W.B. Saunders Company Limited. – London, Philadelphia, Toronto, Sydney, Tokyo, – 1996. – 357 p.
489. Levitus Anbor Gutman 1960, цит. Коломийцева, М.Г., Габович, Р.Д. *Микроэлементы в медицине.* – М.: Медицина, 1970. – 288 с.
490. Libby, W.F. Terrestrial and Meteorite Carbon Appear to have the Same isotopic Composition. *Proc. Nat. Acad.*, 1971, 68(2), 377.
491. Likins, R.C., Posner, A.S., Kunde, M.L., Craven, D.L. Comparative metabolism of calcium and strontium in the rat // *Arch. of Biochem. and Biophys.* – 1959. – Vol. 83, № 2. – P. 472.
492. Mac Lean, F.C., Hastings, A.B. The state of calcium in the fluids of the body. 1. The conditions affecting the ionization of calcium // *J. of Biol. Chem.* – 1935. – Vol. 108, № 1. – P. 285.
493. Madoery, B.F.A., Pehling, G. Clearances renales an rate anestezada // *Rev. Soc. Argent. biol.* – 1963. – Vol. 39, № 5-8. – P. 240.
494. Macfarlane, W.V. Vie et travail dans les climats chauds. In : *Precis de physiologie du travail notions d'ergonomie*. Masson, Paris, 1981. – P. 265-290.
495. Mathews, A. *Am. J. Physiol.* – 1903, 10, 290, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
496. Mathews, B.T. Effects of hormones, placental extracts and hypophysectomy in inulin and para-aminopyruvate clearances in the anaesthetized rat // *J. Physiol.* – 1963 № 165. – P. 1.
497. Matsushita, H. *Industr. Hlth.* – 1964, 2, 41, 1, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
498. Meyers, L.P., Luker, T.F., Murney, M.F. The diffusible Ca of blood serum // *J. Biol. Chem.* – 1921. – № 47. – P. 529-533.

499. Metz, W. Clinical and public health significance of chromium // Current topics in nutrition and disease. – New York, 1982. – P. 315-323.
500. Miller, S.L. Formation of organic compounds on the primitive earth. In : А.И. Опарин (ред.). The origin of life on Earth. – London : Pergamon. 1959. – P. 123-125.
501. Miller, S.L. Formation of organic compounds on the primitive earth. In : А.И. Опарин (ред.), The Origin of Life on Earth, Pergamon, London, 1965, 593 p.
502. Mryseffug, L.P., Luker, T.F., Murray, M.F. The diffusible Ca of blood serum // S. Biol. Chem. – 1921. – № 47. – P. 529-533.
503. Mocotoff, K., Ross, G., Leitere, L. Renal plasma flow and sodium reabsorption and excretion in congestive heart failure // J. Clin. Inv. – 1948. – Vol. 27, № 1. – P. 1.
504. Murrer, H., Burckhardt, G. Membrane transport of anions across epithelia of mammalian small intestine and kidney proximal tubule // Rev. Physiol. Biochem. Pharmacol. – 1983. – Vol. 96. – P. 2-51.
505. Myers, S. and Hendoshet 1963, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина, Ленингр. Отд., 1972. – 184 с.
506. Nenhausen, B.S., Pincus, J.B. A study of the condition of several inorganic constituents of serum by means of ultrafiltration // J. Biol. Chem. – 1923. - № 57. – P. 99.
507. Nomoto, K. et al Nucleosynthesis in Black-Hole-Forming Supernovae and Abundance Patterns of Extremely Metal-Poor Stars / To appear in «Carnegie Observatories Astrophysics, Vol. 4 origin and Evolution of the Elements, 2003, astro-ph/0306412, обзоры препринтов astro-hp. – Режим доступа : <http://www.astronet.ru/db/msg/1191386>
508. Par Renard de la Taille Relativite Poincare a precede Einstein // Science et Vie, No. 931, avril 1995, p. 114-119 (оригинал статьи в формате djvu) Рено де ля Тай* (перевод с французского В.Ф. Журавлева). – Режим доступа : http://eqworld.ipmnet.ru/ru/education/scientists/poincare_einstein.htm
509. Passow, H., Rothstein, A., Clarkson, T. Pharmacol. Rev. – 1961. – Vol. 13, № 3. – P. 185, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
510. Pecher, C. Biological investigations with radioactive calcium and strontium // Proc. Soc. Exptl. Biol. and Med. – 1941. – Vol. 46, № 66. – P. 36-91.
511. Peters, C.J., Walser, M. Cation transport in the rabbit gall bladder // Clin. Res. – 1965. - № 13. – P. 238.
512. Peters, C.J., Walser, M. Transport of cations by rabbit gall bladder evidence suggesting a common cation pump // Am. J. Physiol. – 1966. – Vol. 210, № 4. – P. 677-683.
513. Peters, G. Клубочковое очищение, очищение от парааминогиппуровой кислоты и диурез при различных видах диуреза без наркоза у крыс // Arch. exptl. Pathol. and Pharmacol. – 1959. – Vol. 235, № 2, P. 113.
514. Pirie, N.W. Chemical diversity and the origins of life. In: Опарин, А.И., (ред.), of Life on Earth, Pergamon, London, 1959. – P. 76-83.
515. Physicists discover new quantum state of water – Physics World, 04.02.2011 <http://lenta.ru/news/2011/02/07/water/>
516. Racoveanu, N., Stanculescu, V., Truta, E. Studii si corcetari biochem.// Acad. P. C. R.– 1965. – Vol. 8, № 4. – P. 465.
517. Racoveanu, N., Stanculescu, V., Stoica, Q., Ciubotarn-Bordlianu, A. Radioecol. Concentrat. Progresses. Oxford– London– Edinburgh– New-York– Toronto– Sydney– Paris– Braunschweig : Pergamon Press, 1967. – 595 с.
518. Rahill, W., Walser, M. Renal tubular reabsorption of trace alkaline earths compared with Ca // Am. J. Physiol. – Vol. 208. - № 6. – P. 1165.
519. Ratbuteau цит. по Bruton, L. Handbuch d. Pharmakologie, Leipzig, 1892, цит. Левина, Э.Н. Общая токсикология металлов. – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.

520. Reberg, P.B. Studies of kidney function. 1. The rate of filtration and reabsorption in the human kidney // *Bioch. J.* – 1926. – № 3. – P. 147.
521. Reiter, G.F., Kolesnikov, A.I., Paddison, S.J., Platzman, P.M., Moravsky, A.P., Adams, M.A., Mayers, J. Evidence of a new quantum state of nano-confined water (Submitted on 26 Jan 2011) <http://arxiv.org/abs/1101.4994>
522. Richet, Ch.C.R. *Acad. Sci.* – 1882, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
523. Robinson, N. *Nature*, 2008, 455, 1138 (DOI: 10.1038/nature07340) <http://nitrid-chemical.ru/news/1027.htm>
524. Rolf-Dieter, F. *Arch. Exp. Parth. Pharmacol.* – 1962, 244, 1, 17, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
525. Rothstein, A., Clarkson, T. *Fed. Proc.* – 1959, 18, 4, 1026, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина, Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
526. Russell, M. J. The alkaline solution to the emergence of life: energy, entropy and early evolution // *Acta Biotheoretica*. 2007. V. 55. № 2. P. 133-79.
527. Sagan, C. The Search for Extraterrestrial Life. *Scientific American*. 1994. October. P. 71-77.
528. Schaw W.H.R. *Studies in biogeochemistry. A biogeochemical period table.* – *Geochim. et cosmochim. acta*, 1960, 19, № 3.
529. Schraeder, H., Balassa, J., Tipton, J. J. *Chron. Dis.* – 1963, 16, 55, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
530. Schwatz, J.L. Measurement of extracellular fluid by means of constant infusion technique without collection of urine // *Am. J. Physiol.* – 1950, № 160. – P. 526.
531. Scott, H.W., Elliot, S.R. Renal hemodynamics in congenital cyanotic heart disease // *Bull. J. Hopkins Hosp.* – 1950. – Vol. 86, № 1. – P. 58.
532. Seifritz, W. *Science.* – 1940, 110, 193, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина, Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
533. Seymour, W.B., Pritchard, W.H., Longly, L.P., Hayman, J.M. Cardiac output, blood and interstitial fluid volumes, total circulating serum protein and kidney function during cardiac failure and other improvement // *J. Clin. Inv.* – 1942. – Vol. 21, № 2. – P. 229.
534. Shannon, J.A., Smith, H.W. The excretion of inulin, xylose and urea by normal and phlorizinized man // *J. Clin. Inv.* – 1935, № 14. – P. 393.
535. Shannon, J.A. The excretion of inulin by the dog // *Am. J. Physiol.* – 1935, № 112. – P. 405.
536. Shannon, J.A. The excretion of inulin and creatinine at low urine flows by the normal dog // *Am. J. Physiol.* – 1936. – № 114. – P. 362.
537. Show, W., Grushkin, B. *Arch. Bioch. Biophys.* – 1957, 67, 2, 447, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медгиз Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
538. Showstack, R. New Type of Bacterium Expands Possibilities of life, Scientists Indicate / EOS, Transactions, AGU, Volume 91, Number 49, 7 December 2010, page 469.
539. Smith, F.A. Metabolism of inorganic fluoride. – In : *Pharmacology of fluorides.* – Berlin, 1970. – P. 53-140.
540. Somers, E. *Ann. appl. Biol.* – 1961, 49, 2, 246, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина, Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
541. Spenser, H., Rosoff, B. et al. Metabolism and removal of radioactive substances in man // *Diagnosis and treatment of Radioactive Poisoning.* – Vienna : Int Atomic Energy, 1963. – P. 171-186.
542. Stolman, A. *Progress in chemical toxicology*, 2. – N.Y.– London, 1965.
543. Taylor, S.R., Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1964, v. 28. p. 1273-85;
544. Тернер а. о. 1961, цит. Левина, Э.Н. *Общая токсикология металлов.* – Л. : Медицина, Ленингр. отд., 1972. – 184 с.
545. Updegraff, U., Greenberg, O.M., Clark, G.W. A study of the distribution of the diffusible and nondiffusible Ca in the blood sera of normal animals // *J. Biol. Chem.* – 1926 № 71. – P. 87.

546. Visek, W.J., Mauro, R.A., Swanson, E.W., Comar, C.L. Calcium metabolism in dairy cows as studies with Ca^{45} // J. of Dairy Sci. – 1953. – Vol. 36, № 4. – P. 373.
547. Wallace, A.R. On the law which has regulated the introduction of new species // Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 2. 1855. Vol. 16. P. 184-196.
548. Wallace, A.R. Letter from Mr. Wallace concerning the geographical distribution of birds // Ibis. 1st str. 1859. №4. P. 449-454. – Режим доступа : <http://biogeografers.dvo.ru/pages/0253.htm>
549. Walser, M., Rahill, W.J. Evidens for a common carrier in the reabsorption of all alkali cations // J. Clin. Juvest. 1964. – № 43. – P. 129.
550. Wasker, W.E., Valle, B.L. Chromium, Manganese, Nickel and other Metals in RNH // Fed. Proc. 1959, 18, 345.
551. Wedepohl, K.H. Geochemie, B., 1967 (Sammlung Götschen, Bd 1224-1224a/1224b)
552. Wiggins, A.W., Wynn, C.M. The five biggest unsolved problems in science. – Режим доступа : http://www.ligis.ru/librari_2/086.htm
553. Wochtershouser, G. Life in a ligand sphere. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 91, 4283-4287 (1994).
554. Wochtershouser, G. Life as We Don't Know it / G. Wochtershouser // Science, 289, 1307-1308 (2000).

Перечень сайтов и страниц интернет информация которых использована при подготовке монографии

1. http://astronomer.narod.ru/Library/History/h_table.htm
2. <http://bigbang.h10.ru/tablicalemetr.htm>
3. http://crydee.sai.msu.ru/~mir/Star_Life.site/Evolution/HR_diagram/HR_static.htm
4. <http://elementy.ru/trefil/21082>
5. <http://elementy.ru/events/426960>
6. <http://elementy.ru/trefil/21211>
7. http://elementy.ru/trefil/theories_of_everything
8. <http://lenta.ru/articles/2010/10/23/moon/>
9. http://naturalhistory.narod.ru/Page_5.htm
10. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html>
11. <http://physics.kgsu.ru/astronomia/NV/Gamov.htm>
12. http://revolution.allbest.ru/air/00012697_0.html
13. http://ru.wikipedia.org/wiki/Эдвин_Хаббл
14. http://ru.wikipedia.org/wiki/Рентген,_Вильгельм_Конрад
15. http://ru.wikipedia.org/wiki/Хойл_Ф
16. http://ru.wikipedia.org/wiki/Большой_взрыв
17. http://ru.wikipedia.org/wiki/Инфляционная_модель_Вселенной
18. http://ru.wikipedia.org/wiki/Космическая_инфляция
19. http://ru.wikipedia.org/wiki/Бозон_Хиггса
20. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Частица_\(физика\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Частица_(физика))
21. http://ru.wikipedia.org/wiki/Железный_пик
22. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Растворимость>
23. <http://slovari.yandex.ru/~книги/БСЭ/Электромагнитные%20волны/>
24. <http://slovari.yandex.ru/dict/astronomy/article/ast/ast-0497.htm>
25. <http://slovari.yandex.ru/dict/bse/article/00093/06700.htm>
26. <http://spacetravell.narod.ru/ulugbek.htm>
27. http://universitates.univer.kharkov.ua/arhiv/2001_4/holin/holin.html

28. <http://www.alhimik.ru/teleclass/pril/bekkerel.shtml>
29. <http://www.alhimik.ru/teleclass/pril/reserford.shtml>
30. <http://www.astronet.ru/db/msg/1234807>
31. <http://www.chem100.ru/text.php?t=1857>
32. http://www.chronos.msu.ru/TERMS/razumovsky_divergencia.html
33. http://www.erudition.ru/referat/printref/id.24148_1.html
34. <http://www.gpntb.ru/win/mentsin2.cfm?KEY=109>
35. <http://www.megabook.ru/Article.asp?AID=634542>
36. <http://www.nature.ru/>
37. <http://www.peoples.ru/science/physics/gamow/history.html>
38. <http://www.rudata.ru/wiki/Г.Гамов>
39. <http://www.table-mendeleev.ru/additional/rastvor.php>
40. http://www.thesis.lebedev.ru/sun_vocabulary.html?topic=8&news_id=920
41. <http://www.vselennaja.ru/nauka/lich6.html>

Л. А. СОКОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОТЕ

ГЛАВНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПЕРВИЧНОГО
КОСМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Челябинск, 2009

В приложении представлены исходные данные – таблицы А.; А. 1а; А. 1-27 и Б. 1-18; результаты корреляционного и регрессивного анализов – таблицы 1-234 и таблицы 235-238, в последних представлен анализ распределения коэффициентов корреляции по величине, уровню значимости в зависимости от используемых объектов и физико-химических констант. В таблице А. (без номера) представлен алгоритм анализа, характер сопоставления и номера таблиц. В таблицах А. 1а и серии А. 1-27 даны биологические, биогеохимические, геохимические и космохимические величины. В таблице А. 1а представлены показатели всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта Ю. И. Москалева (Ю. И. Москалев, 1985). Значения элементарного состава «стандартного» человека в характеристике целого ряда процессов, номера по порядку А. 1-6, взяты из книги «Радиационная защита» (1961). Доля элемента, связанная белками плазмы крови, часть – разрозненные данные литературы, часть – собственный экспериментальный материал, остальное – расчет. Токсичность элементов, данные Р. Bienvenu, et al, цит. по Э. Н. Левиной, 1972. Элементарный состав живого вещества – данные А. П. Виноградова. Космическая распространенность элементов взята по А. Камерону, 1968, цит. по Э. В. Соболевич, 1974. Средний элементарный состав метеоритов – данные С. В. Козловой, Б. Ю. Левина, 1954. Элементарный состав океанической воды взят по Э. Л. Гольдбергу, 1965, цит. по В. В. Шербина, 1972. Элементарный состав земной коры – данные А. П. Виноградова, цит. по В. В. Шербина, 1972. В таблицах А. 24-27 представлены данные о метеоритах – обыкновенных хондритах и химическом элементарном составе образцов лунного грунта, доставленных экспедициями «Луны-16» и «Луны-20» (Г. П. Вдовыкин, 1975, с. 36-41). Содержание химических элементов в лунных образцах реголита приведено по данным А. П. Виноградова, а также Д. К. Лаула, Д. В. Моргана, П. А. Хелмке, Д. Жерома... Эти данные сопоставлялись с аналогичными данными по химическому элементарному составу лунного грунта, доставленному экспедициями «Аполлона-11», «Аполлона-12», «Аполлона-14», «Аполлона-15», «Аполлона-16»; в метеоритах – по подсчету Г. П. Вдовыкина (Г. П. Вдовыкин, 1975). Все исходные данные уточнялись, сверялись с данными целого ряда других исследователей.

Некоторые представленные в таблицах серии А величины предварительно были переработаны. Содержание химических элементов в печени, почках, скелете взято в % от их содержания в организме. Кларки метеоритов взяты в вес %, в атомах на $\text{Si} = 10^6$ ат, в % от космической распространенности, кларки океанической воды взяты в вес %, в % от химического элементарного состава Земного шара, земной коры и т. п.

В таблицах серии Б. 1-18 представлены физические, физико-химические, химические константы элементов, значения которых приведены в целом ряде справочников: Б. 1 – молекулярный вес, дальтон; Б. 2 – радиус атома, $\text{R}_a \text{ Å}$; Б. 3 – радиус иона, $\text{R}_i \text{ Å}$; Б. 4 – ионные потенциалы (отношение заряда иона к его радиусу); Б. 5 – энергия гидратации (ккал / г-ион); Б. 6 – потенциал первичной ионизации (эВ); Б. 7 – электроотрицательность ($X=I+E$, то есть это сумма потенциалов ионизации и сродства к электрону); Б. 8 – сродство к электрону (эВ); Б. 9 – работа выхода электрона (эВ); Б. 10 – температура кипения (в градусах по Цельсию, при 1 атм.); Б. 11 – температура плавления (в градусах по Цельсию, при 1 атм.); Б. 12 – относительная плотность (при 20 градусах по Цельсию); Б. 13 – сравнительная твердость (по 10-балльной шкале); Б. 14 – теплопроводность ($0 < t < 100$ градусов по Цельсию кал/см·сек·град); Б. 15 – электропроводность (при комнатной температуре, $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \cdot 10^{-4}$); Б. 16 – стабильность гидрокомплексов (рК); Б. 17 – стабильность комплексов с EDTA (рК); Б. 18 – стабильность комплексов цитратов (рК) (Справочник химика, ред. Б. П. Никольский, т. I-III, 1961-1971гг. и т. д., список литературы представлен в Т I).

В таблицах 1-114 дана характеристика генетических связей между объектами по таблицам серии А. 1-20.

Объекты таблицы серии А. 1-20 сопоставлялись каждый друг с другом шесть раз:

а) все элементы, выражены:

в натуральных числах, таблицы 1-19;
в десятичных логарифмах, таблицы 20-38;
в натуральных логарифмах, таблицы 39-57;

б) металлы, без *p*-металлов, выражены:

в натуральных числах, таблицы 58-76;
в десятичных логарифмах, таблицы 77-95;
в натуральных логарифмах, таблицы 96-114.

Всего сопоставлений в таблицах 1-114 – 1140.

В таблицах 115-234 дана характеристика корреляционных связей между биологическими, биогеохимическими, геохимическими, космохимическими константами элементов (таблицы серии А. 1-20) и физическими, физико-химическими, химическими константами элементов (таблицы серии Б, номера 1-18).

Каждый отдельный объект таблицы серии А. 1-20, сопоставляли со всеми физическими, физико-химическими, химическими константами элементов, таблицы серии Б, номера 1-18, шесть раз:

а) все элементы –

биологические, биогеохимические, геохимические, космохимические, физические, физико-химические и химические константы элементов выражены в натуральных числах, таблицы 115-134; – *натуральные числа*

значения исследуемых объектов выражены в десятичных логарифмах, физические, физико-химические и химические константы элементов – в натуральных числах, таблицы 135-154; – *lg → с натуральными числами*

биологические, биогеохимические, геохимические, космохимические, физические, физико-химические, химические константы элементов выражены в натуральных логарифмах, таблицы 155-174; – *ln → с ln*

б) металлы, без *p*-металлов –

все сопоставляемые константы выражены в натуральных числах, таблицы 175-194; – *натуральные числа → с натуральными числами;*

биологические, биогеохимические, геохимические, космохимические константы элементов выражены в десятичных логарифмах, физические, физико-химические, химические константы элементов – в натуральных числах, таблицы 195-214; – *lg → с натуральными числами;*

все сопоставляемые константы выражены в натуральных логарифмах, таблицы 215-234; – *ln → с ln*. Всего сопоставлений в таблицах 115-234 – 2160.

В таблицах 1-234 *n* – число сопоставляемых парных единиц, *r* – коэффициент корреляции, σ_r – средняя ошибка коэффициента корреляции, t_r – нормированное отклонение, P_r – уровень значимости коэффициента корреляции, *F* – дисперсионное отклонение, *z* – преобразованный коэффициент корреляции, a_0 и a_1 , или *A* и a_1 – коэффициенты уравнения регрессии, σ_{a_1} – средняя ошибка коэффициента a_1 , t_{a_1} – нормированное отклонение для a_1 и P_{a_1} – вероятность коэффициента a_1 .

Всего сопоставлений в таблицах 1-234 – 3300.

Объекты таблицы серии А. 21-23 в общую схему анализа не вошли. Между объектами 21 и 22 – космическая распространенность и содержание элементов в метеоритах проведен корреляционный анализ. Значения объектов были выражены в натуральных числах, сопоставлялись значения всех без исключения элементов. Для объекта А. 23, содержание элементов в метеоритах, % от космической распространенности проведен корреляционный анализ с физическими, физико-химическими, химическими константами элементов, таблицы серии Б. 1-18. Сопоставление проводили в натуральных числах для всех без исключения элементов. Результаты анализа таблицы серии А для объектов 21-23 представлены в основном тексте. Для таблиц серии А. 24, 25, 26, 27 (показатели содержания химических элементов в морском и материковом реголите, доставленных «Луной-16» и «Луной-20», в метеоритах – обыкновенных хондритах) проведен только сравнительный табличный и графический анализ. В таблице А. 27 представлены результаты анализа: периодическая система содержания химических элементов – примесей в лунном веществе (морской реголит), доставленных «Луной-16» $\times 10^{-4}$ %, от содержания в метеоритах – обыкновенных хондритах $\times 10^{-4}$ % в метеоритах (Г. П. Вдовыкин, 1975).

В клетках таблиц А. 1а, 1-27 и Б. 1-18 сверху вниз: 1 – символ химического элемента, Z; 2 – анализируемые показатели; 3 – в отдельных случаях lg этих показателей.

Корреляционный и регрессивный анализы проводили по стандартной программе (Алгоритмы и программы решения планово-экономических задач и задач управления производством, Казань, 1966) на ЭВМ «Минск-22», в вычислительном центре Челябинского политехнического института (сейчас ЮУГУ) по заказу автора на коммерческой основе в 1973-1974 годах.

Характеристика качества и типов корреляционных связей, а также распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от вида изучаемого объекта

В работе учитывались коэффициенты корреляции, если уровень значимости их был меньше 0,1. Коэффициенты корреляции варьировались по абсолютным численным значениям примерно от 0,25 до 0,90 и более. Найдены 915 корреляционных связей, которые указывают на среднюю степень тесноты связи между кларками систем, миграционными и комбинационными характеристиками и физическими, физико-химическими и химическими свойствами элементов. В таблице 235 представлено распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от типа объекта. Для кларков метеоритов найдено 20 достоверных корреляционных связей. В 13 случаях размеры коэффициентов корреляций указывают на среднюю тесноту связи кларков метеоритов с различными физико-химическими константами. Для кларков земной коры и океанической воды характерны корреляционные связи средней степени тесноты, относительное количество слабых и тем более сильной степени тесноты корреляционных связей немного. Абсолютные численные значения коэффициентов корреляции, как общее количество, так и указывающих на сильную и среднюю степень тесноты связи, возрастает, если кларки тех или иных систем выражены в процентах от материнских, генетически с ними связанных. Так, например, общее количество достоверных коэффициентов корреляция в случае кларков земной коры равно 41, число коэффициентов корреляции до 0,30 равно 14, от 0,31 до 0,70 – 22 и выше 0,71 – 1. Если кларки земной коры выражены в % от Земного шара, то общее число достоверных коэффициентов корреляции равно 53. Число коэффициентов корреляция до 0,30 равно 13, от 0,31 до 0,70 – 36, и выше 0,71 – 4. В случае кларков океанической воды общее количество коэффициентов корреляции равно 62. По абсолютной величине до 0,30 – 14, от 0,31 до 0,70 – 45, выше 0,71 – 3. Если же элементарный состав океанической воды выражен в % от содержания элементов в

Земном шаре, то общее количество коэффициентов корреляции равно 65. По абсолютной величине до 0,30 – 10, от 0,31 до 0,70 – 46, а выше 0,71 – 9. То есть наблюдается резкое, в три раза, увеличение числа коэффициентов корреляции, указывающих на сильную степень связи между относительным содержанием элементов в океанической воде с теми или иными физико-химическими константами. В случае если химический элементарный состав океанической воды выражен в % от содержания в земной коре, общее число достоверных коэффициентов корреляции уменьшается с 62 для кларков океанической воды до 55. Число коэффициентов корреляции, указывающих на сильную степень связи, возрастает примерно вдвое. Распределение коэффициентов корреляции по величине, их количество в зависимости от размеров и достоверности, еще одно доказательство того, что формирование химического элементарного состава океанической воды в большей степени обязано химическому элементарному составу Земного шара, в меньшей степени химическому элементарному составу земной коры.

Для кларков живого вещества обнаруживаются 26 корреляционных связей. Все коэффициенты корреляции указывают на среднюю степень тесноты связи с теми или иными физико-химическими константами. Если элементарный состав живого вещества выражен в процентах от химического элементарного состава океанической воды, количество коэффициентов корреляции увеличивается вдвое. Повышаются и их абсолютные численные значения, количество коэффициентов корреляции от 0,71 до 0,99 равно 12. Для кларков «стандартного» человека также найдено 28 корреляционных связей, указывающих на среднюю степень тесноты связи с физико-химическими свойствами элементов. Если элементарный состав «стандартного» человека выражен – в % от элементарного состава океанической воды, количество коэффициентов корреляции увеличивается до 35, повышаются и их абсолютные численные значения. В случае если кларки живого вещества и «стандартного» человека выражены в % от земной коры, количество и абсолютные численные значения коэффициентов корреляции в общем такие же как и для кларков этих объектов.

То есть во всех случаях, если сопоставляли с физическими, физико-химическими свойствами химических элементов не кларки систем, обладающих чертами, как первичного их образования, так и несущих на себе особенности перераспределения, а миграционные и комбинационные характеристики систем, вычисленные с учетом генетических аспектов, абсолютное число корреляционных связей, их размеры всегда были выше.

Далее в этой же таблице приводится распределение коэффициентов корреляции в зависимости от их абсолютных численных значений для целого ряда параметров, начиная от всасывания элементов из желудочно-кишечного тракта, кончая их выведением из организма, и таким биологическим свойством, как токсичность. Как видно, в большинстве своем размеры коэффициентов корреляции указывают, что между физико-химическими свойствами химических элементов и этими параметрами в основном существуют средней степени тесноты связи, реже наблюдаются как сильные, так и слабой степени корреляционные связи.

В следующей таблице 236 представлена характеристика качества и типов корреляционных связей. В первой строке показано сколько всего для того или иного объекта было проведено корреляционных сопоставлений. Во второй строке показано, сколько всего найдено достоверных корреляционных связей и далее в 3-7 строках представлено отдельно для каждого объекта количество корреляционных связей в зависимости от уровня значимости. Как видно в зависимости от вида объекта обнаруживается от 18,6 до 73 % достоверных корреляционных связей, от общего числа сопоставлений. В среднем эта величина равна 43,5 %. В общем, значительная часть найденных коэффициентов корреляций имеет уровень значимости меньше 0,001 – 325 из 915, то есть 35,5 %. Число коэффициентов корреляции с уровнями значимости 0,01 и 0,001 равно 530, что составляет 57 % от общего количества найденных коэффициентов корреляции и 25,2 % от общего числа сопоставлений. Число коэффициентов корреляции с уровнями значимости от 0,1 до 0,02 равно 385, то есть составляет 43% от общего количества найденных коэффициентов корреляции и ~ 18,3 % от общего числа сопоставлений. Значительная

часть коэффициентов корреляции, из общего числа найденных обладает достаточно высокими уровнями значимости.

В зависимости от типа сопоставлений, общее число коэффициентов корреляции распределяется так: если сопоставлялись все элементы без исключения, в натуральных числах – 124, в десятичных логарифмах – 125, в натуральных логарифмах – 179, если сопоставлялись только металлы (без р-металлов) в натуральных числах – 127, в десятичных логарифмах – 178, в натуральных логарифмах – 182. То есть если значения тех или иных объектов выражены в натуральных числах, найден всего (для элементов в целом и только для металлов) 251 коэффициент корреляции. Если значения взяты в десятичных логарифмах – 303, в натуральных логарифмах – 361. Таким образом, между кларками систем, различными миграционными и комбинационными характеристиками химических элементов и физическими, физико-химическими и химическими их свойствами доминирует нелинейный тип связи.

Роль физических, физико-химических и химических свойств элементов в их количественной распространенности, в способности к перемещению и биологическому проявлению

Роль физических, физико-химических и химических констант в формировании того или иного объекта показана выше, при анализе результатов корреляционного анализа. Здесь же имеет смысл оценить роль тех или иных констант (из группы изученных) в перемещении, биологическом проявлении химических элементов в общем плане.

С этой целью результаты корреляционного анализа, сопоставление физических, физико-химических свойств элементов с различного рода параметрами – кларки систем, миграционные и комбинационные характеристики, сведены в две таблицы 237-238.

В сопоставлении этих таблиц использованы те же принципы, что и для таблиц 235-236, только распределение коэффициентов корреляции по величине и характеристика качества, типов корреляционных связей рассматриваются не от вида исследуемого объекта, а от вида используемых физических, физико-химических и химических констант. В первой из них дано распределение коэффициентов корреляции, независимо от знака, по величине в зависимости от вида используемых физико-химических констант. Как видно, абсолютные численные значения коэффициентов корреляции от 0,91 и выше обнаружены только в двух случаях: для ионных потенциалов и констант стабильности комплексов с ЭДТА. От 0,81 до 0,90 в двадцати случаях: для молекулярного веса – в одном случае, для ионных потенциалов, также в одном случае, для сродства к электрону, в трех, для относительной плотности и сравнительной твердости – в двух и пяти случаях соответственно и для констант стабильности комплексов с ЭДТА и цитратами – в шести и двух случаях соответственно. Коэффициенты корреляции размером от 0,71 до 0,80 обнаруживаются в пятидесяти семи случаях: для ионных потенциалов – восемь, энергии гидратации – шесть, потенциалов первичной ионизации – два, значения электроотрицательности – десять, сродство к электрону – один, работа выхода электрона – пять, относительная плотность – три, сравнительная твердость – восемь, электропроводность – один, константы стабильности гидрокомплексов – два, константа стабильности комплексов с ЭДТА – одиннадцать, константа стабильности комплексов цитратов – один. Общее количество коэффициентов корреляции, абсолютные численные значения которых от 0,71 и выше равно семидесяти девяти. Коэффициенты корреляции размером от 0,61 до 0,70 распределяются между изучаемыми константами так: молекулярный вес – три, радиус атома – три, ионные потенциалы – десять, энергия гидратации – два, потенциал первичной ионизации – пять, значение электроотрицательности – девять, сродство к электрону – пять, работа выхода электрона – восемь, температура кипения и плавления – по три, относительная плотность – тринадцать, сравнительная

твердость – семь, электропроводность – два, константа стабильности гидрокомплексов – шесть, константа стабильности комплексов с ЭДТА – восемь, константы стабильности комплексов цитратов – четыре.

Исходя из количества наблюдаемых коэффициентов корреляции размером от 0,61 до 0,99 для той или иной физической, физико-химической константы можно построить следующий ряд: константы стабильности комплексов с ЭДТА > ионные потенциалы = сравнительная твердость > значение электроотрицательности = относительная плотность > работа выхода электрона > сродство в электрону > энергия гидратации = константы стабильности гидрокомплексов > потенциал первичной ионизации = константы стабильности комплексов цитратов, а далее идут молекулярный вес, радиусы атолов и ионов, температура кипения и плавления, тепло- и электропроводность. Если учесть количество коэффициентов корреляции размером от 0,51 до 0,60, то первые десять констант по количеству коэффициентов корреляции от 0,51 до 0,99 будут: константа стабильности комплексов с ЭДТА > относительная плотность > значение электроотрицательности > сравнительная твердость > работа выхода электрона > константы стабильности гидрокомплексов > ионные потенциалы > энергия гидратации > потенциал первичной ионизации > сродство к электрону. Эти десять констант являются ведущими в формировании того или иного объекта, дифференциации первичного вещества. Естественно роль их, выше приведенный порядок для того или иного объекта может значительно меняться в зависимости от характера объекта. И, тем не менее, ведущими свойствами элементов, в определенных температурных рамках, являются способность элементов образовывать прочные комплексы, энергетические характеристики элементов, связанные с переходом атома из нейтрального в ион и наоборот, то есть характеризующие способность элементов вступать в те или иные реакции и т.п. и такие физические константы, как относительная плотность и сравнительная твердость. Собственно эти десять констант, расположенные по значимости в том или ином порядке: по частоте появления коэффициентов корреляции, их размеров, уровнях значимости и определяют миграционные и комбинационные свойства химических элементов. Выше указывалось, что порядок появления коэффициентов корреляции по их значимости является индивидуальным свойством изучаемой системы. Например, формирование скелета определяется прочностью комплексов цитратов. Для других объектов достоверные корреляционные связи с константами стабильности комплексов с цитратами не обнаруживаются. Формирование элементарного состава метеоритов, а также ряда планет Солнечной системы, да и не только планет системы звезды Солнце, определяется соотношением валентность – радиус иона, температурой кипения и плавления, сравнительной твердостью элементов. В остальных случаях дифференциация и формирование различного рода объектов определяется одними и теми же физико-химическими свойствами элементов, а также их совокупностью. На это указывают обнаруживаемые практически со всеми физическими, физико-химическими константами элементов преимущественно средней степени тесноты корреляционные связи. Так если сильной степени корреляционных связей найдено всего 79 или, если считать, что размеры коэффициентов корреляции от 0,61 до 0,70 также указывают на сильную или значительную степень тесноты связи (качественная оценка степени тесноты связи по размерам коэффициентов корреляции разными авторами оценивается по-разному, например, Д. Сепетлиев, 1968 и Е. Я. Велицкая, 1972), то число значительных и сильных корреляционных связей достигнет 170, а число коэффициентов корреляции, указывающих на среднюю степень связи, коэффициенты корреляций от 0,31 до 0,60 равно 592. Число коэффициентов корреляции, указывающих на слабую тесноту связи, равно 153.

В таблице 238 представлена характеристика качества и типов корреляционных связей в зависимости от вида используемых физических, физико-химических и химических констант. В первой строке для каждой физико-химической константы дано число сопоставлений, во второй – число найденных достоверных корреляционных связей, в 3-7 строках – количество коэффициентов корреляции для каждой константы в зависимости от уровня значимости. В строках 8-13 количество коэффициентов корреляции в зависимости от типа сопоставлений. В общем, для практически каждой физико-химической константы число коэффициентов корреляции с уровнями значимости 0,01 и 0,001 в сумме больше, чем число коэффициентов корреляции с уровнями

значимости от 0,1 до 0,02, за исключением сродства к электрону, теплопроводности и электропроводности. Для большинства физических и физико-химических констант коэффициенты корреляции наблюдались чаще, если значения исследуемых объектов были выражены в десятичных или натуральных логарифмах.

Таблица А. Представлены номера таблиц корреляционного анализа: объект – объекты, объект – физико-химическая константы

ТИП СОПОСТАВЛЕНИЯ		ОБЪЕКТ-ОБЪЕКТЫ						ОБЪЕКТ – ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ КОНСТАНТЫ					
ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ		э-ты r ₁	lg lg r ₂	ln ln r ₃	м-лы r ₄	lg lg r ₅	ln ln r ₆	э-ты r ₁	lg- r ₂	ln ln r ₃	м-лы r ₄	lg- r ₅	ln ln r ₆
1	Всасывание в ЖКТ, % от	1	20	39	58	77	96	115	135	155	175	195	215
2	Всасывание в легких, % от	2	21	40	59	78	97	116	136	156	176	196	216
3	Печень, % от с-ния в ор-ме	3	22	41	60	79	98	117	137	157	177	197	217
4	Почки, % от с-ния в ор-ме	4	23	42	61	80	99	118	138	158	178	198	218
5	Скелет, % от с-ния в ор-ме	5	24	43	62	81	100	119	139	159	179	199	219
6	T _б (выведение), дни	6	25	44	63	82	101	120	140	160	180	200	220
7	Белки, % от с-ния в плазме	7	26	45	64	83	102	121	141	161	181	201	221
8	Токсичность, мА/кг	8	27	46	65	84	103	122	142	162	182	202	222
9	Человек, вес %	9	28	47	66	85	104	123	143	163	183	203	223
10	Человек, % от зем. коры	10	29	48	67	86	105	124	144	164	184	204	224
11	Человек, % от океан. воды	11	30	49	68	87	106	125	154	165	185	205	225
12	Земная кора, вес %	12	31	50	69	88	107	126	146	166	186	206	226
13	Зем. кора, % от зем. шара	13	32	51	70	89	108	127	147	167	187	207	227
14	Океаническая вода, вес %	14	33	52	71	90	109	128	148	168	188	208	228
15	Ок. вода, % от зем. коры	15	34	53	72	91	110	129	149	169	189	209	229
16	Метеориты, вес %	16	35	54	73	92	111	130	150	170	190	210	230
17	Живое вещество, вес %	17	36	55	74	93	112	131	151	171	191	211	231
18	Ок. вода, % от зем. шара	18	37	56	75	94	113	132	152	172	192	212	232
19	Живое в-во, % от зем. коры	19	38	57	76	95	114	133	153	173	193	213	233
20	Живое в-во, % от ок. воды						Σ1140	134	154	174	194	214	234
21	Космическая распространенность, 10 ⁶ атомов Si					Для объектов 21 и 22 проведен корреляционный анализ, значения выражены в натуральных числах, сопоставлялись все без исключения элементы, Т.1.							Σ2160 ΣΣ3300
22	Метеориты-хондриты, 10 ⁶ атомов Si												
23	Метеориты-хондриты, % от космической распространенности					Проведен корреляционный анализ с физическими, физико-химическими, химическими константами, Т. 1.							

Таблица А. 1а. Периодическая система всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта, % от ежедневно поступающей порции (Ю. И. Москалев, 1985)

1	H 1																		He 2
2	100																		100
3	2,0000																		2,0000
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	100	0,2											100	100	100	100	100	100	
3	2,0000	-1,3010											2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	100	30											0,5	33	80	80	100	100	
3	2,0000	1,4771											-0,3010	1,5185	1,9031	1,9031	2,0000	2,0000	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	100	30	0,1	3	2	10	10	10	30	5	50	50	0,1	1	100	90	100	100	
3	2,0000	1,4771	-1,0000	0,4771	0,3010	1,0000	1,0000	1,0000	1,4771	0,6990	1,6990	1,6990	-1,0000	0,0000	2,0000	1,9542	2,0000	2,0000	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	100	30	0,05	0,2	1	85	80	5	5	-	5	10	2	2,0	10	25	100	100	
3	2,0000	1,4771	-1,3010	-0,6990	0,0000	1,9294	1,9031	0,6990	0,6990		0,6990	1,0000	0,3010	1,3010	1,0000	1,3979	2,0000	2,0000	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	100	10	0,05	0,01	0,01	10	80	-	1	-	10	40	45	20	5	10	100	100	
3	2,0000	1,0000	-1,3010	-2,0000	-2,0000	1,0000	1,9031		0,0000		1,0000	1,6021	1,6532	1,3010	0,6990	1,0000	2,0000	2,0000	
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku104															
2		20	0,01																
3		1,3010	-2,0000																
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	0,02	от											до	0,05					
3	-1,6990	←	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	→	-1,3010					
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No102	Lr 103					
2	0,02	0,03	20	2	0,003	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05					
3	-1,6990	-1,5229	1,3010	0,3010	-3,4771	-1,3010													

Таблица А. 2. Периодическая система всасывания химических элементов из легких, % от ежедневно поступающей порции

1	H 1																		He 2
2	100																		75
3	2,0000																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	75	25											70	75	75	75	75	-	
	1,8751	1,3979											1,8451	1,8751	1,8751	1,8751	1,8751		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	75	30											30	68	63	75	75	75	
3	1,8751	1,4771											1,4771	1,8375	1,7993	1,8751	1,8751	1,8751	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	75	55	25	25	26	25	30	30	40	40	39	30	25	26	27	70	75	75	
3	1,8751	1,7404	1,3979	1,3979	1,4650	1,3979	1,4771	1,4771	1,6021	1,6021	1,5911	1,4771	1,3979	1,4150	1,4314	1,8451	1,8751	1,871	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	75	40	25	25	25	65	50	27	35	35	26	25	25	29	27	38	75	75	
3	1,8751	1,6021	1,3979	1,3979	1,3979	1,8129	1,90	1,4314	1,5441	1,5441	1,4150	1,3979	1,3979	1,4472	1,4314	1,5798	1,871	1,871	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	75	28	25	25	25	30	50	30	30	30	30	63	48	29	26	28	75		
3	1,8751	1,4472	1,3979	1,3979	1,3979	1,4771	1,6900	1,4771	1,4771	1,4771	1,4771	1,7993	1,6812	1,4624	1,4150	1,4472	1,8751		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
2	75	30	25																
3	1,8751	1,4771	1,3979																
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25					
3	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979					
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103					
2	25	25	25	25	25	25	25	25	25										
3	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979	1,3979										

Таблица А. 3. Периодическая система содержания химических элементов в печени, % от содержания в организме

1	H 1																					He 2
2	-																					-
3																						
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10				
2	4	15											13	-	-	-	-	-				
3	0,6021	1,1761											1,139									
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18				
2	2	0,8											1,2	-	0,5	-	2	-				
3	0,3010	-1,9031											0,0792		-1,6990		0,3010					
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36				
2	2	0,01	18	2	10	0,6	35	9	50	5	15	3	20	15	6	15	-	-				
3	0,3010	-2,0000	1,2553	0,3010	1,0000	-1,7782	1,5441	0,9542	1,6990	0,6990	1,1761	0,4771	1,3010	1,1761	0,7782	1,1761						
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54				
2	7	0,04	-	5	10	90	9	3	7	34	9	76	17	2	0,2	10	0,6	-				
3	0,8451	-2,6021		0,6990	1,0000	1,9542	0,9542	0,4771	0,8451	1,5315	0,9542	1,8808	1,2304	0,3010	-1,3010	1,0000	-1,7782					
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86				
2	9	0,9	12	50	50	24	2	11	31	12	10	20	4	10	45	23	-					
3	0,9542	-1,9542	1,0792	1,6990	1,6990	1,3802	0,3010	1,0414	1,4914	1,0792	1,0000	1,3010	0,6021	1,0000	1,6532	1,3617						
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104																		
2																						
3																						
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71								
2	13	10	10	6	10	5,0	10	-	4	7	2	-	-	-								
3	1,1139	1,0000	1,0000	0,7782	1,0000	0,6990	1,0000		0,6021	0,8451	0,3010											
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103								
2																						
3																						

Таблица А. 4. Периодическая система содержания химических элементов в почках, % от содержания в организме

1	H 1																He 2	
2	-																-	
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	0,3	2											0,4	-	-	-	-	-
3	-1,4771	0,3010											-1,6021					
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	0,3	0,1											0,1	-	0,1	-	0,6	-
3	-1,4771	-1,0000											-1,0000		-1,0000		-1,7782	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	0,4	0,003	5	0,3	7	0,3	2	0,6	2	0,3	1	0,6	3	36	2	4	-	-
3	-1,6021	-3,4771	0,6990	-1,4771	0,8451	-1,4771	0,3010	-1,2218	0,3010	-1,4771	0,0000	-1,7782	0,4771	1,5563	0,3010	0,6021		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	0,3	0,02	-	4	2	5	20	7	8	48	4	15	5	0,3	0,1	14	0,2	-
3	-1,4771	-2,3010		0,6021	0,3010	0,6990	1,3010	0,8451	0,9031	1,6812	0,6021	1,1761	0,6990	-1,4771	-1,0000	1,1461	-1,3010	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,6	0,005	0,6	2	5	-	-	13	11	25	7	50	7	5	36	18	-	
3	-1,7782	-3,6990	-1,7782	0,3010	0,6990			1,1139	1,0414	1,3979	0,8451	1,6990	0,8451	0,6990	1,5563	1,2041		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2		0,4	1															
3		-1,6021	0,0000															
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	2	2	5	2	2	7	-	3	-	2	2	1	5	1				
3	0,3010	0,3010	0,6990	0,3010	0,3010	0,8451		0,4771		0,3010	0,3010	0,0000	0,6990	0,0000				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 5. Периодическая система содержания химических элементов в скелете, % от содержания в организме

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	2	80											-	10	-	-	5	-
3	0,3010	1,9031												1,0000			0,6990	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	33	50											3	-	90	20	12	-
3	1,5185	1,6990											0,4771		1,9542	1,3010	1,0792	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	4,4	99	22	47	45	57	3,5	21	-	60	4,2	21	60	-	-	-	-	-
3	0,6435	1,9956	1,3424	1,6721	1,6532	1,7559	0,5441	1,3222		1,7782	0,6232	1,3222	1,7782					
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	6	99	97	80	50	-	5	17	8	-	30	-	20	86	26	18	0,7	-
3	0,7782	1,9956	1,9868	1,9031	1,6990		0,6990	1,2304	0,9031		1,4771		1,3010	1,9345	1,4150	1,2553	-1,8451	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	8	70	80	16	-	65	0,9	-	-	-	-	-	8	70	8	8	-	
3	0,9031	1,8451	1,9031	1,2041		1,8129	-1,9542						0,9031	1,8451	0,9031	0,9031		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2		99																
3		1,9956																
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	80	80	80	80	80	85	80	90	85	85	92	95	85	90				
3	1,9031	1,9031	1,9031	1,9031	1,9031	1,9294	1,9031	1,9542	1,9294	1,9294	1,9638	1,9777	1,9294	1,9542				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2	90	80	85	85	90	90	90											
3	1,9542	1,9031	1,9294	1,9294	1,9542	1,9542	1,9542											

Таблица А. 6. Периодическая система периода биологического полувыведения химических элементов из организма, дни

1	H 1																		He 2
2	12																		-
3	1,0792																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	2	180											0,5	10	90	14	808	-	
3	0,3010	2,2553											-1,6990	1,0000	1,9542	1,1461	2,9074		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	11	180											550	-	257	90	29	-	
3	1,0414	2,2553											2,7404		2,4099	1,9542	1,4624		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	58	16400	30	320	42	616	17	800	9,5	667	80	933	6	1	280	11	8	-	
3	1,7634	4,2148	1,4771	2,5051	1,6232	2,7896	1,2304	2,9031	0,9777	2,8241	1,9031	2,9699	0,7782	0,0000	2,4472	1,0414	0,9031		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	45	13000	14000	450	760	5	1	7,3	10	5	5	200	48	35	38	15	138	-	
3	1,6532	4,1139	4,1461	2,6532	2,8808	0,6990	0,0000	0,8633	1,0000	0,6990	0,6990	2,3010	1,6812	1,5441	1,5798	1,1761	2,1399		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	70	65	500	563	240	1	7	2	20	24	120	10	5	1460	5	30	27		
3	1,8451	1,8129	2,6990	2,7505	2,3802	0,0000	0,8451	0,3010	1,3010	1,3802	2,0792	1.0000	0,6990	3,1644	0,6990	1,4771	1,4314		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
2		8100	24000																
3		3,9085	4,3802																
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	563	750	656	656	656	635	550	670	700	750	650	675	685	750					
3	2,7505	2,8751	2,8169	2,8169	2,8169	2,8028	2,740	2,8261	2,8451	2,8751	2,8129	2,8293	2,8357	2.8751					
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103					
2	57000	41000	100	39000	65000	20000	24000	65000	65000										
3	4,7559	4,6128	2,0000	4,5911	4,8129	4,3010	4,3802	4,8129	4,8129										

Таблица А. 7. Периодическая система связывания химических элементов белками плазмы, % от содержания в плазме крови

1	H 1																	He 2
2	-																	0
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	5	42											82	48	15	-	-	0
3	0,6990	1,6232											1,9138	1,6812	1,1761			
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	5	33											85	20	44	68	-	0
3	0,6990	1,5185											1,9294	1,3010	1,6435	1,8325		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	5	45	14	35	56	80	100	100	100	41	95	99	92	56	80	37	20	0
3	0,6990	1,6532	1,1461	1,5441	1,7482	1,9031	2,0000	2,0000	2,0000	1,6128	1,9777	1,9956	1,9638	1,7634	1,9031	1,5682	1,3010	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	10	35	75	87	99	100	100	97	96	95	89	85	99	92	63	100	58	0
3	1,0000	1,5441	1,8751	1,9395	1,9956	2,0000	2,0000	1,9868	1,9823	1,9777	1,9494	1,9294	1,9956	1,9638	1,7993	2,0000	1,7634	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	5	34	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	30	70	88	80	30	0
3	0,6990	1,5315	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	1,9956	2,0000	1,4771	1,8451	1,9445	1,9031	1,4771	
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100				
3	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000	2,0000				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 8. Ядовитость катионов металлов (LD₅₀) для белых мышей при однократном внутрибрюшинном введении их хлоридов, мА/кг (мг/кг, где мг : на молекулярный вес x на количество атомов металлов в молекуле соединения = мА/кг), Р. Bienvenu, 1963

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	14,26	0,15											-	-	-	-	-	-
3	1,1571	-1,1761																
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	44,52	3,59											0,8	-	-	-	-	-
3	1,6486	0,5551											-1,9031					
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	8,3	2,5	0,617	-	0,276	0,91	0,8	0,7	0,35	0,175	0,045	0,18	0,21	-	-	-	-	-
3	0,9191	0,3979	-1,7903		-1,4409	-1,9590	-1,9031	-1,8451	-1,5441	-1,2430	-2,6532	-1,2553	-1,3222					
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	9,5	5,73	0,666	0,961	-	-	-	-	-	0,589	0,129	0,033	0,022	0,346	-	-	-	-
3	0,9777	0,7582	-1,8235	-1,9827						-1,7701	-1,1106	-2,5185	-2,3424	-1,5391				
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	8,67	0,258	0,493	-	-	-	-	-	0,291	0,071	0,173	0,0195	0,10	0,37	-	-	-	
3	0,9379	-1,4116	-1,6928						-1,4639	-2,8513	-1,2380	-2,2900	-1,0000	-1,5682				
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	0,397	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3	-1,5988																	
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2	0,887		0,021															
3	-1,9479		-2,3222															

Таблица А. 9.Химический элементарный состав «стандартного» человека, вес % x10⁴

1	H 1																		He 2
2	100000																		-
3	5,0000																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	0,013	0,03											0,14	180000	30000	650000	20	-	
3	-2,1139	-2,4771											-1,1461	5,2553	44771	5,8129	1,3010		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	1500	500											1,4	30	10000	2500	1500	-	
3	3,1761	2,7782											0,1461	1,4771	4,0000	3,3979	3,1761		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	2000	15000	-	0,21	-	0,086	0,3	57	0,043	0,14	1,4	0,33	0,00004	0,01	1,4	-	17	-	
3	3,3010	4,1761		-1,3222		-2,9345	-1,4771	1,7559	-2,6335	-1,1461	0,1461	-1,5185	-5,6021	-2,0000	0,1461		1,2304		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	17	2	-	0,086	0,7	0,07	-	0,086	-	-	0,014	0,43	-	0,43	1,3	-	0,43	-	
3	1,2304	0,3010		-2,9345	-1,8451	-2,8451		-2,9294			-2,1461	-1,6335		-1,6335	0,1139		-1,6335		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	0,00014	0,23	0,7	-	-	-	-	-	-	-	0,014	0,01	0,086	1,1	0,0043	-	-		
3	-4,1461	-1,3617	-1,8451								-2,1461	-2,0000	-2,9345	0,0414	-3,6335				
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
2																			
3																			
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
3																			
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103					
2																			
3																			

Таблица А. 10. Химический элементарный состав «стандартного» человека : $10^3 \times 10^{13}$, % от содержания в земной коре $\times 10^4$

1	H 1																	He 2
2	4000																	-
3	3,6021																	
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	0,011	21											33	25000	44000	38,7	0,85	-
3	-2,0414	1,3222											1,5185	4,3979	4,6435	1,5877	-1,9294	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	1,68	0,75											0,0005	0,0028	300	187	247	-
3	0,2253	-1,8751											-4,7404	-3,4472	2,4771	2,2945	2,3927	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	2,24	12,7	-	0,0013	-	0,029	0,008	0,0345	0,066	0,069	0,85	11,1	0,00004	0,2	23,5	-	22,8	-
3	0,3502	1,1038		-3,1139		-2,4524	-3,9031	-2,8378	-2,8195	-2,8388	-1,9294	1,0453	-5,6232	-1,3010	1,3711		1,3579	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	3,2	0,165	-	0,014	1	1,82	-	2,400	-	-	5,7	92	-	4,8	72	-	30	-
3	0,5051	-1,2175		-2,1461	0,0000	0,2601		0,3802			0,7559	1,9638		0,6902	1,8573		1,4771	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,001	0,01	0,417	-	-	-	-	-	-	-	93	6,76	2,4	1,9	13,4	-	-	
3	-3,0000	-2,0000	-1,6201								1,9685	0,8299	0,3802	0,2788	1,1271			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 11. Химический элементарный состав «стандартного» человека : $10^3 \times 10^8$, % от содержания в океанической воде $\times 10^4$

1	H 1																	He 2
2	0,0044																	
3	-3,6435																	
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	0,00037	235											0,00015	31,7	296	0,0037	0,0777	-
3	-4,5682	2,3711											-4,1875	1,5011	1,4713	-3,5682	-2,8904	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	0,0007	0,00184											0,7	0,0493	704	0,014	0,000389	-
3	-4,8451	-3,2648											-1,8451	-2,6928	2,8476	-2,1461	-4,5899	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	0,0259	0,184	-	1,05	-	8,45	0,7	28,2	2,1	0,353	2,35	16,2	0,00235	0,825	2,35	-	0,00013	-
3	-2,4116	-1,2648		0,0212		0,9369	-1,8451	1,4502	0,3222	-1,5478	0,3711	1,2095	-3,3711	-1,9165	0,3711		-4,1139	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	0,7	0,00127	-	-	352	0,0352	-	-	-	-	1,75	19,2	-	2,73	12,7	-	0,0353	-
3	-1,8451	-3,1038			2,5465	-2,5432					0,2430	1,2833		0,4346	1,1038		-2,5478	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,0014	0,0377	294	-	-	-	-	-	-	-	17,5	3,29	42,2	181	1,05	-	-	
3	-3,1461	-2,5763	2,4683								1,2430	0,5172	1,6253	2,2577	0,0212			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 12. Химический элементарный состав земной коры, вес % x 10⁴

1	H 1																	He 2
2	700																	0,003
3	2,8451																	-3, 4771
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	32	3,8											12	200	19	470000	660	0,005
3	1,5051	0,5798											1,0792	2,3010	1,2788	5,6721	2,8195	-3,6990
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	25000	18700											80500	295000	930	370	170	0,04
3	4,3979	4,2718											4,9058	5,4698	2,9685	2,5682	2,2304	-2,6021
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	25000	33000	10	4500	90	83	1000	46500	18	58	47	83	19	1,4	1,7	0,05	2,1	0,0002
3	4,3979	4,5185	1,0000	3,6532	1,9542	1,9191	3,0000	4,6675	1,2553	1,7634	1,6721	1,9191	1,2788	0,1451	0,2304	-2,6990	0,3222	-4,3010
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	150	340	29	170	20	1,1	-	0,001	0,001	0,013	0,07	0,13	0,25	2,5	0,5	0,001	0,4	0,00003
3	2,1761	2,5315	1,4624	2,2304	1,3010	0,0414		-3,0000	-3,0000	-2,1139	-2,8451	-1,1139	-1,3979	0,3979	-1,6990	-3,0000	-1,6021	-5, 4771
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	3,7	350	49	1	2,5	1,3	0,0007	0,001	0,001	0,005	0,0043	0,083	1	16	0,009	-	-	
3	0,5682	2,5441	1,6902	0,0000	0,3979	0,1139	-4,8451	-3,0000	-3,0000	-3,6990	-3,6335	-2,9191	0,0000	1,2041	-3,9542			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	70	9	37	-	8	1,2	-	1,9	5	1,7	3,3	0,27	3,3	0,8				
3	1,8451	0,9542	1,5682		0,9031	0,0792		0,2788	0,6990	0,2304	0,5224	-1,4314	0,5224	-1,9031				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 13. Периодическая система химического элементарного состава земной коры, % от содержания в Земном шаре

1 2 3	H 1 - 																He 2 - 	
1 2 3	Li 3 4,18 0,6212	Be 4 1,77 0,2480											B 5 1,93 0,2856	C 6 0,19 -1,2788	N 7 7,96 0,9009	O 8 0,568 -1,7543	F 9 6,91 0,8395	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 1,49 0,1732	Mg 12 0,056 -2,7482											Al 13 2,38 0,3766	Si 14 0,695 -1,8420	P 15 0,242 -1,3838	S 16 0,0078 -3,8921	Cl 17 0,089 -2,9494	Ar 18 -
1 2 3	K 19 11,6 1,0645	Ca 20 0,86 -1,9345	Se 21 0,835 -1,9217	Ti 22 2,7 0,4314	V 23 0,472 -1,6739	Cr 24 0,0139 -2,1430	Mn 25 0,21 -1,3222	Fe 26 0,076 -2,8808	Co 27 0,0084 -3,9243	Ni 28 0,0017 -3,2304	Cu 29 0,447 -1,6503	Zn 30 1,51 0,1790	Ga 31 1,04 0,0170	Ge 32 0,0146 -2,1644	As 33 0,01 -2,0000	Se 34 0,0023 -3,3617	Br 35 0,04 -2,6021	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 0,787 -1,8960	Sr 38 6,5 0,8129	Y 39 2,42 0,3838	Zr 40 0,79 -1,8976	Nb 41 18,2 1,2601	Mo 42 0,1 -1,0000	Te 43 - 	Ru 44 0,000278 -4,4440	Rh 45 0,0007 -4,8451	Pd 46 0,0109 -2,0374	Ag 47 0,0586 -2,7679	Cd 48 0,0273 -2,4362	In 49 0,437 -1,6405	Sn 50 0,0525 -2,7202	Sb 51 0,51 -1,7076	Te 52 0,00293 -3,4669	I 53 0,15 -1,1761	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 19,4 1,2878	Ba 56 38,2 1,5821	La 57 11,6 1,0645	Hf 72 0,525 -1,7202	Ta 73 3,12 0,4942	W 74 0,031 -2,4914	Re 75 0,163 -1,2122	Os 76 0,00038 -4,5809	Ir 77 0,0007 -4,8451	Pt 78 0,0007 -4,8451	Au 79 0,00686 -3,8376	Hg 80 3,86 0,5866	Tl 81 2,97 0,4728	Pb 82 3,73 0,5717	Bi 83 0,0273 -2,4362	Po 84 - 	At 85 - 	Rn 86
1 2 3	Fr 87 	Ra 88 	Ac 89 	Ku 104 														
1 2 3	Ce 58 14,7 1,1673	Pr 59 4,6 0,6628	Nd 60 5,35 0,7284	Pm 61 - 	Sm 62 3,35 0,5250	Eu 63 2,1 0,3222	Gd 64 0,09 -2,9542	Tb 65 1,59 0,2014	Dy 66 1,05 0,0212	Ho 67 1,27 0,1038	Er 68 0,777 -1,8865	Tm 69 0,4 -1,6021	Yb 70 0,85 -1,9294	Lu 71 0,67 -18261				
1 2 3	Th 90 	Pa 91 	U 92 	Np 93 	Pu 94 	Am 95 	Cm 96 	Bk 97 	Cf 98 	Es 99 	Fm100 	Md101 	No 102 	Lr 103 				

Таблица А. 14. Химический элементарный состав океанической воды, вес % $\times 10^6$

1	H 1																	He 2
2	10800000																	0,0004
3	7,60334																	-5,6021
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	17	0,00005											460	2800	50	85700000	130	0,01
3	1,2304	-5,6990											2,6628	3,4472	1,6990	7,9330	2,1139	-2,0000
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	1050000	135000											1	300	7	0,000885	1900000	60
3	6,0212	5,1303											0,0000	2,4771	0,8451	-4,9469	6,2788	1,7782
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	38000	40000	0,004	0,1	0,02	0,005	0,02	1	0,01	0,2	0,3	1	0,003	0,006	0,3	0,04	6500	0,03
3	4,5798	4,5021	-3,6021	-1,0000	-2,3010	-3,6990	-2,3010	0,0000	-2,0000	-1,3010	-1,4771	0,0000	-3,4771	-3,7782	-1,4771	-2,6021	3,8129	-2,4771
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	12	800	0,03	-	0,001	1	-	-	-	-	0,004	0,011	2	0,08	0,05	-	6	0,01
3	1,0792	2,9031	-2,4771		-3,0000	0,0000					-3,6021	-2,0414	0,3010	-2,9031	-2,6990		0,7782	-2,0000
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,05	3	0,0012	-	-	0,01	-	-	-	-	0,0004	0,003	0,001	0,003	0,002	-	-	
3	-2,6990	0,4771	-3,0792			-2,0000					-4,6021	-3,4771	-3,0000	-3,4771	-3,3010			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	0,00052	0,00026	0,00092	-	0,00017	0,000046	0,00024	-	0,00029	0,000088	0,00024	0,000052	0,0002	0,000048				
3	-4,7160	-4,4150	-4,9638		-4,2304	-5,6628	-4,3802		-4,4624	-5,9445	-4,3802	-5,7160	-4,3010	-5,6812				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 15. Химический элементарный состав океанической воды, % от содержания в земной коре и океанической воде $\times 10^4$

1	H 1																		He 2
2	854000																		95
3	5,9315																		1,9777
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	30	0,0088											21700	7950	1490	94000	92	1100	
3	1,4771	-3,9445											4,3365	3,9004	3,1732	4,9731	1,9638	3,0414	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	23800	4000											0,0071	0,575	4,27	119900	864000	895000	
3	4,3766	3,6021											-3,8513	-1,7597	0,6304	5,0788	5,9365	5,9518	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	860	687	0,228	0,0126	1,26	0,0343	0,014	0,0122	0,315	1,96	3,62	6,84	0,0896	2,43	100	455	636000	78600	
3	2,9345	2,8370	-1,3579	-2,1004	0,1004	-2,5353	-2,1461	-2,0864	-1,4983	0,2923	0,5587	0,8351	-2,9523	0,3856	2,0000	2,6580	5,8035	4,8954	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	45,3	1300	0,586	-	0,0284	516	-	-	-	-	32,6	48	4500	17,6	57	-	8500	0,000016	
3	1,6561	3,1139	-1,7679		-2,4533	2,7126					1,5132	1,6884	3,6532	1,2455	1,7559		3,9294	-5,2041	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	77	2,66	0,014	-	-	4,36	-	-	-	-	53	20,6	0,57	0,106	126	-	-		
3	1,8865	0,4249	-2,1461			0,6395					1,7243	1,3139	-1,7559	-1,0253	2,1004				
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
2																			
3																			
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	0,0045	0,0168	0,014	-	0,012	0,02	0,017	-	0,0328	0,0294	0,041	0,011	0,0344	0,034					
3	-3,6532	-2,2201	-2,1461		-2,0792	-2,3010	-2,2304		-2,5159	-2,4683	-2,6128	-2,0414	-2,5366	-2,5315					
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md101	No 102	Lr 103					
2																			
3																			

Таблица А. 16. Химический элементарный состав метеоритов-хондритов, вес % (С. В. Козловская, Б. Ю. Левин, 1954, приводится в трудах А. Е. Ферсмана как приложение от редакции 1952-1960)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	0,00032	0,00009											0,00026	0,044	0,0001	34,6	0,004	-
3	-4,5051	-5,9542											-4,4150	-2,6435	-4,0000	1,5391	-3,6021	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	0,7	13,9											1,4	17,8	0,16	2,0	0,08	-
3	-1,8451	1,1430											0,1461	1,2504	-1,2041	0,3010	-2,9031	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	0,09	1,6	0,0005	0,07	0,008	0,25	0,2	25,6	0,09	1,4	0,0044	0,0023	0,00076	0,004	0,007	0,0009	0,0022	-
3	-2,9542	0,2041	-4,6990	-2,8451	-3,9031	-1,3979	-1,3010	1,4082	-2,9542	0,1461	-3,6435	-3,3617	-4,8808	-3,6021	-3,8451	-4,9542	-3,3424	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	0,008	0,0022	0,0005	0,009	0,000046	0,00046	-	0,0015	0,00006	0,00005	0,00005	0,0002	0,000024	0,002	0,000037	0,000014	0,00011	-
3	-3,9031	-33424	-4,6990	-3,9542	-5,6628	-4,6628		-3,1761	-5,7782	-5,6990	-5,6990	-4,3010	-5,3802	-3,3010	-5,5682	-5,1461	-4,0414	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,000008	0,0007	0,00017	0,00008	0,000034	0,0017	0,000000 2	0,00011	0,00006	0,0003	0,000025	0,000000 9	0,000014	0,00018	0,000016	-	-	
3	-6,9031	-4,8451	-4,2304	-5,9445	-5,5315	-3,2304	-7,3010	-4,0414	-5,7782	-4,4771	-5,3979	-7,6990	-5,1461	-4,2553	-5,2041			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	0,0002	0,00008	0,00029	-	0,0001	0,000026	0,00016	0,00005	0,0002	0,000056	0,00017	0,000028	0,00016	0,00005				
3	-4,3010	-5,9031	-4,4624		-4,0000	-5,4150	-4,2041	-5,6990	-4,3010	-5,7482	-4,2304	-5,4472	-4,2041	-5,6990				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 17. Химический элементарный состав живого вещества, вес % (А. П. Виноградов, 1932; 1933)

1	H 1																		He 2
2	10,5																		-
3	1,0212																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10	
2	0,00001	-											0,001	18	0,3	70	0,0005	-	
3	-5,0000												-3,0000	1,2553	-1,4771	1,8451	-4,6990		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18	
2	0,02	0,04											0,005	0,2	0,07	0,05	0,02	-	
3	-2,3010	-2,6021											-3,6990	-1,3010	-2,8451	-2,6990	-2,3010		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36	
2	0,3	0,5	-	0,0008	0,0001	0,0001	0,001	0,01	0,00002	0,00005	0,0002	0,0005	-	0,0001	0,00003	0,000001	0,00015	-	
3	-1,4771	-1,6990		-4,9031	-4,0000	-4,0000	-3,0000	-2,0000	--5,3010	-5,6990	-4,3010	-4,6990		-4,0000	-5,4771	-6,0000	-4,1761		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54	
2	0,0005	0,002	0,00001	-	-	0,00001	-	-	-	-	-	-	-	0,00005	-	-	-	-	
3	-4,6990	-3,3010	-5,0000			-5,0000								-5,6990					
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86	
2	0,00001	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,000000	-	-	-	-	-		
3	-5,0000	-3,4771										1 -7,0000							
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
2																			
3																			
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71					
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
3																			
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103					
2																			
3																			

Таблица А. 18. Химический элементарный состав океанической воды, % от содержания в Земном шаре $\times 10^6$

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	1260	0,000158											42000	1510	1200	59000	755	-
3	3	-4,1987											4,6232	3,1790	3,0792	4,7709	2,8779	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	35600	219											0,0169	0,4	1,03	1050	566000	-
3	4,5514	2,3404											-2,2279	-1,6021	0,0128	3,0212	5,7528	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	10000	593	0,19	0,0351	0,595	0,000476	0,0239	0,00093	0,00264	0,00338	1,62	10,4	0,0936	0,0356	1	1,06	70000	-
3	4,0000	2,7731	-1,2788	-2,5453	-1,7745	-4,6776	-2,3784	-4,9685	-3,4216	-3,5289	0,2095	1,0170	-2,9713	-2,5514	0,0000	0,0253	4,8451	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	35,7	8400	1,42	-	0,52	52	-	-	-	-	1,43	1,31	1980	0,92	32	-	1290	-
3	1,6627	3,9243	0,1523		-1,7160	1,7160					0,1553	0,1173	3,2967	-1,9638	1,5051		3,1106	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	149	100	0,167	-	-	0,137	-	-	-	-	0,365	79	1,67	0,397	3	-	-	
3	2,1523	2,0000	-1,2227			-1,1367					-1,5623	2,8976	0,2227	-1,5988	0,4771			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	0,062	0,077	0,073	-	0,04	0,042	0,035	-	0,034	0,037	0,033	0,044	0,0296	0,0227				
3	-2,7924	-2,8865	-2,8633		-2,6021	-2,6232	-2,5441		-2,5315	-2,5682	-2,6185	-2,6435	-2,4713	-2,3560				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 19. Химический элементарный состав живого вещества, % от содержания в земной коре

1	H 1																	He 2
2	0,3																	-
3	-1,4771																	
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	0,000006	-											0,000017	1,8	0,316	0,003	0,000015	-
3	-6,7782												-5,2304	0,2553	-1,4997	-3,4771	-5,1761	
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	0,000016	0,000043											0,000001	0,000013	0,0015	0,00027	0,00236	-
3	-5,2041	-5,6335											-6,0000	-5,1139	-3,1761	-4,4314	-3,3729	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	0,00024	0,0003	-	0,000004	0,000022	0,000024	0,00002	0,000004	0,000022	0,000017	0,000085	0,00012	-	0,0014	0,00035	0,0004	0,0014	-
3	-4,3802	-4,4771		-6,6021	-5,3424	-5,3802	-5,3010	-6,6021	-5,3424	-5,2304	-5,9294	-4,0792		-3,1461	-4,5441	-4,6021	-3,1461	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	0,000067	0,0012	0,000007	-	-	0,00018	-	-	-	-	-	-	-	0,0004	-	-	-	-
3	-5,8261	-3,0792	-6,8451			-4,2553								-4,6021				
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,000054	0,00001	-	--	-	-	-	-	-	-	-	0,000024						
3	-5,7324	-5,0000										-5,3802						
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 20. Химический элементарный состав живого вещества, % от содержания в океанической воде

[illegible]

Таблица А. 21. Космическая распространенность химических элементов по А. Камерону, на 10^6 ат Si (Э. В. Соболевич, 1974)

1	H 1																He 2	
2	2,6·10 ¹⁰																2,1·10 ⁹	
3	10,4150																9,3222	
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	45	0,69											6,2	1350000 0	2440000	2360000 0	3630	2360000
3	1,6532	-1,8388											0,7924	7,1303	6,3874	7,3729	3,5599	6,3729
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	63200	1030000											85100	1000000	12700	506000	1970	228000
3	4,8007	6,0128											4,9299	6,0000	4,1038	5,7042	3,2945	5,3579
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	3240	73600	33	2300	900	12400	8800	890000	2300	45700	919	1500	45,6	126	7,2	70,1	20,6	64,4
3	3,5105	4,8669	1,5185	3,3617	2,9542	4,0934	3,9445	5,9494	3,3617	4,6599	2,9633	3,1761	1,6590	2,1335	0,8585	1,8457	1,3139	1,8089
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	5,94	58,4	4,6	30	1,15	2,52	-	1,6	0,33	1,5	0,5	2,12	0,217	4,22	0,381	6,76	1,41	7,10
3	0,7738	1,7664	0,6628	1,4771	0,0607	0,3979		0,2041	-1,5185	0,1761	-1,6990	0,3263	-1,3365	0,6253	-1,5809	0,8299	0,1492	0,8513
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,367	4,7	0,36	0,16	0,022	0,16	0,055	0,71	0,73	1,13	0,20	0,75	0,18	2,90	0,164			
3	-1,5647	0,6721	-1,5563	-1,2041	-2,3424	-1,2041	-2,7404	-1,8513	-1,8633	0,0531	-1,3010	-1,8751	-1,2553	0,4624	-1,2148			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	1,17	0,17	0,77	-	0,23	0,091	0,34	0,052	0,36	0,090	0,22	0,035	0,21	0,035				
3	0,0682	-1,2304	-1,8865		-2,3617	-2,9590	-1,5315	-2,7160	-1,5563	-2,9542	-1,3424	-2,5441	-1,3222	-2,5441				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 22. Химический элементарный состав метеоритов-хондритов, на 10^6 ат Si (С. В. Козловская, Б. Ю. Левин, 1954, приводится в трудах А. Е. Ферсмана как приложение от редакции 1952-1960)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	21	4,6											11	1700	3	3400000	97	14000
3	1,3222	0,6628											1,0414	3,2304	0,4771	6,5315	1,9868	4,1461
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	265000	25000											290000	1000000	2400	28000	1000	-
3	5,4232	4,3979											5,4624	6,0000	3,3802	4,4472	3,0000	
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	1100	18000	4,9	700	70	2200	1700	210000	700	11000	32	16	5,1	25	43	5,3	13	-
3	3,0414	4,2553	0,6902	2,8451	1,8451	3,3424	3,2304	5,3222	2,8451	4,0414	1,5051	1,2041	0,7076	1,3978	1,6335	0,7243	1,1139	
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	4	12	2,6	46	0,23	2,2	-	0,68	0,29	0,24	0,21	0,82	0,096	7,5	0,14	0,115	0,39	-
3	0,6021	1,0792	0,4150	1,6628	-1,3617	0,3424		-1,8325	-1,4624	-1,3802	-1,3222	-1,9138	-2,9823	0,8751	-1,1461	-1,-607	-1,5911	
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,028	2,4	0,56	0,21	0,087	4,3	0,00042	0,23	0,15	0,72	0,061	0,0021	0,031	0,40	0,035			
3	-2,4472	0,3802	-1,7482	-1,3222	-2,9395	0,6335	-4,6232	-1,3617	-1,1761	-1,8573	-2,7853	-3,3222	-2,4914	-1,6021	-2,5441			
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	0,62	0,27	0,93	-	0,31	0,079	0,47	0,14	0,55	0,16	0,47	0,078	0,43	0,13				
3	-1,7924	-1,4314	-1,9685		-1,4914	-2,8976	-1,6721	-1,1461	-1,7404	-1,2041	-1,6721	-2,8921	-1,6335	-1,1139				
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица А. 23. Химический элементарный состав метеоритов-хондритов, % от космической распространенности (С. В. Козловская, Б. Ю. Левин, 1954, приводится в трудах А. Е. Ферсмана как приложение от редакции 1952-1960)

1 2 3	H 1 - 																	He 2 -
1 2 3	Li 3 46,6 1,6684	Be 4 667 2,8241											B 5 177 2,2480	C 6 0,0125 -2,0969	N 7 0,00012 -4,0792	O 8 14,4 1,1584	F 9 2,67 0,4265	Ne 10 0,6 -1,7782
1 2 3	Na 11 420 2,6232	Mg 12 2,4 0,3802											Al 13 340 2,5315	Si 14 100 2,0000	P 15 19 1,2788	S 16 5,5 0,7404	Cl 17 51 1,7076	Ar 18 -
1 2 3	K 19 34 1,5315	Ca 20 24 1,3802	Se 21 14,8 1,1703	Ti 22 70 1,8451	V 23 7,8 0,8921	Cr 24 17,7 1,2408	Mn 25 19,3 1,2856	Fe 26 24 1,3802	Co 27 30 1,4771	Ni 28 24 1,3802	Cu 29 3,5 0,5441	Zn 30 1,07 0,0294	Ga 31 11,2 1,0492	Ge 32 20 1,3010	As 33 615 2,7889	Se 34 7,6 0,8808	Br 35 63 1,7993	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 67,3 1,8280	Sr 38 20,6 1,3139	Y 39 56,6 1,7528	Zr 40 153 2,1847	Nb 41 20 1,3010	Mo 42 87,3 1,9410	Te 43 - 	Ru 44 42,5 1,6284	Rh 45 88 1,9445	Pd 46 16 1,2041	Ag 47 42 1,6232	Cd 48 38,7 1,5877	In 49 48 1,6812	Sn 50 177 2,2480	Sb 51 36,9 1,5670	Te 52 1,7 0,2304	I 53 27,6 1,4409	Xe 54
1 2 3	Cs 55 7,6 0,8808	Ba 56 51 1,7076	La 57 155 2,1903	Hf 72 131 2,1173	Ta 73 396 2,5977	W 74 2680 3,4281	Re 75 0,76 -1,8808	Os 76 32,4 1,5105	Ir 77 35 1,5441	Pt 78 63,6 1,8035	Au 79 30,5 1,4843	Hg 80 0,28 -1,4472	Tl 81 17 1,2304	Pb 82 138 2,1399	Bi 83 21,3 1,3284	Po 84 	At 85 	Rn 86
1 2 3	Fr 87 	Ra 88 	Ac 89 	Ku 104 														
1 2 3	Ce 58 53 1,7243	Pr 59 159 2,2014	Nd 60 120 2,0792	Pm 61 - 	Sm 62 135 2,1303	Eu 63 87 1,9395	Gd 64 138 2,1399	Tb 65 250 2,3979	Dy 66 153 2,1847	Ho 67 178 2,2504	Er 68 214 2,3304	Tm 69 222 2,3464	Yb 70 200 2,3010	Lu 71 372 2,5705				
1 2 3	Th 90 	Pa 91 	U 92 	Np 93 	Pu 94 	Am 95 	Cm 96 	Bk 97 	Cf 98 	Es 99 	Fm 100 	Md101 	No 102 	Lr 103 				

Таблица А. 24. Содержание химических элементов-примесей в лунном веществе (морской реголит), доставленном «Луной-16» $\times 10^{-4}$
(Г. П. Вдовыкин, 1975)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	6,6	2,5											4,4	-	-	-	131	-
3																		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	-	-											-	-	-	-	19,7	-
3																		
1	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	-	-	55	-	79	-	-	-	35	180	37	33,4	4,5	2,25	0,41	0,36	0,1	-
3																		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	1,9	253	70,4	282	15,9	7	-	<0,1	<0,15	<0,38	<0,28	0,52	0,07	1,7	0,85	0,027	0,0072	
3																		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,09	170	12	5,9	-	24	-	0,03	0,001	0,05	0,0025	0,14	-	0,9	-			
3																		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	35	8,6	24	-	9	2,3	10	1,5	12,5	2,8	5,8	0,78	6,5	0,97				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2	1,2		0,38															
3																		

Таблица А. 25. Содержание химических элементов-примесей в метеоритах – обыкновенных хондритах $\times 10^{-4} \%$ (Г. П. Вдовыкин, 1975)

1 2 3	H 1 - 																	He 2 -
1 2 3	Li 3 1,7	Be 4 0,038											B 5 2,	C 6	N 7	O 8	F 9 125	Ne 10
1 2 3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17 86	Ar 18 -
1 2 3	K 19	Ca 20	Sc 21 7,6	Ti 22	V 23 63	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27 650	Ni 28 14000	Cu 29 90	Zn 30 55	Ga 31 5	Ge 32 10	As 33 2	Se 34 8	Br 35 0,24	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 5	Sr 38 10	Y 39 2	Zr 40 10	Nb 41 0,3	Mo 42 1,5	Te 43 -	Ru 44 1	Rh 45 0,26	Pd 46 1,	Ag 47 0,69	Cd 48 0,05	In 49 0,004	Sn 50 0,7	Sb 51 0,1	Te 52 1	I 53 0,035	Xe 54
1 2 3	Cs 55 1	Ba 56 3,5	La 57 0,3	Hf 72 0,19	Ta 73 0,02	W 74 0,13	Re 75 0,055	Os 76 0,65	Ir 77 0,65	Pt 78 1	Au 79 0,2	Hg 80 0,13	Tl 81 0,003	Pb 82 0,3	Bi 83 0,016	Po 84	At 85	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 0,84	Pr 59 0,12	Nd 60 0,58	Pm 61 -	Sm 62 0,21	Eu 63 0,074	Gd 64 0,32	Tb 65 0,049	Dy 66 0,31	Ho 67 0,073	Er 68 0,21	Tm 69 0,033	Yb 70 0,17	Lu 71 0,031				
1 2 3	Th 90 0,04	Pa 91 0,01	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица А. 26. Содержание химических элементов-примесей в лунном веществе (материковый реголит), доставленном «Луной-20»
 $\times 10^{-4}$ (Г. П. Вдовыкин, 1975)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	6,2	-											39	-	-	-	37	-
3																		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2																	14	-
3																		
1	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2			15,8		45				28	260	11	21,6	2,3	0,43	0,25	0,21	0,14	-
3																		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	2	250	43	230	6,8	26	-	0,6	-	-	-	1,74	0,0039	3	0,2	0,0215	0,012	-
3																		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,05	110	7	2,7	0,3	82	0,005	-	0,0095	-	0,0036	-	0,0066	1,4	0,0026			-
3																		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	17,5	3,4	11,2	-	3,48	0,99	5	0,72	5,5	1,2	3,5	0,35	2,8	0,42				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md101	No 102	Lr 103				
2	1,5		0,44															
3																		

Таблица А. 27. Периодическая система содержания химических элементов-примесей в лунном веществе (морской реголит), доставленном «Луной-16» $\times 10^{-4}$, % от содержания в метеоритах – обыкновенных хондритах $\times 10^{-4}$ % (в расчетах использованы данные по метеоритам – обыкновенным хондритам Г. П. Вдовыкина, 1975).

1 2 3	H 1 - 																	He 2 -
1 2 3	Li 3 388 2,5888	Be 4 6579 3,6182											B 5 220 2,3222	C 6 - 	N 7 - 	O 8 - 	F 9 105 2,0212	Ne 10 -
1 2 3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17 22,4 1,3502	Ar 18 -
1 2 3	K 19	Ca 20	Sc 21 724 2,8597	Ti 22	V 23 125 2,0969	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27 5,4 0,7324	Ni 28 1,3 0,1139	Cu 29 41 1,6128	Zn 30 61 1,7853	Ga 31 90 1,9542	Ge 32 22,5 1,3522	As 33 20 1,3010	Se 34 4,5 0,6532	Br 35 42 1,6232	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 38 1,5798	Sr 38 2530 3,4031	Y 39 3520 3,5465	Zr 40 2820 3,4502	Nb 41 5300 3,7243	Mo 42 467 2,6693	Te 43 - 	Ru 44 10 1,0000	Rh 45 58 1,7634	Pd 46 38 1,5798	Ag 47 311 2,4928	Cd 48 1040 3,0170	In 49 1750 3,2430	Sn 50 243 2,3856	Sb 51 850 2,9294	Te 52 2,7 0,4314	I 53 21 1,3222	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 9 0,9542	Ba 56 4860 3,6866	La 57 4000 3,6021	Hf 72 3105 3,4983	Ta 73 - 	W 74 18460 4,2662	Re 75 - 	Os 76 4,6 0,6628	Ir 77 0,15 -1,1761	Pt 78 5 0,6990	Au 79 1,25 0,0969	Hg 80 108 2,0334	Tl 81 - 	Pb 82 300 2,4771	Bi 83 - 	Po 84 - 	At 85 - 	Rn 86 -
1 2 3	Fr 87 - 	Ra 88 - 	Ac 89 - 	Ku 104 - 														
1 2 3	Ce 58 4170 3,6201	Pr 59 7170 3,8555	Nd 60 4615 3,6547	Pm 61 - 	Sm 62 4290 3,3,6325	Eu 63 3110 3,4928	Gd 64 3125 3,4949	Tb 65 3060 3,4857	Dy 66 4032 3,6055	Ho 67 3836 3,5839	Er 68 1218 3,0856	Tm 69 2363 3,3735	Yb 70 294 2,4683	Lu 71 3129 3,4954				
1 2 3	Th 90 3000 3,4771	Pa 91 - 	U 92 3800 3,5798	Np 93 - 	Pu 94 - 	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 1. Молекулярная масса химических элементов (дальтон)

1 2 3	H 1 2,02																He 2 4,0	
1 2 3	Li 3 6,94	Be 4 9,01											B 5 10,81	C 6 12,01	N 7 28,01	O 8 32,0	F 9 38,0	Ne 10 20,18
1 2 3	Na 11 22,99	Mg 12 24,31											Al 13 26,98	Si 14 28,09	P 15 123,89	S 16 256,51	Cl 17 20,01	Ar 18 39,95
1 2 3	K 19 39,10	Ca 20 40,08	Se 21 44,96	Ti 22 47,9	V 23 50,94	Cr 24 52,0	Mn 25 54,94	Fe 26 55,85	Co 27 58,93	Ni 28 58,71	Cu 29 63,54	Zn 30 65,37	Ga 31 69,72	Ge 32 72,59	As 33 299,69	Se 34 631,68	Br 35 159,82	Kr 36 83,80
1 2 3	Rb 37 85,47	Sr 38 87,62	Y 39 88,90	Zr 40 91,22	Nb 41 92,91	Mo 42 95,94	Te 43 99	Ru 44 101,07	Rh 45 102,95	Pd 46 106,4	Ag 47 107,87	Cd 48 112,40	In 49 114,82	Sn 50 118,69	Sb 51 121,75	Te 52 127,60	I 53 253,81	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 132,91	Ba 56 137,34	La 57 138,91	Hf 72 178,49	Ta 73 180,95	W 74 183,85	Re 75 186,2	Os 76 190,2	Ir 77 192,2	Pt 78 195,09	Au 79 196,97	Hg 80 200,59	Tl 81 204,37	Pb 82 207,19	Bi 83 208,98	Po 84 210	At 85 210	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 140,12	Pr 59 140,91	Nd 60 144,24	Pm 61 147	Sm 62 150,35	Eu 63 151,96	Gd 64 157,25	Tb 65 158,92	Dy 66 162,5	Ho 67 164,93	Er 68 167,26	Tm 69 168,93	Yb 70 173,94	Lu 71 174,97				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 2. Радиус атома, Å

1 2 3	H 1 0,46																He 2 1,79	
1 2 3	Li 3 1,56	Be 4 1,11											B 5 0,91	C 6 0,77	N 7 0,71	O 8 -	F 9 0,71	Ne 10 1,60
1 2 3	Na 11 1,92	Mg 12 1,60											Al 13 1,43	Si 14 1,34	P 15 1,3	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 1,91
1 2 3	K 19 2,38	Ca 20 1,97	Se 21 1,61	Ti 22 1,45	V 23 1,36	Cr 24 1,28	Mn 25 1,31	Fe 26 1,27	Co 27 1,25	Ni 28 1,24	Cu 29 1,28	Zn 30 1,33	Ga 31 1,39	Ge 32 1,39	As 33 1,40	Se 34 1,6	Br 35 -	Kr 36 1,97
1 2 3	Rb 37 2,51	Sr 38 2,15	Y 39 1,80	Zr 40 1,58	Nb 41 1,45	Mo 42 1,40	Te 43 1,36	Ru 44 1,32	Rh 45 1,34	Pd 46 1,37	Ag 47 1,44	Cd 48 1,49	In 49 1,57	Sn 50 1,59	Sb 51 1,61	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 2,18
1 2 3	Cs 55 2,70	Ba 56 2,24	La 57 1,88	Hf 72 1,57	Ta 73 1,46	W 74 1,41	Re 75 1,37	Os 76 1,34	Ir 77 1,35	Pt 78 1,38	Au 79 1,44	Hg 80 1,5	Tl 81 1,79	Pb 82 1,74	Bi 83 1,82	Po 84 1,67	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 1,82	Pr 59 1,83	Nd 60 1,82	Pm 61 -	Sm 62 1,8	Eu 63 2,04	Gd 64 1,80	Tb 65 1,78	Dy 66 1,77	Ho 67 1,77	Er 68 1,76	Tm 69 1,75	Yb 70 1,75	Lu 71 1,73				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 3. Радиус иона, Å

1 2 3	H 1 1,54																		He 2 -
1 2 3	Li 3 0,78	Be 4 0,34											B 5 0,20	C 6 0,20	N 7 -	O 8 1,32	F 9 1,33	Ne 10 -	
1 2 3	Na 11 0,98	Mg 12 0,78											Al 13 0,57	Si 14 0,39	P 15 -	S 16 1,74	Cl 17 1,81	Ar 18 -	
1 2 3	K 19 1,33	Ca 20 1,06	Se 21 0,83	Ti 22 0,64	V 23 -	Cr 24 -	Mn 25 -	Fe 26 -	Co 27 -	Ni 28 -	Cu 29 0,8	Zn 30 0,83	Ga 31 0,62	Ge 32 0,44	As 33 -	Se 34 -	Br 35 -	Kr 36 -	
1 2 3	Rb 37 1,49	Sr 38 1,27	Y 39 1,06	Zr 40 0,87	Nb 41 -	Mo 42 -	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 -	Ag 47 1,13	Cd 48 1,03	In 49 0,92	Sn 50 -	Sb 51 -	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -	
1 2 3	Cs 55 1,65	Ba 56 1,43	La 57 1,22	Hf 72 0,82	Ta 73 0,66	W 74 0,65	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 -	Pt 78 -	Au 79 -	Hg 80 1,12	Tl 81 -	Pb 82 -	Bi 83 1,2	Po 84 -	At 85 -	Rn 86	
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
1 2 3	Ce 58 -	Pr 59 -	Nd 60 0,99	Pm 61 0,98	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 0,94	Tb 65 0,89	Dy 66 0,88	Ho 67 0,86	Er 68 0,88	Tm 69 0,869	Yb 70 -	Lu 71 0,99					
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm100	Md101	No 102	Lr 103					

Таблица Б. 4. Ионные потенциалы (отношение заряда иона к его радиусу)

1 2 3	H 1 -																	He 2 -
1 2 3	Li 3 1,3	Be 4 5,9											B 5 -	C 6 -	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 1,0	Mg 12 2,6											Al 13 5,3	Si 14 -	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 0,8	Ca 20 1,9	Se 21 3,6	Ti 22 6,2	V 23 -	Cr 24 -	Mn 25 -	Fe 26 -	Co 27 -	Ni 28 -	Cu 29 2,5	Zn 30 2,4	Ga 31 4,9	Ge 32 7,5	As 33 -	Se 34 -	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 0,7	Sr 38 1,6	Y 39 2,8	Zr 40 4,6	Nb 41 -	Mo 42 -	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 -	Ag 47 0,9	Cd 48 1,9	In 49 3,3	Sn 50 -	Sb 51 -	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 0,6	Ba 56 1,4	La 57 2,5	Hf 72 4,6	Ta 73 -	W 74 -	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 -	Pt 78 -	Au 79 -	Hg 80 1,8	Tl 81 -	Pb 82 -	Bi 83 2,6	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 -	Pr 59 -	Nd 60 -	Pm 61 -	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 -	Tb 65 -	Dy 66 -	Ho 67 -	Er 68 -	Tm 69 -	Yb 70 -	Lu 71 -				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 5. Энергия гидратации (ккал / г-ион)

1 2 3	H 1 60																He 2 -	
1 2 3	Li 3 145	Be 4 1210											B 5 4500	C 6 9400	N 7 -	O 8 294	F 9 75	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 103	Mg 12 555											Al 13 1635	Si 14 4000	P 15 -	S 16 222	Cl 17 55	Ar 18 -
1 2 3	K 19 75	Ca 20 389	Se 21 1100	Ti 22 2460	V 23 -	Cr 24 -	Mn 25 -	Fe 26 -	Co 27 -	Ni 28 -	Cu 29 500	Zn 30 500	Ga 31 1450	Ge 32 3400	As 33 -	Se 34 -	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 67	Sr 38 333	Y 39 1930	Zr 40 3670	Nb 41 -	Mo 42 -	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 -	Ag 47 85	Cd 48 400	In 49 1020	Sn 50 -	Sb 51 -	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 57	Ba 56 288	La 57 780	Hf 72 1950	Ta 73 3790	W 74 5550	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 -	Pt 78 -	Au 79 -	Hg 80 360	Tl 81 -	Pb 82 -	Bi 83 750	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 -	Pr 59 -	Nd 60 910	Pm 61 920	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 960	Tb 65 1100	Dy 66 1020	Ho 67 1045	Er 68 1060	Tm 69 1060	Yb 70 -	Lu 71 1010				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 6. Потенциал первичной ионизации, эВ

1 2 3	H 1 13,6																He 2 24,6	
1 2 3	Li 3 5,6	Be 4 9,3											B 5 8,3	C 6 11,3	N 7 14,5	O 8 13,6	F 9 17,4	Ne 10 21,6
1 2 3	Na 11 5,1	Mg 12 7,6											Al 13 6,0	Si 14 8,1	P 15 10,5	S 16 10,4	Cl 17 13	Ar 18 15,8
1 2 3	K 19 4,3	Ca 20 6,1	Se 21 6,5	Ti 22 6,8	V 23 6,7	Cr 24 6,8	Mn 25 7,4	Fe 26 7,9	Co 27 7,9	Ni 28 7,6	Cu 29 7,7	Zn 30 9,4	Ga 31 6,0	Ge 32 7,9	As 33 9,8	Se 34 9,7	Br 35 11,8	Kr 36 14,0
1 2 3	Rb 37 4,2	Sr 38 5,7	Y 39 6,4	Zr 40 6,8	Nb 41 6,9	Mo 42 7,1	Te 43 7,3	Ru 44 7,4	Rh 45 7,5	Pd 46 8,3	Ag 47 7,6	Cd 48 9,0	In 49 5,8	Sn 50 7,3	Sb 51 8,6	Te 52 9,0	I 53 10,4	Xe 54 12,1
1 2 3	Cs 55 3,9	Ba 56 5,2	La 57 5,6	Hf 72 7,0	Ta 73 7,9	W 74 8,9	Re 75 7,9	Os 76 8,7	Ir 77 9,0	Pt 78 9,0	Au 79 9,2	Hg 80 10,4	Tl 81 6,1	Pb 82 7,4	Bi 83 7,3	Po 84 8,4	At 85 9,2	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 5,6	Pr 59 5,4	Nd 60 5,5	Pm 61 -	Sm 62 5,6	Eu 63 5,7	Gd 64 6,2	Tb 65 6,0	Dy 66 6,8	Ho 67 -	Er 68 6,1	Tm 69 6,1	Yb 70 6,2	Lu 71 6,1				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 7. Электроотрицательность ($\chi = I + E$, то есть это сумма потенциалов ионизации и сродства к электрону)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	-	1,5											2,0	-	-	-	-	-
3																		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	0,9	1,2											1,5	-	-	-	-	-
3																		
1	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	0,8	1,0	-	1,6	1,35	1,5	1,4	1,7	1,7	1,8	2,0	1,5	1,6	1,7	2,0	2,4	-	-
3																		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	0,8	1,0	1,3	1,6	1,6	1,6	-	2,05	2,1	2,0	1,8	1,5	1,6	1,65	1,8	2,2	-	-
3																		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	0,7	0,85	1,1	1,3	1,4	1,6	-	2,1	2,1	2,1	2,3	1,9	1,5	1,6	1,8	2,0	-	
3																		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица Б. 8. Сродство к электрону, эВ

1 2 3	H 1 0,75																	He 2 -0,53
1 2 3	Li 3 0,54	Be 4 -0,6											B 5 0,3	C 6 2,08	N 7 -0,69	O 8 2,33	F 9 3,62	Ne 10 -0,8
1 2 3	Na 11 1,21	Mg 12 -0,4											Al 13 0,52	Si 14 2,0	P 15 0,9	S 16 1,04	Cl 17 3,82	Ar 18 -1,0
1 2 3	K 19 0,69	Ca 20 -	Sc 21 -	Ti 22 -	V 23 -	Cr 24 -	Mn 25 -	Fe 26 -	Co 27 -	Ni 28 -	Cu 29 2,4	Zn 30 -	Ga 31 -	Ge 32 -	As 33 -	Se 34 3,7	Br 35 3,54	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 -	Sr 38 -	Y 39 -	Zr 40 -	Nb 41 -	Mo 42 -	Tc 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 -	Ag 47 2,5	Cd 48 -	In 49 -	Sn 50 -	Sb 51 2,0	Te 52 3,6	I 53 3,23	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 -	Ba 56 -	La 57 -	Hf 72 -	Ta 73 -	W 74 -	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 -	Pt 78 -	Au 79 2,1	Hg 80 1,53	Tl 81 2,1	Pb 82 -	Bi 83 0,7	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 -	Pr 59 -	Nd 60 -	Pm 61 -	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 -	Tb 65 -	Dy 66 -	Ho 67 -	Er 68 -	Tm 69 -	Yb 70 -	Lu 71 -				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 9. Работа выхода электрона, эВ

1 2 3	H 1 -																	He 2 -
1 2 3	Li 3 2,49	Be 4 3,92											B 5 4,6	C 6 4,63	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 2,28	Mg 12 3,67											Al 13 4,2	Si 14 4,13	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 2,25	Ca 20 2,98	Se 21 3,26	Ti 22 4,32	V 23 4,11	Cr 24 4,60	Mn 25 3,85	Fe 26 4,55	Co 27 4,40	Ni 28 4,56	Cu 29 4,36	Zn 30 4,24	Ga 31 4,06	Ge 32 4,66	As 33 4,95	Se 34 4,85	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 2,13	Sr 38 2,74	Y 39 -	Zr 40 4,06	Nb 41 3,99	Mo 42 4,20	Te 43 -	Ru 44 4,52	Rh 45 4,75	Pd 46 4,98	Ag 47 4,7	Cd 48 4,04	In 49 3,84	Sn 50 4,44	Sb 51 4,32	Te 52 4,73	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 1,94	Ba 56 2,52	La 57 3,3	Hf 72 3,53	Ta 73 4,13	W 74 4,54	Re 75 4,98	Os 76 4,55	Ir 77 4,57	Pt 78 5,42	Au 79 4,8	Hg 80 4,52	Tl 81 3,86	Pb 82 4,05	Bi 83 4,34	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 2,74	Pr 59 2,7	Nd 60 3,3	Pm 61 -	Sm 62 3,2	Eu 63 -	Gd 64 -	Tb 65 -	Dy 66 -	Ho 67 -	Er 68 -	Tm 69 -	Yb 70 -	Lu 71 -				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 10. Температура кипения (⁰С, при 1 атм.)

1 2 3	H 1 -252,8																	He 2 -
1 2 3	Li 3 1336	Be 4 2470											B 5 2550	C 6 3500	N 7 -195,8	O 8 -182,97	F 9 -188,2	Ne 10 -245,9
1 2 3	Na 11 890	Mg 12 1103											Al 13 2000	Si 14 2360	P 15 -	S 16 444,6	Cl 17 -34	Ar 18 -185,8
1 2 3	K 19 770	Ca 20 1440	Se 21 2750	Ti 22 3170	V 23 3000	Cr 24 2200	Mn 25 2150	Fe 26 2740	Co 27 2250	Ni 28 2140	Cu 29 2600	Zn 30 907	Ga 31 2000	Ge 32 2700	As 33 610	Se 34 685	Br 35 59	Kr 36 -152,9
1 2 3	Rb 37 696	Sr 38 1370	Y 39 2600	Zr 40 3580	Nb 41 3700	Mo 42 4800	Te 43 -	Ru 44 4200	Rh 45 3670	Pd 46 4000	Ag 47 2160	Cd 48 767	In 49 2000	Sn 50 2360	Sb 51 1635	Te 52 990	I 53 184	Xe 54 -108
1 2 3	Cs 55 670	Ba 56 1540	La 57 3470	Hf 72 5300	Ta 73 5300	W 74 5400	Re 75 5440	Os 76 5000	Ir 77 4150	Pt 78 4000	Au 79 2850	Hg 80 356,6	Tl 81 1457	Pb 82 1740	Bi 83 1430	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 3600	Pr 59 3000	Nd 60 3300	Pm 61 3200	Sm 62 1600	Eu 63 1430	Gd 64 2800	Tb 65 2800	Dy 66 2330	Ho 67 2700	Er 68 2400	Tm 69 2400	Yb 70 1320	Lu 71 3000				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 11. Температура плавления (⁰С, при 1 атм.)

1 2 3	H 1 -259,4																	He 2 -
1 2 3	Li 3 186	Be 4 1284											B 5 2000	C 6 3500	N 7 -210	O 8 -218,8	F 9 -218	Ne 10 -248,6
1 2 3	Na 11 97,7	Mg 12 650											Al 13 660,1	Si 14 1415	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -101	Ar 18 -189,4
1 2 3	K 19 63	Ca 20 851	Se 21 1500	Ti 22 1700	V 23 1900	Cr 24 1900	Mn 25 1250	Fe 26 1539	Co 27 1492	Ni 28 1453	Cu 29 1083	Zn 30 419,5	Ga 31 29,8	Ge 32 959	As 33 -	Se 34 217	Br 35 -5,7	Kr 36 -157
1 2 3	Rb 37 38,5	Sr 38 770	Y 39 1500	Zr 40 1845	Nb 41 2400	Mo 42 2620	Te 43 2700	Ru 44 2450	Rh 45 1960	Pd 46 1552	Ag 47 960,8	Cd 48 320,9	In 49 156,2	Sn 50 231,9	Sb 51 630,5	Te 52 450	I 53 113	Xe 54 -111,5
1 2 3	Cs 55 28,5	Ba 56 710	La 57 920	Hf 72 2000	Ta 73 3000	W 74 3400	Re 75 3170	Os 76 2700	Ir 77 2443	Pt 78 1773	Au 79 1063	Hg 80 -38,87	Tl 81 303	Pb 82 327,3	Bi 83 271,3	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 804	Pr 59 935	Nd 60 1024	Pm 61 1030	Sm 62 1072	Eu 63 826	Gd 64 1300	Tb 65 1400	Dy 66 1500	Ho 67 1500	Er 68 1500	Tm 69 1600	Yb 70 824	Lu 71 1650				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 12. Относительная плотность (при 20 °С)

1 2 3	H 1 -																	He 2 -
1 2 3	Li 3 0,53	Be 4 1,82											B 5 -	C 6 -	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 0,97	Mg 12 1,74											Al 13 2,7	Si 14 2,4	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 1,78
1 2 3	K 19 0,86	Ca 20 1,54	Se 21 3	Ti 22 4,54	V 23 5,8	Cr 24 7,14	Mn 25 7,4	Fe 26 7,87	Co 27 8,9	Ni 28 8,9	Cu 29 8,9	Zn 30 7,14	Ga 31 5,9	Ge 32 5,36	As 33 5,73	Se 34 4,81	Br 35 3,12	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 1,53	Sr 38 2,6	Y 39 4,5	Zr 40 6,5	Nb 41 8,6	Mo 42 10,3	Te 43 11,5	Ru 44 12,2	Rh 45 12,44	Pd 46 11,9	Ag 47 10,19	Cd 48 8,65	In 49 7,31	Sn 50 7,3	Sb 51 6,62	Te 52 6,24	I 53 4,93	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 1,87	Ba 56 3,5	La 57 6,2	Hf 72 13,1	Ta 73 16,6	W 74 19,3	Re 75 20,9	Os 76 22,6	Ir 77 22,5	Pt 78 21,45	Au 79 19,3	Hg 80 13,55	Tl 81 11,85	Pb 82 11,34	Bi 83 9,8	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 6,8	Pr 59 6,7	Nd 60 7,0	Pm 61 7,27	Sm 62 7,5	Eu 63 5,2	Gd 64 7,8	Tb 65 8,25	Dy 66 8,5	Ho 67 8,8	Er 68 9,0	Tm 69 9,3	Yb 70 7,0	Lu 71 9,8				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 13. Сравнительная твердость (по 10-балльной шкале)

1 2 3	H 1 -																	He 2 -
1 2 3	Li 3 0,6	Be 4 -											B 5 9,5	C 6 10	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 0,4	Mg 12 2,0											Al 13 2,9	Si 14 7,0	P 15 0,5	S 16 2,0	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 0,5	Ca 20 1,5	Se 21 8,1	Ti 22 -	V 23 -	Cr 24 9,0	Mn 25 5,0	Fe 26 4,5	Co 27 5,5	Ni 28 5,0	Cu 29 3,0	Zn 30 2,5	Ga 31 1,5	Ge 32 6,25	As 33 3,5	Se 34 2,0	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 0,3	Sr 38 1,8	Y 39 4,18	Zr 40 -	Nb 41 -	Mo 42 -	Te 43 -	Ru 44 6,5	Rh 45 -	Pd 46 4,8	Ag 47 2,7	Cd 48 2,0	In 49 1,2	Sn 50 1,8	Sb 51 3,0	Te 52 2,3	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 0,2	Ba 56 -	La 57 6,16	Hf 72 -	Ta 73 -	W 74 -	Re 75 -	Os 76 7,0	Ir 77 6,5	Pt 78 4,3	Au 79 2,5	Hg 80 -	Tl 81 -	Pb 82 1,5	Bi 83 2,5	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 6,77	Pr 59 6,77	Nd 60 7,0	Pm 61 -	Sm 62 7,5	Eu 63 5,17	Gd 64 7,87	Tb 65 8,25	Dy 66 8,57	Ho 67 8,8	Er 68 9,06	Tm 69 9,32	Yb 70 6,96	Lu 71 9,85				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 14. Теплопроводность (в интервале температур 0-100 °С, кал / см·сек·гр.)

1 2 3	H 1 - 																	He 2 -
1 2 3	Li 3 0,16	Be 4 0,28											B 5 -	C 6 0,012	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 0,30	Mg 12 0,38											Al 13 0,50	Si 14 0,20	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 0,23	Ca 20 -	Se 21 -	Ti 22 0,036	V 23 -	Cr 24 0,07	Mn 25 -	Fe 26 0,17	Co 27 0,1	Ni 28 0,2	Cu 29 0,92	Zn 30 0,27	Ga 31 -	Ge 32 0,1	As 33 -	Se 34 0,001	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 -	Sr 38 -	Y 39 -	Zr 40 0,05	Nb 41 -	Mo 42 0,35	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 0,21	Pd 46 0,17	Ag 47 1,0	Cd 48 0,23	In 49 -	Sn 50 0,15	Sb 51 0,4	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 -	Ba 56 -	La 57 0,03	Hf 72 -	Ta 73 0,13	W 74 0,035	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 0,14	Pt 78 0,17	Au 79 0,7	Hg 80 0,025	Tl 81 0,1	Pb 82 0,08	Bi 83 0,02	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 0,03	Pr 59 0,025	Nd 60 0,03	Pm 61 -	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 0,02	Tb 65 -	Dy 66 0,02	Ho 67 -	Er 68 0,02	Tm 69 -	Yb 70 -	Lu 71 -				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 15. Электропроводность (при комнатной температуре, $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1} \cdot 10^{-4}$)

1 2 3	H 1 -																	He 2 -
1 2 3	Li 3 11,8	Be 4 -											B 5 -	C 6 0,04	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 20	Mg 12 23											Al 13 38	Si 14 -	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 16,4	Ca 20 22	Se 21 -	Ti 22 2	V 23 -	Cr 24 6,6	Mn 25 -	Fe 26 10,3	Co 27 15,5	Ni 28 14	Cu 29 59	Zn 30 17	Ga 31 -	Ge 32 -	As 33 2,7	Se 34 -	Br 35 -	Kr 36 -
1 2 3	Rb 37 -	Sr 38 -	Y 39 -	Zr 40 2,4	Nb 41 -	Mo 42 19	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 9,1	Ag 47 62	Cd 48 13,2	In 49 -	Sn 50 8,7	Sb 51 2,5	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -
1 2 3	Cs 55 -	Ba 56 -	La 57 1,75	Hf 72 -	Ta 73 7,5	W 74 1,5	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 19	Pt 78 9,1	Au 79 1,5	Hg 80 1,04	Tl 81 5,3	Pb 82 4,8	Bi 83 0,83	Po 84 -	At 85 -	Rn 86
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
1 2 3	Ce 58 1,3	Pr 59 1,5	Nd 60 1,5	Pm 61 -	Sm 62 -	Eu 63 -	Gd 64 0,7	Tb 65 -	Dy 66 1,8	Ho 67 -	Er 68 0,9	Tm 69 -	Yb 70 -	Lu 71 -				
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				

Таблица Б. 16. Константы стабильности гидрокомплексов (рК)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	9,18	7,5											-	-	-	-	-	-
3																		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	-0,48	2,58											-	-	-	-	-	-
3																		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	-	1,3	12,3	-	11,08	9,99	3,3	3,9	4,4	4,6	6,47	5,4	10,6	-	-	-	-	-
3																		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	-	0,82	-	13,78	-	-	-	-	-	-	2,3	2,3	10,3	9,7	-	-	-	-
3																		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	-	0,64	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	10,3	14,1	6,22	12,42	-	-	
3																		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	14,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,4				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица Б. 17. Константы стабильности комплексов с ЭДТА (рК)

1 2 3	H 1 -																		He 2 -
1 2 3	Li 3 2,79	Be 4 -												B 5 -	C 6 -	N 7 -	O 8 -	F 9 -	Ne 10 -
1 2 3	Na 11 1,66	Mg 12 8,69												Al 13 16,13	Si 14 -	P 15 -	S 16 -	Cl 17 -	Ar 18 -
1 2 3	K 19 -	Ca 20 10,59	Se 21 23,1	Ti 22 21,3	V 23 25,9	Cr 24 -	Mn 25 13,47	Fe 26 14,45	Co 27 16,1	Ni 28 18,45	Cu 29 18,86	Zn 30 16,58	Ga 31 20,27	Ge 32 -	As 33 -	Se 34 -	Br 35 -	Kr 36 -	
1 2 3	Rb 37 -	Sr 38 8,63	Y 39 17,38	Zr 40 -	Nb 41 -	Mo 42 -	Te 43 -	Ru 44 -	Rh 45 -	Pd 46 18,5	Ag 47 7,32	Cd 48 16,48	In 49 24,95	Sn 50 -	Sb 51 -	Te 52 -	I 53 -	Xe 54 -	
1 2 3	Cs 55 -	Ba 56 7,76	La 57 14,72	Hf 72 -	Ta 73 -	W 74 -	Re 75 -	Os 76 -	Ir 77 -	Pt 78 -	Au 79 -	Hg 80 21,8	Tl 81 -	Pb 82 18,2	Bi 83 -	Po 84 -	At 85 -	Rn 86	
1 2 3	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104															
1 2 3	Ce 58 15,39	Pr 59 15,75	Nd 60 16,06	Pm 61 -	Sm 62 16,55	Eu 63 16,69	Gd 64 16,70	Tb 65 18,59	Dy 66 17,53	Ho 67 17,67	Er 68 17,98	Tm 69 18,59	Yb 70 18,68	Lu 71 19,06					
1 2 3	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103					

Таблица Б. 18. Константы стабильности комплексов с цитратами (рК)

1	H 1																	He 2
2	-																	-
3																		
1	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
2	-	4,52											-	-	-	-	-	-
3																		
1	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
2	-	3,2											-	-	-	-	-	-
3																		
1	K 19	Ca 20	Se 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
2	-	3,17	-	-	-	-	-	3,08	-	-	14,21	-	-	-	-	-	-	-
3																		
1	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Te 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
2	-	2,92	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1,22	-	-	-	-	-	-
3																		
1	Cs 55	Ba 56	La 57	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
2	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,74	-	-	-	
3																		
1	Fr 87	Ra 88	Ac 89	Ku 104														
2																		
3																		
1	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71				
2	3,2	3,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
3																		
1	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103				
2																		
3																		

Таблица 1. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Всасывание из легких	70	0,99	0,002	458	0,001	3744	4,1	-47,3+1,9 в легкие	0,03	61,2	0,001
2	Содержание в печени	54	0,02	0,14	0,136	-	0,02	-1,99	25,7+0,041 с печени	0,3	0,136	-
3	Содержание в почках	55	0,01	0,14	0,09	-	0,0078	-2,43	25,3+0,05 с почки	0,57	0,09	-
4	Содержание в скелете	53	-0,53	0,10	5,31	0,001	20,2	1,5	54,7-0,58 с скелет	0,13	-4,49	0,001
5	Период биологического полувыведения	65	-0,04	0,13	0,35	-	0,12	-1,06	31,6-0,00058ТБ	0,9917	-0,35	-
6	Связано белком плазмы	62	-0,64	0,08	8,5	0,001	42	1,87	86-0,78СБ	0,12	-6,5	0,001
7	Токсичность	31	0,62	0,12	5,33	0,001	17,7	1,44	17,5+2,6Т	0,62	4,2	0,001
8	«Стандартный» человек, вес %	44	0,31	0,14	2,2	0,05	4,37	0,74	40,4+0,00013СЧ	$6 \cdot 10^{-5}$	2,1	0,05
9	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	44	0,28	0,14	1,95	0,1	3,52	0,63	40,9+0,0016СЧОВ	$8,4 \cdot 10^{-4}$	1,87	0,1
10	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	42	-0,05	0,16	0,33	-	0,11	-1,1	46,5-0,017СЧЗК	0,05	-0,33	-
11	Земная кора, вес %	67	0,23	0,12	1,96	0,06	3,62	0,64	34,3+0,000153К	$7,7 \cdot 10^{-5}$	1,90	0,1
12	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	62	0,01	0,13	0,096	-	0,009	-2,3	31+0,0813КЗШ	0,84	0,96	-
13	Океанская вода, вес %	63	0,21	0,12	1,70	0,1	2,77	0,51	37+8,4 $\cdot 10^{-7}$ СВ	$5 \cdot 10^{-7}$	1,66	0,1
14	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	62	0,42	0,11	4,0	0,001	13,2	1,29	33+9 $\cdot 10^{-5}$ ОВЗК	$2,5 \cdot 10^{-5}$	3,63	0,001
15	Метеориты, вес %	62	0,18	0,12	1,45	-	2,0	0,35	29,4+1,22М	0,86	1,42	-
16	Живое в-во, вес %	34	0,26	0,16	1,60	-	2,4	0,44	51+0,9ЖВ	0,58	1,55	-
17	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	58	0,27	0,12	2,2	0,05	4,41	0,74	31+1,5 $\cdot 10^{-4}$ ОВЗШ	$7,1 \cdot 10^{-5}$	2,1	0,05
18	Живое в-во, % от содержания в земной коре	34	0,24	0,17	1,46	-	2,05	0,36	52+34ЖВЗК	23	1,43	-
19	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	34	0,32	0,10	2,0	0,05	3,71	0,66	61-0,079ЖВОВ	0,04	-1,93	0,1

Таблица 2. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания элементов из легких по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в печени	66	-0,08	0,12	0,65	-	0,42	-0,43	38,6-0,08с печени	0,12	-0,65	-
2	Содержание в почках	66	-0,05	0,12	0,41	-	0,17	-0,9	38-0,08с почки	0,20	-0,41	-
3	Содержание в скелете	60	-0,50	0,1	5,00	0,001	18,9	1,47	50-0,26с скелет	0,06	-4,34	0,001
4	Период биологического полувыведения	79	-0,05	0,11	0,41	-	0,17	-0,9	41-0,00035ТБ	0,0008	-0,41	-
5	Связано белком плазмы	76	-0,63	0,07	9,1	0,001	49,4	1,95	66,5-0,37СБ	0,05	-7,0	0,001
6	Токсичность	36	0,65	0,1	6,5	0,001	24,5	1,6	34+1,4Т	0,29	4,95	0,001
7	«Стандартный» человек, вес %	48	0,29	0,13	2,16	0,05	4,3	0,73	46+6,8·10 ⁻⁵ СЧ	3·10 ⁻⁵	2,1	0,05
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	48	0,24	0,14	1,77	0,1	2,93	0,54	46,5+7,7·10 ⁻⁴ СЧЗК	4,5·10 ⁻⁴	1,71	0,1
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	46	-0,06	0,15	0,4	-	0,16	-0,93	49-0,01СЧОВ	0,026	-0,4	-
10	Земная кора, вес %	80	0,21	0,11	1,98	0,05	3,75	0,66	41,7+7,4·10 ⁻⁵ ЗК	3,8·10 ⁻⁵	1,94	0,1
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	0,03	0,12	0,25	-	0,06	-1,37	40+0,13КЗШ	0,4	0,25	-
12	Океанская вода, вес %	68	0,21	0,12	1,75	0,1	2,93	0,54	44+4,5·10 ⁻⁶ ОВ	2,6·10 ⁻⁶	1,71	0,1
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	69	0,46	0,10	4,71	0,001	17,6	1,43	41,6+5,3·10 ⁻⁵ ОВ	1,2·10 ⁻⁵	4,2	0,001
14	Метеориты, вес %	75	0,17	0,11	1,53	-	2,27	0,41	39,4+0,63М	0,42	1,51	-
15	Живое в-во, вес %	37	0,25	0,16	1,59	-	2,36	0,43	52+0,48ЖВ	0,31	1,54	-
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,28	0,12	2,33	0,02	5,0	0,81	40,9+8·10 ⁻⁵ ОВЗШ	3,6·10 ⁻⁵	2,24	0,05
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	0,24	0,16	1,50	-	2,13	0,38	52+18ЖВЗК	12,4	1,46	-
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,36	0,15	2,49	0,02	5,36	0,84	57,6-0,048ЖВОВ	0,02	-2,31	0,05

Таблица 3. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания элементов в печени по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в почках	62	0,30	0,12	2,58	0,01	6,06	0,9	10,9+0,49с почки	0,2	2,46	0,0
2	Содержание в скелете	52	-0,23	0,13	1,69	0,1	2,71	0,5	12,4-0,07с скелет	0,043	-1,65	0,1
3	Период биологического полувыведения	66	-0,16	0,12	1,35	-	1,76	0,28	14,6-0,0011ТБ	0,0008	-1,33	-
4	Связано белком плазмы	65	0,3	0,11	2,66	0,01	6,43	0,93	1,2+0,17СБ	0,07	2,54	0,0
5	Токсичность	35	-0,23	0,17	1,36	-	1,76	0,28	14,6-0,45Т	0,34	-1,33	-
6	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,12	0,16	0,75	-	0,56	-0,29	13,3-0,00015СЧ	0,0002	-0,75	-
7	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	46	-0,09	0,16	0,54	-	0,29	-0,62	13,3-0,0046СЧЗК	0,0085	-0,54	-
8	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	38	-0,10	0,16	0,62	-	0,36	-0,49	14,1-0,015СЧОВ	0,025	-0,61	-
9	Земная кора, вес %	63	-0,18	0,12	0,47	-	2,1	0,37	14,9-0,000253К	0,00017	-1,45	-
10	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	63	-0,16	0,12	1,27	-	1,57	0,23	15,2-0, 3КЗШ	0,36	-1,25	-
11	Океанская вода, вес %	52	-0,13	0,14	0,91	-	0,82	-0,097	13,2-7,5·10 ⁻⁶ ОВ	8·10 ⁻⁶	-0,91	-
12	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	52	-0,11	0,14	0,77	-	0,58	-0,27	13,8-1,6·10 ⁻⁵ ОВЗК	2·10 ⁻⁵	-0,76	-
13	Метеориты, вес %	63	-0,09	0,13	0,72	-	0,52	-0,33	14,2-0,45М	0,62	-0,72	-
14	Живое в-тво, вес %	28	-0,18	0,19	0,97	-	0,81	-0,046	12,6-32,6ЖВ	34	-0,96	-
15	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	52	-0,09	0,14	0,67	-	0,45	-0,4	13-2·10 ⁻⁵ ОВЗШ	3·10 ⁻⁵	-0,67	-
16	Живое в-во, % от содержания в земной коре	27	-0,15	0,20	0,75	-	0,55	-0,30	13,6-4790ЖВЗК	6461	-0,74	-
17	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	28	-0,08	0,19	0,43	-	0,19	-0,84	12,3-8,8·10 ⁻³ ЖВОВ	2·10 ⁻²	-0,43	-

Таблица 4. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания элементов в почках по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в скелете	52	-0,28	0,13	2,18	0,05	4,35	0,74	6-0,05с скелет	0,024	-2,09	0,05
2	Период биологического полувыведения	66	-0,14	0,12	1,17	-	1,34	0,15	6,7-0,0006ТБ	$5 \cdot 10^{-4}$	-1,16	-
3	Связано белком плазмы	65	0,22	0,12	1,87	0,1	3,32	0,6	0,58+0,076СБ	0,042	1,82	0,1
4	Токсичность	35	-0,17	0,17	0,02	-	1,0	0,0085	6,78-0,26Т	0,26	-1,0	-
5	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,09	0,16	0,53	-	0,28	-0,63	$5,1-5,9 \cdot 10^{-5}$ СЧ	$1 \cdot 10^{-4}$	-0,53	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	40	0,02	0,16	0,13	-	0,017	-2,04	$4,86+6 \cdot 10^{-4}$ СЧЗК	$4,6 \cdot 10^{-3}$	0,13	-
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	38	-0,11	0,16	0,66	-	0,42	-0,43	$5,3-8,7 \cdot 10^{-3}$ СЧОВ	0,013	-0,65	-
8	Земная кора, вес %	63	-0,16	0,12	1,26	-	1,54	0,22	$6,45-1,3 \cdot 10^{-4}$ ЗК	$1 \cdot 10^{-4}$	-1,24	-
9	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	63	-0,15	0,13	1,23	-	1,47	0,19	6,72-0,273КЗШ	0,22	-1,21	-
10	Океанская вода, вес %	52	-0,09	0,14	0,63	-	0,39	-0,47	$4,7-2,8 \cdot 10^{-6}$ ОВ	$4,5 \cdot 10^{-6}$	-0,63	-
11	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	54	-0,09	0,14	0,63	-	0,39	0,47	$5,4-6,9 \cdot 10^{-6}$ ОВЗК	$1 \cdot 10^{-6}$	-0,63	-
12	Метеориты, вес %	63	-0,10	0,13	0,83	-	0,68	-0,19	6,2-0,31М	0,37	-0,82	-
13	Живое в-во, вес %	28	-0,12	0,19	0,6	-	0,36	-0,51	4,5-12,2ЖВ	20	-0,6	-
14	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,07	0,14	0,49	-	0,24	-0,72	$4,6-8,4 \cdot 10^{-6}$ ОВЗШ	$1,7 \cdot 10^{-5}$	-0,49	-
15	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	27	0,31	0,18	1,71	0,1	2,65	0,49	1,63+3667ЖВЗК	2252	1,63	-
16	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	28	0,19	0,19	1,0	-	1,0	0,0018	2,2+1,1ЖВОВ	0,01	1,00	-

Таблица 5. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания элементов в скелете по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Период биологического полувыведения	60	0,39	0,11	3,51	0,001	10,4	1,17	42,3+0,0044ТБ	0,0013	3,23	0,01
2	Связано белком плазмы	58	0,25	0,13	1,96	0,05	3,6	0,64	28,5+0,27СБ	0,14	1,90	0,1
3	Токсичность	29	-0,20	0,18	1,08	-	1,12	0,059	47,7-0,79Т	0,74	-1,06	-
4	«Стандартный» человек, вес %	35	0,03	0,17	0,15	-	0,022	-1,9	37,5+2,5·10 ⁻⁵ СЧ	1,7·10 ⁻⁴	0,15	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	35	-0,16	0,17	0,92	-	0,83	-0,096	38,7-0,0012СЧЗК	0,0013	-0,91	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	33	0,44	0,14	3,03	0,01	7,43	1,00	31,4+0,099СЧОВ	0,036	2,73	0,01
7	Земная кора, вес %	57	-0,17	0,13	1,31	-	1,68	0,26	49,6-0,00044ЗК	3,4·10 ⁻⁴	-1,29	-
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	57	0,09	0,13	0,64	-	0,40	-0,46	46+0,463КЗШ	0,73	0,63	-
9	Океанская вода, вес %	50	-0,17	0,14	1,23	-	1,48	0,19	51-2·10 ⁻⁵ ОВ	1,6·10 ⁻⁵	-1,21	-
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	52	-0,22	0,13	1,64	0,1	2,55	0,47	49-6,3·10 ⁻⁵ ОВЗК	3,9·10 ⁻⁵	-1,6	-
11	Метеориты, вес %	57	-0,09	0,13	0,69	-	0,47	-0,38	48-0,84М	1,23	-0,68	-
12	Живое в-во, вес %	25	-0,16	0,2	0,79	-	0,60	-0,25	39,3-1,56ЖВ	2,0	-0,78	-
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	50	-0,16	0,14	1,17	-	1,33	0,14	50,7-7·10 ⁻⁵ ОВЗШ	6·10 ⁻⁵	-1,15	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	24	-0,15	0,21	0,73	-	0,52	-0,33	35-13,9ЖВЗК	19,0	-0,72	-
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	25	0,07	0,21	0,33	-	0,11	-1,10	36,8+0,014ЖВОВ	0,04	0,33	-

Таблица 6. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения химических элементов по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Связано белком плазмы	75	-0,11	0,12	0,94	-	0,87	-0,069	1555-9,6СБ	10	-0,93	-
2	Токсичность	36	-0,02	0,17	0,11	-	0,013	-2,3	1452-9,99Т	87,9	-0,11	-
3	«Стандартный» человек, вес %	47	-0,05	0,15	0,31	-	0,09	-1,19	867-0,0014СЧ	0,0045	-0,31	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	47	-0,06	0,15	0,38	-	0,14	-0,97	873-0,023СЧЗК	0,06	-0,38	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	45	-0,05	0,15	0,36	-	0,13	-1,0	927-1,25СЧОВ	3,5	-0,36	-
6	Земная кора, вес %	75	0,004	0,12	0,03	-	0,001	-3,4	839+0,00023К	0,006	-0,03	-
7	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	74	0,02	0,12	0,20	-	0,04	-1,6	821+113КЗШ	58	0,20	-
8	Океанская вода, вес %	63	-0,05	0,13	0,36	-	0,13	-1,0	989-1,3·10 ⁻⁵ ОВ	3,6·10 ⁻⁵	-0,36	-
9	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	64	-0,06	0,13	0,51	-	0,26	-0,67	998-0,0013ОВЗК	0,0025	-0,51	-
10	Метеориты, вес %	74	-0,02	0,12	0,014	-	0,02	-1,95	862-9,3М	64,7	-0,14	-
11	Живое в-во, вес %	36	-0,07	0,17	0,44	-	0,19	-0,82	1446-25ЖВ	57	-0,44	-
12	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	62	-0,05	0,13	0,37	-	0,13	-1,0	1010-0,002ОВЗШ	0,006	-0,37	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,08	0,17	0,45	-	0,20	-0,79	1488-1·10 ³ ЖВЗК	2289	-0,45	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	-0,13	0,17	0,80	-	0,62	-0,24	1660-3,15ЖВОВ	4,0	-0,79	-

Таблица 7. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета доли химических элементов, связываемых белком плазмы крови по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Токсичность	36	-0,55	0,12	4,67	0,001	15,1	1,36	74-2,5Т	0,65	-3,88	0,001
2	«Стандартный» человек, вес %	44	-0,12	0,15	0,77	-	0,58	-0,27	63-1,7·10 ⁻⁴ СЧ	1,9·10 ⁻⁴	-0,75	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	44	-0,21	0,15	1,46	-	2,05	0,36	64-9,6·10 ⁻⁴ СЧЗК	6,7·10 ⁻⁴	-1,43	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	42	-0,00									
5	Земная кора, вес %	72	-0,22	0,11	1,96	0,05	3,72	0,66	75-2·10 ⁻⁴ ЗК	1·10 ⁻⁴	-1,93	0,1
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	72	-0,23	0,11	2,04	0,05	3,95	0,69	77-1,293КЗШ	0,65	-1,99	0,05
7	Океанская вода, вес %	60	-0,28	0,12	2,31	0,05	4,91	0,80	70-6,9·10 ⁻⁵ ОВ	3·10 ⁻⁵	-2,22	0,05
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	60	-0,20	0,13	1,58	-	2,39	0,44	70-8·10 ⁻⁵ ОВЗК	5·10 ⁻⁵	-1,55	-
9	Метеориты, вес %											
10	Живое в-во, вес %											
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	60	-0,28	0,12	2,28	0,05	4,80	0,73	71-8·10 ⁻⁴ ОВЗШ	3,7·10 ⁻⁴	-2,19	0,05
12	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	33	-0,07	0,18	0,40	-	0,16	-0,92	55-7,7ЖВЗК	19,3	-0,40	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	33	0,17	0,17	0,99	-	0,96	-0,02	51+0,033ЖВОВ	0,03	0,98	-

Таблица 8. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности химических элементов, мА/кг, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, вес %	28	0,08	0,19	0,39	-	0,15	-0,94	$3,56+0,00024CЧ$	$6 \cdot 10^{-4}$	0,39	-
2	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	28	-0,14	0,15	0,72	-	0,50	-0,34	$4,19-0,05CЧЗК$	0,07	-0,71	-
3	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	27	-0,17	0,19	0,87	-	0,73	-0,16	$4,45-0,02CЧОВ$	0,02	-0,85	-
4	Земная кора, вес %	36	0,19	0,17	1,16	-	1,29	0,13	$2,4+9 \cdot 10^{-5}ЗК$	$8 \cdot 10^{-5}$	1,14	-
5	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	36	0,04	0,17	0,2	-	0,04	-1,58	$2,84+0,0373КЗШ$	0,18	0,20	-
6	Океанская вода, вес %	32	0,91	0,03	28,8	0,001	144	2,48	$1,69+4 \cdot 10^{-5}ОВ$	$3 \cdot 10^{-6}$	12	0,001
7	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	31	0,12	0,18	0,66	-	0,43	-0,43	$3,2+6,3 \cdot 10^{-6}ОВЗК$	$9,6 \cdot 10^{-6}$	0,65	-
8	Метеориты, вес %	36	-0,02	0,17	0,13	-	0,017	-2,0	$3-0,037М$	0,28	-0,13	-
9	Живое в-во, вес %	21	0,02	0,23	0,09	-	0,008	-2,4	$4,8+1,6ЖВ$	18,5	0,09	-
10	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	32	0,92	0,03	31,1	0,001	156	2,5	$1,18+0,001ОВЗШ$	$9 \cdot 10^{-5}$	12,5	0,001
11	Живое в-во, % от содержания в земной коре	20	-0,13	0,23	0,55	-	0,3	-0,61	$5,3-4669ЖВЗК$	8590	-0,54	-
12	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	21	-0,19	0,22	0,88	-	0,74	-0,15	$5,75-0,01ЖВОВ$	0,01	-0,86	-

Таблица 9. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	48	0,13	0,14	0,89	-	0,78	-0,13	$2 \cdot 10^4 + 1,76CЧЗК$	1,98	0,88	-
2	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	46	0,05	0,15	0,36	-	0,13	-1,03	$2,15 \cdot 10^4 + 41CЧЗК$	115	0,36	-
3	Земная кора, вес %	48	0,77	0,06	13,0	0,001	68,2	2,11	$2675 + 0,953K$	0,12	8,36	0,001
4	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	47	-0,08	0,15	0,55	-	0,3	-0,61	$24720 - 1,2 \cdot 10^3 KЗШ$	$2 \cdot 10^3$	-0,54	-
5	Океанская вода, вес %	46	0,95	0,01	68,3	0,001	432	3,0	$7275 + 0,0075OB$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	20,8	0,001
6	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	43	0,12	0,15	0,76	-	0,57	-0,28	$21868 + 0,065OBЗК$	0,086	0,75	-
7	Метеориты, вес %	47	0,66	0,08	7,83	0,001	34,6	1,77	$765 + 9469M$	1609	5,9	0,001
8	Живое в-во, вес %	34	0,99	0,004	242	0,001	1354	3,6	$4643 + 9251ЖВ$	251	36,8	0,001
9	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	45	0,06	0,15	0,39	-	0,15	-0,95	$20611 + 0,07OBЗШ$	0,18	0,39	-
10	Живое в-во, % от содержания в земной коре	32	0,24	0,17	1,38	-	1,79	0,29	$27221 + 87313ЖВЗК$	65257	1,34	-
11	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	34	-0,03	0,18	0,18	-	0,03	-1,73	$3383 - 20,7ЖВОВ$	116	-0,18	-

Таблица 10. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в океанической воде	46	0,24	0,14	1,70	0,1	2,74	0,50	$876+13,6CЧОВ$	8,2	1,65	0,1
2	Земная кора, вес %	48	-0,06	0,15	0,38	-	0,14	-0,97	$1636-0,0053K$	0,013	-0,38	-
3	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	47	0,06	0,15	0,34	-	0,12	-1,07	$1368+543KЗШ$	158	0,34	-
4	Океанская вода, вес %	46	-0,03	0,15	0,22	-	0,05	-1,5	$1586-2 \cdot 10^{-5}ОВ$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	-0,22	-
5	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	43	-0,04	0,16	0,28	-	0,08	-1,26	$1742-0,0018ОВЗК$	0,006	-0,28	-
6	Метеориты, вес %	47	-0,07	0,15	0,44	-	0,2	-0,8	$1695-70М$	159	-0,44	-
7	Живое в-во, вес %	34	0,08	0,18	0,43	-	0,19	-0,84	$1924+53ЖВ$	122	0,43	-
8	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	45	-0,04	0,15	0,24	-	0,06	-1,44	$1617-0,0032ОВЗШ$	0,01	-0,24	-
9	Живое в-во, % от содержания в земной коре	32	0,61	0,11	5,3	0,001	17,6	1,44	$954+16570ЖВЗК$	3944	4,2	0,001
10	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	34	0,17	0,17	0,97	-	0,92	-0,04	$1303+8,2ЖВОВ$	8,5	0,96	-

Таблица 11. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Земная кора, вес %	46	-0,1	0,15	0,66	-	0,43	-0,42	526-0,000163K	0,0002	-0,66	-
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	45	0,15	0,15	0,97	-	0,93	-0,04	40,8+2,763KЗШ	2,86	0,98	-
3	Океанская вода, вес %	46	-0,07	0,15	0,43	-	0,19	-0,84	51-6,7·10 ⁵ ОВ	1,6·10 ⁴	-0,43	-
4	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	42	-0,1	0,16	0,63	-	0,39	-0,46	48,5-0,000067ОВЗК	0,0001	-0,63	-
5	Метеориты, вес %	45	-0,1	0,15	0,68	-	0,46	-0,39	54,5-1,9М	2,87	-0,68	-
6	Живое вещество, вес %	34	-0,05	0,18	0,27	-	0,07	-1,3	33,9-0,5ЖВ	1,84	-0,27	-
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,08	0,15	0,53	-	0,28	-0,64	52,4-0,0001ОВЗШ	0,0002	-0,53	-
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	32	0,05	0,18	0,28	-	0,076	-1,29	33+21ЖВЗК	75	0,28	-
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	0,31	0,16	1,9	0,1	3,29	0,6	11+0,22ЖВОВ	0,12	1,81	0,1

Таблица 12. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	<i>t_{a₁}</i>	<i>P_{a₁}</i>
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	-0,06	0,12	0,51	-	0,26	-0,68	$15150-6,6 \cdot 10^3 \text{ЗКЗШ}$	$1,3 \cdot 10^3$	-0,51	-
2	Океанская вода, вес %	69	0,82	0,04	20,9	0,001	141	2,47	$6884+5,3 \cdot 10^{-3} \text{ОВ}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	11,86	0,001
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	67	0,014	0,12	0,11	-	0,013	-2,17	$14715+0,0049 \text{ОВЗК}$	0,04	0,11	-
4	Метеориты, вес %	75	0,83	0,04	23,3	0,001	166	2,56	$394+9736 \text{М}$	756	12,9	0,001
5	Живое в-во, вес %	37	0,79	0,06	12,2	0,001	57,1	2,02	$10966+5979 \text{ЖВ}$	791	7,6	0,001
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,05	0,13	0,41	-	0,16	-0,9	$15286+0,5 \text{ОВЗШ}$	0,12	0,41	-
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	-0,07	0,17	0,39	-	0,15	-0,95	$28396+19529 \text{ЖВЗК}$	$5 \cdot 10^4$	-0,39	-
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,09	0,17	0,53	-	0,28	-0,63	$3,1 \cdot 10^4 47,6 \text{ЖВОВ}$	89	-0,53	-

Таблица 13. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, вес %	63	-0,05	0,13	0,42	-	0,18	-0,86	$3,1 \cdot 10^{-8} \text{ОВ}$	$7,3 \cdot 10^{-8}$	-0,42	-
2	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	61	-0,18	0,13	1,41	-	1,92	0,33	$2,7+9 \cdot 10^{-6} \text{ОВЗК}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$	1,38	-
3	Метеориты, вес %	76	-0,1	0,12	0,83	-	0,69	-0,19	$2,8-0,1 \text{М}$	0,12	-0,83	-
4	Живое в-во, вес %	36	-0,08	0,17	0,47	-	0,21	-0,77	$3,34-0,048 \text{ЖВ}$	0,1	-0,46	-
5	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	63	-0,07	0,13	0,58	-	0,34	-0,54	$3,17-6,3 \cdot 10^{-6} \text{ОВЗШ}$	$1 \cdot 10^{-5}$	-0,58	-
6	Живое в-во, % от содержания в земной коре	35	-0,04	0,17	0,23	-	0,051	-1,49	$2,15-0,51 \text{ЖВЗК}$	2,28	-0,22	-
7	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	37	-0,17	0,17	1,00	-	0,98	-0,01	$3,86-0,007 \text{ЖВОВ}$	0,0071	-0,99	-

Таблица 14. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	62	0,09	0,13	0,67	-	0,44	-0,41	$1,3 \cdot 10^6+4,63 \text{ОВЗК}$	6,96	0,67	-
2	Метеориты, вес %	63	0,71	0,86	11,03	0,001	60,9	2,05	$-6,2 \cdot 10^5+1,3 \cdot 10^6 \text{М}$	$1,6 \cdot 10^5$	7,8	0,001
3	Живое в-во, вес %	37	0,97	0,01	90	0,001	518	3,12	$-4,3 \cdot 10^5+1 \cdot 10^6 \text{ЖВ}$	$5 \cdot 10^4$	32,7	0,001
4	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	63	0,1	0,13	0,83	-	0,67	-0,2	$1,2 \cdot 10^6+15,7 \text{ОВЗШ}$	19,1	0,82	-
5	Живое в-во, % от содержания в земной коре	37	-0,02	0,17	0,12	-	0,01	-2,1	$2,8 \cdot 10^6-9,3 \cdot 10^5 \text{ЖВЗК}$	$7,9 \cdot 10^6$	-0,12	-
6	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	37	-0,1	0,17	0,61	-	0,37	-0,5	$3,4 \cdot 10^6-8,5 \cdot 10^3 \text{ЖВОВ}$	$1,4 \cdot 10^4$	-0,61	-

Таблица 15. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Метеориты, вес %	61	0,03	0,13	0,27	-	0,07	-1,32	$2,1 \cdot 10^4 + 665M$	2492	0,27	-
2	Живое в-во, вес %	37	0,09	0,17	0,55	-	0,30	-0,60	$6,6 \cdot 10^4 + 1,7 \cdot 10^3 ЖВ$	$3 \cdot 10^3$	0,55	-
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	56	0,13	0,13	0,93	-	0,86	-0,076	$2,1 \cdot 10^4 + 0,2ОВЗШ$	0,21	0,92	-
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	36	0,06	0,17	0,33	-	0,11	-1,1	$5,9 \cdot 10^4 + 3,8 \cdot 10^4 ОВЗК$	$1 \cdot 10^5$	0,33	-
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,16	0,16	0,95	-	0,88	-0,64	$7,6 \cdot 10^4 - 1,8 \cdot 10^2 ЖВОВ$	197	-0,94	-

Таблица 16. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, вес %	36	0,67	0,09	7,2	0,001	28	1,7	$1,7 + 0,44ЖВ$	0,08	5,3	0,001
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,03	0,13	0,25	-	0,06	-1,4	$1,6 + 2,6 \cdot 10^{-6} ОВЗШ$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,25	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,07	0,17	0,42	-	0,17	-0,88	$3 - 1,84ЖВЗК$	4,43	-0,42	-
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	0,02	0,17	0,11	-	0,013	-2,2	$2,7 + 0,00088ЖВОВ$	0,008	0,11	-

Таблица 17. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	0,06	0,17	0,32	-	0,1	-1,1	$2,3+7 \cdot 10^{-5} \text{ОВЗШ}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0,32	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,22	0,17	1,33	-	1,69	0,26	$2,3+8,8 \text{ЖВЗК}$	6,78	1,38	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,06	0,17	0,38	-	0,15	-0,97	$3,1-0,0045 \text{ЖВОВ}$	0,01	-0,38	-

Таблица 18. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду биологических и биогеохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,04	0,17	0,25	-	0,06	-1,4	$3,37 \cdot 10^4 - 1,4 \cdot 10^4 \text{ЖВЗК}$	$5 \cdot 10^4$	-0,25	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	-0,13	0,17	0,75	-	0,55	-0,3	$2,9 \cdot 10^4 - 69,9 \text{ЖВОВ}$	94	-0,74	-

Таблица 19. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, вес % от содержания в земной коре по содержанию элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	0,13	0,17	0,77	-	0,59	-0,26	$0,048+0,00024 \text{ЖВОВ}$	0,0003	0,77	-

Таблица 20. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Всасывание из легких	70	0,83	0,04	21,7	0,001	148	2,50	$-100 + 6,57 \lg v_{\text{легкие}}$	0,54	12,2	0,001
2	Содержание в печени	54	-0,21	0,13	1,56	-	2,32	0,42	$0,58 - 0,44 \lg c_{\text{печени}}$	0,29	-1,52	-
3	Содержание в почках	55	-0,30	0,13	2,38	0,02	5,17	0,82	$0,23 - 0,55 \lg c_{\text{почки}}$	0,24	-2,27	0,05
4	Содержание в скелете	53	-0,67	0,08	8,57	0,001	40,8	1,85	$2,97 - 1,97 \lg c_{\text{скелет}}$	0,31	-6,39	0,001
5	Период биологического полувыведения	65	-0,43	0,10	4,27	0,001	14,5	1,34	$1,66 - 0,70 \lg T_B$	0,18	-3,81	0,001
6	Связано белком плазмы	65	-0,55	0,09	6,20	0,001	26,9	1,65	$4,55 - 2,48 \lg C_B$	0,47	-5,29	0,001
7	Токсичность	36	0,37	0,15	2,47	0,02	5,29	0,83	$0,74 + 0,49 \lg T$	0,21	2,30	0,05
8	«Стандартный» человек, вес %	44	0,48	0,12	4,07	0,001	12,7	1,27	$0,85 + 0,25 \lg C_Ч$	0,67	3,56	0,001
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	44	0,29	0,14	2,08	0,05	3,95	0,69	$0,89 + 0,18 \lg C_ЧЗК$	0,09	1,99	0,05
10	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	42	-0,40	0,13	3,05	0,01	7,77	1,03	$0,97 - 0,26 \lg C_ЧОВ$	0,09	-2,79	0,01
11	Земная кора, вес %	67	0,13	0,12	1,03	-	1,04	0,02	$0,33 + 0,07 \lg ЗК$	0,07	1,02	-
12	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	62	-0,24	0,12	1,94	0,1	3,55	0,63	$0,13 - 0,34 \lg ЗКЗШ$	0,18	-1,88	0,1
13	Океанская вода, вес %	63	0,64	0,08	8,49	0,001	52,5	1,87	$0,66 + 0,34 \lg ОВ$	0,05	6,52	0,001
14	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	63	0,72	0,06	11,7	0,001	66,1	2,10	$-0,07 + 0,47 \lg ОВЗК$	0,06	8,13	0,001
15	Метеориты, вес %	63	0,45	0,10	4,36	0,001	15,2	1,36	$1,35 + 0,40 \lg M$	0,10	3,90	0,001
16	Живое в-во, вес %	34	0,51	0,13	3,87	0,001	11,1	1,20	$1,53 + 0,06 \lg ЖВ$	0,02	3,34	0,001
17	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	58	0,58	0,09	6,60	0,001	28,6	1,68	$0,16 + 0,42 \lg ОВЗШ$	0,08	5,35	0,001
18	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	33	0,24	0,17	1,43	-	1,94	0,33	$1,87 + 0,19 \lg ЖВЗК$	0,14	1,33	-
19	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	33	-0,43	0,15	2,93	0,01	7,00	0,97	$1,31 - 0,29 \lg ЖВОВ$	0,11	-2,65	0,01

Таблица 21. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины lg всасывания химических элементов из легких по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в печени											
2	Содержание в почках	66	-0,26	0,12	2,22	0,056	4,61	5,76	-1,54-0,051lg с почки	0,02	-2,15	0,05
3	Содержание в скелете	60	-0,62	0,08	7,70	0,001	36,4	1,80	-1,81-0,19lg с скелет	0,03	-6,04	0,001
4	Период биологического полувыведения	79	-0,36	0,10	3,62	0,001	11,4	1,22	-4,82-1,87lgТБ	0,55	-3,38	0,001
5	Связано белком плазмы	79	-0,71	0,06	12,8	0,001	80,2	2,19	3,83-1,31lgСБ	0,15	-8,96	0,001
6	Токсичность	40	0,24	0,15	1,54	-	2,23	0,40	-2,95+1,87lgТ	1,29	1,49	-
7	«Стандартный» человек, вес %	48	0,32	0,13	0,40	0,02	5,16	0,82	1,60+0,03lgСЧ	0,013	2,27	0,05
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	48	0,15	0,14	1,07	-	1,11	0,05	1,60+0,017lgСЧЗК	0,016	1,05	-
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	46	-0,36	0,13	2,71	0,01	6,39	0,93	1,69-0,04lgСЧОВ	0,016	-2,53	0,02
10	Земная кора, вес %	80	0,11	0,11	1,00	-	0,98	-0,01	1,56+0,008lgЗК	0,008	0,99	-
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	0,03	0,13	0,25	-	0,08	-1,38	1,56+0,004lgЗКЗШ	0,018	0,25	-
12	Океанская вода, вес %	68	0,45	0,10	4,55	0,001	16,6	1,40	1,60+0,03lgОВ	0,008	4,07	0,001
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	68	0,61	0,08	7,86	0,001	38,9	1,83	1,52+0,05lgОВЗК	0,009	6,23	0,001
14	Метеориты, вес %	75	0,29	0,11	2,73	0,01	6,91	0,97	1,66+0,032lgМ	0,012	2,63	0,01
15	Живое в-во, вес %	37	0,17	0,16	1,01	-	1,00	-0,004	1,66+0,0046lgЖВ	0,0046	1,00	-
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,71	0,06	11,0	0,001	60,3	2,05	2,55+0,066lgОВЗШ	0,008	7,77	0,001
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	0,11	0,17	0,65	-	0,42	-0,44	1,66+0,003lgЖВЗК	0,005	0,65	-
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,39	0,14	2,68	0,01	6,12	0,91	1,66+0,05lgЖВОВ	0,02	-2,47	0,02

Таблица 22. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания химических элементов в печени по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в почках	62	0,78	0,05	15,5	0,001	93,5	2,27	$-0,55 + 0,97 \lg$ с почки	0,10	9,67	0,001
2	Содержание в скелете	52	-0,11	0,14	0,78	-	0,60	-0,25	$0,83 - 0,13 \lg$ с скелет	0,17	-0,78	-
3	Период биологического полувыведения	66	-0,42	0,10	4,11	0,001	3,0	1,32	$1,33 - 0,29 \lg$ ТБ	0,08	-3,73	0,001
4	Связано белком плазмы	66	0,28	0,12	2,45	0,02	5,51	0,82	$-0,20 + 0,56 \lg$ СБ	0,24	2,65	0,02
5	Токсичность	36	-0,34	0,15	2,23	0,05	4,41	0,74	$0,70 - 0,30 \lg$ Т	0,14	-2,10	0,05
6	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,53	0,12	4,55	0,001	14,9	1,35	$0,55 - 0,22 \lg$ СЧ	0,06	-3,86	0,001
7	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	40	-0,08	0,16	0,52	-	0,27	-0,66	$0,62 - 0,04 \lg$ СЧЗК	0,076	-0,51	-
8	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	38	0,19	0,16	1,20	-	1,39	0,17	$0,64 + 0,09 \lg$ СЧОВ	0,074	1,18	-
9	Земная кора, вес %	63	-0,38	0,11	0,49	0,001	10,4	1,17	$0,82 - 0,09 \lg$ ЗК	0,03	-3,22	0,01
10	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	63	-0,19	0,12	1,51	-	2,19	0,39	$0,72 - 0,11 \lg$ ЗКЗШ	0,07	-1,48	-
11	Океанская вода, вес %	52	-0,49	0,11	4,63	0,001	16,2	1,39	$0,59 - 0,14 \lg$ ОВ	0,03	-4,0	0,001
12	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	52	-0,24	0,13	1,77	0,1	2,96	0,54	$0,76 - 0,08 \lg$ ОВЗК	0,05	-1,72	0,1
13	Метеориты, вес %	32	-0,34	0,11	3,00	0,01	7,03	1,04	$0,33 - 0,14 \lg$ М	0,35	-2,82	0,01
14	Живое в-во, вес %	28	-0,37	0,17	2,16	0,05	4,04	0,70	$0,08 - 0,15 \lg$ ЖВ	0,07	-2,01	0,1
15	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	52	-0,34	0,13	2,69	0,01	6,41	0,93	$0,74 - 0,12 \lg$ ОВЗШ	0,05	-2,53	0,02
16	Живое в-во, % от содержания в земной коре	28	-0,08	0,19	0,41	-	0,16	-0,90	$0,52 - 0,0077 \lg$ ЖВЗК	0,02	-0,4	-
17	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	28	0,18	0,19	0,96	-	0,90	-0,06	$0,53 + 0,09 \lg$ ЖВОВ	0,09	0,94	-

Таблица 23. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания химических элементов в почках по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в скелете	52	-0,1	0,14	0,69	-	0,47	-0,38	$0,25-0,15 \lg$ с скелет	0,22	-0,69	-
2	Период биологического полувыведения	66	-0,44	0,10	4,41	0,001	15,6	1,38	$0,97-0,39 \lg$ ТБ	0,1	-3,96	0,001
3	Связано белком плазмы	66	0,39	0,11	3,63	0,001	11,2	1,21	$-1,46+0,95 \lg$ СБ	0,28	3,35	0,001
4	Токсичность	36	-0,47	0,13	3,57	0,001	9,87	1,14	$-0,66-0,52 \lg$ Т	0,16	-3,14	0,01
5	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,52	0,12	4,37	0,001	14,0	1,32	$-0,17-0,25 \lg$ СЧ	0,07	-3,74	0,001
6	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	40	0,16	0,16	1,03	-	1,0	0,02	$-0,09+0,09 \lg$ СЧЗК	0,09	1,02	-
7	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	38	0,31	0,15	2,06	0,05	3,85	0,67	$-0,09+0,16 \lg$ СЧОВ	0,08	1,96	0,05
8	Земная кора, вес %	63	-0,58	0,08	6,86	0,001	31,3	1,72	$0,26-0,18 \lg$ ЗК	0,03	-5,58	0,001
9	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	63	-0,38	0,11	3,53	0,001	10,6	1,18	$0,04-0,26 \lg$ ЗКЗШ	0,08	-3,26	0,01
10	Океанская вода, вес %	52	-0,58	0,09	6,25	0,001	25,8	1,62	$-0,15-0,18 \lg$ ОВ	0,04	-5,08	0,001
11	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	52	-0,22	0,13	1,62	-	2,49	0,46	$0,076-0,09 \lg$ ОВЗК	0,06	-1,58	-
12	Метеориты, вес %	62	-0,51	0,10	5,29	0,001	20,8	1,52	$-0,63-0,26 \lg$ М	0,06	-4,56	0,001
13	Живое в-во, вес %	28	-0,23	0,19	1,22	-	1,42	0,17	$-0,62-0,11 \lg$ ЖВ	0,09	-1,19	-
14	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	52	-0,33	0,13	2,62	0,01	6,12	0,91	$0,057-0,13 \lg$ ОВЗШ	0,05	-2,47	0,02
15	Живое в-во, % от содержания в земной коре	28	-0,22	0,19	1,19	-	1,35	0,15	$-0,26-0,02 \lg$ ЖВЗК	0,02	-1,16	-
16	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	28	0,20	0,19	1,04	-	1,04	0,02	$-0,17+0,11 \lg$ ЖВОВ	0,10	1,02	-

Таблица 24. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины содержания химических элементов в скелете по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Период биологического полувыведения	60	0,52	0,10	5,50	0,001	22,0	1,54	$0,76 + 0,31 \lg \text{ТБ}$	0,07	4,69	0,001
2	Связано белком плазмы	60	0,37	0,11	3,21	0,01	8,93	1,09	$0,45 + 0,56 \lg \text{СБ}$	0,19	2,99	0,01
3	Токсичность	31	-0,14	0,18	0,76	-	0,60	-0,28	$1,39 - 0,09 \lg \text{Т}$	0,12	-0,75	-
4	«Стандартный» человек, вес %	35	-0,02	0,17	0,14	-	0,02	-1,97	$1,29 - 0,006 \lg \text{СЧ}$	0,05	-0,14	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	35	-0,08	0,17	0,49	-	0,24	-0,72	$1,28 - 0,026 \lg \text{СЧЗК}$	0,05	-0,49	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	33	0,29	0,16	1,76	0,1	2,83	0,52	$1,29 + 0,09 \lg \text{СЧОВ}$	0,05	1,68	0,1
7	Земная кора, вес %	57	0,06	0,13	0,48	-	0,23	-0,74	$1,41 + 0,015 \lg \text{ЗК}$	0,03	0,48	-
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	57	0,20	0,13	1,57	-	2,35	0,43	$1,46 + 0,11 \lg \text{ЗКЗШ}$	0,07	1,53	-
9	Океанская вода, вес %	50	-0,34	0,13	2,70	0,01	6,44	0,93	$1,4 - 0,07 \lg \text{ОВ}$	0,03	-2,54	0,02
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	50	-0,48	0,11	4,35	0,001	14,5	1,34	$1,5 - 0,12 \lg \text{ОВЗК}$	0,03	-3,81	0,001
11	Метеориты, вес %	58	-0,05	0,13	0,37	-	0,14	-0,90	$1,37 - 0,016 \lg \text{М}$	0,04	-0,37	-
12	Живое в-во, вес %	25	-0,24	0,20	1,23	-	1,42	0,17	$1,20 - 0,015 \lg \text{ЖВ}$	0,01	-1,19	-
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	50	-0,41	0,12	3,39	0,001	9,60	1,13	$1,48 - 0,11 \lg \text{ОВЗШ}$	0,03	-3,1	0,01
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	25	0,12	0,21	0,56	-	0,31	-0,58	$1,29 + 0,007 \lg \text{ЖВЗК}$	0,013	0,56	-
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	25	0,17	0,20	0,84	-	0,68	-0,19	$1,22 + 0,05 \lg \text{ЖВОВ}$	0,06	0,83	-

Таблица 25. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины периода биологического полувыведения химических элементов по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Связано белком плазмы	78	0,19	0,11	1,69	0,1	2,74	0,50	$0,98 + 0,53 \lg \text{СБ}$	0,32	1,66	0,1
2	Токсичность	41	-0,03	0,16	0,17	-	0,03	-1,78	$1,93 - 0,03 \lg T$	0,17	-0,17	-
3	«Стандартный» человек, вес %	47	0,19	0,14	1,30	-	1,62	0,24	$1,80 + 0,08 \lg \text{СЧ}$	0,06	1,27	-
4	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	47	-0,14	0,15	0,94	-	0,86	-0,07	$1,84 - 0,07 \lg \text{СЧЗК}$	0,075	-0,93	-
5	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	45	0,32	0,14	2,33	0,02	4,88	0,79	$1,89 + 0,17 \lg \text{СЧОВ}$	0,08	2,21	0,05
6	Земная кора, вес %	75	0,31	0,11	2,96	0,01	7,92	1,03	$1,85 + 0,11 \lg \text{ЗК}$	0,04	2,81	0,01
7	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	74	0,42	0,10	4,29	0,001	15,2	1,36	$2,11 + 0,33 \lg \text{ЗКЗШ}$	0,09	3,90	0,001
8	Океанская вода, вес %	63	-0,21	0,12	1,74	0,1	2,89	0,53	$1,96 - 0,07 \lg \text{ОВ}$	0,04	-1,70	0,1
9	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	63	-0,42	0,11	4,00	0,001	13,2	1,29	$2,16 - 0,18 \lg \text{ОВЗК}$	0,05	-3,63	0,001
10	Метеориты, вес %	74	0,09	0,12	0,73	-	0,60	-0,25	$2,09 + 0,05 \lg M$	0,07	0,78	-
11	Живое в-во, вес %	36	-0,86	0,15	2,38	0,02	4,93	0,80	$1,67 - 0,05 \lg \text{ЖВ}$	0,02	-2,22	0,05
12	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	62	-0,29	0,12	2,44	0,02	5,44	0,85	$2,07 - 0,13 \lg \text{ОВЗШ}$	0,06	-2,33	0,02
13	Живое в-во, % от содержания в земной коре	36	0,09	0,17	0,55	-	0,30	-0,59	$1,91 + 0,013 \lg \text{ЖВЗК}$	0,02	0,55	-
14	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	36	0,22	0,16	1,36	-	1,76	0,28	$1,80 + 0,14 \lg \text{ЖВОВ}$	0,10	1,33	-

Таблица 26. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg доли химических элементов, связываемых белком плазмы крови по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Токсичность	41	-0,63	0,09	7,00	0,001	28,4	1,67	$1,64 - 0,30 \lg T$	0,06	-5,33	0,001
2	«Стандартный» человек, вес %	47	-0,34	0,13	2,57	0,02	5,84	0,88	$1,62 - 0,06 \lg CЧ$	0,025	-2,42	0,02
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	47	-0,03	0,15	0,20	-	0,04	-1,61	$1,61 - 0,006 \lg CЧЗК$	0,03	-0,20	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	45	0,40	0,13	3,10	0,01	8,10	1,05	$1,62 + 0,09 \lg CЧОВ$	0,03	2,85	0,01
5	Земная кора, вес %	75	-0,37	0,10	3,61	0,001	11,3	1,21	$1,76 - 0,05 \lg ЗК$	0,014	-3,36	0,001
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	-0,20	0,11	1,78	0,1	3,06	0,56	$1,70 - 0,06 \lg ЗКЗШ$	0,03	-1,75	0,1
7	Океанская вода, вес %	63	-0,60	0,08	7,43	0,001	35,1	1,78	$1,64 - 0,08 \lg ОВ$	0,013	-5,92	0,001
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	63	-0,51	0,09	5,36	0,001	21,3	1,53	$1,76 - 0,08 \lg ОВЗК$	0,018	-4,62	0,001
9	Метеориты, вес %	75	-0,30	0,11	2,80	0,01	7,15	0,98	$1,55 - 0,06 \lg М$	0,02	-2,67	0,01
10	Живое в-во, вес %	36	-0,21	0,16	1,26	-	1,53	0,21	$1,48 - 0,011 \lg ЖВ$	0,009	-1,24	-
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	-0,56	0,09	6,48	0,001	28,6	1,68	$1,73 - 0,09 \lg ОВЗШ$	0,018	-5,35	0,001
12	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	36	-0,23	0,16	1,39	-	1,84	0,36	$1,51 - 0,012 \lg ЖВЗК$	0,009	-1,36	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	0,35	0,15	2,34	0,02	4,78	0,78	$1,55 + 0,08 \lg ЖВОВ$	0,04	2,19	0,05

Таблица 27. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg токсичности химических элементов, мА/кг, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, вес %	29	0,52	0,14	37,5	0,001	10,2	1,16	-0,16+0,24lgCЧ	0,074	3,19	0,01
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	-0,26	0,18	1,39	-	1,81	0,30	-0,26-0,13lgCЧЗК	0,10	-1,35	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	-0,57	0,14	3,93	0,001	10,5	1,17	-0,51-0,23lgCЧОВ	0,07	-3,24	0,01
4	Земная кора, вес %	36	0,05	0,17	0,30	-	0,09	-1,2	-0,30+0,015lg3K	0,05	0,29	-
5	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	32	0,44	0,15	2,97	0,01	7,14	0,98	-0,33+0,19lg3K3Ш	0,07	2,67	0,02
6	Океанская вода, вес %	33	0,33	0,16	2,10	0,05	3,89	0,68	-0,22+0,1lgOB	0,05	1,97	0,05
7	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	31	0,47	0,14	3,23	0,01	8,14	1,05	-0,46+0,1lgOBЗК	0,06	2,85	0,01
8	Метеориты, вес %	32	0,33	0,16	2,05	0,05	3,73	0,66	-0,17+0,11lgM	0,06	1,93	0,1
9	Живое в-во, вес %	20	0,29	0,22	1,36	-	1,69	0,26	0,14+0,11lgЖВ	0,08	1,30	-
10	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	27	0,44	0,16	2,74	0,02	6,03	0,90	-0,48+0,13lgOB3Ш	0,05	2,46	0,05
11	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	0,12	0,23	0,52	-	0,27	-0,65	0,64+0,14lgЖВЗК	0,27	0,52	-
12	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,56	0,16	3,62	0,01	8,91	1,09	0,16-0,30lgЖВОВ	0,10	-2,98	0,01

Таблица 28. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	48	0,52	0,11	4,83	0,001	17,0	1,42	$0,13 + 0,63 \lg C^4_3K$	0,15	4,13	0,001
2	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	46	-0,05	0,15	0,30	-	0,09	-1,20	$0,34 - 0,06 \lg C^4_{O}B$	0,19	-0,30	-
3	Земная кора, вес %	48	0,50	0,11	4,51	0,001	15,3	1,36	$-0,16 + 0,38 \lg 3K$	0,1	3,91	0,001
4	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	47	0,08	0,15	0,55	-	0,30	-0,61	$0,28 + n \cdot 10^0 \lg 3K^3_{III}$	0,29	0,55	-
5	Океанская вода, вес %	46	0,73	0,07	10,4	0,001	50,2	1,96	$0,15 + 0,57 \lg OB$	0,08	7,1	0,001
6	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	46	0,51	0,11	4,63	0,001	15,8	1,38	$-0,45 + 0,54 \lg OB^3_K$	0,13	3,97	0,001
7	Метеориты, вес %	47	0,59	0,10	6,00	0,001	23,6	1,58	$1,83 + 0,71 \lg M$	0,15	4,86	0,001
8	Живое в-во, вес %	34	0,66	0,10	6,72	0,001	25,2	1,61	$2,68 + 0,72 \lg ЖB$	0,14	5,02	0,001
9	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	45	0,44	0,12	3,60	0,001	10,4	1,17	$-0,14 + 0,43 \lg OB^3_{III}$	0,13	3,23	0,01
10	Живое в-во, % от содержания в земной коре	32	0,57	0,12	4,65	0,001	14,6	1,34	$4,28 + 0,85 \lg ЖB^3_K$	0,22	3,81	0,001
11	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	32	-0,25	0,17	1,46	-	1,99	0,34	$1,25 - 0,31 \lg ЖB^0_OB$	0,22	-1,41	-

Таблица 29. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	46	0,22	0,14	1,54	-	2,25	0,40	$0,36 + 0,22 \lg \text{СЧОВ}$	0,15	1,50	-
2	Земная кора, вес %	48	-0,28	0,14	2,05	0,05	3,86	0,68	$0,50 - 0,17 \lg 3K$	0,09	-1,97	0,05
3	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	47	-0,28	0,14	2,01	0,05	3,74	0,66	$0,006 - 0,46 \lg 3K3Ш$	0,24	-1,93	0,1
4	Океанская вода, вес %	46	0,27	0,14	1,90	0,1	3,37	0,61	$0,2 + 0,17 \lg \text{ОВ}$	0,09	1,84	0,1
5	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	46	0,63	0,09	7,01	0,001	29,5	1,69	$1,33 + 0,76 \lg \text{ОВЗК}$	0,14	5,43	0,001
6	Метеориты, вес %	47	-0,19	0,14	1,30	-	1,63	0,25	$-2,25 - 0,18 \lg M$	0,14	-1,28	-
7	Живое в-во, вес %	34	0,36	0,15	2,35	0,02	4,81	0,78	$-2,45 + 0,40 \lg \text{ЖВ}$	0,18	2,19	0,05
8	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	45	0,31	0,14	2,26	0,05	4,60	0,76	$0,93 + 0,33 \lg \text{ОВЗШ}$	0,16	2,14	0,05
9	Живое в-во, % от содержания в земной коре	32	0,73	0,08	8,71	0,001	35,0	1,78	$-3,88 + 0,56 \lg \text{ЖВЗК}$	0,10	5,92	0,001
10	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	34	-0,25	0,17	1,50	-	2,11	0,37	$0,24 - 0,27 \lg \text{ЖВОВ}$	0,19	-1,45	-

Таблица 30. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^3$), по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Земная кора, вес %	46	-0,24	0,14	1,67	0,1	2,64	0,49	-0,22-0,14lg3K	0,09	-1,63	-
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,006	0,15	0,004	-	0,001	-3,3	-0,37-0,01lg3K3Ш	0,26	-0,04	-
3	Океанская вода, вес %	46	-0,59	0,10	6,03	0,001	23,7	1,58	-0,27-0,37lgOB	0,075	-4,87	0,001
4	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	46	-0,58	0,10	5,87	0,001	22,7	1,56	0,32-0,48lgOB3K	0,10	-4,77	0,001
5	Метеориты, вес %	45	-0,26	0,14	1,85	0,01	3,17	0,58	-0,95-0,26lgM	0,14	-1,78	0,1
6	Живое в-во, вес %	34	0,03	0,18	0,19	-	0,035	-1,67	-0,82+0,026lgЖВ	0,14	0,19	-
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,57	0,10	5,55	0,001	20,8	1,52	0,05-0,45lgOB3Ш	0,10	-4,56	0,001
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	31	0,14	0,18	0,79	-	0,61	-0,25	-0,24+0,16lgЖВ3K	0,21	0,78	-
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	31	0,86	0,05	17,4	0,001	80,5	2,19	-1,03+0,81lgЖВОВ	0,09	8,97	0,001

Таблица 31. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	0,47	0,09	5,12	0,001	20,4	1,51	$1,20+1,05lg3K3Ш$	0,23	4,52	0,001
2	Океанская вода, вес %	69	0,46	0,10	4,75	0,001	17,8	1,44	$1,1+0,43lgOB$	0,10	4,22	0,001
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	69	-0,11	0,12	0,94	-	0,87	-0,07	$0,97-0,13lgOB3K$	0,14	-0,93	-
4	Метеориты, вес %	73	0,64	0,07	9,11	0,001	49,1	1,95	$3,60+0,99lgM$	0,14	7,00	0,001
5	Живое в-во, вес %	37	0,22	0,16	1,38	-	1,82	0,30	$2,44+0,05lgЖВ$	0,035	1,35	-
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,13	0,13	1,02	-	1,03	0,014	$1,0+0,15lgOB3Ш$	0,15	1,01	-
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	36	0,43	0,14	3,07	0,001	7,70	1,02	$2,61+0,12lgЖВ3K$	0,04	2,78	0,01
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	-0,01	0,17	0,07	-	0,005	-2,68	$1,99-0,015lgЖВОВ$	0,21	-0,07	-

Таблица 32. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, вес %	63	0,00	0,13	0,002	-	$5 \cdot 10^{-6}$	-6,1	$-0,3 + 1 \cdot 10^4 \lg OB$	0,04	0,002	-
2	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	63	-0,29	0,12	2,52	0,02	5,78	0,88	$-0,19 - 0,13 \lg OB3K$	0,06	-2,40	0,02
3	Метеориты, вес %	73	-0,13	0,12	1,13	-	1,25	0,11	$-0,72 - 0,09 \lg M$	0,08	-1,12	-
4	Живое в-во, вес %	36	-0,11	0,17	0,63	-	0,39	-0,47	$-0,51 - 0,015 \lg ЖВ$	0,02	-0,62	-
5	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,18	0,12	1,47	-	2,08	0,37	$-0,34 + 0,08 \lg OB3Ш$	0,06	1,44	-
6	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	0,33	0,15	2,16	0,05	4,16	0,71	$-0,43 + 0,05 \lg ЖВ3K$	0,026	2,04	0,05
7	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	35	-0,06	0,17	0,35	-	0,12	-1,07	$-0,68 - 0,04 \lg ЖВОВ$	0,12	-0,34	-

Таблица 33. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	69	0,68	0,06	10,6	0,001	59,2	2,04	$-1,56 + 0,83 \lg OB3K$	0,11	7,70	0,001
2	Метеориты, вес %	63	0,61	0,08	7,62	0,001	36,4	0,18	$2,01 + 1,00 \lg M$	0,17	6,03	0,001
3	Живое в-во, вес %	37	0,29	0,15	1,87	0,1	3,21	0,58	$1,55 + 0,1 \lg ЖВ$	0,06	1,79	0,1
4	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,80	0,05	17,2	0,001	107	2,34	$-1,12 + 1,03 \lg OB3Ш$	0,10	10,3	0,001
5	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,37	0,15	2,46	0,02	5,22	0,83	$3,96 + 0,7 \lg ЖВ3K$	0,31	2,28	0,05
6	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,62	0,11	5,66	0,001	19,8	1,49	$1,60 - 0,99 \lg ЖВОВ$	0,22	-4,45	0,001

Таблица 34. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^6$), по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Метеориты, вес %	63	0,25	0,12	2,07	0,05	4,03	0,70	$1,66+0,32lgM$	0,16	2,00	0,05
2	Живое в-во, вес %	37	0,22	0,16	1,39	-	1,85	0,31	$2,07+0,064lgЖВ$	0,05	1,36	-
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,86	0,03	26,3	0,001	176	2,59	$0,43+0,87lgОВЗШ$	0,07	13,3	0,001
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,59	0,12	5,08	0,001	16,9	1,41	$5,23+0,91lgЖВЗК$	0,22	4,11	0,001
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,78	0,07	11,4	0,001	50,5	1,96	$2,18-1,00lgЖВОВ$	0,14	-7,10	0,001

Таблица 35. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое вещество, вес %	36	0,28	0,16	1,81	0,1	3,00	0,55	$-1,40+0,06lgЖВ$	0,03	1,73	0,1
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,09	0,13	0,71	-	0,50	-0,35	$-2,71+0,07lgОВЗШ$	0,10	0,71	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	0,24	0,16	1,45	-	1,99	0,35	$-1,33+0,05lgЖВЗК$	0,05	1,41	-
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	35	0,03	0,17	0,19	-	0,03	-0,68	$-1,60+0,03lgЖВОВ$	0,16	0,19	-

Таблица 36. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	0,12	0,17	0,70	-	0,49	-0,36	-4,42+0,39lgOB3II	0,56	0,70	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,28	0,16	1,73	0,1	2,76	0,51	-1,85+1,53lgЖВЗК	0,92	1,66	0,1
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,06	0,18	0,32	-	0,10	-1,13	-3,73-0,26lgЖВОВ	0,80	-0,32	-

Таблица 37. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по lg биогеохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	33	0,43	0,15	2,9	0,01	6,90	0,97	4,0+0,75lgЖВЗК	0,29	2,63	0,01
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	33	-0,75	0,08	9,42	0,001	39,2	1,83	1,54-0,1lgЖВОВ	0,17	-6,26	0,001

Таблица 38. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в живом веществе, вес % от содержания в земной коре по lg содержания элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	0,06	0,17	0,32	-	0,10	-1,14	-5,0+0,23lgЖВОВ	0,73	0,32	-

Таблица 39. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Всасывание из легких	70	0,83	0,07	12,2	0,001	$1 \cdot 10^{-10}$ в легкие ^{6,5}
2	Содержание в печени	54	-0,01	0,14	1,55	-	3,8 с печени ^{-0,44}
3	Содержание в почках	55	-0,30	0,13	2,29	0,05	1,7 с почки ^{-0,55}
4	Содержание в скелете	53	-0,65	0,11	0,12	0,001	$1,2 \cdot 10^3$ с скелет ^{-2,0}
5	Период биологического полувыведения	65	-0,43	0,11	3,8	0,001	46ТБ ^{-0,7}
6	Связано белком плазмы	62	-0,51	0,12	4,6	0,001	$4 \cdot 10^4$ СБ ^{-2,5}
7	Токсичность	31	0,31	0,17	1,79	0,1	4,8Т ^{0,5}
8	«Стандартный» человек, вес %	44	0,48	0,14	3,53	0,001	6,7СЧ ^{0,24}
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	44	0,29	0,15	1,96	0,05	4,76СЧЗК ^{0,18}
10	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	42	-0,41	0,14	2,84	0,01	9,3СЧОВ ^{-0,26}
11	Земная кора, вес %	67	0,12				23К ^{0,089}
12	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	62	-0,24	0,13	1,92	0,1	1,363КЗШ ^{-0,34}
13	Океанская вода, вес %	63	0,65	0,10	6,7	0,001	4,36ОВ ^{0,04}
14	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	62	0,56	0,11	5,2	0,001	1,21ОВЗК ^{0,35}
15	Метеориты, вес %	62	0,43	0,12	3,7	0,001	19,8М ^{0,38}
16	Живое в-во, вес %	34	0,35	0,17	2,1	0,05	58,6ЖВ ^{0,17}
17	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	58	0,60	0,11	5,62	0,001	1,39ОВЗШ ^{0,43}
18	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,21				75ЖВЗК ^{0,16}
19	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,42	0,16	2,61	0,01	25ЖВОВ ^{-0,25}

Таблица 40. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из легких по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в печени	66	-0,22	0,12	1,8	0,1	37,8 с печени ^{-0,05}
2	Содержание в почках	66	-0,26	0,12	2,18	0,05	34,8 с почки ^{-0,05}
3	Содержание в скелете	60	-0,59	0,10	5,6	0,001	63,3 с скелет ^{-0,19}
4	Период биологического полувыведения	79	-0,36	0,11	3,4	0,001	49ТБ ^{-0,07}
5	Связано белком плазмы	76	-0,62	0,09	6,8	0,001	137СБ ^{-0,33}
6	Токсичность	36	0,56	0,14	3,9	0,001	37,7Т ^{0,12}
7	«Стандартный» человек, вес %	48	0,54	0,12	4,4	0,001	40,8СЧ
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	48	0,32	0,14	2,3	0,05	41,7СЧЗК ^{0,034}
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	46	-0,50	0,13	3,8	0,001	41,5СЧОВ ^{-0,05}
10	Земная кора, вес %	80	0,11				37,4ЗК ^{-0,01}
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	0,03				36,4ЗКЗШ ^{0,004}
12	Океанская вода, вес %	68	0,65	0,09	6,9	0,001	42ОВ ^{0,045}
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	69	0,56	0,10	5,6	0,001	35,5ОВЗК ^{0,046}
14	Метеориты, вес %	75	0,29	0,11	2,6	0,01	44,6М ^{0,031}
15	Живое в-во, вес %	37	0,33	0,16	2,1	0,05	39,8ЖВ ^{0,033}
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,73	0,09	8,3	0,001	34,9ОВЗШ ^{0,064}
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	0,41	0,15	2,7	0,01	83ЖВЗК ^{0,061}
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,54	0,14	3,8	0,001	50ЖВОВ ^{-0,06}

Таблица 41. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в печени по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в почках	62	0,78	0,09	9,00	0,001	$4,5 \text{ с почки}^{0,63}$
2	Содержание в скелете	52	-0,11	0,15		0,001	$6,7 \text{ с скелет}^{-0,13}$
3	Период биологического полувыведения	66	-0,42	0,11	3,7	0,001	$21,5 \text{ ТБ}^{-0,29}$
4	Связано белком плазмы	65	0,28	0,12	2,3	0,05	$0,63 \text{ СБ}^{0,56}$
5	Токсичность	35	0,47	0,15	3,1	0,01	$4 \text{ Т}^{-0,46}$
6	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,53	0,14	3,8	0,001	$3,7 \text{ СЧ}^{-0,22}$
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	40	-0,08				$4,1 \text{ СЧЗК}^{-0,039}$
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	38	0,18				$4,3 \text{ СЧОВ}^{0,081}$
9	Земная кора, вес %	63	-0,41	0,12	3,5	0,001	$7,63 \text{ К}^{-0,14}$
10	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	63	-0,19				$5,23 \text{ КЗШ}^{-0,1}$
11	Океанская вода, вес %	52	-0,50	0,12	4,1	0,001	$3,8 \text{ ОВ}^{-0,14}$
12	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	52	-0,34	0,14	2,4	0,02	$6,3 \text{ ОВЗК}^{-0,11}$
13	Метеориты, вес %	63	-0,36	0,12	3,0	0,01	$2,08 \text{ М}^{-0,15}$
14	Живое в-во, вес %	28	-0,62	0,16	4,0	0,001	$0,27 \text{ ЖВ}^{-0,33}$
15	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,34	0,14	2,4	0,02	$5,5 \text{ ОВЗШ}^{-0,11}$
16	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	27	-0,20				$0,55 \text{ ЖВЗК}^{-0,20}$
17	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	28	-0,19				$3,09 \text{ ЖВОВ}^{0,095}$

Таблица 42. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в почках по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в скелете	52	-0,10				$1,78 \text{ с скелет}^{-0,15}$
2	Период биологического полувыведения	66	-0,44	0,11	3,91	0,001	$9,2 \text{ ТБ}^{-0,4}$
3	Связано белком плазмы	65	0,39	0,12	3,35	0,001	$0,032 \text{ СБ}^{0,96}$
4	Токсичность	35	-0,54	0,15	3,65	0,001	$0,71 \text{ Т}^{-0,66}$
5	«Стандартный» человек, вес %	40	-0,52	0,14	3,72	0,001	$0,72 \text{ СЧ}^{-0,25}$
6	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	40	0,16				$0,82 \text{ СЧЗК}^{0,088}$
7	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	38	0,30	0,16	1,9	0,1	$0,8 \text{ СЧОВ}^{0,15}$
8	Земная кора, вес %	63	-0,69	0,09	7,4	0,001	$2,63 \text{ К}^{-0,3}$
9	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	63	-0,39	0,12	3,3	0,001	$1,093 \text{ КЗШ}^{-0,26}$
10	Океанская вода, вес %	52	-0,59	0,11	5,9	0,001	$0,69 \text{ ОВ}^{-0,19}$
11	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	53	-0,31	0,13	2,33	0,02	$1,44 \text{ ОВЗК}^{-0,12}$
12	Метеориты, вес %	63	-0,54	0,11	5,0	0,001	$0,21 \text{ М}^{-0,28}$
13	Живое в-во, вес %	28	-0,66	0,15	4,5	0,001	$0,025 \text{ ЖВ}^{-0,39}$
14	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	52	-0,33	0,13	2,46	0,02	$1,10 \text{ ВЗШ}^{-0,13}$
15	Живое в-во, % от содержания в земной коре	27	0,07				$1,1 \text{ ЖВЗК}^{0,65}$
16	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	28	0,23				$,43 \text{ ЖВОВ}^{0,12}$

Таблица 43. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в скелете по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Период биологического полувыведения	60	0,54	0,11	5,05	0,001	$6ТБ^{0,31}$
2	Связано белком плазмы	58	0,29	0,13	2,27	0,05	$4,6СБ^{0,44}$
3	Токсичность	29	-0,19				$25,5Т^{-0,13}$
4	«Стандартный» человек, вес %	35	0,03				$20,5СЧ^{0,007}$
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	35	-0,03				$20,5СЧЗК^{-0,008}$
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанической воде	33	0,27	0,17	1,57		$20,9СЧОВ^{0,08}$
7	Земная кора, вес %	57	0,05				$26,6ЗК^{0,016}$
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре						
9	Океанская вода, вес %						
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	50	-0,43	0,13	3,3	0,001	$33ОВЗК^{-0,1}$
11	Метеориты, вес %	57	0,02				
12	Живое в-во, вес %	25	0,03				$21,7ЖВ^{0,0095}$
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	50	-0,43	0,13	3,3	0,001	$32ОВЗШ^{-0,1}$
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	24	0,11				$28,6ЖВЗК^{0,047}$
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	25	0,05				$20,2ЖВОВ^{0,016}$

Таблица 44. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения химических элементов по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Связано белком плазмы	75	0,14				$14,3CB^{0,42}$
2	Токсичность	36	0,11				$111T^{0,13}$
3	«Стандартный» человек, вес %	47	0,19				$61,7CЧ^{0,078}$
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	47	-0,13				$69,6CЧЗК^{-0,069}$
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	43	0,33	0,15	2,28	0,05	$76,8CЧОВ^{0,17}$
6	Земная кора, вес %	75	0,36	0,11	3,32	0,001	$58,63K^{0,17}$
7	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	74	0,42	0,11	3,92	0,001	$1303KЗШ^{0,33}$
8	Океанская вода, вес %	63	0,21	0,13	1,67	0,1	$90ОВ^{-0,068}$
9	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	64	-0,26	0,12	2,14	0,05	$119ОВЗК^{-0,11}$
10	Метеориты, вес %	74	0,13				$144M^{0,076}$
11	Живое в-во, вес %	36	0,08				$96,7ЖВ^{0,045}$
12	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	62	-0,29	0,12	2,36	0,02	$119ОВЗШ^{-0,13}$
13	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,21				$18,8ЖВЗК^{-0,16}$
14	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	0,21				$66,5ЖВОВ^{0,12}$

Таблица 45. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины доли химических элементов, связываемых белками плазмы крови по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Токсичность	36	-0,74	0,11	6,4	0,001	$38T^{-0,39}$
2	«Стандартный» человек, вес %	44	-0,27	0,15	1,83	0,1	$48CЧ^{-0,05}$
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	44	0,09	-			$47CЧЗК^{0,018}$
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	42	0,45	0,14	3,14	0,01	$48CЧОВ^{0,09}$
5	Земная кора, вес %	72	-0,39	0,11	3,53	0,001	$693K^{-0,07}$
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	72	-0,28	0,11	2,44	0,02	$543KЗШ^{-0,078}$
7	Океанская вода, вес %	60	-0,59	0,11	5,55	0,001	$45ОВ^{-0,08}$
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	60	-0,41	0,12	3,42	0,001	$60ОВЗК^{-0,07}$
9	Метеориты, вес %	72	-0,27	0,11	2,40	0,02	$40М^{-0,056}$
10	Живое в-во, вес %	33	-0,21				$28ЖВ^{-0,047}$
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	60	-0,52	0,11	4,65	0,001	$57ОВЗШ^{-0,09}$
12	Живое в-во, % от содержания в земной коре	33	-0,07				
13	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	33	0,43	0,16	0,65	0,01	$34ЖВОВ^1$

Таблица 46. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов, мА/кг, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	«Стандартный» человек, вес %	28	0,43	0,18	2,44	0,05	$0,72CЧ^{0,18}$
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	-0,26				$0,55CЧЗК^{-0,13}$
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	27	-0,66	0,15	4,40	0,001	$0,54CЧОВ^{-0,32}$
4	Земная кора, вес %	36	0,58	0,15	3,86	0,001	$0,263К^{0,22}$
5	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	36	0,30	0,16	1,83	0,1	$0,623КЗШ^{0,19}$
6	Океанская вода, вес %	32	0,63	0,14	4,44	0,001	$0,70ОВ^{0,20}$
7	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	32	0,31	0,17	1,79	0,1	$0,44ОВЗК^{0,14}$
8	Метеориты, вес %	36	0,44	0,16	2,84	0,01	$1,6М^{0,19}$
9	Живое в-во, вес %	21	0,46	0,20	2,27	0,05	$6,45ЖВ^{9,24}$
10	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	32	0,42	0,17	2,53	0,02	
11	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,09				$0,5ЖВЗК^{-0,055}$
12	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,57	0,19	3,05	0,01	$1,46ЖВОВ^{-0,31}$

Таблица 47. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	48	0,54	0,12	4,37	0,001	$1,68CЧЗК^{0,66}$
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанической воде	46	-0,05				$2,77CЧОВ^{-0,059}$
3	Земная кора, вес %	48	0,59	0,12	4,94	0,001	$0,173K^{0,71}$
4	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	0,05				$2,23KЗШ^{0,1}$
5	Океанская вода, вес %	46	0,74	0,10	7,3	0,001	$1,76ОВ^{0,59}$
6	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,59	0,13	4,66	0,001	$0,59ОВЗК^{0,58}$
7	Метеориты, вес %	47	0,60	0,12	5,03	0,001	$91M^{0,72}$
8	Живое в-во, вес %	34	0,89	0,08	11,0	0,001	$9305ЖВ^{1,1}$
9	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	45	0,47	0,13	3,52	0,001	$0,82ОВЗШ^{0,46}$
10	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	32	0,63	0,14	4,50	0,001	$2 \cdot 10^5 ЖВЗК^{1,1}$
11	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,25				$13,6ЖВОВ^{-0,33}$

Таблица 49. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$) в % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Земная кора, вес %	46	-0,25	0,15	1,72	0,1	$1,13K^{-0,25}$
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,02				$0,443K3\Pi^{-0,035}$
3	Океанская вода, вес %	46	-0,61	0,12	5,1	0,001	$0,56OB^{-0,38}$
4	Океанская вода, % от содния в земной коре и океанской воде	42	-0,31	0,15	2,05	0,05	$0,7OB3K^{-0,24}$
5	Метеориты, вес %	45	-0,23				$0,14M^{-0,23}$
6	Живое в-во, вес %	34	-0,03				$0,12ЖВ^{-0,024}$
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,62	0,12	5,17	0,001	$1,37OB3\Pi^{-0,49}$
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	32	0,12				$0,57ЖВ3K^{0,16}$
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	0,84	0,10	3,8	0,001	$0,08ЖВОВ^{0,8}$

Таблица 50. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	75	0,52	0,10	5,2	0,001	$23,763K3\Pi^{0,87}$
2	Океанская вода, вес %	69	0,56	0,10	5,4	0,001	$22OB^{0,38}$
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	67	0,06				$10,9OB3K^{0,053}$
4	Метеориты, вес %	75	0,80	0,07	11,3	0,001	$4543M^{0,94}$
5	Живое в-во, вес %	37	0,74	0,11	6,5	0,001	$1 \cdot 10^4 ЖВ^{0,64}$
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,19				$20,9OB3\Pi^{0,15}$
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	-0,07				$35,6ЖВ3K^{-0,11}$
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,05				$186ЖВОВ^{-0,06}$

Таблица 51. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, вес %	63	-0,008				$0,50B^{-0,0027}$
2	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	61	-0,004				$0,50B3K^{-0,0016}$
3	Метеориты, вес %	75	-0,09				$0,19M^{-0,06}$
4	Живое в-во, вес %	36	0,17				$0,7ЖВ^{0,1}$
5	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,14				$0,470B3Ш^{0,06}$
6	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,07				$0,16ЖВ3K^{-0,06}$
7	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	-0,09				$0,37ЖВОВ^{-0,0056}$

Таблица 52. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	62	0,66	0,10	6,77	0,001	$0,050B3K^{0,78}$
2	Метеориты, вес %	63	0,62	0,10	6,3	0,001	$101M^{1,0}$
3	Живое в-во, вес %	37	0,73	0,11	6,35	0,001	$1,2 \cdot 10^4 ЖВ^{1,0}$
4	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,79	0,08	10,0	0,001	$0,0680B3Ш^{1,0}$
5	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	37	0,44	0,15	2,92	0,01	$5 \cdot 10^4 ЖВ3K^{0,94}$
6	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,64	0,13	4,94	0,001	$28ЖВОВ^{1,0}$

Таблица 53. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Метеориты, вес %	61	0,29	0,12	2,36	0,02	$17,8M^{0,36}$
2	Живое в-во, вес %	37	0,44	0,15	2,93	0,01	$1,6 \cdot 10^3 ЖВ^{0,56}$
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	56	0,66	0,10	6,4	0,001	$2,6ОВЗШ^{0,69}$
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	36	0,37	0,16	2,30	0,05	$2 \cdot 10^4 ЖВЗК^{0,7}$
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,50	0,15	3,43	0,001	$71,5ЖВОВ^{-0,74}$

Таблица 54. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое ве-во, вес %	36	0,64	0,13	4,82	0,001	$1,07ЖВ^{0,59}$
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	63	0,11			-	$0,0019ОВЗШ^{0,087}$
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	-0,12				$0,0049ЖВЗК^{-0,16}$
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	0,013				$0,02ЖВОВ^{0,013}$

Таблица 55. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	0,36	0,16	2,25	0,05	$0,00053ОВЗШ^{0,29}$
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	34	0,55	0,15	3,75	0,001	$1,72ЖВЗК^{0,76}$
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	37	-0,13				$0,0017ЖВОВ^{-0,15}$

Таблица 56. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	35	0,45	0,16	2,88	0,01	$5,4 \cdot 10^4 ЖВЗК^{0,88}$
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	36	-0,80	0,10	7,75	0,001	$45ЖВОВ^{-1,1}$

Таблица 57. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в земной коре, по содержанию элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	34	-0,10			-	$1,6 \cdot 10^4 ЖВОВ^{-0,08}$

Таблица 58. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из желудочно-кишечного тракта по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Всасывание из легких	49	0,25	0,14	0,1	0,1	0,57		25,9+0,59 в легкие	0,33	1,76	0,1
2	Содержание в печени	45	-0,28	0,14	2,0	0,05	0,69	0,65	57,5-0,62 в печень	0,32	-1,92	0,1
3	Содержание в почках	43	-0,15	0,15	1,0	-	0,98	-0,006	51,7-0,61 с почки	0,62	-0,99	-
4	Содержание в скелете	37	-0,09	0,17	0,55	-	0,3	-0,6	52-0,12 с скелет	0,22	-0,55	-
5	Период биологического полувыведения	49	0,17	0,14	1,17	-	1,34	0,15	43,6+0,0025ТБ	0,0022	1,16	-
6	Связано белком плазмы	47	-0,31	0,13	2,34	0,02	4,93	0,8	79-0,42СБ	0,19	-2,22	0,05
7	Токсичность	27	0,15	0,2	0,77	-	0,58	-0,27	60+0,74Т	0,98	0,76	-
8	«Стандартный» человек, вес %	24	0,26	0,2	1,3	-	1,58	0,23	50,7+0,00057СЧ	$4,5 \cdot 10^{-4}$	1,26	-
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	25	-0,11	0,21	0,54	-	0,29	-0,62	53-0,01СЧЗК	0,019	-0,54	-
10	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	23	-0,46	0,17	2,63	0,02	5,5	0,85	64-0,2СЧОВ	0,087	-2,34	0,05
11	Земная кора, вес %	47	0,34	0,13	2,62	0,01	6,1	0,9	42,5+0,00163К	$6 \cdot 10^{-4}$	2,46	0,02
12	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,19	0,15	1,29	-	1,61	0,24	49,2-1,163КЗШ	0,91	-1,27	-
13	Океанская вода, вес %	37	0,20	0,16	1,21	-	1,41	0,17	50,8+4,9·10 ⁻⁶ ОВ	$4,2 \cdot 10^{-6}$	1,19	-
14	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	0,18	0,16	1,13	-	1,24	0,11	50,9+5,9·10 ⁻⁵ ОВЗК	$5 \cdot 10^{-5}$	1,11	-
15	Метеориты, вес %	45	0,24	0,14	1,66	0,1	2,59	0,48	42,9+2,4М	1,51	1,61	-
16	Живое в-во, вес %	19	0,21	0,23	0,89	-	0,76	-0,14	63+3,8ЖВ	4,3	0,87	-
17	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	35	0,22	0,17	1,34	-	1,71	0,27	47,4+0,0016ОВЗШ	0,0012	1,31	-
18	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	19	0,17	0,24	0,74	-	0,53	-0,32	88,9+103ЖВЗК	142	0,73	-
19	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	-0,28	0,22	1,25	-	1,45	0,19	70,1-0,07ЖВОВ	0,06	-1,2	-

Таблица 59. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в печени	49	-0,003	0,15	0,021	-	$4,4 \cdot 10^{-4}$	-3,87	36-0,0026 с печени	0,13	-0,021	-
2	Содержание в почках	49	0,08	0,14	0,57	-	0,32	-0,57	34,6+0,13 с почки	0,23	0,57	-
3	Содержание в скелете	44	-0,53	0,11	4,81	0,001	16,6	1,4	48-0,25 с скелет	0,06	-4,1	0,001
4	Период биологического полувыведения	55	0,02	0,14	0,13	-	0,016	-2,1	$36+9,6 \cdot 10^{-5}$ ТБ	$7,6 \cdot 10^{-4}$	0,13	-
5	Связано белком плазмы	54	-0,58	0,09	6,35	0,001	26,7	1,64	57-0,28СБ	0,055	-5,16	0,001
6	Токсичность	30	0,65	0,11	5,94	0,001	20	1,5	34+1,4Т	0,31	4,51	0,001
7	«Стандартный» человек, вес %	27	0,53	0,14	3,74	0,001	10	1,15	40+0,00062СЧ	$1,9 \cdot 10^{-4}$	3,10	0,01
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	0,007	0,20	0,03	-	0,001	-3,38	43,6+0,0003СЧЗК	$9 \cdot 10^{-3}$	0,034	-
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	25	-0,35	0,18	1,9	0,1	3,18	0,58	4,75-0,08СЧОВ	0,045	-1,78	0,1
10	Земная кора, вес %	54	0,22	0,13	1,69	0,1	2,72	0,50	35+0,000463К	$2,8 \cdot 10^{-4}$	1,65	0,1
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	0,11	0,14	0,77	-	0,59	-0,23	34+0,263КЗШ	0,34	0,77	-
12	Океанская вода, вес %	43	0,49	0,12	4,2	0,001	13	1,3	$37+6 \cdot 10^{-6}$ ОВ	$1,7 \cdot 10^{-6}$	3,6	0,001
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,47	0,12	3,92	0,001	11,9	1,24	$36,9+7,5 \cdot 10^{-5}$ ОВЗК	$2 \cdot 10^{-5}$	3,45	0,001
14	Метеориты, вес %	52	-0,04	0,14	0,27	-	0,07	-1,3	35-0,15М	0,57	-0,27	-
15	Живое в-во, вес %	22	0,52	0,16	3,14	0,01	7,2	0,99	45,7+5,3ЖВ	1,96	2,69	0,02
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,46	0,13	3,59	0,001	10	1,16	34+0,0014ОВЗШ	$4 \cdot 10^{-4}$	3,2	0,01
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,52	0,16	3,14	0,01	7,25	0,99	44+185ЖВЗК	69	2,69	0,02
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,42	0,18	2,3	0,05	4,36	0,74	52,8-0,057ЖВОВ	0,027	-2,1	0,05

Таблица 60. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в почках	45	0,23	0,14	1,58	-	2,38	0,43	12,8+0,42 с почки	0,27	1,53	-
2	Содержание в скелете	39	-0,23	0,16	1,48	-	2,1	0,36	12-0,07 с скелет	0,046	-1,44	-
3	Период биологического полувыведения	49	-0,18	0,14	1,25	-	1,52	0,21	15,9-0,001ТБ	$9 \cdot 10^{-4}$	-1,23	-
4	Связано белком плазмы	49	0,30	0,13	2,23	0,05	4,56	0,76	2,1+0,17СБ	0,08	2,13	0,05
5	Токсичность	29	-0,25	0,18	1,4	-	1,85	0,31	15,9-0,5Т	0,37	-1,36	-
6	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,16	0,20	0,79	-	0,6	-0,25	15,3-0,0012СЧ	0,0016	-0,78	-
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	-0,08	0,20	0,43	-	0,18	-0,86	15-0,0041СЧЗК	$9,8 \cdot 10^{-3}$	-0,42	-
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	-0,04	0,21	0,2	-	0,04	-1,62	15,7-0,01СЧОВ	0,05	-0,2	-
9	Земная кора, вес %	47	-0,20	0,14	1,43	-	1,97	0,34	-0,0+2,9 $\cdot 10^{-4}$ ЗК	-	-1,4	-
10	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	-0,19	0,14	1,35	-	1,76	0,28	17,1-0,543КЗШ	0,41	-1,3	-
11	Океанская вода, вес %	37	-0,12	0,17	0,75	-	0,55	0,3	14,3-1,4 $\cdot 10^{-5}$ ОВ	$1,9 \cdot 10^{-4}$	-0,74	-
12	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	-0,12									
13	Метеориты, вес %	46	-0,11									
14	Живое в-во, вес %	20	-0,2									
15	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	37	-0,16	0,16	0,95	-	0,88	-0,067	14,6-5 $\cdot 10^{-4}$ ОВЗШ	$5 \cdot 10^{-4}$	-0,94	-
16	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,11	0,23	0,46	-	0,20	-0,79	18,3-1 $\cdot 10^4$ ЖВЗК	$2,4 \cdot 10^4$	-0,45	-
17	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,10	0,23	0,43	-	0,18	-0,85	14,3-0,012ЖВОВ	0,029	-0,43	-

Таблица 61. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в скелете	39	-0,19	0,16	1,21	-	1,4	0,17	3,7-0,02 с скелет	0,017	-1,19	-
2	Период биологического полувыведения	49	-0,15	0,14	1,0	-	1,0	0,018	6,3-5·10 ⁻⁴ ТБ	5·10 ⁻⁴	-1,0	-
3	Связано белком плазмы	49	0,28	0,13	2,05	0,05	3,87	0,68	-0,66+0,083СБ	0,042	1,97	0,05
4	Токсичность	29	-0,19	0,19	1,0	-	1,0	0,018	7,6-0,29Т	0,28	-1,0	-
5	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,16	0,20	0,8	-	0,63	-0,23	2,3-1,8·10 ⁻⁴ СЧ	2,3·10 ⁻⁴	-0,79	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,08	0,2	0,38	-	0,14	-0,97	3,8+0,0016СЧЗК	0,004	0,38	-
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	-0,003	0,21	0,013	-	1,6·10 ⁻⁴	-4,38	1,9-8,9·10 ⁻⁵ СЧОВ	7,1·10 ⁻³	-0,013	-
8	Земная кора, вес %	47	-0,18	0,14	1,21	-	1,42	0,18	6,2-1,9·10 ⁻⁴ ЗК	1,6·10 ⁻⁴	-1,19	-
9	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	-0,16	0,15	1,09	-	1,16	0,07	6,4-0,23КЗШ	0,22	-1,08	-
10	Океанская вода, вес %	37	-0,08	0,17	0,49	-	0,24	-0,72	3,8-4,0·10 ⁻⁶ ОВ	8·10 ⁻⁶	-0,49	-
11	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	-0,09	0,17	0,51	-	0,26	-0,67	3,8-n·10 ⁻⁴ ОВЗК	3,6·10 ⁻⁴	-0,51	-
12	Метеориты, вес %	47	-0,11	0,15	0,77	-	0,58	-0,27	5,8-n·10 ⁻¹ М	0,37	-0,76	-
13	Живое в-во, вес %	20	-0,11	0,23	0,48	-	0,23	-0,74	4-9,8ЖВ	20	-0,48	-
14	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	37	-0,10	0,17	0,61	-	0,36	-0,51	3,9-n·10 ⁻⁴ ОВЗШ	2,3·10 ⁻⁴	-0,6	-
15	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,15	0,23	0,65	-	0,42	-0,44	2,4-2,1·10 ³ ЖВЗК	3,3·10 ³	-0,65	-
16	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,13	0,23	0,54	-	0,29	-0,62	4,2-0,0079ЖВОВ	0,015	-0,54	-

Таблица 62. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Период биологического полувыведения	44	0,4	0,13	3,06	0,01	7,9	1,03	48,8+0,0038ТБ	0,0013	2,81	0,01
2	Связано белком плазмы	44	0,29	0,14	2,03	0,05	3,79	0,67	32,9+0,38СБ	0,14	1,95	0,1
3	Токсичность	23	-0,24	0,21	1,16	-	1,28	0,12	49,7-0,87Т	0,77	-1,13	-
4	«Стандартный» человек, вес %	22	0,35	0,20	1,79	0,1	2,81	0,52	88,8+0,0036СЧ	0,002	1,66	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	22	-0,17	0,22	0,77	-	0,58	-0,27	43-0,011СЧЗК	0,014	-0,76	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	20	0,34	0,21	1,61	-	2,3	0,42	1,1+1,1СЧОВ	0,73	1,53	-
7	Земная кора, вес %	42	-0,14	0,16	0,9	-	0,79	-0,4	$6 \cdot 10^3$ -41,73К	46,8	-0,89	-
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	42	0,04	0,16	0,27	-	0,073	-1,3	3,4+0,0913КЗШ	0,03	0,27	-
9	Океанская вода, вес %	36	-0,13	0,17	0,8	-	0,62	-0,24	$7,6 \cdot 10^4$ -7·10 ² ОВ	$9 \cdot 10^2$	-0,79	-
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	36	-0,13	0,17	0,76	-	0,56	-0,29	$1,7 \cdot 10^3$ -15ОВЗК	20,7	-0,75	-
11	Метеориты, вес %	42	-0,14	0,16	0,90	-	0,79	-0,12	2,0-0,018М	0,02	-0,89	-
12	Живое в-во, вес %	18	0,24	0,24	1,01	-	0,98	-0,01	0,011+0,0009ЖВ	$9 \cdot 10^{-4}$	0,99	-
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	-0,16	0,17	0,93	-	0,84	-0,09	3255-29ОВЗШ	32	-0,92	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	17	0,47	0,20	2,34	0,05	4,25	0,72	$-2,3 \cdot 10^{-5}+3,9 \cdot 10^{-6}$ ЖВЗК	$1,9 \cdot 10^{-6}$	2,06	0,1
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	18	-0,003	0,25	0,013	-	$1,8 \cdot 10^{-4}$	-4,3	$40-6 \cdot 10^{-4}$ ЖВОВ	0,047	-0,014	-

Таблица 63. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Связано белком плазмы	54	-0,17	0,13	1,23	-	1,48	0,2	$2,4 \cdot 10^3 - 16,6CB$	13,6	-1,22	-
2	Токсичность	30	-0,04	0,19	0,2	-	0,04	-1,6	$1,7 \cdot 10^3 - 19,5T$	97,2	-0,2	-
3	«Стандартный» человек, вес %	27	0,05	0,2	0,24	-	0,057	-1,43	$1,3 \cdot 10^3 + 0,0096CЧ$	0,04	0,24	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	-0,08	0,19	0,43	-	0,18	-0,86	$1,3 \cdot 10^3 - 0,68CЧЗК$	1,6	-0,43	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	26	-0,10	0,2	0,49	-	0,24	-0,71	$1,5 \cdot 10^3 - 4,1CЧОВ$	8,4	-0,49	-
6	Земная кора, вес %	53	0,26	0,13	1,99	0,05	3,71	0,66	$839 + 0,0943K$	0,049	1,92	0,1
7	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,01	0,1	0,09	-	0,0076	-2,44	$1 \cdot 10^3 - 6,23KЗШ$	71	-0,08	-
8	Океанская вода, вес %	42	-0,06	0,16	0,39	-	0,15	-0,95	$1,4 \cdot 10^3 - 1,3 \cdot 10^{-4}OB$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	-0,39	-
9	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	42	-0,06	0,16	0,4	-	0,13	-1	$1,4 \cdot 10^3 - 1,6 \cdot 10^{-3}OBЗК$	$4 \cdot 10^{-3}$	-0,37	-
10	Метеориты, вес %	52	$5 \cdot 10^{-4}$	0,14	0,004	-	10^{-5}	-5,6	$1138 + 0,47M$	118	0,004	-
11	Живое в-во, вес %	22	-0,07	0,22	0,31	-	0,094	-1,18	$2236 - 154ЖВ$	504	-0,31	-
12	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,05	0,16	0,3	-	0,09	-1,2	$1,3 \cdot 10^3 + 0,03OBЗШ$	0,1	0,3	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,09	0,22	0,42	-	0,17	-0,88	$2,2 \cdot 10^3 - 7 \cdot 10^3ЖВЗК$	$1,8 \cdot 10^4$	-0,42	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,14	0,28	0,66	-	0,43	-0,43	$2,5 \cdot 10^3 - 4,3ЖВОВ$	6,6	-0,65	-

Таблица 64. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета доли металлов (без р-металлов), связываемых белком плазмы крови по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Токсичность	30	-0,57	0,13	4,41	0,001	13,2	1,29	73-2,47Т	0,68	-3,64	0,01
2	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,17	0,2	0,86	-	0,72	-0,16	64-2,19·10 ⁻³ СЧ	2,7·10 ⁻³	-0,85	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,19	0,19	0,97	-	0,90	0,051	62+0,015СЧЗК	0,016	0,95	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	0,28	0,2	1,42	-	1,86	0,31	55,6+0,11СЧОВ	0,079	1,36	-
5	Земная кора, вес %	52	-0,30	0,13	2,35	0,02	5,0	0,81	81-0,00113К	0,00049	-2,23	0,05
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,29	0,13	2,2	0,05	4,47	0,75	82,8-1,433КЗШ	0,68	-2,11	0,05
7	Океанская вода, вес %	41	-0,34	0,14	2,39	0,02	5,0	0,81	75-7,4·10 ⁻⁵ ОВ	3,3·10 ⁻⁵	-2,25	0,05
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,35	0,14	2,5	0,02	5,5	0,85	75-0,0034ОВЗК	0,0014	-2,34	0,02
9	Метеориты, вес %	52	-0,03	0,14	0,23	-	0,054	-1,46	78-0,28М	1,18	-0,23	-
10	Живое в-во, вес %	21	-0,23	0,22	1,06	-	1,07	0,03	58-71ЖВ	68,5	-1,0	-
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,42	0,13	3,19	0,01	8,38	1,06	76-0,0026ОВЗШ	9·10 ⁻⁴	-2,9	0,01
12	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	-0,14	0,22	0,65	-	0,41	-0,45	60-2·10 ⁴ ЖВЗК	3·10 ⁴	-0,64	-
13	Живое ве-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,31	0,21	1,47	-	1,96	0,34	49,8+0,067ЖВОВ	0,048	1,4	-

Таблица 65. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, вес %	22	0,052	0,22	0,23	-	0,054	-1,46	$4,5+6 \cdot 10^{-4} \text{СЧ}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$	0,23	-
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	23	-0,17	0,21	0,80	-	0,62	-0,24	$5,1-0,062 \text{СЧЗК}$	0,078	-0,79	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,18	0,22	0,80	-	0,62	-0,24	$5,5-0,022 \text{СЧОВ}$	0,028	-0,79	-
4	Земная кора, вес %	30	0,33	0,17	1,98	0,1	3,49	0,62	$2,3+2,4 \cdot 10^{-4} \text{ЗК}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	1,87	0,1
5	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	30	0,017	0,18	0,009	-	0,0084	-2,39	$3,44+0,0183 \text{ЗКЗШ}$	0,20	0,09	-
6	Океанская вода, вес %	26	0,91	0,035	26	0,001	116	2,38	$2,0+4 \cdot 10^{-5} \text{ОВ}$	$3,7 \cdot 10^{-4}$	10,8	0,001
7	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	26	0,91	0,035	26	0,001	116	2,38	$1,87+0,0018 \text{ОВЗК}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	10,8	0,001
8	Метеориты, вес %	30	-0,038	0,19	0,20	-	0,041	-1,59	$3,6-0,063 \text{М}$	0,31	-0,20	-
9	Живое ве-во, вес %	19	0,05	0,24	0,019	-	$3,8 \cdot 10^{-4}$	-3,94	$5,32+0,38 \text{ЖВ}$	19,4	0,019	-
10	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	26	0,918	0,03	28,5	0,001	128	2,43	$1,48+0,0011 \text{ОВЗШ}$	$1 \cdot 10^{-4}$	11,3	0,001
11	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	19	0,015	0,24	0,06	-	0,004	-2,76	$5,4-580,0 \text{ЖВЗК}$	$9,2 \cdot 10^3$	-0,06	-
12	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	-0,19	0,23	0,82	-	0,65	-0,21	$6,2-0,01 \text{ЖВОВ}$	0,014	-0,81	-

Таблица 66. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	27	0,27	0,19	1,46	-	1,96	0,34	$3 \cdot 10^3 + 10,87CЧЗК$	7,76	1,40	-
2	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	25	-0,1	0,21	0,48	-	0,23	-0,74	$5,57 \cdot 10^3 - 20,4СЧОВ$	42,5	-0,48	-
3	Земная кора, вес %	27	-0,004	0,20	0,019	-	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-3,95	$4,4 \cdot 10^3 - 0,0063К$	0,31	-0,02	-
4	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	27	-0,08	0,2	0,38	-	0,14	-0,97	$853 - 25,63КЗШ$	67,9	-0,38	-
5	Океанская вода, вес %	25	0,985	0,006	162	0,001	767	3,32	$345 + 0,0092ОВ$	$3,3 \cdot 10^{-4}$	27,7	0,001
6	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	25	0,989	0,0047	210	0,001	997	3,43	$644 + 0,116ОВЗК$	0,0037	31,6	0,001
7	Метеориты, вес %	26	0,003	0,20	0,017	-	0,0003	-4,09	$731 + 1,80М$	108	0,017	-
8	Живое в-во, вес %	19	0,995	0,0026	384	0,001	1576	3,68	$573 + 9509ЖВ$	239	39,7	0,001
9	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	24	0,071	0,21	0,33	-	0,11	-1,1	$727 + 0,029ОВЗШ$	0,087	0,33	-
10	Живое в-во, % от содержания в земной коре	20	0,989	0,005	190	0,001	795	3,34	$961 + 3,3 \cdot 10^5ЖВЗК$	$1,2 \cdot 10^4$	28,2	0,001
11	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	19	-0,14	0,24	0,58	-	0,33	-0,56	$7,77 \cdot 10^3 - 17,4ЖВОВ$	3,5	-0,57	-

Таблица 67. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	25	-0,09	0,21	0,41	-	0,17	-0,89	$47,4-0,14CЧОВ$	0,34	-0,41	-
2	Земная кора, вес %	28	-0,12	0,19	0,61	-	0,36	-0,51	$149-0,00453K$	0,0075	-0,6	-
3	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	27	-0,12	0,2	0,59	-	0,34	-0,53	$127-6,283KЗШ$	10,6	-0,59	-
4	Океанская вода, вес %	27	0,98	0,008	119	0,001	582	3,2	$9,4+7 \cdot 10^{-5}ОВ$	$3 \cdot 10^{-6}$	24	0,001
5	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	26	0,987	0,005	182	0,001	881	3,39	$9+9,25 \cdot 10^{-4}ОВЗК$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	29,7	0,001
6	Метеориты, вес %	27	-0,065	0,20	0,33	-	0,11	-1,12	$107-5,48M$	16,8	-0,33	-
7	Живое в-во, вес %	20	0,999	0,0004	2092	0,001	8868	4,55	$-1,25+76,1ЖВ$	0,81	94,2	0,001
8	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	25	-0,11	0,21	0,52	-	0,27	-0,66	$11-3,68 \cdot 10^{-4}ОВЗШ$	$7 \cdot 10^{-4}$	-0,52	-
9	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	0,987	0,006	170	0,001	710	3,28	$11,2+2629ЖВЗК$	98,6	26,7	0,001
10	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,11	0,23	0,49	-	0,24	-0,72	$51,5-0,11ЖВОВ$	0,24	-0,49	-

Таблица 68. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	<i>t_{a1}</i>	<i>P_{a1}</i>
1	Земная кора, вес %	25	-0,16	0,20	0,78	-	0,60	-0,26	46,8-0,00123К	0,0016	-0,77	-
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	24	0,26	0,2	1,3	-	1,57	0,23	26,7+2,83КЗШ	2,25	1,25	-
3	Океанская вода, вес %	25	-0,09	0,21	0,45	-	0,20	-0,80	41,2-4·10 ⁻⁶ ОВ	9,4·10 ⁻⁶	-0,46	-
4	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	25	-0,09	0,21	0,42	-	0,17	-0,87	41-5·10 ⁻⁵ ОВЗК	1,2·10 ⁻⁴	-0,42	-
5	Метеориты, вес %	24	-0,09	0,21	0,38	-	0,14	-0,97	43,3-1,38М	3,64	-0,38	-
6	Живое в-во, вес %	20	-0,11	0,2	0,49	-	0,24	-0,72	3,4-0,35ЖВ	0,72	-0,49	-
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	25	-0,13	0,21	0,63	-	0,39	-0,47	43,3-0,0017ОВЗШ	0,0027	-0,62	-
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,14	0,23	0,59	-	0,34	-0,54	5,1-17,1ЖВЗК	29,3	-0,58	-
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	0,49	0,18	2,65	0,02	5,33	0,84	1,49+0,02ЖВОВ	0,0085	2,31	0,05

Таблица 69. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,03	0,14	0,24	-	0,06	-1,41	$3,2 \cdot 10^3 - 47,63K3Ш$	197	-0,24	-
2	Океанская вода, вес %	43	-0,007	0,16	0,05	-	0,002	-3,0	$3646 - 4,6 \cdot 10^{-5}OB$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	-0,05	-
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	-0,03	0,16	0,22	-	0,049	-1,51	$3,69 \cdot 10^3 - 0,0027OB3K$	0,012	-0,22	-
4	Метеориты, вес %	52	0,73	0,07	11,24	0,001	58,3	2,03	$1,6 \cdot 10^3 + 1,7 \cdot 10^3M$	223	7,63	0,001
5	Живое в-во, вес %	22	-0,14	0,22	0,63	-	0,38	-0,48	$7,68 \cdot 10^3 - 647ЖВ$	$1 \cdot 10^3$	-0,62	-
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,39	0,14	2,92	0,01	7,18	0,99	$2,8 \cdot 10^3 + 0,70OB3Ш$	0,26	2,68	0,01
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,12	0,22	0,53	-	0,27	-0,65	$7,4 \cdot 10^3 - 9 \cdot 10^2ЖВ3K$	1748	-0,52	-
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,15	0,22	0,67	-	0,44	-0,41	$7856 - 12,5ЖВОВ$	18,8	-0,67	-

Таблица 70. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, вес %	41	-0,06	0,16	0,39	-	0,15	-0,94	$4,1-2,8 \cdot 10^{-6}OB$	$7,1 \cdot 10^{-6}$	-0,39	-
2	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,06	0,16	0,4	-	0,16	-0,92	$4,1-0,00012OBЗК$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	-0,4	-
3	Метеориты, вес %	52	-0,10	0,14	0,72	-	0,52	-0,33	$3,43-0,14M$	0,23	-0,72	-
4	Живое в-во, вес %	21	0,005	0,23	0,02	-	0,0004	-3,88	$4,5+0,35ЖВ$	16,8	0,02	-
5	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,006	0,16	0,03	-	0,001	-3,35	$4+7 \cdot 10^{-6}OBЗШ$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	-
6	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	0,21	0,21	0,95	-	0,87	-0,07	$2,1+3,8 \cdot 10^3ЖВЗК$	$4,1 \cdot 10^3$	0,93	-
7	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,22	0,22	0,94	-	0,85	-0,08	$5,38-0,01ЖВОВ$	0,012	-0,92	-

Таблица 71. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,998	0,0008	1322	0,001	8443	4,5	$2 \cdot 10^4+12,6OBЗК$	0,14	91,9	0,001
2	Метеориты, вес %	41	0,045	0,16	0,28	-	0,078	-1,27	$2,9 \cdot 10^4+1,8 \cdot 10^3M$	$5,9 \cdot 10^3$	0,28	-
3	Живое в-во, вес %	22	0,99	0,003	364	0,001	1616	3,69	$1,9 \cdot 10^4+1 \cdot 10^6ЖВ$	$2,5 \cdot 10^5$	40,2	0,001
4	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,94	0,02	49	0,001	289	2,83	$-5680+26,5OBЗШ$	1,56	17	0,001
5	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,995	0,02	468	0,001	2083	3,82	$5,6 \cdot 10^4+3,6 \cdot 10^7ЖВЗК$	$7,8 \cdot 10^5$	45,6	0,001
6	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,11	0,22	0,50	-	0,25	-0,69	$6,6 \cdot 10^5-1,5 \cdot 10^3ЖВОВ$	$3 \cdot 10^3$	-0,5	-

Таблица 72. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^6$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Метеориты, вес %	41	0,06	0,16	0,37	-	0,14	-0,99	$715+49M$	133	0,37	-
2	Живое в-во, вес %	22	0,998	0,0008	1204	0,001	5375	4,29	$-1793+8,1 \cdot 10^4 ЖВ$	$1,1 \cdot 10^3$	73	0,001
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,94	0,02	53,3	0,001	314	2,87	$-66,4+0,6ОВЗШ$	0,034	17,7	0,001
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,999	0,0002	5586	0,001	$n \cdot 10^4$	5,06	$1,16 \cdot 10^3+2,84 \cdot 10^6 ЖВЗК$	$1,8 \cdot 10^4$	158	0,001
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,10	0,22	0,47	-	0,22	-0,76	$4,9 \cdot 10^4-111 ЖВОВ$	239	-0,47	-

Таблица 73. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, вес %	21	-0,01	0,23	0,05	-	0,003	-2,95	$2,1-0,60ЖВ$	11,5	-0,05	-
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,03	0,16	0,18	-	0,034	-1,7	$1,1-2,3 \cdot 10^{-5}ОВЗШ$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	-0,18	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	-0,12	0,23	0,54	-	0,28	-0,63	$2,43-2860ЖВЗШ$	5380	-0,53	-
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,27	0,21	1,27	-	1,5	0,20	$1,32+0,0097ЖВОВ$	0,008	1,23	-

Таблица 74. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	21	0,08	0,23	0,37	-	0,14	-1,0	$0,038+1,3 \cdot 10^{-6} \text{ОВЗШ}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	0,37	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	0,998	0,0007	1494	0,001	6329	4,38	$0,042+34,9 \text{ЖВЗК}$	0,44	79,6	0,001
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,11	0,22	0,49	-	0,24	-0,72	$0,63-0,0014 \text{ЖВОВ}$	0,003	-0,49	-

Таблица 75. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду биологических и биогеохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	0,16	0,22	0,71	-	0,49	-0,36	$2,1 \cdot 10^3+4,9 \cdot 10^6 \text{ЖВЗК}$	$7 \cdot 10^6$	0,70	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,16	0,22	0,72	-	0,51	-0,34	$3,3 \cdot 10^3-7,5 \text{ЖВОВ}$	10,5	-0,71	-

Таблица 76. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в земной коре по содержанию металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,11	0,23	0,48	-	0,23	-0,74	$0,019-4,26 \cdot 10^{-5} \text{ЖВОВ}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	-0,48	-

Таблица 77. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины всасывания металлов (без р-металлов) из желудочно-кишечного тракта по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Всасывание из легких	45	0,81	0,05	15,5	0,001	82,5	2,21	-11,5+7,5lg в легкие	0,82	9,08	0,001
2	Содержание в печени	38	-0,15	0,16	0,93	-	0,84	-0,086	0,27-0,32lg с печени			
3	Содержание в почках	39	-0,29	0,15	1,94	0,1	3,46	0,62	-0,053-0,56lg с почки	0,30	-1,86	0,1
4	Содержание в скелете	38	-0,44	0,13	3,28	0,01	8,67	1,08	1,82-1,36lg с скелет	0,46	-2,94	0,01
5	Период биологического полувыведения	44	-0,17	0,15	1,15	-	1,28	0,12	-0,11-1,3·10 ³ lgТБ	1,2·10 ⁻³	-1,13	-
6	Связано белком плазмы	43	-0,55	0,11	4,98	0,001	17,4	1,43	4,1-2,39lgСБ	0,57	-4,17	0,001
7	Токсичность	25	0,30	0,19	1,55	-	2,20	0,39	0,66+0,49lgТ	0,33	1,48	-
8	«Стандартный» человек, вес %	26	0,33	0,18	1,78	0,1	2,84	0,52	0,75+0,20lgСЧ	0,12	1,69	0,1
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	0,33	0,17	1,91	0,1	3,25	0,59	0,057+0,26lgСЧЗК	0,14	1,80	0,1
10	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	23	1,3·10 ⁻³	0,22	6·10 ⁻³	-	4·10 ⁻⁵	-5,1	0,82+9,8·10 ⁻⁴ lgСЧОВ	0,16	6·10 ⁻³	-
11	Земная кора, вес %	42	0,32	0,14	2,29	0,05	4,68	0,77	-0,54+0,31lgЗК	0,14	2,16	0,05
12	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,29	0,15	2,00	0,05	3,69	0,65	-0,31-0,42lgЗКЗШ	0,22	-1,92	0,05
13	Океанская вода, вес %	40	0,69	0,09	8,05	0,001	34,1	1,76	0,42+0,37lgОВ	0,06	5,84	0,001
14	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	40	0,78	0,06	12,4	0,001	59,6	2,04	-0,19+0,63lgОВЗК	0,08	7,72	0,001
15	Метеориты, вес %	41	0,48	0,12	3,92	0,001	11,8	1,23	1,1+0,45lgМ	0,13	3,43	0,001
16	Живое в-во, вес %	20	0,25	0,22	1,14	-	1,23	0,1	1,61+0,13LgЖВ	0,12	1,11	-
17	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	38	0,56	0,11	4,95	0,001	16,7	1,41	-0,05+0,45lgОВЗШ	0,11	4,1	0,001
18	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	0,03	0,24	0,13	-	0,017	-2,0	0,95+0,011lgЖВЗК	0,08	0,13	-
19	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,42	0,19	2,20	0,05	3,96	0,70	1,30-0,27lgЖВОВ	0,13	-0,99	0,1

Таблица 78. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в печени	49	-0,18	0,14	0,24	-	1,49	0,20	$1,56 - 0,04 \lg$ с печени	0,03	-1,22	-
2	Содержание в почках	49	-0,22	0,14	1,61	-	2,46	0,45	$1,52 - 0,042 \lg$ с почки	0,027	-1,57	-
3	Содержание в скелете	43	-0,21	0,15	1,44	-	1,98	0,34	$1,61 - 0,066 \lg$ с скелет	0,047	-1,41	-
4	Период биологического полувыведения	55	-0,43	0,11	3,85	0,001	12,1	1,24	$1,67 - 0,07 \lg$ ТБ	0,02	-3,47	0,001
5	Связано белком плазмы	54	-0,74	0,06	11,9	0,001	6,35	2,08	$2,1 - 0,31 \lg$ СБ	0,04	-7,97	0,001
6	Токсичность	30	0,58	0,13	4,57	0,001	13,9	1,32	$1,58 + 0,12 \lg$ Т	0,03	3,73	0,001
7	«Стандартный» человек, вес %	27	0,24	0,19	1,29	-	1,56	0,22	$1,61 + 0,02 \lg$ СЧ	0,02	1,25	-
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	32	0,27	0,17	1,60	-	2,39	0,43	$1,55 + 0,027 \lg$ СЧЗК	0,018	1,54	-
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	26	-0,07	0,20	0,35	-	0,12	-1,05	$1,61 - 7,6 \cdot 10^{-3} \lg$ СЧОВ	0,02	-0,35	-
10	Земная кора, вес %	53	0,23	0,13	1,73	0,1	2,83	0,52	$1,50 + 0,02 \lg$ ЗК	0,012	1,68	0,1
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	0,07	0,14	0,47	-	0,22	-0,76	$1,51 + 7,9 \cdot 10^{-3} \lg$ ЗКЗШ	0,017	0,47	-
12	Океанская вода, вес %	43	0,65	0,09	7,10	0,001	29,4	1,69	$1,59 + 0,041 \lg$ ОВ	$7,6 \cdot 10^{-3}$	5,42	0,001
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде											
14	Метеориты, вес %	52	0,15	0,14	1,11	-	1,22	0,10	$1,55 + 0,014 \lg$ М	0,013	1,11	-
15	Живое в-во, вес %	22	0,18	0,22	0,82	-	0,65	-0,22	$1,7 + 0,019 \lg$ ЖВ	0,02	0,81	-
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,72	0,08	9,25	0,001	41,5	1,86	$1,53 + 0,06 \lg$ ОВЗШ	$9 \cdot 10^{-3}$	6,44	0,001
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	23	0,02	0,22	0,11	-	0,012	-2,22	$1,59 + 1,6 \cdot 10^{-3} \lg$ ЖВЗК	0,015	0,11	-
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,62	0,14	4,43	0,001	12,2	1,25	$1,67 - 0,075 \lg$ ЖВОВ	0,02	-3,49	0,01

Таблица 79. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$lgY_1=a_0+a_1lgx$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в почках	45	0,76	0,06	12,0	0,001	60,2	2,05	-0,56+0,93lg с почки	0,12	7,76	0,001
2	Содержание в скелете	38	-0,03	0,17	0,16	-	0,03	-1,81	0,81-0,04lg с скелет	0,23	-0,16	-
3	Период биологического полувыведения	49	-0,45	0,12	3,90	0,001	12,1	1,25	1,46-0,32lgТБ	0,09	-3,48	0,001
4	Связано белком плазмы	49	0,29	0,13	2,15	0,05	4,24	0,72	-0,12+0,53lgСБ	0,26	2,06	0,05
5	Токсичность	29	-0,47	0,15	3,17	0,01	7,81	1,03	0,64-0,49lgТ	0,17	-2,79	0,01
6	«Стандартный» человек, вес %	29	-0,53	0,14	3,85	0,001	10,6	1,18	0,63-0,26lgСЧ	0,08	-3,26	0,01
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	29	-0,17	0,19	0,90	-	0,78	-0,12	0,68-0,073lgСЧЗК	0,08	-0,90	-
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	23	0,48	0,17	2,88	0,01	6,36	0,92	0,81+0,26lgСЧОВ	0,10	2,52	0,02
9	Земная кора, вес %	46	-0,42	0,12	3,34	0,001	9,20	1,11	0,95-n·10 ⁻⁰ lg3К	0,05	-3,03	0,01
10	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	-0,19	0,14	1,32	-	1,69	0,26	0,77-0,1lg3КЗШ	0,077	-1,30	-
11	Океанская вода, вес %	37	-0,54	0,12	4,50	0,001	14,4	1,33	0,59-0,15lgОВ	0,04	-3,79	0,001
12	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	-0,32	0,15	2,10	0,05	3,92	0,68	0,76-1,00lgОВЗК	0,06	-1,98	0,05
13	Метеориты, вес %	47	-0,33	0,13	2,47	0,02	5,45	0,85	0,42-0,14lgМ	0,06	-2,33	0,02
14	Живое в-во, вес %	20	-0,61	0,15	4,07	0,001	10,5	1,17	-0,68-0,35lgЖВ	0,11	-3,24	0,01
15	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	37	-0,41	0,14	2,90	0,01	7,0	0,97	0,74-0,15lgОВЗШ	0,06	-2,65	0,01
16	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,23	0,21	1,1	-	1,14	0,07	0,48-0,06lgЖВЗК	0,05	-1,07	-
17	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	0,31	0,21	1,48	-	1,97	0,34	0,44+0,18lgЖВОВ	0,13	1,40	-

Таблица 80. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Содержание в скелете	39	0,06	0,16	0,38	-	0,14	-0,97	$0,11 + 0,11 \lg \text{с скелет}$	0,29	0,38	-
2	Период биологического полувыведения	49	-0,47	0,11	4,16	0,001	13,4	1,30	$1,09 - 0,42 \lg \text{ТБ}$	0,12	-3,67	0,001
3	Связано белком плазмы	49	0,46	0,11	4,05	0,001	12,9	1,28	$1,63 + 1,03 \lg \text{СБ}$	0,29	3,59	0,001
4	Токсичность											
5	«Стандартный» человек, вес %	29	-0,51	0,14	3,57	0,01	9,46	1,12	$-0,13 - 0,28 \lg \text{СЧ}$	0,09	-3,08	0,01
6	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	29	0,28	0,18	1,56	-	2,25	0,41	$0,046 - 0,14 \lg \text{СЧЗК}$	0,10	-1,50	-
7	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	23	0,47	0,17	2,75	0,02	5,89	0,89	$-0,06 + 0,28 \lg \text{СЧОВ}$	0,11	2,43	0,05
8	Земная кора, вес %	46	-0,70	0,08	8,98	0,001	41,5	1,86	$0,49 - 0,32 \lg \text{ЗК}$	0,05	-6,44	0,001
9	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	47	-0,39	0,13	3,11	0,01	8,18	1,05	$0,064 - 0,25 \lg \text{ЗКЗШ}$	0,09	-2,86	0,001
10	Океанская вода, вес %	37	-0,62	0,10	5,92	0,001	21,7	1,54	$-0,23 - 0,19 \lg \text{ОВ}$	0,04	-4,65	0,001
11	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	37	-0,33	0,15	0,22	0,05	4,39	0,74	$0,0042 - 0,15 \lg \text{ОВЗК}$	0,07	-2,09	0,05
12	Метеориты, вес %	47	-0,51	0,11	4,64	0,001	16,1	1,39	$-0,59 - 0,26 \lg \text{М}$	0,06	-4,01	0,001
13	Живое в-во, вес %	20	-0,67	0,13	5,22	0,001	14,9	1,35	$-1,75 - 0,4 \lg \text{ЖВ}$	0,1	-3,86	0,01
14	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	37	-0,40	0,14	2,84	0,01	6,77	0,96	$-0,22 - 0,16 \lg \text{ОВЗШ}$	0,06	-2,60	0,01
15	Живое в-во, % от содержания в земной коре	22	-0,59	0,15	4,03	0,001	10,6	1,18	$-0,83 - 0,16 \lg \text{ЖВЗК}$	0,05	-3,26	0,01
16	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	20	0,30	0,21	1,42	-	1,82	0,30	$-0,47 + 0,18 \lg \text{ЖВОВ}$	0,14	1,35	-

Таблица 81. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Период биологического полувыведения	44	0,61	0,10	6,22	0,001	24,4	1,60	$0,81 + 0,34 \lg \text{ТБ}$	0,07	4,94	0,001
2	Связано белком плазмы	44	0,33	0,14	2,43	0,01	5,24	0,83	$0,68 + 0,48 \lg \text{СБ}$	0,21	2,29	0,05
3	Токсичность	23	-0,26	0,20	1,30	-	1,58	0,23	$1,44 - 0,18 \lg \text{T}$	0,15	-1,26	-
4	«Стандартный» человек, вес %	20	0,08	0,23	0,33	-	0,11	-1,12	$1,30 + 0,02 \lg \text{СЧ}$	0,07	0,33	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	22	0,09	0,22	0,39	-	0,15	-0,96	$1,41 + 0,03 \lg \text{СЧЗК}$	0,08	0,38	-
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	20	0,25	0,22	1,16	-	1,25	0,11	$1,42 + 0,07 \lg \text{СЧОВ}$	0,066	1,12	-
7	Земная кора, вес %	42	0,13	0,16	0,85	-	0,72	-0,17	$1,49 + 0,038 \lg \text{ЗК}$	0,04	0,85	-
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	42	0,18	0,15	1,16	-	1,30	0,13	$1,56 + 0,08 \lg \text{ЗКЗШ}$	0,07	1,14	-
9	Океанская вода, вес %											
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	36	-0,36	0,15	2,38	0,02	4,96	0,80	$1,79 - 1,18 \lg \text{ОВЗК}$	0,53	-2,23	0,05
11	Метеориты, вес %	41	-0,37	0,14	2,64	0,01	6,02	0,90	$-1,32 - 1,0 \lg \text{М}$	0,42	-2,45	0,02
12	Живое в-во, вес %	19	0,19	0,23	0,83	-	0,66	-0,21	$-4,0 + 0,49 \lg \text{ЖВ}$	0,6	0,81	-
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	-0,09	0,17	0,54	-	0,29	-0,62	$0,38 - 0,34 \lg \text{ОВЗШ}$	0,63	-0,54	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	19	0,21	0,23	0,90	-	0,78	-0,12	$-5,34 + 1,15 \lg \text{ЖВЗК}$	1,31	0,88	-
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде											

Таблица 82. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по $\lg$ биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Связано белком плазмы	54	0,16	0,13	1,22	-	1,45	0,18	$1,28 + 0,45 \lg \text{СБ}$	0,38	1,20	-
2	Токсичность	30	0,04	0,19	0,21	-	0,04	-1,57	$2,1 + 0,049 \lg T$	0,23	0,21	-
3	«Стандартный» человек, вес %	30	0,23	0,18	1,26	-	1,50	0,20	$1,97 + 0,11 \lg \text{СЧ}$	0,09	1,22	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	31	-0,13	0,18	0,73	-	0,53	-0,32	$2,12 - 0,075 \lg \text{СЧЗК}$	0,10	-0,73	-
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	25	-0,06	0,21	0,27	-	0,071	-1,32	$2,02 + 0,034 \lg \text{СЧОВ}$	0,13	-0,27	-
6	Земная кора, вес %	52	0,41	0,12	3,49	0,001	10,1	1,16	$1,92 + 0,21 \lg 3K$	0,07	3,18	0,01
7	Земная кора, % от содния в Земном шаре	52	0,45	0,11	4,04	0,001	12,9	1,28	$2,27 + 0,34 \lg 3K3Ш$	0,09	3,60	0,001
8	Океанская вода, вес %	42	-0,20	0,15	1,28	-	1,58	0,23	$2,17 - 0,064 \lg \text{ОВ}$	0,05	-1,26	-
9	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	42	-0,36	0,14	2,64	0,01	6,05	0,90	$2,26 - n10^0 \lg \text{ОВЗК}$	0,07	-2,46	0,02
10	Метеориты, вес %	52	0,13	0,14	0,93	-	0,85	-0,08	$2,3 + 0,075 \lg M$	0,08	0,92	-
11	Живое в-во, вес %	22	0,19	0,22	0,89	-	0,76	-0,14	$2,45 + 0,12 \lg \text{ЖВ}$	0,13	0,87	-
12	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,19	0,15	1,25	-	1,51	0,21	$2,25 - 0,09 \lg \text{ОВЗШ}$	0,075	-1,23	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	23	-0,09	0,22	0,43	-	0,18	-0,86	$1,93 - 0,026 \lg \text{ЖВЗК}$	0,06	-0,43	-
14	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	0,25	0,21	1,20	-	1,34	0,15	$2,0 + 0,17 \lg \text{ЖВОВ}$	0,15	1,16	-

Таблица 83. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg доли металлов (без р-металлов), связываемых белком плазмы крови по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Токсичность	30	-0,79	0,02	11,3	0,001	47,50	1,93	$1,57 - 0,45 \lg T$	0,065	-6,89	0,001
2	«Стандартный» человек, вес %	29	-0,25	0,18	1,39	-	1,81	0,30	$1,63 - 0,066 \lg CЧ$	0,05	-1,34	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	30	-0,18	0,18	0,98	-	0,93	-0,04	$10,72 - 0,04 \lg CЧЗК$	0,042	-0,96	-
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	0,23	0,20	1,14	-	1,22	0,10	$1,67 + 0,06 \lg CЧОВ$	0,053	1,10	-
5	Земная кора, вес %	51	-0,48	0,11	4,40	0,01	14,9	1,35	$1,86 - 0,095 \lg ЗК$	0,025	-3,86	0,001
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,26	0,13	1,99	0,05	3,69	0,65	$1,75 - 0,075 \lg ЗКЗШ$	0,04	-1,92	0,1
7	Океанская вода, вес %	41	-0,63	0,10	6,53	0,001	25,7	1,62	$1,62 - 0,095 \lg ОВ$	0,019	-5,07	0,001
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,56	0,11	5,09	0,001	17,8	1,44	$1,74 - 10^0 \lg ОВЗК$	0,03	-4,22	0,001
9	Метеориты, вес %	52	-0,29	0,13	2,22	0,05	4,53	0,76	$1,59 - 0,06 \lg М$	0,03	-2,12	0,05
10	Живое в-во, вес %	21	-0,24	0,22	1,12	-	1,18	0,08	$1,28 - 0,07 \lg ЖВ$	0,07	-1,09	-
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,62	0,10	6,36	0,001	24,7	1,60	$1,72 - 0,13 \lg ОВЗШ$	0,025	-4,97	0,001
12	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,04	0,22	0,20	-	0,04	-1,61	$1,53 - 7,7 \cdot 10^{-3} \lg ЖВЗК$	0,04	-0,20	-
13	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,55	0,16	3,44	0,01	8,26	0,06	$1,46 + 0,17 \lg ЖВОВ$	0,06	2,87	0,01

Таблица 84. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, вес %	25	0,44	0,17	2,63	0,02	5,57	0,86	-0,15+0,21lgCЧ	0,088	2,36	0,05
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	21	0,14	0,22	0,64	-	0,40	-0,46	0,03+0,08lgCЧЗК	0,09	0,63	-
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,37	0,19	1,91	0,1	3,16	0,58	-0,25-10 ⁰ lgCЧОВ	0,097	-1,78	0,1
4	Земная кора, вес %	29	0,61	0,12	5,00	0,001	15,8	1,38	-0,56+0,24lg3К	0,063	3,97	0,001
5	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	30	0,36	0,16	2,21	0,05	4,26	0,72	-0,09+0,22lg3КЗШ	0,11	2,06	0,05
6	Океанская вода, вес %	26	0,68	0,11	6,24	0,001	20,8	1,52	0,15+0,2lgOB	0,49	4,56	0,001
7	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	26	0,46	0,16	2,83	0,01	6,35	0,92	0,86+0,99lgOBЗК	0,39	2,52	0,02
8	Метеориты, вес %	30	0,37	0,16	2,27	0,05	4,44	0,74	-2,23+0,35lgM	0,40	2,11	0,05
9	Живое в-во, вес %	19	0,46	0,19	2,41	0,05	4,58	0,76	-3,38+0,87lgЖВ	0,41	2,14	0,05
10	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	26	0,55	0,14	3,80	0,001	10,2	1,16	0,62+0,50lgOBЗШ	0,47	3,19	0,01
11	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,13	0,23	0,56	-	0,31	-0,58	-3,84-0,46lgЖВЗК	0,02	-0,56	-
12	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде											

Таблица 85. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	21	0,60	0,15	4,10	0,001	10,7	1,19	$0,065 + 0,60 \lg C_{ЧЗК}$	0,18	3,28	0,01
2	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	20	-0,53	0,17	3,15	0,01	7,1	0,98	$-0,078 - 0,65 \lg C_{ЧОВ}$	0,24	-2,67	0,02
3	Земная кора, вес %	29	0,59	0,13	4,52	0,001	13,6	1,30	$-0,03 + 0,59 \lg 3К$	0,16	3,69	0,001
4	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	29	0,12	0,19	0,66	-	0,43	-0,43	$-0,16 + 0,15 \lg 3КЗШ$	0,23	0,65	-
5	Океанская вода, вес %	26	0,82	0,07	12,5	0,001	50,6	1,96	$-0,021 + 0,56 \lg ОВ$	0,079	7,12	0,001
6	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	26	0,51	0,15	3,4	0,01	8,52	1,1	$-0,451 + 0,51 \lg ОВЗК$	0,17	2,92	0,01
7	Метеориты, вес %	24	0,49	0,16	3,1	0,01	7,1	0,98	$1,07 + 0,47 \lg М$	0,18	2,66	0,02
8	Живое в-во, вес %	20	0,90	0,04	21,0	0,001	80,4	2,19	$3,7 + 1,09 \lg ЖВ$	0,12	8,97	0,001
9	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	25	0,37	0,18	2,03	0,1	3,58	0,64	$-0,26 + 0,29 \lg ОВЗШ$	0,15	1,89	0,1
10	Живое в-во, % от содержания в земной коре	21	0,16	0,22	0,74	-	0,53	-0,32	$0,51 + 0,11 \lg ЖВЗК$	0,15	0,73	-
11	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	20	-0,45	0,19	2,36	0,05	4,47	0,75	$0,54 - 0,61 \lg ЖВОВ$	0,29	-2,11	0,05

Таблица 86. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	<i>t_{a_1}</i>	<i>P_{a_1}</i>
1	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	26	0,21	0,19	1,10	-	1,14	0,065	$-0,11 + 0,19 \lg \text{СЧОВ}$	0,18	1,07	-
2	Земная кора, вес %	28	-0,41	0,16	2,54	0,02	5,35	0,84	$0,46 - 0,34 \lg 3K$	0,15	-2,31	0,05
3	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	26	-0,38	0,17	2,20	0,05	4,13	0,71	$-0,48 - 0,46 \lg 3K3Ш$	0,23	-2,0	0,1
4	Океанская вода, вес %	26	0,13	0,20	0,63	-	0,39	-0,48	$-0,20 + 0,065 \lg \text{ОВ}$	0,10	0,62	-
5	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	26	0,42	0,17	2,50	0,03	5,14	0,82	$-0,45 + 0,30 \lg \text{ОВ}3K$	0,13	2,27	0,05
6	Метеориты, вес %	27	-0,29	0,18	1,56	-	2,24	0,40	$-0,79 - 0,23 \lg M$	0,15	-1,50	-
7	Живое в-во, вес %	20	0,45	0,19	2,38	0,05	4,52	0,75	$0,64 + 0,39 \lg \text{ЖВ}$	0,18	2,13	0,05
8	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	25	0,13	0,20	0,66	-	0,42	-0,43	$-0,37 + 0,079 \lg \text{ОВ}3Ш$	0,12	0,65	-
9	Живое в-во, % от содержания в земной коре	20	0,64	0,14	4,6	0,001	12,4	1,26	$3,62 + 0,97 \lg \text{ЖВ}3K$	0,28	3,53	0,01
10	Живое в-во, % от содержания в океанской воде											

Таблица 87. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^3$), по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	<i>t_{a_1}</i>	<i>P_{a_1}</i>
1	Земная кора, вес %	23	-0,46	0,17	2,66	0,02	5,59	0,86	$0,98 - 0,65 \lg 3K$	0,28	-2,37	0,05
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	23	-0,21	0,21	0,99	-	0,93	-0,03	$-0,30 - 0,34 \lg 3K3Ш$	0,35	-0,97	-
3	Океанская вода, вес %	24	-0,59	0,14	4,18	0,001	11,5	1,22	$-0,29 - 0,38 \lg OB$	0,11	-3,39	0,01
4	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	24	-0,36	0,19	1,93	0,1	3,23	0,59	$-0,066 - 0,32 \lg OB3K$	0,18	-1,80	0,1
5	Метеориты, вес %	23	-0,30	0,20	1,49	-	2,02	0,35	$-0,94 - 0,29 \lg M$	0,20	-0,42	-
6	Живое в-во, вес %	19	-0,50	0,18	2,76	0,02	5,69	0,87	$-2,11 - 0,47 \lg ЖВ$	0,20	-2,38	0,05
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	23	-0,44	0,18	2,52	0,02	5,11	0,82	$-0,09 - 0,36 \lg OB3Ш$	0,16	-2,26	0,05
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	18	-0,42	0,21	2,07	0,1	3,50	0,63	$-1,25 - 0,22 \lg ЖВ3K$	0,12	-1,87	0,1
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	-0,50	0,18	2,76	0,02	5,71	0,87	$-0,80 + 0,69 \lg ЖВОВ$	0,29	2,39	0,05

Таблица 88. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	<i>t_{a_1}</i>	<i>P_{a_1}</i>
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	50	0,52	0,11	4,88	0,001	17,5	1,43	$1,29 + 0,76 \lg 3K3Ш$	0,18	4,18	0,001
2	Океанская вода, вес %	41	0,69	0,08	8,39	0,001	36,4	1,80	$1,81 + 0,40 \lg OB$	0,07	6,04	0,001
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	0,27	0,15	1,84	0,1	3,12	0,57	$1,32 + 0,23 \lg OB3K$	0,13	1,77	0,1
4	Метеориты, вес %	50	0,65	0,08	7,90	0,001	35,8	1,79	$3,16 + 0,75 \lg M$	0,13	5,98	0,001
5	Живое в-во, вес %	21	0,71	0,12	6,13	0,001	18,8	1,47	$4,22 + 0,53 \lg ЖВ$	0,12	4,34	0,001
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	39	0,41	0,14	2,97	0,01	7,37	1,00	$1,50 + 0,33 \lg OB3Ш$	0,12	2,71	0,01
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	23	-0,01	0,22	0,05	-	$2 \cdot 10^{-3}$	-3,05	$2,19 - 4,9 \cdot 10^{-3} \lg ЖВ3K$	0,1	-0,05	-
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,19	0,22	0,84	-	0,69	-0,19	$2,65 - 0,15 \lg ЖВОВ$	0,18	-0,83	-

Таблица 89. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, вес %	41	0,007	0,16	0,04	-	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-3,17	$0,13 + 2,5 \cdot 10^{-3} \lg OB$	0,06	0,04	-
2	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,15	0,16	0,97	-	0,93	-0,04	$-0,13 - 0,08 \lg OB3K$	0,09	-0,96	-
3	Метеориты, вес %	52	-0,18	0,14	1,30	-	1,64	0,25	$-0,89 - 0,14 \lg M$	0,11	-1,28	-
4	Живое в-во, вес %	21	0,08	0,23	0,35	-	0,12	-1,1	$0,03 + 0,05 \lg ЖВ$	0,16	0,35	-
5	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,35	0,15	2,28	0,05						
6	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,32	0,20	1,57	-	2,23	0,40	$0,21 + 0,13 \lg ЖВ3K$	0,09	1,49	-
7	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,36	0,20	1,77	0,1	2,75	0,5	$-0,11 - 0,25 \lg ЖВОВ$	0,15	-1,66	-

Таблица 90. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,81	0,05	14,9	0,001	77,3	2,17	$-1,40 + 1,18 \lg OB3K$	0,13	8,79	0,001
2	Метеориты, вес %	41	0,69	0,08	8,26	0,001	35,7	1,79	$1,80 + 1,1 \lg M$	0,18	5,97	0,001
3	Живое в-во, вес %	22	0,84	0,06	13,2	0,001	49,8	1,95	$5,1 + 1,3 \lg ЖВ$	0,18	7,06	0,001
4	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,77	0,07	11,6	0,001	55,3	2,00	$-1,14 + 1,03 \lg OB3Ш$	0,14	7,44	0,001
5	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	23	0,21	0,21	1,00	-	0,97	-0,02	$1,05 + 0,22 \lg ЖВ3K$	0,22	0,98	-
6	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,77	0,09	8,48	0,001	29,2	1,69	$1,43 - 1,34 \lg ЖВОВ$	0,25	-5,41	0,001

Таблица 91. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^6$), по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Метеориты, вес %	41	0,28	0,15	1,92	0,1	3,40	0,61	$0,88 + 0,20 \lg M$	0,16	1,84	0,1
2	Живое в-во, вес %	20	0,50	0,17	2,99	0,01	6,69	0,95	$3,0 + 0,55 \lg ЖВ$	0,21	2,59	0,02
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,86	0,04	19,9	0,001	106	2,33	$0,15 + 0,78 \lg ОВЗШ$	0,08	10,3	0,001
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	23	0,15	0,21	0,72	-	0,51	-0,34	$1,27 + 0,11 \lg ЖВЗК$	0,16	0,71	-
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,88	0,05	17,4	0,001	68,6	2,11	$1,62 - 0,12 \lg ЖВОВ$	0,14	-8,3	0,001

Таблица 92. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, вес %	21	0,70	0,12	6,1	0,001	18,7	1,47	$1,01 + 0,82 \lg ЖВ$	0,19	4,33	0,001
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,08	0,16	0,53	-	0,27	-0,65	$-2,84 + 0,07 \lg ОВЗШ$	0,14	0,52	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,08	0,22	0,37	-	0,14	-0,99	$-2,27 - 0,05 \lg ЖВЗК$	0,14	-0,37	-
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,08	0,23	0,35	-	0,13	-1,0	$-1,86 + 0,097 \lg ЖВОВ$	0,27	0,35	-

Таблица 93. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес %, по lg биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	21	0,28	0,21	1,33	-	1,64	0,25	$-3,59 + 0,19 \lg \text{ОВЗШ}$	0,15	1,28	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	18	0,31	0,23	1,37	-	1,71	0,27	$-2,48 + 0,15 \lg \text{ЖВЗК}$	0,11	1,31	-
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,36	0,19	1,85	0,1	3,2	0,54	$-3,09 - 0,41 \lg \text{ЖВОВ}$	0,24	-1,72	-

Таблица 94. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по lg биогеохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,20	0,21	0,94	-	0,95	-0,08	$0,89 + n10^0 \lg \text{ЖВЗК}$	9,19	0,92	-
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,88	0,05	16,5	0,001	63,1	2,07	$1,37 - n10^0 \lg \text{ЖВОВ}$	0,17	-7,94	0,01

Таблица 95. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес % от содержания в земной коре по lg содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 \lg x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	18	-0,23	0,24	0,98	-	0,91	-0,05	$-3,3 - 0,43 \lg \text{ЖВОВ}$	0,45	-0,95	-

Таблица 96. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из желудочно-кишечного тракта по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Всасывание из легких	49	0,21	0,14	1,46		0,047 в легкие ^{1,52}
2	Содержание в печени	45	-0,15	-	-	-	17,9 с печени ^{-0,24}
3	Содержание в почках	43	0,016	-	-	-	10,5 с почки ^{0,021}
4	Содержание в скелете	37	-0,15	-	-	-	30,5 с скелет ^{-0,38}
5	Период биологического полувыведения	49	-0,06			-	12,2ТБ ^{-0,083}
6	Связано белком плазмы	47	-0,09			-	33,9СБ ^{-0,31}
7	Токсичность	27	0,09			-	24,9Т ^{0,12}
8	«Стандартный» человек, вес %	24	0,52	0,18	2,88	0,01	12,6СЧ ^{0,28}
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	25	0,31			-	13СЧЗК ^{0,22}
10	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	23	-0,07			-	14,2СЧОВ ^{-0,042}
11	Земная кора, вес %	47	0,11			-	8,7ЗК ^{0,063}
12	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	45	-0,35	0,14	3,17	0,01	5,67ЗКЗШ ^{-0,32}
13	Океанская вода, вес %	37	0,34	0,16	2,14	0,05	16,7ОВ ^{0,14}
14	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	0,29	0,16	1,80	0,1	10,2ОВЗК ^{0,17}
15	Метеориты, вес %	45	0,42	0,14	3,04	0,01	75М ^{0,3}
16	Живое в-во, вес %	19	0,36		1,58	-	96ЖВ ^{0,22}
17	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	35	0,12		-	-	10,7ОВЗШ ^{0,069}
18	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	19	0,18			-	137ЖВЗК ^{0,15}
19	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	-0,02			-	20,8ЖВОВ ^{-0,018}

Таблица 97. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в печени	49	-0,18				35,9 с печени ^{-0,04}
2	Содержание в почках	49	-0,23				33 с почки ^{-0,04}
3	Содержание в скелете	44	-0,64	0,12	5,4	0,001	62,7 с скелет ^{-0,19}
4	Период биологического полувыведения	55	-0,42	0,13	3,35	0,001	46,3ТБ ^{-0,07}
5	Связано белком плазмы	54	-0,65	0,11	6,16	0,001	101СБ ^{-0,27}
6	Токсичность	30	0,58	0,15	3,8	0,001	38Т ^{0,12}
7	«Стандартный» человек, вес %	27	0,40	0,18	2,2	0,05	38,3СЧ ^{0,039}
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	0,09	-			39,3СЧЗК ^{0,01}
9	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	25	-0,71	0,15	4,87	0,001	37,2СЧОВ ^{-0,078}
10	Земная кора, вес %	54	0,14			-	32,83К ^{0,012}
11	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	0,06				82,53КЗШ ^{0,0077}
12	Океанская вода, вес %	43	0,66	0,12	5,62	0,001	38,8ОВ ^{0,04}
13	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,77	0,10	14,7	0,001	33,3ОВЗК ^{0,07}
14	Метеориты, вес %	52	0,16				35,9М ^{0,015}
15	Живое в-во, вес %	22	0,16				49,6ЖВ ^{0,017}
16	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,72	0,11	6,46	0,001	33,7ОВЗШ ^{0,06}
17	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,46	0,20	2,34	0,05	101ЖВЗК ^{0,09}
18	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,61	0,18	3,47	0,01	46,5ЖВОВ ^{-0,076}

Таблица 98. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в почках	45	0,76	0,10	7,7	0,001	4,95 с почки ^{0,63}
2	Содержание в скелете	39	-0,20				10,9 с скелет ^{-0,26}
3	Период биологического полувыведения	49	-0,41	0,13	3,07	0,01	25,3ТБ ^{-0,29}
4	Связано белком плазмы	49	0,29	0,14	2,1	0,05	0,74СБ ^{0,53}
5	Токсичность	29	-0,47	0,17	2,78	0,01	4,3Т ^{-0,48}
6	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,49	0,19	2,65	0,02	3,92СЧ ^{-0,24}
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,05				4,57СЧЗК ^{0,029}
8	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	0,38	20	1,95	0,1	4,82СЧОВ ^{0,19}
9	Земная кора, вес %	47	-0,42	0,14	3,10	0,001	8,73К ^{-0,15}
10	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	-0,19				5,853КЗШ ^{-0,1}
11	Океанская вода, вес %	37	-0,56	0,14	4,08	0,001	3,67ОВ ^{-0,16}
12	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	-0,32	0,16	1,99	0,05	5,8ОВЗК ^{-0,13}
13	Метеориты, вес %	47	-0,37	0,14	2,67	0,01	2,3М ^{-0,15}
14	Живое вещество, вес %	20	-0,61	0,19	3,27	0,01	0,21ЖВ ^{-0,36}
15	Океаническая вода, % от сод-ния в Земном шаре	37	-0,41	0,18	2,66	0,01	5,47ОВЗШ ^{-0,15}
16	Живое вещество, % от сод-ния в земной коре	20	-0,41	0,21	1,92	0,1	0,007ЖВЗК ^{-0,6}
17	Живое вещество, % от сод-ния в океанской воде	20	0,31				2,77ЖВОВ ^{0,18}

Таблица 99. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Содержание в скелете	39	-0,12				1,92 с скелет ^{-0,19}
2	Период биологического полувыведения	49	-0,44	0,13	3,36	0,001	10,4ТБ ^{-0,39}
3	Связано белком плазмы	49	0,45	0,13	3,45	0,001	0,028СБ ^{0,99}
4	Токсичность	29	-0,53	0,16	3,26	0,01	0,76Т ^{-0,66}
5	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,48	0,18	2,69	0,02	0,54СЧ ^{-0,24}
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,35	0,19	1,84	0,1	0,79СЧЗК ^{0,21}
7	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	0,46	0,19	2,42	0,05	0,56СЧОВ ^{0,22}
8	Земная кора, вес %	47	-0,72	0,10	7,0	0,001	2,83К ^{-0,3}
9	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	47	-0,39	0,14	2,84	0,01	1,23КЗШ ^{-0,25}
10	Океанская вода, вес %	37	-0,65	0,13	5,06	0,001	0,55ОВ ^{-0,2}
11	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	37	-0,33	0,16	2,08	0,05	ОВЗК ^{-0,15}
12	Метеориты, вес %	47	-0,55	0,12	4,45	0,001	0,21М ^{-0,28}
13	Живое в-во, вес %	20	-0,68	0,17	3,95	0,001	
14	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	37	-0,40	0,16	2,58	0,01	0,95ОВЗШ ^{-0,16}
15	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,33				0,0061ЖВЗК ^{-0,44}
16	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,30				0,34ЖВОВ ^{0,18}

Таблица 100. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Период биологического полувыведения	44	0,75	0,10	7,4	0,001	$4,1ТБ^{0,41}$
2	Связано белком плазмы	44	0,37	0,14	2,58	0,01	$4,8СБ^{0,48}$
3	Токсичность	23	-0,26				$28Г^{-0,18}$
4	«Стандартный» человек, вес %	22	0,10				$25СЧ^{0,028}$
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	22	0,09				$26СЧЗК^{0,029}$
6	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	20	0,27				$0,02СЧОВ^{0,94}$
7	Земная кора, вес %	42	0,13				$3,73К^{0,46}$
8	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	42	0,18				$0,183КЗШ^{0,38}$
9	Океанская вода, вес %	36	-0,38	0,16	2,4	0,02	$215ОВ^{-2,3}$
10	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	36	-0,38	0,16	2,4	0,02	$161ОВЗК^{-1,48}$
11	Метеориты, вес %	42	0,02				$0,00086М^{0,08}$
12	Живое в-во, вес %	18	0,16				$0,00025ЖВ^{0,42}$
13	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	36	-0,38	0,16	2,4	0,02	$269ОВЗШ^{-1,64}$
14	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	17	0,12				$2,1 \cdot 10^5 ЖВЗК^{0,15}$
15	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	18	0,01				$25ЖВОВ^{0,0034}$

Таблица 101. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Связано белком плазмы	54	0,17				$20CB^{0,44}$
2	Токсичность	30	0,00				$99T^{0,0005}$
3	«Стандартный» человек, вес %	27	0,23				$95CЧ^{0,11}$
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	28	-0,13				$95CЧЗК^{-0,074}$
5	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	26	0,25				$119CЧОВ^{0,14}$
6	Земная кора, вес %	53	0,43	0,13	3,39	0,001	$863K^{0,21}$
7	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	0,46	0,13	3,66	0,001	$1923KЗШ^{0,34}$
8	Океанская вода, вес %	42	-0,19				$161ОВ^{-0,057}$
9	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	42	-0,35	0,15	2,37	0,02	$200ОВЗК^{-0,16}$
10	Метеориты, вес %	52	0,19				$299M^{0,11}$
11	Живое в-во, вес %	22	0,11				$216ЖВ^{0,068}$
12	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,19				$195ОВЗШ^{-0,085}$
13	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	-0,01				$116ЖВЗК^{0,0099}$
14	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	0,25				$115ЖВОВ^{0,17}$

Таблица 102. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины доли металлов (без р-металлов), связываемых белками плазмы крови по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Токсичность	30	-0,77	0,12	6,38	0,001	$37T^{-0,43}$
2	«Стандартный» человек, вес %	26	-0,21	-			$42CЧ^{-0,054}$
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,26				$46,5CЧЗК^{0,079}$
4	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	24	0,71	0,15	4,7	0,001	$46CЧОВ^{0,19}$
5	Земная кора, вес %	52	-0,45	0,13	3,59	0,001	$723K^{-0,084}$
6	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	-0,31	0,13	2,31	0,05	$563KЗШ^{-0,088}$
7	Океанская вода, вес %	41	-0,64	0,12	5,17	0,001	$40ОВ^{-0,098}$
8	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,56	0,13	4,17	0,001	$55ОВЗК^{-0,13}$
9	Метеориты, вес %	52	-0,30	0,13	2,24	0,05	$38М^{0,067}$
10	Живое в-во, вес %	21	-0,25				$20ЖВ^{-0,075}$
11	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	-0,63	0,12	5,06	0,001	$52ОВЗШ^{-0,13}$
12	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	31	0,06				$60ЖВЗК^{0,045}$
13	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,59	0,18	3,21	0,01	$30ЖВОВ^{0,18}$

Таблица 103. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	«Стандартный» человек, вес %	22	0,38	0,21	1,82	0,1	$0,9СЧ^{0,16}$
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	23	-0,36	0,20	1,77	0,1	$0,63СЧЗК^{-0,23}$
3	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,75	0,15	4,95	0,001	$0,66СЧОВ^{-0,36}$
4	Земная кора, вес %	30	0,57	0,15	3,68	0,001	$0,313К^{0,22}$
5	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	30	0,36	0,18	2,05	0,05	$0,83КЗШ^{0,22}$
6	Океанская вода, вес %	26	0,69	0,15	4,70	0,001	$0,82ОВ^{0,21}$
7	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	26	0,46	0,18	2,53	0,02	$0,49ОВЗК^{0,27}$
8	Метеориты, вес %	30	0,39	0,17	2,24	0,05	$1,7М^{0,17}$
9	Живое в-во, вес %	19	0,46	0,20	2,25	0,05	$7,1ЖВ^{0,24}$
10	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	26	0,55	0,17	3,24	0,01	$0,58ОВЗШ^{0,20}$
11	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	19	0,06				$1,8ЖВЗК^{0,017}$
12	Живое в-во, % от сод-ния в океанической воде	19	-0,57	0,20	2,86	0,02	$1,44ЖВОВ^{-0,32}$

Таблица 104. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	«Стандартный» человек, % от сод-ния в земной коре	27	0,36	0,19	1,93	0,1	$1,3СЧЗК^{0,44}$
2	«Стандартный» человек, % от сод-ния в океанической воде	25	-0,25				$1,07СЧОВ^{-0,29}$
3	Земная кора, вес %	27	0,66	0,15	4,37	0,001	$0,0683К^{0,68}$
4	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	26	0,13				$0,863КЗШ^{0,18}$
5	Океанская вода, вес %	25	0,82	0,12	6,9	0,001	$1,03ОВ^{0,56}$
6	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	25	0,52	0,18	2,94	0,01	$0,41ОВЗК^{0,51}$
7	Метеориты, вес %	26	0,68	0,15	4,56	0,001	$22М^{0,68}$
8	Живое в-во, вес %	19	0,93	0,09	10,6	0,001	$11079ЖВ^{1,25}$
9	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	24	0,40	0,19	2,07	0,05	$0,64ОВЗШ^{0,31}$
10	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	0,57	0,19	3,00	0,01	$3 \cdot 10^5 ЖВЗК^{1,2}$
11	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	-0,46	0,22	2,12	0,05	$4,6ЖВОВ^{-0,62}$

Таблица 105. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	«Стандартный» человек, % от содержания в океанской воде	25	0,21				$0,65CЧОВ^{0,18}$
2	Земная кора, вес %	28	-0,43	0,18	2,44	0,05	$2,83K^{-0,35}$
3	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	27	-0,37	0,18	1,99	0,1	$0,443KЗШ^{-0,43}$
4	Океанская вода, вес %	26	0,25				$0,65ОВ^{0,12}$
5	Океанская вода, % от содержания в земной коре и океанской воде	26	0,46	0,18	2,54	0,02	$0,28ОВЗК^{0,33}$
6	Метеориты, вес %	27	-0,29				$0,16M^{0,23}$
7	Живое в-во, вес %	20	0,42	0,21	1,98	0,1	$3ЖВ^{0,33}$
8	Океанская вода, % от содержания в Земном шаре	25	0,13				$0,43ОВЗШ^{0,079}$
9	Живое в-во, % от содержания в земной коре	20	0,67	0,17	3,84	0,01	$8477ЖВЗК^{1,0}$
10	Живое в-во, % от содержания в океанской воде	20	-0,45	0,21	2,14	0,05	$0,36ЖВОВ^{-0,41}$

Таблица 106. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$) в % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Земная кора, вес %	25	-0,36	0,19	1,86	0,1	$2,083K^{-0,34}$
2	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	25	-0,12				$0,523K3\Pi^{-0,17}$
3	Океанская вода, вес %	25	-0,74	0,14	5,3	0,001	$0,55OB^{-0,43}$
4	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океаской воде	25	-0,74	0,14	5,3	0,001	$1,9OB3K^{-0,63}$
5	Метеориты, вес %	24	-0,19				$0,21M^{-0,19}$
6	Живое в-во, вес %						
7	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	25	-0,75	0,14	5,4	0,001	$0,93OB3\Pi^{-0,56}$
8	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	-0,25				$0,0039ЖВ3K^{-0,39}$
9	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	19	0,85	0,13	6,57	0,001	$0,06ЖВОВ^{0,77}$

Таблица 107. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Земная кора, % от сод-ния в Земном шаре	52	0,56	0,12	4,79	0,001	$15,33K3\Pi^{0,86}$
2	Океанская вода, вес %	43	0,70	0,11	6,3	0,001	$69,5OB^{0,41}$
3	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,18				$20,3OB3K^{0,15}$
4	Метеориты, вес %	52	0,76	0,09	8,3	0,001	$4468M^{0,92}$
5	Живое в-во, вес %	22	0,70	0,16	4,4	0,001	$8540ЖВ^{0,53}$
6	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,31	0,15	2,02	0,05	$27,3OB3\Pi^{0,25}$
7	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,09				$371ЖВ3K^{0,1}$
8	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,23				$277ЖВОВ^{-0,22}$

Таблица 108. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, вес %	41	0,02				$0,76OB^{0,0066}$
2	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	41	-0,15				$0,74OB3K^{-0,083}$
3	Метеориты, вес %	52	-0,11				$0,19M^{-0,085}$
4	Живое в-во, вес %	21	0,09				$0,99ЖВ^{0,061}$
5	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,35	0,15	2,39	0,02	$0,79OB3\Pi^{0,18}$
6	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	0,15				$4,52ЖВ3K^{0,26}$
7	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,36	0,21	1,69		$0,79ЖВОВ^{-0,25}$

Таблица 109. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, % от сод-ния в земной коре и океанской воде	43	0,82	0,09	9,2	0,001	$0,033\text{ОВЗК}^{1,19}$
2	Метеориты, вес %	41	0,68	0,12	5,8	0,001	$42,3\text{М}^{1,06}$
3	Живое в-во, вес %	22	0,83	0,12	6,66	0,001	$8,6 \cdot 10^4 \text{ЖВ}^{1,29}$
4	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,78	0,10	7,8	0,001	$0,06\text{ОВЗШ}^{1,04}$
5	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,60	0,18	3,34	0,01	$9,5 \cdot 10^7 \text{ЖВЗК}^{1,7}$
6	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,79	0,15	5,20	0,001	$20\text{ЖВОВ}^{-1,42}$

Таблица 110. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанической воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Метеориты, вес %	41	0,28	0,16	1,87	0,1	$7,6\text{М}^{0,30}$
2	Живое в-во, вес %	22	0,48	0,20	2,44	0,05	$854\text{ЖВ}^{0,53}$
3	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,86	0,08	10,8	0,001	$1,4\text{ОВЗШ}^{0,78}$
4	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	22	0,70	0,16	4,40	0,001	$1,6 \cdot 10^7 \text{ЖВЗК}^{1,38}$
5	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,88	0,11	8,35	0,001	$42\text{ЖВОВ}^{-1,1}$

Таблица 111. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое в-во, вес %	21	0,71	0,16	4,42	0,001	$10ЖВ^{0,83}$
2	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	41	0,08			-	$0,014ОВЗШ^{0,072}$
3	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	-0,06			-	$0,0027ЖВЗК^{-0,18}$
4	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	0,08			-	$0,014ЖВОВ^{0,096}$

Таблица 112. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес %, по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Океанская вода, % от сод-ния в Земном шаре	21	0,27	-	-	-	$2,8 \cdot 10^{-4}ОВЗШ^{0,18}$
2	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	20	0,63	0,18	3,48	0,001	$15,7ЖВЗК^{1,0}$
3	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	22	-0,34	-	-	-	$8,6 \cdot 10^{-4}ЖВОВ^{-0,4}$

Таблица 113. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду биологических, биогеохимических и геохимических величин

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое в-во, % от сод-ния в земной коре	21	0,50	0,20	2,53	0,05	$7,3 \cdot 10^8 \text{ЖВЗК}^{1,9}$
2	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	21	-0,88	0,11	8,05	0,001	$23,7 \text{ЖВОВ}^{-1,33}$

Таблица 114. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в земной коре, по содержанию металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Живое в-во, % от сод-ния в океанской воде	20	-0,41	0,21	1,91	0,1	$7 \cdot 10^{-5} \text{ЖВОВ}^{-0,27}$

Таблица 115. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	69	-0,14	0,12	1,20	-	1,35	0,15	42-0,064MB	0,055	-1,16	-
2	Радиус атома R_a , Å	64	-0,30	0,13	0,23	-	0,054	-1,45	37-3,0R _a	12,7	-0,23	-
3	Радиус иона R_i , Å	39	0,36	0,14	2,58	0,01	5,65	0,86	-4,2+41R _i	17	2,4	0,02
4	Ионные потенциалы	21	-0,60	0,15	4,1	0,001	10,6	1,18	64-13ИП	3,8	-3,2	0,01
5	Энергия гидратации	39	0,02	0,16	0,11	-	0,013	-2,16	36+0,00045ЭГ	0,0039	0,11	-
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,54	0,087	6,2	0,001	27,6	1,66	-19+6,7ППИ	1,27	5,25	0,001
7	Электроотрицательность	41	-0,27	0,15	1,79	0,1	3,0	0,55	62-223Э	13,0	-1,75	0,1
8	Сродство к электрону	26	0,01	0,20	0,05	-	0,0026	-2,98	67+0,28СЭ	5,64	0,05	-
9	Работа выхода электроно	45	-0,27	0,14	1,93	0,1	3,45	0,62	75-12РВЭ	6,5	-1,86	0,1
10	Температура кипения	66	-0,59	0,081	7,3	0,001	34,8	1,77	71-0,019t _{кип}	0,0033	-5,9	0,001
11	Температура плавления	65	-0,37	0,11	3,45	0,001	10,3	1,16	51-1,8t _{плав}	0,0055	-3,2	0,01
12	Относительная плотность	57	-0,34	0,12	2,85	0,01	7,2	0,99	45-3,1ОП	1,15	-2,65	0,01
13	Сравнительная твердость	48	-0,35	0,13	2,74	0,01	6,58	0,94	46-4,3СТ	1,68	-2,56	0,02
14	Теплопроводность	33	-0,05	0,18	0,28	-	0,076	-1,29	27-7,0Т	25,0	-0,28	-
15	Электропроводность	31	-0,059	0,18	0,32	-	0,10	-1,15	21,9+0,11Э	0,37	0,32	-
16	Стабильность гидрокомплексов	26	-0,25	0,19	1,32	-	1,63	0,24	27,1-1,47pKгидр	1,18	-1,28	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	-0,40	0,15	2,6	0,01	5,98	0,89	42,8-1,9pKЭДТА	0,78	-2,4	0,02
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,18	0,30	0,60	-	0,35	0,52	7,82+1,06pKцит	1,79	0,59	-

Таблица 116. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_2=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	83	-0,15	0,108	1,4	-	1,9	0,32	46,7-0,036MB	0,026	1,38	-
2	Радиус атома R_a , Å	76	-0,06	0,12	0,54	-	0,29	-0,62	45,7-3,3 R_a	6,2	-0,54	-
3	Радиус иона R_i , Å	45	0,37	0,13	2,8	0,01	6,8	0,96	20,6+22,7 R_i	8,7	2,6	0,01
4	Ионные потенциалы	26	-0,62	0,13	4,9	0,001	15,1	1,35	58,2-6,6ИП	1,7	-3,9	0,001
5	Энергия гидратации	45	-0,05	0,15	0,35	-	0,12	-1,0	43,4-0,00069ЭГ	0,0019	-0,35	-
6	Потенциал первичной ионизации	32	0,53	0,08	6,5	0,001	30,6	1,7	13,8+3,6ППИ	0,64	5,5	0,001
7	Электроотрицательность	50	-0,27	0,13	2,00	0,05	3,69	0,65	53,7-10,63Э	5,5	-1,9	0,1
8	Сродство к электрону	29	0,039	0,19	0,20	-	0,04	-1,59	58,7+0,58СЭ	2,9	0,2	-
9	Работа выхода электронов	57	-0,30	0,12	2,45	0,02	5,5	0,85	63,7-6,4РВЭ	2,7	-2,3	0,05
10	Температура кипения	79	-0,57	0,076	7,5	0,001	37,7	1,8	59,5-0,0082 $t_{\text{кип}}$	0,0013	-6,1	0,001
11	Температура плавления	78	-0,41	0,095	4,3	0,001	15,4	1,37	51,6-0,0092 $t_{\text{плав}}$	0,0023	-3,9	0,001
12	Относительная плотность	70	-0,31	0,11	2,83	0,01	7,25	0,99	45,2-10,3ОП	0,38	-2,69	0,01
13	Сравнительная твердость	55	-0,38	0,12	3,2	0,01	8,74	1,08	49-2,3СТ	0,78	-2,96	0,01
14	Теплопроводность	41	-0,16	0,16	0,1	-	0,01	-2,3	37,6-1,24Т	12,1	-0,1	-
15	Электропроводность	38	-0,08						35,4+0,09Э	0,18	0,48	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	-0,38	0,16	2,28	0,05	4,46	0,75	42,6-1,19рКгидр	0,56	-2,1	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,54	0,12	4,5	0,001	14,6	1,34	53,6-1,34рКЭДТА	0,35	-3,8	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,18	0,30	0,60	-	0,34	-0,53	29+0,53рКцит	0,9	0,59	-

Таблица 117. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_3=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	66	0,082	0,12	0,66	-	0,43	-0,42	$11,9+0,016MB$	0,024	0,66	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	62	-0,21	0,12	1,74	0,1	2,88	0,53	$32,8-11,5R_a$	6,79	-1,7	0,1
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,14	0,17	0,80	-	0,63	-0,23	$19,9-6,7R_i$	8,47	-0,79	-
4	Ионные потенциалы	25	0,099	0,21	0,48	-	0,23	-0,74	$11,2+0,93ИП$	1,95	0,48	-
5	Энергия гидратации	35	0,23	0,16	1,39	-	1,84	0,30	$10,1+0,0028ЭГ$	0,002	1,4	-
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,126	0,12	1,0	-	1,0	0,00	$4,5+1,3ППИ$	1,3	1,0	-
7	Электроотрицательность	49	0,11	0,14	0,78	-	0,6	0,26	$7,9+5,33Э$	6,8	0,77	-
8	Сродство к электрону	19	-0,082	0,24	0,34	-	0,12	-1,97	$9,97-0,65СЭ$	1,9	-0,34	-
9	Работа выхода электронов	55	0,16	0,13	1,2	-	1,4	0,18	$1,3+3,6РВЭ$	3,0	1,2	-
10	Температура кипения	63	0,30	0,12	2,6	0,01	6,26	0,92	$4,5+0,0039t_{кип}$	0,0016	2,5	0,02
11	Температура плавления	63	0,23	0,12	1,94	0,1	3,5	0,63	$8,6+0,0047t_{пл}$	0,0025	1,9	0,1
12	Относительная плотность	62	0,28	0,12	2,37	0,02	5,1	0,82	$6,4+0,93ОП$	0,41	2,3	0,05
13	Сравнительная твердость	47	0,028	0,15	0,19	-	0,036	-1,66	$10,8+0,139СТ$	0,74	0,19	-
14	Теплопроводность	39	-0,03	0,16	0,18	-	0,033	-1,7	$16,7-2,6Т$	14,4	-0,18	-
15	Электропроводность	37	-0,008	0,17	0,045	-	0,002	-3,1	$15,9-0,01Э$	0,23	-0,045	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,052	0,19	0,27	-	0,072	-1,3	$13+0,19pK_{гидр}$	0,73	0,27	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	33	0,24	0,17	1,39	-	1,83	0,30	$2,4+0,67pK_{ЭДТА}$	0,49	1,35	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,11	0,33	0,34	-	0,11	-1,0	$10,3+0,73pK_{цит}$	2,16	0,34	-

Таблица 118. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_4=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	66	0,17	0,12	1,39		1,89	0,32	$3,7+0,02MB$	0,014	1,37	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	62	-0,16	0,13	1,3		1,65	0,25	$15-5,4R_a$	4,2	-1,28	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,027	0,17	0,16		0,025	-1,85	$6,3-0,91R_i$	5,8	-0,16	-
4	Ионные потенциалы	25	0,16	0,20	0,80	-	0,63	-0,23	$3,4+1,1IP$	1,4	0,79	-
5	Энергия гидратации	35	0,09	0,17	0,52	-	0,27	-0,66	$4,4+0,0009ЭГ$	0,0017	0,52	-
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,29	0,18	2,49	0,02	5,69	0,87	$-6,8+1,8ППИ$	0,76	2,38	0,02
7	Электроотрицательность	48	0,38	0,125	3,0	0,01	7,87	1,03	$-10,2+10,93Э$	3,9	2,8	0,01
8	Сродство к электрону	19	0,014	0,24	0,051	-	0,003	-2,9	$6,5+0,14СЭ$	2,4	0,57	-
9	Работа выхода электронов	53	0,40	0,12	3,4	0,001	9,77	1,13	$-14,7+5,4РВЭ$	1,7	3,1	0,01
10	Температура кипения	63	0,079	0,13	0,62	-	0,38	-0,48	$4,47+0,00065t_{кип}$	0,0011	0,62	-
11	Температура плавления	63	0,025	0,13	0,19	-	0,037	-1,65	$5,9+0,00033t_{пл}$	0,0017	0,19	-
12	Относительная плотность	62	0,39	0,11	3,61	0,001	11,0	1,20	$-0,49+0,86ОП$	0,26	3,3	0,001
13	Сравнительная твердость	48	0,041	0,15	0,28	-	0,077	-1,28	$4,6+1,3СТ$	0,46	0,28	-
14	Теплопроводность	36	-0,20	0,16	1,23	-	1,45	0,18	$10,5-11,4Т$	9,5	-1,2	-
15	Электропроводность	34	-0,19	0,17	1,13	-	1,24	0,11	$9,4-0,16Э$	0,14	-1,1	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	0,34	0,17	1,97	0,10	3,45	0,62	$0,88+0,8pK_{гидр}$	0,43	1,86	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	35	0,28	0,16	1,74	0,1	2,79	0,51	$-3,9+0,57pK_{ЭДТА}$	0,34	1,67	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,022	0,33	0,067	-	0,0045	-2,7	$2,4+0,08pK_{цит}$	1,44	0,067	-

Таблица 119. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_5=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	60	0,18	0,12	1,4	-	1,9	0,32	$35,8+0,098MB$	0,071	1,37	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	55	0,24	0,13	1,83	0,1	3,17	0,58	$11,7+22R_a$	12,8	1,78	0,1
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	37	-0,17	0,16	1,0	-	1,0	0,02	$66,7-17,5R_i$	17,1	-1,0	-
4	Ионные потенциалы	23	0,19	0,21	0,88	-	0,76	-0,14	$30+3,7ИП$	4,3	0,87	-
5	Энергия гидратации	37	0,03	0,17	0,17	-	0,03	-1,76	$49+0,0006ЭГ$	0,0035	0,17	-
6	Потенциал первичной ионизации	58	-0,30	0,12	2,43	0,02	5,4	0,84	$80-4,7ППИ$	2,0	-2,32	0,05
7	Электроотрицательность	36	-0,23	0,16	1,40	-	1,87	0,31	$68-183Э$	13,6	-1,36	-
8	Сродство к электрону	18	-0,46	0,2	2,37	0,02	4,39	0,74	$37-9,0СЭ$	4,2	-2,09	0,05
9	Работа выхода электронов	42	-0,16	0,15	1,0	-	1,0	0,005	$63-5,9ВЭ$	5,9	-1,0	-
10	Температура кипения	57	0,21	0,13	1,60	-	2,44	0,45	$34,7+0,0057t_{\text{кип}}$	0,0038	1,56	-
11	Температура плавления	57	0,16	0,13	1,24	-	1,50	0,20	$40-0,007t_{\text{пл}}$	0,005	1,23	-
12	Относительная плотность	54	-0,07	0,14	0,52	-	0,27	-0,65	$54-0,61ОП$	1,17	-0,52	-
13	Сравнительная твердость	44	0,4	0,13	3,07	0,01	7,9	1,0	$30+4,5СТ$	1,6	2,82	0,01
14	Теплопроводность	29	-0,44	0,15	2,85	0,01	6,6	0,94	$58-57Т$	22,4	-2,56	0,02
15	Электропроводность	28	-0,4	0,16	2,47	0,02	5,1	0,82	$58-0,81Э$	0,36	-2,26	0,05
16	Стабильность гидрокомплексов	26	-0,03	0,20	0,16	-	0,027	-1,8	$50-0,23pK_{\text{гидр}}$	1,39	-0,16	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	0,1	0,17	0,60	-	0,36	-0,52	$50+0,60pK_{\text{ЭДТА}}$	1,0	0,60	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,65	0,19	3,37	0,01	6,6	0,94	$96-6,1pK_{\text{цит}}$	2,4	-2,6	0,05

Таблица 120. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения химических элементов по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_6=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	79	-0,11	0,11	1,00	-	0,98	0,009	1234-3,46MB	3,49	-0,99	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	71	0,25	0,11	2,17	0,05	4,43	0,74	-2007+1868R _a	887	2,10	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	44	0,1	0,15	0,66	-	0,43	-0,43	285+988R _i	1512	0,65	-
4	Ионные потенциалы	26	-0,14	0,20	0,70	-	0,48	-0,37	2837-346ИП	499	-0,69	-
5	Энергия гидратации	44	-0,078	0,15	0,51	-	0,26	-0,67	1462-0,16ЭГ	0,32	-0,51	-
6	Потенциал первичной ионизации	77	-0,16	0,11	1,46	-	2,07	0,37	2289-189ППИ	130	-1,44	-
7	Электроотрицательность	50	-0,32	0,13	2,46	0,02	5,46	0,85	5320-26803Э	113,9	2,34	0,02
8	Сродство к электрону	26	0,014	0,20	0,068	-	0,0046	-2,69	101,7+1,86СЭ	27	0,068	-
9	Работа выхода электронов	56	-0,26	0,13	2,06	0,05	3,97	0,69	4129-853РВЭ	428	-1,99	0,05
10	Температура кипения	75	-0,06	0,12	0,48	-	0,23	-0,73	1091-0,11t _{кип}	0,23	-0,48	-
11	Температура плавления	74	-0,02	0,12	0,16	-	0,026	-1,82	918-0,058t _{пл}	0,36	-0,16	-
12	Относительная плотность	68	-0,23	0,12	1,99	0,05	3,74	0,66	1999-131ОП	67,7	-1,93	0,1
13	Сравнительная твердость	54	-0,14	0,14	0,99	-	0,97	-0,017	1780-148СТ	151	-0,98	-
14	Теплопроводность	40	-0,23	0,15	1,51	-	2,16	0,39	354-348Т	237	-1,47	-
15	Электропроводность	38	0,07	0,17	0,42	-	0,18	-0,87	584+12Э	28	0,42	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	-0,32	0,17	1,88	0,1	3,16	0,58	2992-261pKгидр	147	-1,78	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,20	0,16	1,23	-	1,46	0,19	3833-144pKЭДТА	119	-1,29	-
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,25	0,30	0,85	-	0,68	-0,19	6271-509pKцит	617	-0,82	-

Таблица 121. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета доли химических элементов, связываемых белком плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_7=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	76	0,20	0,11	1,78	0,1	3,06	0,56	$64,7+0,073MB$	0,04	1,75	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	70	-0,23	0,11	2,04	0,05	3,96	0,69	$109-21,9R_a$	10,97	-1,99	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	41	-0,15	0,16	0,95	-	0,89	-0,06	$83-15R_i$	16	-0,94	-
4	Ионные потенциалы	26	0,30	0,19	1,60	-	2,33	0,42	$41,7+5,8IP$	3,8	1,52	-
5	Энергия гидратации	41	0,09	0,16	0,57	-	0,32	-0,57	$66,6+0,0017\Delta G$	0,003	0,57	-
6	Потенциал первичной ионизации	74	-0,02	0,12	0,16	-	2,68	-1,81	$75,7-0,33PPI$	2,0	-	-
7	Электроотрицательность	50	0,60	0,09	6,53	0,001	27,2	1,65	$2,26+44,73\chi$	8,6	5,2	0,001
8	Сродство к электрону	23	0,23	0,20	1,13	-	1,20	0,09	$44,4+9,9\chi$	5,4	1,1	-
9	Работа выхода электронов	57	0,55	0,09	5,9	0,001	23,9	1,59	$-14,4+21,9\chi$	4,5	4,9	0,001
10	Температура кипения	72	0,51	0,09	5,77	0,001	24,6	1,60	$45+0,012t_{\text{кип}}$	0,0024	4,96	0,001
11	Температура плавления	71	0,41	0,1	4,1	0,001	17,0	1,31	$56,8+0,015t_{\text{пл}}$	0,004	3,74	0,001
12	Относительная плотность	69	0,61	0,08	8,0	0,001	40,2	1,85	$45+3,8OP$	0,6	6,34	0,001
13	Сравнительная твердость	55	0,47	0,11	4,39	0,001	15	1,65	$50+5,2CT$	1,33	3,88	0,001
14	Теплопроводность	41	0,004	0,16	0,026	-	0,0007	-3,6	$75+0,58T$	22,2	0,026	-
15	Электропроводность	38	-0,02	0,17	0,13	-	0,017	-2,0	$78,3-0,044\chi$	0,33	-0,13	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	0,29	0,17	1,68	-	2,57	0,47	$3,7+0,02pK_{\text{гидр}}$	0,026	1,60	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,46	0,13	3,52	0,001	9,75	1,13	$9,8+0,078pK_{\text{ЭДТА}}$	0,025	3,12	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,32	0,28	1,12	-	1,12	0,059	$55+2,8pK_{\text{цит}}$	2,68	1,06	-

Таблица 122. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности химических элементов, мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_8=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	36	-0,31	0,15	2,02	0,05	3,69	0,65	$6,86-0,04MB$	0,021	-1,92	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	36	0,37	0,15	2,48	0,02	5,51	0,83	$-9,3+7,56R_a$	3,3	2,30	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	22	0,14	0,22	0,62	-	0,38	-0,48	$0,37+4,2R_i$	6,84	0,62	-
4	Ионные потенциалы	22	-0,40	0,19	2,16	0,05	3,91	0,68	$10,9-2,54ИП$	1,28	-1,98	0,1
5	Энергия гидратации	22	-0,32	0,20	1,59	-	2,27	0,41	$7,40-0,0037ЭГ$	0,0024	-1,51	-
6	Потенциал первичной ионизации	36	-0,42	0,14	2,93	0,01	7,09	0,98	$17,1-2,0ППИ$	0,76	-2,66	0,01
7	Электроотрицательность	33	-0,46	0,14	3,27	0,01	3,42	1,07	$1,56-8,83Э$	3,0	-2,90	0,01
8	Сродство к электрону	11	-0,10	0,33	0,32	-	0,10	-1,15	$8,0-1,3СЭ$	4,09	-0,32	-
9	Работа выхода электронов	35	-0,55	0,12	4,5	0,001	14,1	1,32	$2,1-4,8РВЭ$	1,27	-3,76	0,001
10	Температура кипения	36	-0,37	0,14	2,54	0,02	0,56	0,86	$9-0,0028t_{кип}$	0,0012	-2,36	0,02
11	Температура плавления	36	-0,35	0,15	2,35	0,02	4,83	0,79	$6,6-0,0041t_{пл}$	0,0019	-2,2	0,05
12	Относительная плотность	36	0,39	0,15	2,64	0,01	5,95	0,89	$6,9-0,55ОП$	0,22	-2,44	0,02
13	Сравнительная твердость	30	-0,41	0,16	2,59	0,02	5,57	0,86	$8,2-1,5СТ$	0,63	-2,36	0,05
14	Теплопроводность	25	0,002	0,21	0,01	-	$1,5 \cdot 10^{-4}$	-4,4	$3,1+0,09Т$	7,3	0,12	-
15	Электропроводность	25	0,007	0,21	0,03	-	$1 \cdot 10^{-3}$	-3,4	$3,14+0,004Э$	0,11	0,032	-
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,40	0,17	2,42	0,05	4,88	0,79	$7,7-0,76pK_{гидр}$	0,34	-2,2	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	25	-0,60	0,13	4,55	0,001	13,1	1,29	$16-0,87pK_{ЭДТА}$	0,24	-3,63	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,33	0,30	1,12	-	1,1	0,06				

Таблица 123. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_9=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	48	-0,18	0,14	1,30	-	1,63	0,25	$4,5 \cdot 10^4 - 2,4 \cdot 10^2 MB$	$1,9 \cdot 10^2$	-1,29	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,41	0,13	3,11	0,01	8,07	1,04	$5,5 \cdot 10^4 - 3,0 \cdot 10^4 R_a$	$1,06 \cdot 10^4$	-2,84	0,01
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	0,07	0,19	0,39	-	0,16	-0,93	$1,1 \cdot 10^4 + 2,0 \cdot 10^4 R_i$	$5 \cdot 10^4$	0,39	-
4	Ионные потенциалы	22	-0,14	0,22	0,66	-	0,43	-0,42	$1,5 \cdot 10^3 - 2,3 \cdot 10^2 IP$	$3,5 \cdot 10^2$	-0,66	-
5	Энергия гидратации	30	0,1	0,19	0,52	-	0,27	-0,66	$2,4 \cdot 10^4 + 5,9 \Delta G$	11,5	0,52	-
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,38	0,13	2,97	0,01	7,6	1,01	$-8,6 \cdot 10^4 + 1,3 \cdot 10^4 PPI$	$4,7 \cdot 10^3$	2,76	0,01
7	Электроотрицательность	36	-0,29	0,16	1,86	0,1	3,2	0,57	$3,3 \cdot 10^3 - 1,8 \cdot 10^3 \chi$	$1 \cdot 10^3$	-1,78	0,1
8	Сродство к электрону	25	0,1	0,21	0,48	-	0,23	-0,73	$2,68 \cdot 10^4 + 1 \cdot 10^4 \chi$	$2,1 \cdot 10^4$	0,48	-
9	Работа выхода электронов	39	0,12	0,16	0,75	-	0,55	-0,30	$-1,1 \cdot 10^4 + \text{РВЭ}$	$5,6 \cdot 10^3$	0,74	-
10	Температура кипения	47	-0,21	0,14	1,45	-	2,0	0,35	$4,9 \cdot 10^4 - 16 t_{\text{кип}}$	11	-1,42	-
11	Температура плавления	45	-0,09	0,15	0,59	-	0,34	-0,53	$3,0 \cdot 10^4 - 10 t_{\text{пл}}$	17,3	-0,58	-
12	Относительная плотность	39	-0,25	0,15	1,61	-	2,44	0,44	$1,4 \cdot 10^3 - 1,4 \cdot 10^2 \rho$	92	-1,56	-
13	Сравнительная твердость	32	0,27	0,17	1,60	-	2,36	0,43	$-2,7 \cdot 10^3 + 3,5 \cdot 10^3 ST$	$2,3 \cdot 10^3$	1,54	-
14	Теплопроводность	28	-0,18	0,19	0,96	-	0,90	-0,05	$1,27 \cdot 10^4 - 2,4 \cdot 10^4 \kappa$	$2,55 \cdot 10^4$	-0,95	-
15	Электропроводность	27	-0,18	0,19	0,92	-	0,82	-0,10	$1,3 \cdot 10^4 - 3,6 \cdot 10^2 \sigma$	$4,0 \cdot 10^2$	-0,90	-
16	Стабильность гидрокомплексов	24	-0,24	0,20	1,20	-	1,36	0,15	$1,6 \cdot 10^3 - 1,7 \cdot 10^2 pK_{\text{гидр}}$	$1,4 \cdot 10^2$	-1,16	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	-0,18	0,23	0,78	-	0,59	-0,26	$2,2 \cdot 10^3 - 1,0 \cdot 10^2 pK_{\text{ЭДТА}}$	$1,3 \cdot 10^2$	-0,77	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	-0,18	0,36	0,50	-	0,25	-0,70	$3 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^2 pK_{\text{цит}}$	$5,1 \cdot 10^2$	-0,50	-

Таблица 124. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{10}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	48	-0,19	0,14	1,38	-	1,82	0,30	3308-19,1MB	14,1	-1,35	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,37	0,14	2,71	0,01	6,39	0,93	10824-6104R _a	2413	-2,53	0,02
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	-0,32	0,17	1,92	0,1	3,22	0,60	4172-3277R _i	1805	-1,81	0,1
4	Ионные потенциалы	22	-0,075	0,22	0,34	-	0,11	-1,00	9,8-7,26ИП	2,17	-0,33	-
5	Энергия гидратации	30	0,76	0,08	9,54	0,001	38,4	1,82	-1292+1,7ЭГ	0,28	6,19	0,001
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,37	0,13	2,89	0,01	7,2	0,99	-6278+942ППИ	350	2,60	0,01
7	Электроотрицательности	36	0,25	0,16	1,56	-	2,29	0,41	-303+2513Э	166	1,51	-
8	Сродство к электрону	25	-0,27	0,19	1,42	-	1,87	0,31	6069-2116СЭ	1546	-1,37	-
9	Работа выхода электронов	39	0,16	0,16	0,97	-	0,91	-0,046	-2174+740РВЭ	775	0,95	-
10	Температура кипения	47	-0,08	0,15	0,57	-	0,32	-0,66	2398-0,49t _{кип}	0,86	-0,57	-
11	Температура плавления	45	0,08	0,15	0,53	-	0,28	-0,63	1053+0,68t _{пл}	1,28	0,53	-
12	Относительная плотность	39	0,25	0,15	1,61	-	2,4	0,45	-74,9+22,9ОП	14,6	1,56	-
13	Сравнительная твердость	32	0,44	0,15	3,03	0,001	7,39	1,00	-1578+708СТ	260	2,71	0,01
14	Теплопроводность	28	-0,18	0,19	0,96	-	0,89	-0,059	1747-3340Т	3543	-0,94	-
15	Электропроводность	27	-0,18	0,19	0,95	-	0,83	-0,065	1760-52Э	55,7	-0,94	-
16	Стабильность гидрокомплексов	24	-0,11	0,21	0,49	-	0,24	-0,71	9,8-0,44pKгидр	0,9	-0,49	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	0,11	0,23	0,47	-	0,23	-0,75	1,48+0,38pKЭДТА	0,8	-0,47	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	-0,09	0,37	0,25	-	0,06	-1,38	18,2-0,79pKцит	3,1	-0,25	-

Таблица 125. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{11}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	46	0,04	0,15	0,30	-	0,09	-1,20	$41,8+0,078MB$	0,26	0,30	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	41	-0,13	0,16	0,86	-	0,72	-0,15	$1,1 \cdot 10^2 - 39,7R_a$	46,6	-0,85	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	-0,14	0,19	0,75	-	0,55	-0,30	$42-21R_i$	28	-0,74	-
4	Ионные потенциалы	21	0,21	0,22	0,97	-	0,89	-0,06	$5,2+8,3ИП$	8,8	0,95	-
5	Энергия гидратации	29	0,03	0,19	0,16	-	0,03	-1,8	$19,7+0,0001ЭГ$	0,0066	0,17	
6	Потенциал первичной ионизации	46	0,12	0,15	0,85	-	0,69	-0,19	$1,9+5,7ППИ$	6,8	0,83	-
7	Электроотрицательности	34	-0,03	0,18	0,16	-	0,024	-1,85	$45-6,13Э$	39	-0,16	-
8	Сродство к электрону	25	-0,32	0,19	1,73	0,1	2,7	0,49	$1,1 \cdot 10^2 - 38,7CЭ$	24	-1,04	-
9	Работа выхода электронов	37	-0,001	0,17	0,008	-	$7 \cdot 10^{-3}$	-4,76	$34,6-0,14PBЭ$	16,8	-0,008	-
10	Температура кипения	45	0,23	0,14	1,53	-	2,38	0,43	$7,4+0,017t_{\text{кип}}$	0,011	1,54	-
11	Температура плавления	43	0,14	0,15	0,92	-	0,83	-0,09	$24,7+0,015t_{\text{пл}}$	0,016	0,91	-
12	Относительная плотность	37	0,10	0,17	0,60	-	0,36	-0,50	$21,1+2,07ОП$	3,44	0,60	-
13	Сравнительная твердость	31	-0,10	0,18	0,57	-	0,33	-0,56	$61-5,2СТ$	9,1	0,57	-
14	Теплопроводность	27	-0,20	0,19	1,06	-	1,08	0,04	$47+59,7Т$	57	-1,0	-
15	Электропроводность	26	-0,26	0,19	1,36	-	1,71	0,27	$41,8-0,99Э$	0,75	-1,3	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,06	0,22	0,28	-	0,08	-1,26	$30+1,2pK_{\text{гидр}}$	4,26	0,28	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	0,15	0,23	0,66	-	0,42	-0,43	$1,36+1,9pK_{\text{ЭДТА}}$	2,93	0,65	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,01	0,4	0,03	-	$7,5 \cdot 10^{-2}$	-3,6	$50+0,26pK_{\text{цит}}$	9,4	0,03	-

Таблица 126. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{12}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	80	-0,19	0,11	1,73	0,1	2,87	0,53	$2,7 \cdot 10^4 - 129MB$	76	-1,70	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	75	-0,05	0,12	0,44	-	0,18	-0,8	$1,4 \cdot 10^4 - 4,7 \cdot 10^3 R_a$	$1,1 \cdot 10^4$	-0,44	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	44	-0,017		0,11	-	0,01	-2,2	$2,5 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^3 R_i$	$3,4 \cdot 10^4$	-0,1	
4	Ионные потенциалы	26	0,08	0,20	0,41	-	0,16	-0,9	$5 \cdot 10^3 + 771IP$	$1,9 \cdot 10^3$	0,41	-
5	Энергия гидратации	44	0,025	0,15	0,16	-	0,03	-1,82	$2 \cdot 10^4 + 1,1 \Delta H$	7	0,16	-
6	Потенциал первичной ионизации	80	0,10	0,11	0,93	-	0,85	-0,08	$-2,7 \cdot 10^3 + 1,8 \cdot 10^3 PPI$	$2 \cdot 10^3$	0,92	-
7	Электроотрицательность	49	-0,23	0,14	1,69	0,1	2,70	0,50	$1,8 \cdot 10^4 - 8,2 \cdot 10^3 \chi$	$4,99 \cdot 10^3$	-1,64	0,1
8	Сродство к электрону	30	0,10	0,19	0,56	-	0,31	-0,58	$1,39 + 1,5 \cdot 10^{-6} \chi$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	0,56	-
9	Работа выхода электронов	57	-0,02	0,13	0,12	-	0,015	-2,1	$3,97 - 3,4 \cdot 10^{-7} \chi$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	-0,12	-
10	Температура кипения	79	-0,15	0,11	1,32	-	1,7	0,27	$2,1 \cdot 10^3 - 3,5 \cdot 10^{-3} t_{кип}$	0,003	-1,3	-
11	Температура плавления	77	-0,12	0,11	1,06	-	1,1	0,05	$1,1 \cdot 10^3 - 1,8 \cdot 10^{-3} t_{пл}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	1,0	-
12	Относительная плотность	68	-0,21	0,12	1,78	0,1	3,0	0,6	$8,2 - 3,0 \cdot 10^{-5} \rho$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	-1,74	0,1
13	Сравнительная твердость	55	0,03	0,14	0,19	-	0,04	-1,66	$4,6 + 1,9 \cdot 10^{-6} ST$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	0,19	-
14	Теплопроводность	41	0,07	0,16	0,43	-	0,18	-0,84	$9,3 \cdot 10^3 + 1,4 \cdot 10^4 T$	$3,3 \cdot 10^4$	0,43	-
15	Электропроводность	38	0,29	0,15	1,87	0,1	3,2	0,59	$10,9 + 2,7 \cdot 10^{-4} \chi$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	1,8	0,1
16	Стабильность гидрокомплексов	29	-0,37	0,17	2,23	<0,05	4,3	0,73	$7,2 - 1,5 \cdot 10^{-4} pK_{гидр}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$	-2,07	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,23	0,16	1,46	-	2,01	0,35	$16 - 7,6 \cdot 10^{-5} pK_{ЭДТА}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	-1,41	-
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,25	0,30	0,83	-	0,65	-0,21	$1,39 \cdot 10^4 - 1,2 \cdot 10^3 pK_{цит}$	$1,5 \cdot 10^3$	-0,81	-

Таблица 127. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{13}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	75	-0,05	0,12	0,43	-	0,18	-0,84	$3,07-0,0032MB$	0,007	-0,43	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	69	0,40	0,10	3,91	0,001	12,8	1,28	$-7,3+6,5R_a$	1,8	3,58	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	0,37	0,13	2,7	0,01	6,5	0,94	$-3,0+6,56R_i$	2,57	2,5	0,02
4	Ионные потенциалы	26	-0,33	0,18	1,84	0,1	3,0	0,55	$8,6-1,46IP$	0,84	-1,74	0,1
5	Энергия гидратации	43	-0,21	0,15	1,43	-	1,94	0,33	$4,4-0,00077ЭГ$	0,0006	-1,39	-
6	Потенциал первичной ионизации	74	-0,23	0,11	2,11	0,05	4,2	0,72	$7,1-0,57ППИ$	0,28	-2,0	0,05
7	Электроотрицательность	49	-0,50	0,11	4,56	0,001	15,6	1,37	$15,7-8,073Э$	2,0	-3,95	0,001
8	Сродство к электрону	26	-0,32	0,18	2,73	0,1	2,7	0,49	$2,0-0,15СЭ$	0,09	-1,64	-
9	Работа выхода электронов	57	-0,55	0,09	5,8	0,001	23,6	1,53	$4,2-0,071PBЭ$	0,016	-4,86	0,001
10	Температура кипения	74	-0,096	0,12	0,83	-	0,68	-0,2	$2331-23,9t_{\text{кип}}$	29	-0,82	-
11	Температура плавления	72	-0,17	0,12	1,47	-	2,1	0,37	$1205-26,8t_{\text{пл}}$	17,5	-1,45	-
12	Относительная плотность	67	-0,24	0,12	2,06	0,05	4,0	0,70	$8,7-0,21ОП$	0,11	-3,0	0,05
13	Сравнительная твердость	55	-0,14	0,13	1,03	-	1,0	0,021	$4,88-0,11СТ$	0,11	-1,0	-
14	Теплопроводность	41	-0,23	0,15	1,49	-	2,1	0,37	$0,23-0,015Т$	0,011	-1,45	-
15	Электропроводность	38	-0,23	0,16	1,44	-	1,96	0,34	$14,7-1,0Э$	0,72	-1,40	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	-0,17	0,19	0,93	-	0,84	-0,08	$6,9-0,11pK_{\text{гидр}}$	0,12	-0,92	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,30	0,15	1,95	<0,1	3,47	0,62	$16,8-0,24pK_{\text{ЭДТА}}$	0,13	-1,86	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,24	0,30	0,80	-	0,61	-0,25	$9,85-0,83pK_{\text{цит}}$	1,06	-0,78	-

Таблица 128. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{14}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	68	-0,12	0,12	0,99	-	0,98	-0,011	$2,9 \cdot 10^6 - 1,3 \cdot 10^4 MB$	$1,3 \cdot 10^4$	-0,99	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	64	-0,34	0,11	3,01	0,01	0,05	1,0	$1,97 \cdot 10^6 - 1,1 \cdot 10^6 R_a$	$3,9 \cdot 10^5$	-2,84	0,01
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	40	0,18	0,16	1,12	-	1,21	0,099	$-3,4 \cdot 10^6 + 6,06 \cdot 10^6 R_i$	$5,5 \cdot 10^6$	1,1	-
4	Ионные потенциалы	24	-0,21	0,20	1,02	-	1,00	0,004	$1,1 \cdot 10^5 - 2,3 \cdot 10^5 IP$	$2,3 \cdot 10^5$	-1,0	-
5	Энергия гидратации	40	-0,10	0,16	0,64	-	0,41	-0,44	$3,5 \cdot 10^6 - 7,7 \cdot 10^2 \Delta H$	$1,2 \cdot 10^3$	-0,64	-
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,18	0,12	1,59	-	2,28	0,41	$-2,8 \cdot 10^6 + 5 \cdot 10^5 IPI$	$3,3 \cdot 10^5$	1,51	-
7	Электроотрицательность	39	-0,29	0,15	1,90	0,1	3,30	0,00	$2,15 \cdot 10^5 - 1,2 \cdot 10^5 \chi$	$6,6 \cdot 10^4$	-1,82	0,1
8	Сродство к электрону	29	0,12	0,19	0,65	-	0,41	-0,44	$1,3 + 1,1 \cdot 10^{-8} S$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	0,64	-
9	Работа выхода электронов	46	-0,30	0,14	2,16	0,05	4,24	0,72	$3,87 - 1,6 \cdot 10^{-6} \Phi$	$7,7 \cdot 10^{-7}$	-2,06	0,05
10	Температура кипения	67	-0,22	0,12	1,84	0,1	3,21	0,58	$1,3 \cdot 10^3 - 2,6 \cdot 10^{-5} t_{кип}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	-1,79	0,1
11	Температура плавления	65	-0,18	0,12	1,49	-	2,16	0,38	$3,8 \cdot 10^2 - 1,5 \cdot 10^{-5} t_{пл}$	$9,9 \cdot 10^6$	-1,47	-
12	Относительная плотность	56	-0,23	0,13	1,77	0,1	2,98	0,55	$6,8 - 6,4 \cdot 10^{-6} \rho$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	-1,72	0,1
13	Сравнительная твердость	47	-0,22	0,14	1,58	-	2,37	0,43	$4,7 - 4,6 \cdot 10^{-6} ST$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	-1,54	-
14	Теплопроводность	35	0,08	0,17	0,47	-	0,22	-0,75	$2,3 \cdot 10^4 + 5,9 \cdot 10^4 T$	$1,2 \cdot 10^5$	0,47	-
15	Электропроводность	33	0,09	0,18	0,53	-	0,28	-0,64	$2,45 \cdot 10^4 + 1 \cdot 10^3 \kappa$	$2 \cdot 10^3$	0,53	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,32	0,16	1,83	0,1	2,99	0,55	$1,3 \cdot 10^5 - 1,4 \cdot 10^4 pK_{гидр}$	$8,1 \cdot 10^3$	-1,73	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,48	0,13	3,67	0,001	10,3	1,17	$2,8 \cdot 10^5 - 1,6 \cdot 10^4 pK_{ЭДТА}$	$4,8 \cdot 10^3$	-3,21	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,17	0,31	0,55	-	0,29	-0,61	$2,4 \cdot 10^4 - 2,1 \cdot 10^3 pK_{цит}$	$3,9 \cdot 10^3$	-0,54	-

Таблица 129. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанической воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{15}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	68	-0,16	0,12	1,31	-	1,68	0,26	$8,8 \cdot 10^4 - 319MB$	247	-1,29	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	64	-0,17	0,12	1,36	-	1,80	0,29	$1,3 \cdot 10^5 - 6,3 \cdot 10^4 R_a$	$4,7 \cdot 10^4$	-1,34	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	42	0,48	0,12	4,00	0,001	12,2	1,25	$-2 \cdot 10^5 + 2,7 \cdot 10^5 R_i$	$7,8 \cdot 10^4$	3,5	0,001
4	Ионные потенциалы	24	-0,20	0,20	1,00	-	0,96	-0,02	2928-526ИП	536	-0,96	-
5	Энергия гидратации	40	-0,16	0,16	1,03	-	1,03	0,016	$7,1 \cdot 10^4 - 16,8ЭГ$	16,6	-1,0	-
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,36	0,11	3,32	0,001	9,61	1,13	$-9,98 \cdot 10^4 + 1,8 \cdot 10^4 ППИ$	$5,8 \cdot 10^4$	3,1	0,01
7	Электроотрицательность	39	-0,08	0,16	0,49	-	0,24	-0,72	$3 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^3 Э$	$2 \cdot 10^3$	-0,49	-
8	Сродство к электрону	29	0,08	0,19	0,40	-	0,16	-0,91	$1 \cdot 10^5 + 1,5 \cdot 10^4 СЭ$	$3,7 \cdot 10^4$	0,40	-
9	Работа выхода электронов	48	-0,08	0,15	0,56	-	0,31	-0,59	$3,1 \cdot 10^3 - 4,6 \cdot 10^2 РВЭ$	323	-0,56	-
10	Температура кипения	67	-0,40	0,10	3,85	0,001	12,4	1,26	$1,6 \cdot 10^5 - 61t_{кип}$	17,3	-3,52	0,001
11	Температура плавления	65	-0,32	0,11	2,88	0,01	7,0	0,97	$1,16 \cdot 10^5 + 72t_{пл}$	28	-2,6	0,01
12	Относительная плотность	56	-0,21						$8 \cdot 10^4 - 7,8 \cdot 10^3 ОП$	$4,9 \cdot 10^3$	-1,6	-
13	Сравнительная твердость	47	-0,11	0,15	0,76	-	0,57	-0,28	$6,8 \cdot 10^3 - 6,4 \cdot 10^2 СТ$	$8,4 \cdot 10^2$	-0,76	-
14	Теплопроводность	35	0,04	0,17	0,23	-	0,055	-1,45	$943 + 693T$	2962	0,23	-
15	Электропроводность	33	0,05	0,18	0,28	-	0,077	-1,28	$989 + 13Э$	48	0,28	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,30	0,18	1,69	-	2,60	0,48	$3,1 \cdot 10^3 - 303pK_{гидр}$	188	-1,61	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,44	0,14	3,21	0,01	8,29	1,06	$6188 - 329pK_{ЭДТА}$	114	-2,88	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,20	0,30	0,66	-	0,42	-0,43	$841 - 75pK_{цит}$	115	-0,65	-

Таблица 130. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_{16}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	75	-0,22	0,11	1,95	<0,1	3,6	0,64	2,94-0,013MB	0,007	-1,9	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	69	-0,11	0,12	0,89	-	0,79	-0,12	2,79-1,2R _a	1,3	-0,89	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	0,02	0,16	0,12	-	0,015	-2,1	1,39+0,31R _i	2,6	0,12	-
4	Ионные потенциалы	26	-0,03	0,20	0,13	-	0,018	-2,0	0,8-0,039ИП	0,29	-0,13	-
5	Энергия гидратации	43	-0,02	0,16	0,13	-	0,017	-2,0	1,78-0,00007ЭГ	0,0005	-0,13	-
6	Потенциал первичной ионизации	74	0,22	0,11	1,93	<0,1	3,58	0,64	-2,56+0,5ППИ	0,27	1,89	0,1
7	Электроотрицательность	49	-0,05	0,14	0,35	-	0,12	-1,0	1,73-0,53Э	1,4	-0,35	-
8	Сродство к электрону	26	-0,03	0,20	0,13	-	0,02	-2,1	2,97-0,15СЭ	1,2	-0,13	-
9	Работа выхода электронов	57	0,06	0,13	0,43	-	0,18	-0,85	-0,1+0,3РВЭ	0,71	0,42	-
10	Температура кипения	74	-0,16	0,11	1,41	-	1,94	0,33	2,8-0,0006t _{кип}	0,0004	-1,39	-
11	Температура плавления	72	-0,11	0,12	0,9	-	0,8	-0,11	2,1-0,00065t _{пл}	0,007	-0,9	-
12	Относительная плотность	67	-0,15	0,12	1,27	-	1,56	0,22	1,9-0,12ОП	0,09	-1,25	-
13	Сравнительная твердость	55	-0,02	0,14	0,14	-	0,02	-1,98	1,3-0,028СТ	0,2	-0,14	-
14	Теплопроводность	41	0,05	0,16	0,31	-	0,096	-1,17	1,3+1,1Т	3,6	0,31	-
15	Электропроводность	38	0,05	0,17	0,32	-	0,1	-1,1	0,98+0,016Э	0,05	0,32	-
16	Стабильность гидрокомплексов	29	-0,20	0,18	1,1	-	1,14	0,07	3,0-0,23pKгидр	0,21	-1,1	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,17	0,16	1,06	-	1,1	0,05	3,6-0,15pKЭДТА	0,14	-1,0	-
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,20	0,30	0,67	-	0,43	-0,42	5,8-0,52pKцит	0,79	-0,66	-

Таблица 131. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{17}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	36	-0,12	0,17	0,74	-	0,54	-0,31	$3,9-0,013MB$	0,018	-0,73	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	33	-0,40	0,15	2,66	0,01	5,94	0,89	$5,1-2,8R_a$	1,1	-2,4	0,02
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	24	0,07	0,21	0,31	-	0,097	-1,17	$2,0+2,0R_i$	6,6	0,31	-
4	Ионные потенциалы	16	-0,20	0,26	0,76	-	0,56	-0,29	$0,09-0,013ИП$	0,018	-0,75	-
5	Энергия гидратации	24	0,08	0,21	0,39	-	0,15	-0,9	$3,4+0,00056ЭГ$	0,0014	0,39	-
6	Потенциал первичной ионизации	37	0,35	0,15	2,35	0,02	4,8	0,79	$-8,5+1,3ППИ$	0,6	2,2	0,05
7	Электроотрицательность	26	-0,36	0,18	2,00	0,1	3,5	0,63	$0,16-0,093Э$	0,05	-1,87	0,1
8	Сродство к электрону	19	0,13	0,24	0,54	-	0,29	-0,62	$2,8+1,5СЭ$	2,8	0,54	-
9	Работа выхода электронов	28	0,15	0,19	0,8	-	0,63	-0,23	$-1,4+0,54РВЭ$	0,68	0,79	-
10	Температура кипения	36	-0,20	0,16	1,22	-	1,44	0,18	$5,8-0,002t_{кип}$	0,0016	-1,20	-
11	Температура плавления	34	-0,10	0,17	0,57	-	0,32	-0,57	$4,0-0,0013t_{пл}$	0,0024	-0,56	-
12	Относительная плотность	28	-0,37	0,17	2,20	0,05	4,18	0,71	$0,10-0,013ОП$	0,002	-2,0	0,1
13	Сравнительная твердость	26	0,45	0,16	2,74	0,02	6,0	0,89	$-1,1+0,54СТ$	0,22	2,44	0,05
14	Теплопроводность	19	-0,23	0,23	1,0	-	0,96	-0,017	$1,9-4,4Т$	4,49	-0,98	-
15	Электропроводность	18	-0,27	0,23	1,19	-	1,30	0,13	$2,34-0,08Э$	0,07	-1,14	-
16	Стабильность гидрокомплексов	16	-0,26	0,25	1,02	-	0,97	-0,01	$0,07-0,008pK_{гидр}$	0,008	-0,99	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	7	-0,18	0,43	0,43	-	0,18	-0,87	$0,12-0,008pK_{ЭДТА}$	0,02	-0,42	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,18	0,43	0,43	-	0,18	-0,87	$0,12-0,008pK_{цит}$	0,02	-0,42	-

Таблица 132. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанической воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{18}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	63	-0,15	0,12	1,21	-	1,43	0,18	$2,6 \cdot 10^4 - 1,1 \cdot 10^2 MB$	95	-1,2	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	58	-0,04	0,13	0,29	-	0,08	-1,23	$2,9 \cdot 10^3 - 7,3 \cdot 10^2 R_a$	$2,5 \cdot 10^3$	-0,29	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	39	0,35	0,14	2,45	0,02	5,27	0,83	$-6,0 \cdot 10^4 + 8,2 \cdot 10^4 R_i$	$3,6 \cdot 10^4$	2,29	0,05
4	Ионные потенциалы	24	-0,28	0,2	1,44	-	1,92	0,32	$5,5 \cdot 10^3 - 1,1 \cdot 10^3 \text{ИП}$	$8 \cdot 10^2$	-1,38	-
5	Энергия гидратации	39	-0,11	0,16	0,66	-	0,44	-0,41	$2,6 \cdot 10^4 - 5,3 \text{ЭГ}$	8,05	-0,66	-
6	Потенциал первичной ионизации	62	0,31	0,12	2,65	0,01	6,34	0,92	$-5,4 \cdot 10^4 + 8,7 \cdot 10^3 \text{ППИ}$	$3,46 \cdot 10^3$	2,52	0,02
7	Электроотрицательность	39	-0,10	0,16	0,62	-	0,38	-0,49	$5,9 \cdot 10^3 - 2,2 \cdot 10^3 \text{ЗЭ}$	$3,6 \cdot 10^3$	-0,61	-
8	Сродство к электрону	25	0,36	0,18	1,99	0,05	3,46	0,62	$-1,8 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^3 \text{СЭ}$	$1,6 \cdot 10^4$	1,86	0,1
9	Работа выхода электронов	46	-0,16	0,15	1,08	-	1,15	0,07	$8,2 \cdot 10^3 - 1,6 \cdot 10^3 \text{РВЭ}$	$1,4 \cdot 10^3$	-1,1	-
10	Температура кипения	62	-0,26	0,18	2,18	0,05	4,46	0,75	$4,3 \cdot 10^4 - 15,9 t_{\text{кип}}$	7,5	-2,11	0,05
11	Температура плавления	60	-0,20	0,13	1,58	-	2,4	0,44	$3 \cdot 10^4 - 17,6 t_{\text{пл}}$	11,4	-1,55	-
12	Относительная плотность	55	-0,25	0,13	1,94	0,1	3,52	0,63	$6,8 \cdot 10^3 - 6,7 \cdot 10^2 \text{ОП}$	$3,5 \cdot 10^2$	-1,88	0,1
13	Сравнительная твердость	47	-0,01	0,15	0,07	-	0,005	-2,63	$2,3 \cdot 10^3 - 27,7 \text{СТ}$	$3,8 \cdot 10^2$	-0,07	-
14	Теплопроводность	35	0,06	0,17	0,36	-	0,13	-1,0	$1,1 \cdot 10^3 + 1,6 \cdot 10^3 T$	$4,3 \cdot 10^3$	0,36	-
15	Электропроводность	33	0,08	0,18	0,45	-	0,20	-0,81	$1,1 \cdot 10^3 + 31 \text{Э}$	70	0,44	-
16	Стабильность гидрокомплексов	36	-0,50	0,13	3,84	0,001	11,1	1,20	$1,0 \cdot 10^4 - 5,5 \cdot 10^2 p_{\text{Кгидр}}$	$1,65 \cdot 10^2$	-3,34	0,001
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,50	0,13	3,85	0,001	11,1	1,20	$1 \cdot 10^4 - 552 p_{\text{КЭДТА}}$	165	-3,34	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,16	0,31	0,63	-	0,28	-0,64	$1,1 \cdot 10^3 - 46 p_{\text{Кцит}}$	88	-0,53	-

Таблица 133. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в земной коре по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{19}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	36	-0,15	0,17	0,89	-	0,77	-0,13	$0,1-0,0004MB$	0,00045	-0,88	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	33	-0,35	0,16	2,26	0,05	4,41	0,74	$0,4-0,22R_a$	0,1	-2,1	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	23	-0,32	0,20	1,66	-	2,47	0,45	$0,35-0,26R_i$	0,16	-1,57	-
4	Ионные потенциалы	15	0,36	0,24	1,52	-	2,00	0,35	$5,2 \cdot 10^{-5}+7,7 \cdot 10^{-5}ИП$	$5 \cdot 10^{-5}$	1,41	-
5	Энергия гидратации	23	0,77	0,09	8,5	0,001	30	1,7	$-0,09+1,3 \cdot 10^4ЭГ$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	5,5	0,001
6	Потенциал первичной ионизации	37	0,24	0,16	1,53	-	2,21	0,40	$-0,13+0,023ППИ$	0,016	1,49	-
7	Электроотрицательность	25	-0,0047	0,21	0,02	-	$5 \cdot 10^4$	-3,8	$2 \cdot 10^{-4}-3,6 \cdot 10^{-6}ЗЭ$	$1 \cdot 10^4$	-0,022	-
8	Сродство к электрону	19	0,011	0,24	0,04	-	$1,9 \cdot 10^{-3}$	-3,1	$0,13-3,2 \cdot 10^{-3}СЭ$	0,07	-0,04	-
9	Работа выхода электронов	27	0,16	0,19	0,83	-	0,7	-0,2	$-0,16+0,06РВЭ$	0,07	0,82	-
10	Температура кипения	36	0,18	0,17	1,08	-	1,1	0,06	$-1,3 \cdot 10^{-4}+4,4 \cdot 10^{-5}t_{кип}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	1,1	-
11	Температура плавления	34	0,43	0,14	3,01	0,01	7,40	1,00	$-0,05+1,5 \cdot 10^{-4}t_{пл}$	$5,4 \cdot 10^{-5}$	2,72	0,01
12	Относительная плотность	27	-0,15	0,20	0,74	-	0,54	-0,31	$3,2 \cdot 10^{-4}-1,5 \cdot 10^{-5}ОП$	$2 \cdot 10^{-5}$	-0,74	-
13	Сравнительная твердость	26	0,45	0,16	2,78	0,01	6,14	0,91	$-0,12+0,05СТ$	0,022	2,49	0,02
14	Теплопроводность	18	-0,26	0,23	1,09	-	1,12	0,06	$0,22-0,45Т$	0,42	-1,06	-
15	Электропроводность	17	-0,31	0,23	1,34	-	1,62	0,24	$0,27-0,0087Э$	0,007	-1,27	-
16	Стабильность гидрокомплексов	14	-0,18	0,28	0,64	-	0,39	-0,46	$2,3 \cdot 10^{-4}-1,5 \cdot 10^{-5}pK_{гидр}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	-0,63	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	16	-0,13	0,26	0,49	-	0,24	-0,71	$2,3 \cdot 10^{-4}-5,7 \cdot 10^{-6}pK_{ЭДТА}$	$1 \cdot 10^{-5}$	-0,49	-
18	Стабильность комплексов цитратов	6	-0,23	0,47	0,48	-	0,22	-0,76	$3,9 \cdot 10^{-4}-2,4 \cdot 10^{-5}pK_{цит}$	$5 \cdot 10^{-5}$	-0,47	-

Таблица 134. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{20}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	37	-0,14	0,17	0,87	-	0,75	-0,14	108-0,22MB	0,25	-0,87	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	33	-0,25	0,17	1,51	-	2,1	0,38	230-88R _a	69	-1,47	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	24	-0,50	0,16	3,11	0,01	7,3	0,99	205-144R _i	53	-2,7	0,02
4	Ионные потенциалы	18	0,91	0,05	18,7	0,001	63,5	2,1	-108+70ИП	8,8	8,0	0,001
5	Энергия гидратации	24	0,51	0,16	3,19	0,01	7,6	1,0	15+0,032ЭГ	0,011	2,75	0,02
6	Потенциал первичной ионизации	37	-0,02	0,17	0,10	-	0,098	-2,3	96-0,9ППИ	9,2	-0,1	-
7	Электроотрицательность	28	0,16	0,20	0,79	-	0,61	-0,25	-1,42+663Э	84	0,78	-
8	Сродство к электрону	19	-0,22	0,22	1,29	-	1,5	0,22	67-22СЭ	17	-1,2	-
9	Работа выхода электронов	28	0,37	0,17	2,18	0,05	4,1	0,71	-172+70РВЭ	34	2,03	0,1
10	Температура кипения	36	0,34	0,15	2,27	0,05	4,53	0,76	10+0,046t _{кип}	0,022	2,13	0,05
11	Температура плавления	34	0,35	0,15	2,29	0,05	4,6	0,76	31+0,066t _{пл}	0,031	2,14	0,05
12	Относительная плотность	28	0,18	0,19	0,94	-	0,85	-0,08	39,6+9,0ОП	10,5	0,92	-
13	Сравнительная твердость	26	0,47	0,16	2,29	0,05	6,67	0,95	-0,80+30СТ	11,8	2,58	0,02
14	Теплопроводность	19	-0,29	0,23	1,28	-	1,52	0,21	192-278Т	226	-1,23	-
15	Электропроводность	18	-0,25	0,23	1,1	-	1,1	0,044	157-3,3Э	3,13	-1,0	-
16	Стабильность гидрокомплексов	18	0,33	0,24	1,38	-	1,69	0,26	14+16pK _{гидр}	12	1,30	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	17	0,25	0,24	1,02	-	0,98	-0,01	8,9+4,1pKЭДТА	4,1	0,99	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,11	0,44	0,25	-	0,06	-1,37	72-3,5pK _{цит}	13,9	-0,25	-

Таблица 135. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	69	-0,16	0,12	1,34	-	1,76	0,28	0,68-0,0028MB	0,002	-1,33	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	64	-0,17	0,12	1,38	-	1,86	0,31	1,37-0,67R _a	0,49	-1,36	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	39	0,26	0,15	1,71	0,1	2,72	0,50	-0,99+1,16R _i	0,71	1,65	0,1
4	Ионные потенциалы	21	-0,64	0,14	4,66	0,001	12,9	1,28	1,73-0,81ИП	0,14	-3,60	0,01
5	Энергия гидратации	39	-0,005	0,16	0,03	-	0,001	-3,44	0,16-4,0·10 ⁻⁶ ЭГ	1,5·10 ⁻⁴	-0,03	-
6	Потенциал первичной ионизации	67	0,52	0,09	5,84	0,01	24,7	1,60	-1,5+0,23ППИ	0,046	4,97	0,001
7	Электроотрицательность	41	-0,03	0,16	0,21	-	0,046	-1,84	0,77-n10 ⁻¹ ЗЭ	0,49	-0,21	-
8	Сродство к электрону	24	-0,05	0,21	0,25	-	0,06	-1,40	1,58-n10 ⁻² СЭ	0,09	-0,28	-
9	Работа выхода электронов	45	0,05	0,15	0,31	-	0,10	-1,16	0,17+0,08РВЭ	0,26	0,31	-
10	Температура кипения	59	-0,40	0,11	3,65	0,001	11,1	1,21	1,27-5·10 ⁻⁵ t _{кип}	1,6·10 ⁻⁴	-3,34	0,001
11	Температура плавления	56	-0,09	0,13	0,66	-	0,44	-0,41	0,23-1,8·10 ⁻⁴ t _{пл}	2,7·10 ⁻⁴	-0,66	-
12	Относительная плотность	57	-0,11	0,13	0,84	-	0,70	-0,18	0,36-0,047ОП	0,056	-0,84	-
13	Сравнительная твердость	48	-0,59	0,10	6,06	0,001	24,1	1,59	1,54-0,3СТ	0,064	-4,91	0,001
14	Теплопроводность	33	0,30	0,16	1,84	0,1	3,07	0,56	-0,15+1,86Т	1,05	1,75	0,1
15	Электропроводность	31	0,36	0,16	2,25	0,05	4,43	0,74	-0,15+0,033Э	0,016	2,10	0,05
16	Стабильность гидрокомплексов	25	-0,37	0,18	2,02	0,1	3,56	0,54	0,99-0,11pKгидр	0,06	-1,89	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	-0,34	0,16	2,21	0,05	4,31	0,73	1,37-0,11pKЭДТА	0,053	-2,08	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,26	0,29	0,89	-	0,74	-0,15	-0,46+0,12pKцит	0,14	0,86	-

Таблица 136. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины всасывания химических элементов из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_2 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	83	-0,15	0,11	1,34	-	1,75	0,28	$1,62 \cdot 3 \cdot 10^{-4} MB$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	-1,32	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	76	-0,06	0,12	0,55	-	0,30	0,61	$1,61 - 0,032 R_a$	0,06	-0,55	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	45	0,35	0,13	2,62	0,01	6,00	0,90	$1,38 + 0,20 R_i$	0,08	2,45	0,02
4	Ионные потенциалы	26	-0,63	0,12	5,17	0,001	16,0	1,39	$1,73 - 0,06 IP$	0,016	-4,00	0,001
5	Энергия гидратации	45	-0,05	0,15	0,31	-	0,09	-1,18	$1,58 - 5,6 \cdot 10^{-6} \Delta H$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	-0,31	-
6	Потенциал первичной ионизации	82	0,28	0,10	2,75	0,01	7,01	0,97	$1,54 + 0,0048 IPPI$	0,0018	2,65	0,01
7	Электроотрицательность	50	-0,22	0,14	1,64	0,1	8,55	0,47	$1,67 - 0,0873 \chi$	0,05	-1,60	-
8	Сродство к электрону, ккал/г-атом	27	0,01	0,20	0,07	-	0,005	-2,67	$1,74 + 0,0018 \chi$	0,027	0,069	-
9	Работа выхода электронов, эВ	57	-0,25	0,13	1,97	0,05	3,65	0,65	$1,75 - 0,05 \phi$	0,027	-1,91	0,1
10	Температура кипения	70	-0,37	0,10	3,59	0,001	11,1	1,20	$1,66 - 4,9 \cdot 10^{-5} t_{\text{кип}}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	-3,33	0,001
11	Температура плавления	68	-0,11	0,12	0,92	-	0,83	-0,09	$1,55 - 2,1 \cdot 10^{-5} t_{\text{пл}}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	-0,91	-
12	Относительная плотность	70	-0,26	0,11	2,32	0,05	9,01	0,81	$1,60 - 0,0085 \rho$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	-2,23	0,05
13	Сравнительная твердость	55	-0,40	0,11	3,49	0,001	10,2	1,16	$1,66 - 0,024 CT$	$7,5 \cdot 10^{-3}$	-3,20	0,01
14	Теплопроводность	41	0,02	0,16	0,11	-	0,013	-2,19	$1,53 + 0,013 T$	0,012	0,11	-
15	Электропроводность	38	0,12	0,16	0,76	-	0,57	-0,28	$1,51 + 0,0013 \chi$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	0,75	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,29	0,18	1,60	-	2,36	0,43	$1,56 - 0,0085 pK_{\text{гидр}}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	-1,53	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,50	0,12	4,3	0,001	12,2	1,25	$1,69 - 0,013 pK_{\text{ЭДТА}}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	-3,49	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,23	0,30	0,77	-	0,56	-0,29	$1,45 + 0,0079 pK_{\text{цит}}$	0,01	0,75	-

Таблица 137. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания химических элементов в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_3 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	66	0,19	0,12	1,60	-	2,46	0,45	$0,60 + 10^{-3} MB$	$9,5 \cdot 10^{-3}$	1,57	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	62	-0,29	0,12	2,40	0,02	5,32	0,84	$1,79 - 0,62 R_a$	0,27	-2,3	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,24	0,16	1,45	-	1,98	0,34	$1,26 + 0,55 R_i$	0,39	-1,41	-
4	Ионные потенциалы	25	0,22	0,20	1,09	-	1,1	0,07	$0,38 + 0,10 IP$	0,09	1,07	-
5	Энергия гидратации	35	0,31	0,16	1,96	0,05	3,47	0,62	$0,52 + 10^3 \Delta G$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	1,86	0,1
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,10	0,13	0,80	-	0,64	-0,22	$0,48 + 0,043 PPI$	0,053	0,80	-
7	Электроотрицательность	49	0,38	0,12	2,99	0,01	7,69	1,02	$-0,29 + 0,703 \chi$	0,25	2,77	0,01
8	Сродство к электрону	18	0,13	0,25	0,53	-	0,28	0,64	$0,45 + 0,066 C\chi$	0,13	0,53	-
9	Работа выхода электронов	55	0,27	0,13	2,12	0,05	4,17	0,71	$-0,099 + 0,24 P\chi$	0,12	2,04	0,05
10	Температура кипения	61	0,17	0,13	1,31	-	1,67	0,25	$0,55 + 8,8 \cdot 10^{-5} t_{кип}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$	1,20	-
11	Температура плавления	61	0,24	0,12	1,94	0,1	3,56	0,63	$0,56 + t_{пл}$	$1 \cdot 10^{-4}$	1,89	0,1
12	Относительная плотность	62	0,39	0,11	3,55	0,001	10,7	1,19	$0,37 + 0,050 \rho$	0,016	3,27	0,01
13	Сравнительная твердость	47	0,21	0,14	1,50	-	2,15	0,38	$0,47 + 0,056 CT$	0,038	1,47	-
14	Теплопроводность	39	-0,10	0,16	0,63	-	0,39	-0,47	$0,94 - 0,26 T$	0,41	-0,63	
15	Электропроводность	37	-0,05	0,17	0,29	-	0,083	-1,24	$0,81 - 0,0024 \chi$	0,008	-0,29	-
16	Стабильность гидрокомплексов	27	0,35	0,18	1,98	0,1	3,44	0,62	$0,29 + 0,07 pK_{гидр}$	0,035	1,86	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	33	0,45	0,14	3,11	0,01	7,74	1,02	$-0,25 + 0,063 pK_{ЭДТА}$	0,023	2,78	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,32	0,30	1,09	-	1,06	0,03	$-0,11 + 0,12 pK_{цит}$	0,11	1,03	-

Таблица 138. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания химических элементов в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_4 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	66	0,31	0,11	2,74	0,01	6,79	0,96	$-0,15 + 0,003 MB$	0,001	2,60	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	60	-0,12	0,13	0,91	-	0,82	-0,10	$3,75 \cdot 10^{-3} - 3,1 \cdot 10^{-3} R_a$	$3,74 \cdot 10^3$	-0,90	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,21	0,17	1,27	-	1,54	0,21	$0,56 - 0,59 R_i$	0,47	-1,24	-
4	Ионные потенциалы	25	0,30	0,19	1,60	-	2,33	0,42	$-0,58 + 0,17 \Pi$	0,11	1,53	-
5	Энергия гидратации	35	0,25	0,16	1,56	-	2,27	0,41	$-0,23 + 2,1 \cdot 10^{-4} \Delta \Gamma$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1,51	-
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,24	0,12	2,02	0,05	3,85	0,67	$-0,69 + 0,12 \Pi \Pi$	0,063	1,96	0,05
7	Электроотрицательности	48	0,61	0,09	6,60	0,001	27,4	1,65	$-2,04 + 1,403 \Delta$	0,27	5,23	0,001
8	Сродство к электрону	18	0,34	0,22	1,53	-	2,07	0,36	$-0,39 + 0,24 C \Delta$	0,17	1,44	-
9	Работа выхода электронов	53	0,51	0,10	4,89	0,001	17,8	1,44	$1,96 + 0,55 P B \Delta$	0,13	4,21	0,001
10	Температура кипения	61	0,06	0,13	0,42	-	0,18	-0,86	$0,10 + 3,7 \cdot 10^{-5} t_{\text{кип}}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	0,42	-
11	Температура плавления	61	0,30	0,12	2,49	0,02	5,64	0,87	$1,1 \cdot 10^3 + 271 t_{\text{пл}}$	$1,1 \cdot 10^2$	2,38	0,02
12	Относительная плотность	62	0,58	0,09	6,78	0,001	30,5	1,71	$7,2 + 3,3 \Pi$	0,60	5,5	0,001
13	Сравнительная твердость	48	0,26	0,14	1,90	0,1	3,35	0,60	$4,2 + 0,91 CT$	0,50	1,83	0,1
14	Теплопроводность	36	-0,19	0,17	1,14	-	1,26	0,12	$0,23 - 0,057 T$	0,51	-1,12	-
15	Электропроводность	34	-0,15	0,17	0,88	-	0,76	-0,14	$14 - 2,53 \Delta$	3,01	-0,87	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,60	0,12	4,84	0,001	14,9	1,35	$-0,89 + 0,13 p K_{\text{гидр}}$	0,035	3,85	0,001
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	35	0,56	0,12	4,75	0,001	15,4	1,35	$-1,45 + 0,096 p K_{\text{ЭДТА}}$	0,024	3,92	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 139. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания химических элементов в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_5 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	60	0,10	0,13	0,08	-	0,06	-2,52	$1,40 + 9,7 \cdot 10^{-5} MB$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,08	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	55	0,18	0,13	1,37	-	1,81	0,30	$1,03 + 0,27 R_a$	0,20	1,35	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	37	-0,25	0,16	1,60	-	2,40	0,44	$1,85 - 0,40 R_i$	0,26	-1,55	-
4	Ионные потенциалы	23	0,24	0,20	1,15	-	1,24	0,11	$1,16 + 0,074 ИП$	0,066	1,11	-
5	Энергия гидратации	37	0,10	0,17	0,58	-	0,33	-0,55	$1,42 + 3,1 \cdot 10^{-5} ЭГ$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	0,58	-
6	Потенциал первичной ионизации	58	-0,30	0,12	2,45	0,02	5,46	0,85	$1,97 - 0,079 ППИ$	0,034	-2,34	0,02
7	Электроотрицательность	36	-0,12	0,17	0,69	-	0,47	-0,38	$1,62 - 0,143 Э$	0,21	-0,68	-
8	Сродство к электрону	17	-0,13	0,25	0,53	-	0,28	-0,64	$1,05 - 0,059 СЭ$	0,11	-0,53	-
9	Работа выхода электронов	42	-0,07	0,16	0,41	-	0,17	-0,89	$1,54 - 0,041 РВЭ$	0,10	-0,41	-
10	Температура кипения	53	0,01	0,14	0,10	-	$8 \cdot 10^{-3}$	-2,43	$1,50 + 5,3 \cdot 10^{-6} t_{кип}$	$6 \cdot 10^{-5}$	0,10	-
11	Температура плавления	55	0,05	0,15	0,36	-	0,13	-1,02	$1,42 + 3,3 \cdot 10^{-5} t_{пл}$	$9 \cdot 10^{-5}$	0,36	-
12	Относительная плотность	54	-0,08	0,14	0,59	-	0,34	-0,54	$1,54 - 0,011 ОП$	0,02	-0,58	
13	Сравнительная твердость	44	0,35	0,14	2,62	0,01	6,00	0,90	$1,16 + 0,065 СТ$	0,026	2,45	0,02
14	Теплопроводность	29	-0,38	0,16	2,32	0,05	4,60	0,76	$1,62 - 0,79 Т$	0,37	-2,14	0,05
15	Электропроводность	28	-0,40	0,16	2,46	0,05	5,05	0,81	$1,64 - 0,013 Э$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	-2,25	0,05
16	Стабильность гидрокомплексов	25	0,05	0,21	0,24	-	0,056	-1,44	$1,48 + 0,0053 pK_{гидр}$	0,02	0,24	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	0,19	0,17	1,09	-	1,14	0,07	$1,38 + 0,016 pK_{ЭДТА}$	0,015	1,07	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,84	0,1	8,75	0,001	22,1	1,55	$22,1 - 0,10 pK_{цит}$	0,02	-4,70	0,01

Таблица 140. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины периода биологического полувыведения химических элементов по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_6 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	79	$-4 \cdot 10^{-3}$	0,11	0,04	-	0,0014	-3,3	$1,9-4,7 \cdot 10^{-5} MB$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	-0,04	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	71	0,31	0,11	2,84	0,01	7,29	0,99	$0,62+0,85R_a$	0,31	2,70	0,01
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	44	0,16	0,15	1,04	-	1,06	0,03	$1,58+0,46R_i$	0,45	1,03	-
4	Ионные потенциалы	26	-0,02	0,20	0,12	-	0,014	-2,13	$2,05-0,014ИП$	0,12	-0,12	-
5	Энергия гидратации	44	-0,26	0,14	1,82	0,1	3,09	0,56	$2,2-1,6 \cdot 10^{-4} \text{ЭГ}$	$9 \cdot 10^{-5}$	-1,76	0,1
6	Потенциал первичной ионизации	77	-0,19	0,11	1,75	0,1	2,96	0,54	$2,5-0,081ППИ$	0,047	-1,72	0,1
7	Электроотрицательность	50	-0,40	0,12	3,33	0,001	9,28	1,11	$3,44-1,033Э$	0,34	-3,05	0,01
8	Сродство к электрону	25	0,01	0,21	0,048	-	0,0023	-3,04	$1,4+0,0058СЭ$	0,12	0,048	-
9	Работа выхода электронов	56	-0,32	0,12	2,62	0,01	6,18	0,91	$3,30-0,39ВЭ$	0,16	-2,49	0,02
10	Температура кипения	66	0,02	0,12	0,17	-	0,029	-1,77	$1,94+1,7 \cdot 10^{-5} t_{\text{кип}}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,17	-
11	Температура плавления	67	-0,18	0,12	1,52	-	2,23	0,40	$2,21-2,2 \cdot 10^{-4} t_{\text{пл}}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	1,49	-
12	Относительная плотность	68	-0,30	0,11	2,72	0,01	6,71	0,95	$2,45-0,06ОП$	0,023	-2,59	0,01
13	Сравнительная твердость	54	0,11	0,14	0,80	-	0,63	-0,23	$1,82+0,039СТ$	0,049	0,80	-
14	Теплопроводность	40	-0,1	0,16	0,59	-	0,35	-0,53	$1,89-0,39Т$	0,66	-0,59	-
15	Электропроводность	38	-0,1	0,17	0,58	-	0,33	-0,56	$2,05-0,006Э$	0,01	-0,57	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,25	0,18	1,36	-	1,74	0,28	$2,43-0,057pK_{\text{гидр}}$	0,04	-1,32	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,10	0,16	0,61	-	0,36	-0,50	$2,04+0,018pK_{\text{ЭДТА}}$	0,03	0,60	-
18	Стабильность комплексов цитратов	13	-0,10	0,30	0,35	-	0,12	-0,11	$2,87-0,034pK_{\text{цит}}$	0,097	-0,35	-

Таблица 141. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ доли химических элементов, связываемых белком плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_7 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	78	0,11	0,11	0,95	-	0,90	-0,05	$1,68 + 4,4 \cdot 10^{-4} MB$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	0,95	
2	Радиус атома R_a , Å	74	0,11	0,12	0,91	-	0,81	-0,10	$1,60 + 0,1 R_a$	0,11	0,90	
3	Радиус иона R_i , Å	43	0,16	0,15	1,05	-	1,08	0,04	$1,63 + 0,14 R_i$	0,14	1,04	
4	Ионные потенциалы	26	-0,09	0,20	0,47	-	0,22	-0,76	$1,80 - 0,015 ИП$	0,033	-0,47	
5	Энергия гидратации	43	-0,20	0,15	1,37	-	1,79	0,29	$1,81 - 3,5 \cdot 10^{-5} ЭГ$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	-1,34	
6	Потенциал первичной ионизации	77	-0,61	0,07	8,34	0,001	43,9	1,89	$2,32 - 0,073 ППИ$	0,011	-6,63	0,001
7	Электроотрицательность	49	-0,16	0,14	1,09	-	1,17	0,08	$1,94 - 0,0783 Э$	0,072	-1,1	
8	Сродство к электрону	25	0,18	0,20	0,90	-	0,78	-0,12	$1,37 + 0,056 СЭ$	0,063	0,88	
9	Работа выхода электронов	57	0,04	0,13	0,30	-	0,09	-1,20	$1,73 + 0,014 РВЭ$	0,045	0,30	
10	Температура кипения	79	0,43	0,10	4,36	0,001	15,5	1,37	$1,53 + 1 \cdot 10^{-4} t_{кип}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	3,94	0,001
11	Температура плавления	68	0,20	0,12	1,68	0,1	2,70	0,50	$1,72 + 7 \cdot 10^{-5} t_{пл}$	$4 \cdot 10^{-5}$	1,64	0,1
12	Относительная плотность	69	0,35	0,11	3,26	0,01	9,35	1,12	$1,63 + 0,02 ОП$	0,007	3,06	0,01
13	Сравнительная твердость	55	0,21	0,13	1,59	-	2,42	0,44	$1,70 + 0,02 СТ$	0,013	1,56	
14	Теплопроводность	41	0,02	0,16	0,16	-	0,02	-1,86	$1,78 + 0,033 Т$	0,2	0,15	
15	Электропроводность	38	-0,05	0,17	0,37	-	0,14	-0,99	$1,83 - 0,001 Э$	0,003	-0,37	
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,04	0,20	0,22	-	0,05	-1,50	$1,80 + 0,0027 pK_{гидр}$	0,012	0,22	
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,33	0,15	2,24	0,05	4,45	0,75	$1,60 + 0,016 pK_{ЭДТА}$	0,008	2,11	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,21	0,30	0,68	-	0,45	-0,40	$1,88 + 0,007 pK_{цит}$	0,01	0,67	

Таблица 142. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg токсичности химических элементов, мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_8 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	36	-0,47	0,13	3,8	0,001	9,7	1,1	$0,31-6 \cdot 10^{-3} MB$	$2 \cdot 10^{-3}$	-3,1	0,01
2	Радиус атома R_a , Å	36	0,58	0,11	5,0	0,001	17	1	$-2,25+1,2R_a$	0,29	4,1	0,001
3	Радиус иона R_i , Å	22	0,30									
4	Ионные потенциалы	22	-0,38	0,19	0,1	3,35	0,60		0,43-0,24ИП	0,13	-1,83	0,1
5	Энергия гидратации	22	-0,19									
6	Потенциал первичной ионизации	36	-0,64	0,10	6,44	0,001	24	1,59	1,95-0,32ППИ	0,07	-4,92	0,001
7	Электроотрицательность	33	-0,70	0,09	7,74	0,001	30,3	1,71	1,65-1,34ЗЭ	0,24	-5,5	0,001
8	Сродство к электрону	10	-0,67	0,19	3,46	0,01	6,57	0,9	0,90-0,80СЭ	0,31	-2,6	0,01
9	Работа выхода электронов	35	-0,70	0,09	7,79	0,001	31,2	1,72	2,0-0,62РВЭ	0,11	-5,60	0,001
10	Температура кипения	36	-0,03									
11	Температура плавления	35	-0,27	0,16	1,66	0,1	2,60	0,47	$0,036-3 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-1,60	-
12	Относительная плотность	36	0,61	0,11	5,65	0,001	20	1	0,35-0,09ОП	0,02	-4,48	0,001
13	Сравнительная твердость	30	-0,27	0,17	1,54	-	2,21	0,40				
14	Теплопроводность	25	-0,15									
15	Электропроводность	25	-0,10									
16	Стабильность гидрокомплексов	26	-0,36	0,18	1,99	0,1	3,47	0,62	-0,1-0,05рКгидр	0,03	-1,86	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	25	-0,71	0,10	6,94	0,001	23,7	1,58	1,04-0,091рКЭДТА	0,019	-4,87	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,56	0,23	2,46	0,01	4,14	0,71	0,23-0,12рКцит	0,06	-2,03	0,1

Таблица 143. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_9 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	48	-0,32	-0,13	2,43	0,02	5,28	0,83	1,27-0,01MB	0,0045	-2,30	0,05
2	Радиус атома R_a , Å	43	-0,23	0,15	1,57	-	2,35	0,43	1,80-1,15R _a	0,75	-1,53	-
3	Радиус иона R_i , Å	30	0,22	0,18	1,23	-	1,43	0,18	-0,81+1,3R _i	1,11	1,2	-
4	Ионные потенциалы	22	-0,29	0,20	1,44	-	1,90	0,32	0,50-0,33ИП	0,24	-1,38	-
5	Энергия гидратации	30	0,1	0,19	0,47	-	0,22	-0,75	0,37+1,2 $\cdot 10^{-4}$ ЭГ	2,5 $\cdot 10^{-4}$	0,47	-
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,45	0,12	3,82	0,001	11,7	1,23	-2,86+0,38ППИ	0,11	3,42	0,001
7	Электроотрицательность	36	-0,40	0,14	2,76	0,01	6,42	0,93	2,29-1,83Э	0,71	-2,50	0,02
8	Сродство к электрону	24	-0,16	0,21	0,77	-	0,57	-0,28	1,83-0,34СЭ	0,45	-0,76	-
9	Работа выхода электронов	39	-0,21	0,16	1,33	-	1,69	0,26	1,65-0,50РВЭ	0,38	-1,30	-
10	Температура кипения	36	-0,13	0,17	0,75	-	0,55	-0,30	0,19-2,3 $\cdot 10^{-4}$ t _{кип}	3,1 $\cdot 10^{-4}$	-0,74	-
11	Температура плавления	38	0,21	0,16	1,33	-	1,69	0,26	-0,81+5 $\cdot 10^{-4}$ t _{пл}	3,9 $\cdot 10^{-4}$	1,30	-
12	Относительная плотность	39	-0,40	0,14	2,94	0,01	7,25	0,99	0,68-0,17ОП	0,065	-2,69	0,01
13	Сравнительная твердость	32	-0,01	0,18	0,05	-	0,003	-2,97	0,25-0,0078СТ	0,15	-0,05	-
14	Теплопроводность	28	-0,05	0,20	0,28	-	0,075	-1,29	-0,1-0,4Т	1,45	-0,27	-
15	Электропроводность	27	-0,05	0,20	0,22	-	0,05	-1,50	0,11-0,0054Э	0,024	-0,22	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,45	0,17	2,59	0,02	5,34	0,84	0,43-0,18рКгидр	0,08	-2,31	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	-0,40	0,20	2,02	0,1	3,43	0,62	1,65-1,33рКЭДТА	0,07	-1,85	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	8	-0,27	0,38	0,71	-	0,46	-0,38	1,37-0,15рКцит	0,22	-0,68	-

Таблица 144. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{10}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	47	0,23	0,14	1,66	0,1	2,59	0,48	$-0,033+0,0054MB$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	1,61	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,37	0,13	2,73	0,01	6,44	0,93	$2,53-1,62R_a$	0,64	-2,54	0,02
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	0,18	0,18	0,97	-	0,92	-0,043	$-0,79+0,82R_i$	0,86	0,96	-
4	Ионные потенциалы	22	-0,33	0,20	1,66	-	2,46	0,45	$0,24-0,29IP$	0,18	-1,57	-
5	Энергия гидратации	24	0,53	0,15	3,42	0,01	8,5	1,08	$-0,67+5,5 \cdot 10^{-4}ЭГ$	$19 \cdot 10^{-4}$	2,91	0,01
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,04	0,15	0,29	-	0,086	-1,23	$0,19+0,026ППИ$	0,09	0,29	-
7	Электроотрицательность	36	0,33	0,15	2,15	0,05	4,14	0,71	$-2,29+1,403Э$	0,69	2,03	0,05
8	Сродство к электрону	21	0,25	0,21	1,19	-	1,32	0,14	$0,61+0,35СЭ$	0,30	1,15	-
9	Работа выхода электронов	39	0,26	0,15	1,67	0,1	2,60	0,48	$-2,37+0,57РВЭ$	0,35	1,61	-
10	Температура кипения	42	-0,08	0,16	0,48	-	0,23	-0,74	$0,21-1,2 \cdot 10^4 t_{\text{кип}}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	-0,48	-
11	Температура плавления	38	0,23	0,16	1,49	-	2,10	0,37	$-0,70+3 \cdot 10^{-4} t_{\text{пл}}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	1,45	-
12	Относительная плотность	39	0,36	0,14	2,51	0,02	5,51	0,85	$-1,19+0,15ОП$	0,06	2,35	0,02
13	Сравнительная твердость	32	0,15	0,18	0,84	-	0,69	-0,18	$-0,15+0,11СТ$	0,14	0,83	-
14	Теплопроводность	28	0,11	0,19	0,59	-	0,34	-0,54	$-0,25+0,75Т$	1,29	0,59	-
15	Электропроводность	27	-0,04	0,20	0,21	-	0,04	-1,58	$0,16-0,004Э$	0,02	-0,21	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,004	0,22	0,02	-	$3 \cdot 10^{-4}$	-4,08	$-0,41-0,0013pK_{\text{гидр}}$	0,076	-0,017	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	-0,15	0,23	0,67	-	0,44	-0,41	$-0,12-0,04pK_{\text{ЭДТА}}$	0,06	-0,66	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,11	0,37	0,30	-	0,09	-1,21	$-0,17+0,04pK_{\text{цит}}$	0,14	0,30	-

Таблица 145. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^3$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_{11}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	46	0,22	0,14	1,51	-	2,18	0,39	$-0,92+0,0055MB$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	1,48	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	41	-0,21	0,15	1,38	-	1,81	0,39	$1,09-0,82R_a$	0,61	-1,35	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	-0,27	0,18	1,49	-	2,06	0,0,8	$0,092-1,05R_i$	0,73	-1,43	-
4	Ионные потенциалы	21	0,32	0,21	1,55	-	2,16	0,39	$-1,39+0,28IP$	0,19	-1,47	-
5	Энергия гидратации	29	0,21	0,18	1,13	-	1,21	0,10	$-1,19+0,9 \cdot 10^{-4} \Delta G$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	1,10	-
6	Потенциал первичной ионизации	46	0,04	0,15	0,26	-	0,066	-1,36	$-0,64+0,025PPI$	0,10	0,26	-
7	Электроотрицательность	34	0,37	0,15	2,43	0,02	5,09	0,81	$-2,5+1,63\chi$	0,71	2,26	0,05
8	Сродство к электрону	24	-0,11	0,21	0,51	-	0,26	-0,68	$-0,57-0,18C\chi$	0,35	-0,51	-
9	Работа выхода электронов	37	0,47	0,13	3,56	0,001	9,85	1,14	$-1,95+0,97P\chi$	0,31	3,14	0,01
10	Температура кипения	34	-0,11	0,17	0,63	-	0,39	-0,47	$0,30-2 \cdot 10^{-4} t_{кип}$	$3 \cdot 10^{-4}$	-0,62	-
11	Температура плавления	36	0,24	0,16	1,52	-	2,16	0,39	$-0,79+5,4 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	1,47	-
12	Относительная плотность	37	0,56	0,12	4,87	0,001	16,2	1,39	$-1,77+0,24OP$	0,06	4,03	0,001
13	Сравнительная твердость	31	0,15	0,18	0,82	-	0,66	-0,21	$-0,68+0,10CT$	0,12	0,81	-
14	Теплопроводность	27	-0,09	0,20	0,45	-	0,20	-0,81	$0,30-0,54T$	1,22	-0,44	-
15	Электропроводность	26	-0,17	0,20	0,85	-	0,71	-0,17	$0,36-0,015\chi$	0,018	-0,84	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	0,33	0,20	1,63	-	2,38	0,43	$-0,75+0,13pK_{гидр}$	0,09	1,54	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	0,60	0,15	3,97	0,001	10,0	1,16	$-2,88+0,18pK_{ЭДТА}$	0,06	3,18	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,26	0,35	0,74	-	0,52	-0,33	$-0,72+0,15pK_{цит}$	0,20	0,72	-

Таблица 146. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{12}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	80	-0,30	0,10	2,96	0,01	7,95	1,04	-1,61-0,0096MB	0,0034	-2,82	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	70	-0,03	0,12	0,23	-	0,053	-1,47	0,37-0,19R _a	0,85	-0,23	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	0,37	0,14	2,70	0,01	6,33	0,92	-0,91+2,03R _i	0,81	2,52	0,02
4	Ионные потенциалы	26	0,14	0,20	0,70	-	0,48	-0,36	0,066+0,28ИП	0,41	0,69	-
5	Энергия гидратации	44	0,08	0,15	0,51	-	0,26	-0,68	1,0+1,3 $\cdot 10^{-4}$ ЭГ	2,6 $\cdot 10^{-4}$	0,50	-
6	Потенциал первичной ионизации	80	-0,19	0,11	1,79	0,1	3,08	0,56	1,77-0,16ППИ	0,09	-1,75	0,1
7	Электроотрицательность	49	-0,52	0,11	4,83	0,001	17,1	1,42	6,70-4,03Э	0,97	-4,14	0,001
8	Сродство к электрону	28	-0,15	0,19	0,80	-	0,62	-0,24	1,49-0,37СЭ	0,47	-0,79	-
9	Работа выхода электронов	57	-0,42	0,11	3,84	0,001	12,1	1,25	6,75-1,59РВЭ	0,46	-3,48	0,001
10	Температура кипения	69	0,14	0,12	1,16	-	1,32	0,14	-0,59+3 $\cdot 10^{-4}$ t _{кип}	2,6 $\cdot 10^{-4}$	1,15	-
11	Температура плавления	66	-0,11	0,12	0,90	-	0,80	-0,11	0,92-3,7 $\cdot 10^{-4}$ t _{пл}	4,1 $\cdot 10^{-4}$	-0,89	-
12	Относительная плотность	68	-0,51	0,09	5,62	0,001	23,4	1,58	2,57-0,27ОП	0,06	-4,83	0,001
13	Сравнительная твердость	55	-0,04	0,14	0,26	-	0,07	-0,01	0,75-0,036СТ	0,14	-0,26	-
14	Теплопроводность	41	-0,28	0,15	1,92	0,1	3,38	0,61	1,25-4,1Т	2,2	-1,84	0,1
15	Электропроводность	38	-0,25	0,16	1,57	-	2,31	0,42	1,26-0,05Э	0,035	-1,52	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,01	0,20	0,06	-	0,004	-2,8	0,6+0,009pKгидр	0,15	0,06	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,08	0,17	0,51	-	0,26	-0,68	1,73-0,05pKЭДТА	0,1	-0,51	-
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,08	0,31	0,27	-	0,07	-1,32	1,84-0,10pKцит	0,38	-0,27	-

Таблица 147. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{13}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	75	-0,27	0,11	2,54	0,02	5,95	0,89	-0,074-0,0038MB	$1,6 \cdot 10^{-3}$	-2,44	0,02
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	69	0,37	0,11	3,55	0,001	10,9	1,19	-2,5+1,3 R_a	0,39	3,29	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	0,08	0,16	0,51	-	0,26	-0,68	-0,25+0,18 R_i	0,35	0,51	-
4	Ионные потенциалы	26	-0,28	0,19	1,50	-	2,07	-0,36	0,38-0,13ИП	0,09	-1,44	-
5	Энергия гидратации	43	-0,20	0,15	1,35	-	1,76	0,28	0,052-0,000094ЭГ	$7 \cdot 10^{-5}$	-1,33	-
6	Потенциал первичной ионизации	74	-0,27	0,11	2,50	0,02	5,8	0,88	0,57-0,14ППИ	0,06	-2,40	0,02
7	Электроотрицательность	49	-0,71	0,07	9,96	0,001	48,7	1,94	3,07-2,43Э	0,35	-7,0	0,001
8	Сродство к электрону	25	-0,41	0,17	2,37	0,05	4,69	0,77	0,072-0,34СЭ	0,16	-2,16	0,05
9	Работа выхода электронов	57	-0,69	0,07	9,80	0,001	50,2	1,96	3,35-1,1РВЭ	0,16	-7,1	0,001
10	Температура кипения	64	0,10	0,13	0,81	-	0,65	-0,21	-0,77+1 $\cdot 10^{-4}t_{\text{кип}}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	0,81	-
11	Температура плавления	66	-0,29	0,11	2,49	0,02	5,7	0,87	-1,3-4 $\cdot 10^{-4}t_{\text{пл}}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	-2,39	0,02
12	Относительная плотность	67	-0,50	0,09	5,3	0,001	21,2	1,53	0,42-0,12ОП	0,025	-4,61	0,001
13	Сравнительная твердость	55	0,02	0,14	0,13	-	0,018	-2,0	-0,64+0,0079СТ	0,059	0,13	-
14	Теплопроводность	41	-0,12	0,16	0,78	-	0,59	-0,25	-0,54-0,69Т	0,89	-0,77	-
15	Электропроводность	38	-0,20	0,16	1,28	-	1,57	0,22	-0,38-0,016Э	0,013	-1,25	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,04	0,20	0,19	-	0,038	-1,64	-0,4+0,0089pKгидр	0,046	0,19	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,12	0,16	0,70	-	0,50	-0,35	0,22-0,02pKЭДТА	0,03	-0,7	-
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,15	0,31	0,50	-	0,24	-0,71	0,30-0,048pKцит	0,097	-0,49	-

Таблица 148. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{14}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	68	-0,41	0,10	3,95	0,001	-	1,28	0,82-0,013MB	0,004	-3,6	0,001
2	Радиус атома R_a , Å	64	-0,21	0,12	1,70	0,1	2,76	0,51	1,28-1,37R _a	0,83	-1,66	0,1
3	Радиус иона R_i , Å	40	0,21	0,16	1,33	-	1,70	0,26	-1,84+1,84R _i	1,41	1,30	-
4	Ионные потенциалы	24	-0,43	0,17	2,50	0,05	5,07	0,81	1,71-0,65ИП	0,29	-2,25	0,05
5	Энергия гидратации	40	-0,01	0,16	0,07	-	0,005	-2,67	-0,009-2·10 ⁻⁵ ЭГ	3·10 ⁻⁴	-0,07	-
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,19	0,12	1,62	-	2,52	0,46	-1,84+0,15ППИ	0,09	1,59	-
7	Электроотрицательность	39	-0,49	0,12	3,94	0,001	11,8	1,23	4,0-3,03Э	0,88	-3,43	0,001
8	Сродство к электрону	27	0,015	0,20	0,07	-	0,006	-2,6	1,26+3,57СЭ	0,48	0,07	-
9	Работа выхода электронов	46	-0,29	0,14	2,14	0,05	4,2	0,72	2,79-0,90РВЭ	0,44	-2,0	0,05
10	Температура кипения	57	-0,16	0,13	1,23	-	1,48	0,19	-0,53-3,4·10 ⁻⁴ t _{кип}	2,8·10 ⁻⁴	-1,21	-
11	Температура плавления	54	-0,12	0,14	0,91	-	0,81	-0,11	-0,66-4,1·10 ⁻⁴ t _{пл}	4,6·10 ⁻⁴	-0,99	-
12	Относительная плотность	56	-0,57	0,09	6,2	0,001	26,0	1,63	1,34-0,37ОП	0,073	-5,1	0,001
13	Сравнительная твердость	47	-0,45	0,12	3,76	0,001	11,3	1,21	0,81-0,39СТ	0,12	-3,36	0,001
14	Теплопроводность	35	0,17	0,17	0,99	-	0,95	-0,03	-1,44+1,77Т	1,81	0,97	-
15	Электропроводность	33	0,21	0,17	1,23	-	1,44	0,18	-1,32+0,035Э	0,029	1,20	-
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,56	0,14	4,15	0,001	11,7	1,23	0,95-0,30рКгидр	0,09	-3,42	0,01
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,57	0,12	4,98	0,001	16,6	1,40	3,13-0,28рКЭДТА	0,07	-4,1	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,11	0,31	0,37	-	0,13	-1,00	0,12-0,12рКцит	0,32	-0,37	-

Таблица 149. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанической воде ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{15}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	68	-0,09	0,12	0,80	-	0,63	-0,23	$1,34-2,5 \cdot 10^{-3} MB$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	-0,80	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	64	-0,07	0,13	0,55	-	0,30	-0,59	$1,44-0,39 R_a$	0,71	-0,55	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	40	0,38	0,14	2,75	0,01	6,46	0,93	$-1,14+2,38 R_i$	0,94	2,54	0,02
4	Ионные потенциалы	24	-0,63	0,13	4,92	0,001	14,6	1,34	$2,77-0,64 ИП$	0,17	-3,82	0,001
5	Энергия гидратации	40	0,00	0,16	0,00	-	0,00	-20	$1,19-2 \cdot 10^{-10} ЭГ$	$2 \cdot 10^{-4}$	$-9 \cdot 10^{-7}$	-
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,51	0,09	5,52	0,001	22,7	1,56	$-1,61+0,33 ППИ$	0,07	4,76	0,001
7	Электроотрицательность	39	-0,07	0,16	0,42	-	0,18	-0,86	$1,35-0,323 Э$	0,77	-0,42	-
8	Сродство к электрону	27	-0,002	0,20	0,01	-	0,0001	-4,48	$2,86-0,0035 СЭ$	0,31	-0,01	-
9	Работа выхода электронов	46	-0,03	0,15	0,19	-	0,037	-1,65	$0,95-0,07 РВЭ$	0,36	-0,19	-
10	Температура кипения	57	-0,48	0,10	4,64	0,001	16,6	1,40	$2,49-8,9 \cdot 10^{-4} t_{кип}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-4,1	0,001
11	Температура плавления	54	-0,16	0,14	1,17	-	1,32	0,14	$0,81-4,1 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	-1,15	-
12	Относительная плотность	56	-0,24	0,13	1,87	0,1	3,28	0,58	$0,32-0,13 ОП$	0,07	-1,81	0,1
13	Сравнительная твердость	47	-0,47	0,12	4,04	0,001	12,8	1,27	$1,93-0,32 СТ$	0,09	-3,57	0,001
14	Теплопроводность	35	0,25	0,16	1,52	-	2,16	0,39	$-0,05+2,03 Т$	1,38	1,47	-
15	Электропроводность	33	0,23	0,17	1,38	-	1,81	0,30	$0,12+0,03 Э$	0,02	1,34	-
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,30	0,18	1,65	-	2,48	0,45	$1,13-0,12 pK_{гидр}$	0,08	-1,57	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,43	0,14	3,05	0,01	7,59	1,0	$2,19-0,15 pK_{ЭДТА}$	0,05	-2,75	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,03	0,32	0,10	-	0,011	-2,25	$0,34-0,022 pK_{цит}$	0,21	-0,10	-

Таблица 150. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{16}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	75	-0,40	0,10	4,07	0,001	13,9	1,32	-1,96-0,008MB	0,002	-3,73	0,001
2	Радиус атома R_a , Å	68	-0,17	0,12	1,40	-	1,91	0,32	1,77-0,8R _a	0,57	-1,38	-
3	Радиус иона R_i , Å	43	0,03	0,16	0,21	-	0,04	-1,58	-2,8+0,15R _i	0,74	0,21	-
4	Ионные потенциалы	26	0,07	0,20	0,36	-	0,13	-1,0	-2,9+0,05ИП	0,18	0,36	-
5	Энергия гидратации	43	0,07	0,16	0,42	-	0,18	-0,85	-2,75+6,4·10 ⁻⁴ ЭГ	1,5·10 ⁻⁴	0,42	-
6	Потенциал первичной ионизации	74	0,17	0,11	1,47	-	2,10	0,37	-3,9+0,13ППИ	0,088	1,45	-
7	Электроотрицательность	48	-0,28	0,14	2,05	0,05	3,87	0,68	-0,95-1,193Э	0,60	-1,97	0,001
8	Сродство к электрону	25	-0,20	0,20	0,97	-	0,91	-0,05	-1,70-0,31СЭ	0,32	-0,95	-
9	Работа выхода электронов	55	-0,07	0,14	0,49	-	0,24	-0,72	-2,29-0,15РВЭ	0,30	-0,49	-
10	Температура кипения	62	-0,19	0,12	1,49	-	2,14	0,38	-2,48-2,4·10 ⁻⁴ t _{кип}	1,6·10 ⁻⁴	-1,45	-
11	Температура плавления	64	-0,03	0,13	0,27	-	0,07	-1,30	-2,99-7·10 ⁻⁵ t _{пл}	2,6·10 ⁻⁴	-0,27	-
12	Относительная плотность	65	-0,45	0,10	4,46	0,001	15,9	1,38	-1,8-0,16ОП	0,041	-3,99	0,01
13	Сравнительная твердость	53	-0,20	0,13	1,5	-	2,16	0,39	-2,25-0,13СТ	0,09	-1,47	-
14	Теплопроводность	39	0,06	0,16	0,36	-	0,13	-1,03	-2,8+0,46Т	1,30	0,36	-
15	Электропроводность	36	0,18	0,17	1,07	-	1,10	0,05	-2,9+0,021Э	0,02	1,05	-
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,32	0,18	1,78	0,1	2,87	0,53	-1,78-0,13pKгидр	0,077	-1,69	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,30	0,15	1,95	0,1	3,46	0,62	-1,25-0,10pKЭДТА	0,054	-1,86	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,14	0,31	0,46	-	0,20	-0,79	-2,1-0,1pKцит	0,23	-0,45	-

Таблица 151. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{17}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	37	-0,11	0,17	0,68	-	0,40	-0,39	-3,1-0,008MB	0,01	-0,68	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	33	-0,16	0,18	0,91	-	0,80	-0,11	-0,19-2,64R _a	2,96	-0,89	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	24	-0,05	0,21	0,24	-	0,06	-1,44	-2,80-1,08R _i	4,53	-0,24	-
4	Ионные потенциалы	16	0,07	0,27	0,25	-	0,06	-1,39	-6,5+0,39ИП	0,60	0,25	-
5	Энергия гидратации	24	0,028	0,21	0,13	-	0,017	-2,05	-4,08+1,3·10 ⁻⁴ ЭГ	10 ⁻³	0,13	-
6	Потенциал первичной ионизации	37	0,17	0,16	1,05	-	1,08	0,038	-7,62+0,45ППИ	0,43	1,04	-
7	Электроотрицательность	26	-0,005	0,20	0,03	-	7·10 ⁻⁴	-3,65	-4,75-0,113Э	4,3	-0,03	-
8	Сродство к электрону	19	-0,25	0,23	1,09	-	1,11	0,05	-1,39-0,42СЭ	0,40	-1,06	-
9	Работа выхода электронов	28	-0,07	0,20	0,36	-	0,13	-1,0	-2,30-0,17РВЭ	0,46	-0,36	-
10	Температура кипения	27	-0,32	0,18	1,79	0,1	2,86	0,53	1,26-3·10 ⁻³ t _{кип}	1,8·10 ⁻³	-1,69	-
11	Температура плавления	27	-0,06	0,20	0,30	-	0,09	-1,21	-3,77-6,5·10 ⁻⁴ t _{пл}	2·10 ⁻³	-0,30	-
12	Относительная плотность	28	-0,07	0,20	0,35	-	0,12	-1,06	-3,85-0,19ОП	0,54	-0,35	-
13	Сравнительная твердость	26	0,01	0,20	0,05	-	0,002	-3,0	-4,46+0,032СТ	0,67	-0,05	-
14	Теплопроводность	19	0,003	0,24	0,01	-	1·10 ⁻⁴	-4,60	-2,84+0,031Т	2,94	0,01	-
15	Электропроводность	18	0,10	0,25	0,41	-	0,17	-0,90	-3,34+0,014Э	0,035	0,41	-
16	Стабильность гидрокомплексов	15	-0,55	0,19	2,87	0,02	5,71	0,87	-2,3-0,24pKгидр	0,10	-2,39	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	17	-0,18	0,25	0,73	-	0,51	-0,33	-1,53-0,31pKЭДТА	0,44	-0,72	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	0,08	0,44	0,18	-	0,03	-1,71	-10,6+0,35pKцит	1,93	0,18	-

Таблица 152. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/ п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{18} = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	63	-0,17	0,12	1,38	-	1,85	0,31	-0,90-0,0041MB	$3 \cdot 10^{-3}$	-1,35	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	58	0,09	0,13	0,66	-	0,43	-0,42	-0,59+0,47R _a	0,71	0,66	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	39	0,36	0,14	2,54	0,02	5,62	0,86	-1,27+2,18R _i	0,92	2,37	0,02
4	Ионные потенциалы	24	-0,75	0,09	8,00	0,001	28,1	1,67	3,25-0,84ИП	0,16	-5,30	0,001
5	Энергия гидратации	39	-0,09	0,16	0,53	-	0,28	-0,67	$1,4 \cdot 10^3 - 68 \text{ЭГ}$	129	-0,53	-
6	Потенциал первичной ионизации	62	0,34	0,11	3,03	0,01	8,08	1,04	7,54+0,39ППИ	0,14	2,84	0,01
7	Электроотрицательность	39	-0,37	0,14	2,58	0,01	5,75	0,87	1,54-0,0693Э	0,029	-2,40	0,02
8	Сродство к электрону	24	-0,07	0,21	0,33	-	0,11	-1,11	1,65+0,042СЭ	0,13	0,33	-
9	Работа выхода электронов	46	-0,40	0,13	3,14	0,01	8,29	1,06	3,87-0,16РВЭ	0,055	-2,88	0,01
10	Температура кипения	52	-0,16	0,14	1,16	-	1,32	0,14	$2,3 \cdot 10^3 - 92 t_{\text{кип}}$	81,0	-1,15	-
11	Температура плавления	54	-0,27	0,13	2,06	0,05	3,96	0,69	$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^2 t_{\text{пл}}$	51,0	-1,99	0,05
12	Относительная плотность	55	-0,35	0,12	2,89	0,01	7,35	1,00	6,75-0,68ОП	0,25	-2,71	0,01
13	Сравнительная твердость	47	-0,47	0,12	4,10	0,001	13,0	1,28	4,59-0,72СТ	0,20	-3,61	0,001
14	Теплопроводность	35	0,15	0,17	0,90	-	0,79	-0,12	0,21+0,019Т	0,021	0,89	-
15	Электропроводность	33	0,12	0,18	0,68	-	0,45	-0,39	13+0,98Э	1,44	0,68	-
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,28	0,18	1,49	-	2,06	0,36	6,53-0,58pKгидр	0,40	-1,44	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,49	0,13	3,81	0,001	11,0	1,20	15,6-1,38pKЭДТА	0,42	-3,31	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,10	0,31	0,31	-	0,09	-1,18	0,48-0,07pKцит	0,23	-0,31	-

Таблица 153. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в земной коре по ряду их физических и физико-химических констант % от содержания в океанической воде

№ п/ п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{19}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	37	0,02	0,17	0,14	-	0,019	-1,99	$-5,0+4,2 \cdot 10^{-4}MB$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	0,14	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	32	0,007	0,18	0,04	-	0,001	-3,24	$-5,4+0,13R_a$	3,39	0,04	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	23	0,28	0,20	1,36	-	1,72	0,27	$-4,6+1,0R_i$	0,77	1,31	-
4	Ионные потенциалы	14	-0,27	0,27	1,01	-	0,95	-0,02	$-3,53-0,19ИП$	0,19	-1,00	-
5	Энергия гидратации	20	-0,16	0,23	0,69	-	9,50	-0,38	$-3,72-2,9 \cdot 10^{-7}ЭГ$	$4,2 \cdot 10^{-7}$	-0,68	-
6	Потенциал первичной ионизации	36	0,007	0,17	0,04	-	0,02	-3,1	$-5,0+4,5 \cdot 10^{-7}ППИ$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,04	-
7	Электроотрицательность	22	-0,14	0,22	0,006	-	0,004	-2,78	$-6,2-0,063Э$	1,0	-0,06	-
8	Сродство к электрону	19	0,02	0,24	0,08	-	0,006	-2,51	$-3,5+0,024СЭ$	0,3	0,08	-
9	Работа выхода электронов	27	-0,24	0,19	1,3	-	1,59	0,23	$5,8-3,25РВЭ$	2,58	-1,26	-
10	Температура кипения	27	-0,10	0,20	0,50	-	0,25	-0,70	$-5,2-2,2 \cdot 10^{-4}t_{кип}$	$4 \cdot 10^{-4}$	-0,50	-
11	Температура плавления	27	-0,15	0,20	0,76	-	0,56	-0,20	$-3,8-0,0015t_{пл}$	0,002	-0,75	-
12	Относительная плотность	28	-0,37	0,17	2,17	0,05	4,1	0,70	$-0,82-0,86ОП$	0,42	-2,02	0,1
13	Сравнительная твердость	26	0,20	0,20	1,0	-	0,98	-0,009	$-4,17+0,17СТ$	0,17	0,99	-
14	Теплопроводность	16	-0,30	0,24	1,22	-	1,35	0,15	$-3,60-1,62Т$	1,39	-1,16	-
15	Электропроводность	17	-0,22	0,25	0,91	-	0,78	-0,12	$-3,89-0,021Э$	0,02	-0,88	-
16	Стабильность гидрокомплексов	13	0,47	0,23	2,00	0,1	3,12	0,60	$-5,2+0,097pK_{гидр}$	0,06	1,77	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	16	-0,15	0,26	0,57	-	0,32	-0,57	$-4,38-0,017pK_{ЭДТА}$	0,03	-0,57	-
18	Стабильность комплексов цитратов	6	0,06	0,50	0,11	-	0,012	-2,19	$-4,29+0,012pK_{цит}$	0,10	0,11	-

Таблица 154. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{20}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	37	-0,81	0,06	13,95	0,001	66,9	2,10	$1,85 \cdot 10^2 - 2,79MB$	0,34	-8,18	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	32	-0,26	0,17	1,56	-	2,25	0,41	$1,96 - 0,95R_a$	0,63	-1,50	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	23	-0,60	0,14	4,24	0,001	11,6	1,23	$2,22 - 2,36R_i$	0,69	-3,41	0,01
4	Ионные потенциалы	14	0,76	0,12	6,34	0,001	16,8	1,41	$-1,59 + 0,65IP$	0,16	4,10	0,01
5	Энергия гидратации	23	0,53	0,16	3,39	0,01	8,24	1,05	$-0,71 + 0,44 \cdot 10^{-3} \Delta H$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	2,87	0,01
6	Потенциал первичной ионизации	36	-0,16	0,17	0,96	-	0,90	-0,05	$1,12 - 0,097IPI$	0,1	-0,95	-
7	Электроотрицательность	25	0,28	0,19	1,46	-	1,96	0,34	$-0,94 + 1,03\chi$	0,71	1,40	-
8	Сродство к электрону	19	-0,25	0,23	1,11	-	1,15	0,07	$0,12 - 0,36C\chi$	0,34	-1,1	-
9	Работа выхода электронов	27	-0,13	0,20	0,64	-	0,40	-0,45	$0,65 - 0,0024W$	0,0037	-0,63	-
10	Температура кипения	27	-0,05	0,20	0,22	-	4,80	-1,52	$0,80 - 6,5 \cdot 10^{-5} t_{кип}$	$3 \cdot 10^{-4}$	-0,22	-
11	Температура плавления	26	0,42	0,17	2,49	0,02	5,13	0,82	$-0,045 + 8 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$3 \cdot 10^{-4}$	2,26	0,05
12	Относительная плотность	28	0,44	0,16	2,70	0,02	5,87	0,88	$0,3 + 0,17OP$	0,07	2,42	0,05
13	Сравнительная твердость	25	0,49	0,16	3,12	0,01	7,38	1,00	$-0,49 + 0,29CT$	0,11	2,72	0,02
14	Теплопроводность	19	-0,15	0,24	0,62	-	0,38	-0,49	$0,99 - 1,20T$	1,96	-0,61	-
15	Электропроводность	17	-0,10	0,26	0,39	-	0,15	-0,95	$0,80 - 0,012\chi$	0,03	-0,39	-
16	Стабильность гидрокомплексов	13	0,51	0,22	2,28	0,05	3,86	0,68	$-0,38 + 0,22pK_{гидр}$	0,11	1,96	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	16	0,74	0,12	6,18	0,001	17,2	1,42	$-2,27 + 0,19pK_{ЭДТА}$	0,047	4,14	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	6	0,33	0,45	0,74	-	0,49	-0,35	$-0,36 + 0,12pK_{цит}$	0,18	0,70	-

Таблица 155. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	69	-0,37	0,11	3,50	0,001	$888MB^{-1,36}$
2	Радиус атома R_a , Å	64	-0,25	0,12	2,06	0,05	$7,25R_a^{-3,07}$
3	Радиус иона R_i , Å	39	0,07				$1,54R_i^{0,58}$
4	Ионные потенциалы	21	-0,67	0,17	3,89	0,001	$25,6ИП^{-3,2}$
5	Энергия гидратации	39	-0,45	0,15	3,37	0,001	$6406ЭГ^{-1,31}$
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,47	0,11	4,32	0,01	$1 \cdot 10^{-4}ППИ^{4,96}$
7	Электроотрицательность	41	-0,12				$6,43Э^{-1,1}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	45	-0,006				$3,4РВЭ^{-0,081}$
10	Температура кипения	59	-0,40	0,12	3,29	0,001	$1,2 \cdot 10^6 t_{кип}^{-1,85}$
11	Температура плавления	56	-0,29	0,13	2,90	0,01	$517t_{пл}^{-0,94}$
12	Относительная плотность	57	-0,31	0,13	2,42	0,02	$20ОП^{-1,7}$
13	Сравнительная твердость	48	-0,59	0,12	5,00	0,001	$17,8СТ^{-2,3}$
14	Теплопроводность	33	0,30	0,17	1,75	0,1	$9,5Т^{0,72}$
15	Электропроводность	31	0,40	0,17	2,37	0,05	$0,45Э^{0,87}$
16	Стабильность гидрокомплексов	25	-0,34	0,19	1,75	0,1	$12pK_{гидр}^{-1,18}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	-0,39	0,16	2,39	0,02	$1004pK_{ЭДТА}^{-2,9}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,20				$0,015pK_{цит}^{1,5}$

Таблица 156. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания химических элементов из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_2 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	83	-0,40	0,10	3,94	0,001	$86,5MB^{-0,19}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	76	-0,20	0,11	1,75	0,01	$41,6R_a^{-0,33}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	45	0,14				$38R_i^{0,14}$
4	Ионные потенциалы	26	-0,74	0,14	5,4	0,001	$58ИП^{-0,47}$
5	Энергия гидратации	45	-0,53	0,13	4,1	0,001	$131ЭГ^{-0,19}$
6	Потенциал первичной ионизации	82	0,46	0,10	4,6	0,001	$9,8ППИ^{0,66}$
7	Электроотрицательность	50	-0,32	0,14	2,32	0,05	$403Э^{-0,4}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	57	-0,31	0,13	2,32	0,02	$69РВЭ^{-0,5}$
10	Температура кипения	70	-0,40	0,11	3,60	0,001	$159t_{кип}^{-0,20}$
11	Температура плавления	68	-0,37	0,11	3,24	0,01	$79t_{пл}^{-0,13}$
12	Относительная плотность	70	-0,48	0,11	4,5	0,001	$52ОП^{-0,24}$
13	Сравнительная твердость	53	-0,19				$38,6СТ^{-0,09}$
14	Теплопроводность	41	-0,02				$33,7Т^{-0,007}$
15	Электропроводность	38	0,1				$32Э^{0,025}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,46	0,17	2,76	0,02	$39pK_{гидр}^{-0,14}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,64	0,13	5,00	0,001	$82pK_{ЭДТА}^{-0,37}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	0,14				$27pK_{цит}^{0,08}$

Таблица 157. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_3 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	66	0,20	0,12	1,63		$1,0MB^{0,4}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	62	-0,28	0,12	2,26	0,05	$18,6R_a^{-2,39}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,23				$4,8R_i^{-0,98}$
4	Ионные потенциалы	25	0,20				$2,97ИП^{0,56}$
5	Энергия гидратации	35	0,29	0,17	1,74	0,1	$0,39ЭГ^{0,41}$
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,13				$1,0ППИ^{0,9}$
7	Электроотрицательность	49	0,38	0,14	2,80	0,01	$2,483Э^{2,3}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	55	0,27	0,13	2,05	0,05	$0,55РВЭ^{1,87}$
10	Температура кипения	61	0,05				$2,6t_{кип}^{0,1}$
11	Температура плавления	61	0,13				$1,8t_{пл}^{0,19}$
12	Относительная плотность	62	0,44	0,12	3,77	0,001	$1,19ОП^{0,89}$
13	Сравнительная твердость	47	0,22				$3,34СТ^{0,38}$
14	Теплопроводность	39	-0,15				$5,47Т^{-0,15}$
15	Электропроводность	37	0,11				$8Э^{-0,15}$
16	Стабильность гидрокомплексов	27	0,43	0,19	2,39	0,05	$1,57рКгидр^{0,81}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	33	0,36	0,17	2,15	0,05	$0,26рКЭДТА^{1,15}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,42				$0,089рКцит^{2,45}$

Таблица 158. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	$Y_4 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	66	0,38	0,12	3,29	0,001	$0,026MВ^{0,91}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	62	-0,28	0,12	2,25	0,05	$6,07R_a^{-2,86}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	35	-0,15				$0,92R_i^{-0,78}$
4	Ионные потенциалы	25	0,29				$0,36ИП^{1,0}$
5	Энергия гидратации	35	0,29	0,19	1,76	0,1	$0,039ЭГ^{0,51}$
6	Потенциал первичной ионизации	64	0,28	0,12	2,32	0,05	$0,015ППИ^{2,4}$
7	Электроотрицательность	48	0,61	0,12	5,23	0,001	$0,233Э^{4,55}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	53	0,50	0,12	4,10	0,001	$0,0054РВЭ^{4,26}$
10	Температура кипения	61	-0,05				$3,9t_{кип}^{-0,12}$
11	Температура плавления	61	-0,22	0,13	1,74	0,1	$0,13t_{пл}^{0,38}$
12	Относительная плотность	62	0,60	0,10	5,8	0,001	$0,10ОП^{1,54}$
13	Сравнительная твердость	48	0,34	0,14	2,30	0,05	$0,66СТ^{0,66}$
14	Теплопроводность	36	-0,25				$1,03Т^{-0,33}$
15	Электропроводность	34	-0,27				$3,7Э^{-0,45}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,63	0,15	4,17	0,001	$0,13рКгидр^{1,4}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	35	0,45	0,16	2,89	0,01	$0,011рКЭДТА^{1,74}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,41				$0,011рКцит^{2,51}$

Таблица 159. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания химических элементов в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_5 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	60	0,19				$6,79MB^{-0,31}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	55	0,24	0,13	1,85	0,1	$16,3R_a^{1,26}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	-0,05				$30R_i^{0,15}$
4	Ионные потенциалы	23	0,30				$15,2ИП^{0,53}$
5	Энергия гидратации	37	0,43	0,15	2,82	0,01	$2,4ЭГ^{-0,39}$
6	Потенциал первичной ионизации	58	-0,22	0,13	1,69	0,1	$223ППИ^{-1,1}$
7	Электроотрицательность	36	-0,05				$273Э^{-0,18}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	42	-0,01				$26,3РВЭ^{-0,065}$
10	Температура кипения	53	0,06				$13,6t_{кип}^{0,11}$
11	Температура плавления	55	0,27	0,13	2,04	0,05	$3,7t_{пл}^{0,31}$
12	Относительная плотность	54	0,12				$200П^{0,2}$
13	Сравнительная твердость	44	0,36	0,14	2,50	0,02	$18,6СТ^{0,43}$
14	Теплопроводность	29					$11,8Т^{-0,39}$
15	Электропроводность	28					
16	Стабильность гидрокомплексов	25	0,17				$24,9pK_{гидр}^{0,18}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	34	0,26				$11pK_{ЭДТА}^{0,5}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,77	0,21	3,61	0,01	$462pK_{цит}^{-1,56}$

Таблица 160. Характеристика нелинейных корреляционных связей величины периода биологического полувыведения химических элементов по ряду их физических и физико-химических констант уравнения для расчета

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_6 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	79	0,14	-			$17M^{0,34}$
2	Радиус атома R_a , Å	71	0,29	0,11	2,53	0,02	$30,8R_a^{2,5}$
3	Радиус иона R_i , Å	44	0,28	0,15	1,91	0,1	$127R_i^{0,48}$
4	Ионные потенциалы	26	0,10				$75IP^{0,37}$
5	Энергия гидратации	44	0,04				$70\Delta H^{0,066}$
6	Потенциал первичной ионизации	77	-0,23	0,11	2,04	0,05	$3321IPI^{-1,88}$
7	Электроотрицательность	50	-0,36	0,13	2,67	0,01	$2263\chi^{-3,06}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	55	-0,28	0,13	2,12	0,05	$2166\phi^{-2,69}$
10	Температура кипения	66	0,13				$5t_{кип}^{0,39}$
11	Температура плавления	67	0,51	0,11	5,17	0,001	$39,5t_{пл}^{0,12}$
12	Относительная плотность	68	-0,15				$2100\rho^{0,45}$
13	Сравнительная твердость	54	0,14				$66CT^{0,35}$
14	Теплопроводность	40	-0,05				$54T^{-0,08}$
15	Электропроводность	38	-0,01				$96\sigma^{-0,01}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,10				$159pK_{гидр}^{-0,23}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,27	0,16	1,75	0,1	$11,1pK_{ЭДТА}^{1,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,37				$7409pK_{цит}^{-1,6}$

Таблица 161. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины доли химических элементов, связываемых белками плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_7 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	76	0,43	0,11	4,00	0,001	$9,3MB^{0,41}$
2	Радиус атома R_a , Å	70	-0,24	0,12	2,05	0,05	$88,4R_a^{-0,86}$
3	Радиус иона R_i , Å	41	-0,15				$40,2R_i^{-0,3}$
4	Ионные потенциалы	26	0,60	0,16	3,68	0,01	$18,6ИП^{0,91}$
5	Энергия гидратации	41	0,55	0,13	4,10	0,001	$3,0ЭГ^{0,43}$
6	Потенциал первичной ионизации	74	0,24	0,11	2,10	0,05	$12,1ППИ^{0,8}$
7	Электроотрицательность	50	0,73	0,10	7,36	0,001	$26,23Э^{1,96}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	57	0,70	0,10	7,3	0,001	$2РВЭ^{2,48}$
10	Температура кипения	66	0,18				$15,6t_{кип}^{0,18}$
11	Температура плавления	68	0,58	0,10	5,8	0,001	$3,95t_{пл}^{0,41}$
12	Относительная плотность	69	0,81	0,07	11,4	0,001	$13ОП^{0,84}$
13	Сравнительная твердость	55	0,69	0,10	6,9	0,001	$27,8СТ^{0,62}$
14	Теплопроводность	41	-0,12				$51,8Т-0,073$
15	Электропроводность	38	-0,17				$75,3Э^{-0,095}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	0,53	0,17	3,19	0,01	$35pK_{гидр}^{0,35}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	0,74	0,11	6,63	0,001	$1,6pK_{ЭДТА}^{0,52}$
18	Стабильность комплексов цитратов						

Таблица 162. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов, мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_8 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	36	-0,47	0,12	4,00	0,001	$49,2MB^{-1,06}$
2	Радиус атома R_a , Å	36	0,56	0,14	3,91	0,001	$0,56R_a^{2,8}$
3	Радиус иона R_i , Å	22	0,27				$0,76R_i^{1,69}$
4	Ионные потенциалы	22	-0,48	0,20	2,41	0,05	$2,18ИП^{-1,61}$
5	Энергия гидратации	22	-0,46	0,20	2,31	0,05	$130ЭГ^{0,86}$
6	Потенциал первичной ионизации	36	-0,66	0,13	5,13	0,001	$7968ППИ^{-5,0}$
7	Электроотрицательность	33	-0,73	0,12	5,93	0,001	$2,073Э^{-4,28}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	35	-0,72	0,12	6,00	0,001	$310РВЭ^{-4,9}$
10	Температура кипения	36	0,02				$0,31t_{кип}^{0,067}$
11	Температура плавления	35	-0,38	0,16	2,34	0,02	$16,5t_{пл}^{-0,53}$
12	Относительная плотность	36	-0,78	0,11	7,27	0,001	$6,34ОП^{-1,54}$
13	Сравнительная твердость	30	-0,53	0,16	3,32	0,01	$1,41СТ^{-1,0}$
14	Теплопроводность	25	0,04				$0,48Т^{0,078}$
15	Электропроводность	25	0,13				$0,28Э^{0,22}$
16	Стабильность гидрокомплексов	26	-0,53	0,17	3,07	0,01	$1,1рКгидр^{-0,79}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	25	-0,75	0,14	5,45	0,001	$119рКЭДТА^{-2,16}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,63	0,26	2,44	0,05	$10,4рКцит^{-2,23}$

Таблица 163. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_9 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	48	-0,38	0,14	2,78	0,01	$10466MB^{-2}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,34	0,15	2,32	0,05	$8,8R_a^{-5,0}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	0,13				$4,2R_i^{1,3}$
4	Ионные потенциалы	22	-0,25				$1,6ИП^{-1,7}$
5	Энергия гидратации	30	-0,18				$334ЭГ^{-0,75}$
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,42	0,13	3,17	0,01	$1 \cdot 10^{-6}ППИ^{7,0}$
7	Электроотрицательность	36	-0,38	0,16	2,39	0,02	$2,83Э^{-5,2}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	39	-0,19				$50,7PBЭ^{-3,4}$
10	Температура кипения	36	-0,15				$2884t_{кип}^{-1,1}$
11	Температура плавления	38	0,15				$0,018t_{пл}^{0,55}$
12	Относительная плотность	38	-0,44	0,15	2,97	0,01	$13ОП^{-2,1}$
13	Сравнительная твердость	32	-0,09				$3СТ^{-0,47}$
14	Теплопроводность	28	-0,03				$0,58Т^{-0,1}$
15	Электропроводность	27	-0,15				$3Э^{-0,45}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,29				$1,2pK_{гидр}^{-1,1}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	-0,34				$188pK_{ЭДТА}^{-2,2}$
18	Стабильность комплексов цитратов	9	-0,31				$187pK_{цит}^{-2,47}$

Таблица 164. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{10} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	48	-0,48	0,13	3,72	0,001	$4,4MB^{-0,21}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,41	0,14	2,82	0,01	$8,6R_a^{-5,5}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	30	0,02				$R_i^{-0,13}$
4	Ионные потенциалы	22	-0,25				$0,77ИП^{-1,3}$
5	Энергия гидратации	30	-0,15				$19,8ЭГ^{-0,48}$
6	Потенциал первичной ионизации	48	0,59	0,12	4,94	0,001	$7,9 \cdot 10^{-8}ППИ^{8,2}$
7	Электроотрицательность	36	0,29	0,16	1,78	0,1	$0,173Э^{3,8}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	39	0,24				$0,003РВЭ^{4,0}$
10	Температура кипения	36	-0,38	0,16	2,40	0,02	$7,1 \cdot 10^7 t_{кип}^{-2,47}$
11	Температура плавления	38	0,20				$8,8 \cdot 10^{-3} t_{пл}^{0,68}$
12	Относительная плотность	39	0,25				$0,09ОП^{1,1}$
13	Сравнительная твердость	32	0,11				$0,66СТ^{0,48}$
14	Теплопроводность	28	-0,06				$0,6Т^{-0,19}$
15	Электропроводность	27	-0,34	0,19	1,81	0,1	$6,6Э^{-0,83}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,13				$0,22рКгидр^{0,4}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	-0,10				$0,64рКЭДТА^{-0,55}$
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,24				$0,14рКцит^{1,4}$

Таблица 165. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$) в % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{11} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	46	0,30	0,14	2,09	0,05	$2,6 \cdot 10^{-3} MB^{1,24}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	41	-0,12				$1,29 R_a^{-1,52}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	-0,20				$8,9 \cdot 10^{-2} R_i^{-1,42}$
4	Ионные потенциалы	21	0,38	0,21	1,79	0,1	$5 \cdot 10^{-2} ИП^{2,1}$
5	Энергия гидратации	29	0,34	0,18	1,88	0,1	$3,2 \cdot 10^{-4} ЭГ^{0,96}$
6	Потенциал первичной ионизации	46	0,09				$3 \cdot 10^{-2} ППИ^{1,26}$
7	Электроотрицательность	34	0,41	0,16	2,55	0,02	$0,113 Э^{5,3}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	37	0,49	0,15	3,17	0,01	$2,38 \cdot 10^{-5} РВЭ^{7,7}$
10	Температура кипения	34	-0,20				$2,77 \cdot 10^4 t_{кип}^{-1,4}$
11	Температура плавления	36	0,38	0,16	2,40	0,02	$2,4 \cdot 10^{-4} t_{пл}^{1,2}$
12	Относительная плотность	27	0,61	0,13	4,56	0,001	$6 \cdot 10^{-3} ОП^{2,9}$
13	Сравнительная твердость	31	0,30	0,18	1,71	0,1	$0,18 СТ^{1,25}$
14	Теплопроводность	27	-0,26				$0,33 Т^{-0,81}$
15	Электропроводность	26	-0,35	0,19	1,83	0,1	$6,77 Э^{-0,77}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,57	0,18	3,09	0,01	$7 \cdot 10^{-2} рКгидр^{2,1}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	20	0,65	0,18	3,62	0,01	$2,3 \cdot 10^{-5} рКЭДТА^{3,97}$
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,41				$4,6 \cdot 10^{-3} рКцит^{3,74}$

Таблица 166. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{12} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	80	-0,38	0,10	3,63	0,001	$20313MB^{-1,86}$
2	Радиус атома R_a , Å	75	-0,10				$10R_a^{-1,91}$
3	Радиус иона R_i , Å	44	0,02				$41,8R_i^{0,13}$
4	Ионные потенциалы	26	-0,07				$58,2ИП^{-0,41}$
5	Энергия гидратации	44	-0,17				$1160ЭГ^{-0,52}$
6	Потенциал первичной ионизации	80	-0,28	0,11	2,60	0,01	$2999ППИ^{-4,2}$
7	Электроотрицательность	49	-0,64	0,11	5,72	0,001	$6803Э^{-11,3}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	57	-0,47	0,12	3,95	0,001	$4,9 \cdot 10^6 РВЭ^{-10}$
10	Температура кипения	69	0,22	0,12	1,86	0,1	$9,6 \cdot 10^{-5} t_{кип}^{1,37}$
11	Температура плавления	66	-0,17				$714 t_{пл}^{-0,71}$
12	Относительная плотность	68	-0,61	0,10	6,23	0,001	$3903ОП^{3,7}$
13	Сравнительная твердость	55	-0,26	0,13	1,97	0,05	$37СТ^{1,2}$
14	Теплопроводность	41	0,10				$20Т^{0,37}$
15	Электропроводность	38	0,07				$8,1Э^{0,22}$
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,05				$28pKгидр^{-0,21}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,38	0,16	2,39	0,02	$36650pKЭДТА^{-2,7}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,36				$9932pKцит^{-3,1}$

Таблица 167. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{13} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	75	-0,23	0,12	2,01	0,05	$9,1MB^{-0,77}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	69	0,29	0,12	2,47	0,02	$0,08R_a^{3,46}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	0,10				$0,88R_i^{0,41}$
4	Ионные потенциалы	26	-0,30				$2,09ИП^{-0,87}$
5	Энергия гидратации	43	-0,16				$3,88ЭГ^{-0,24}$
6	Потенциал первичной ионизации	74	-0,38	0,11	3,57	0,001	$790ППИ^{-3,95}$
7	Электроотрицательность	49	-0,68	0,11	6,34	0,001	$4,03Э^{-7,5}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	57	-0,65	0,10	6,35	0,001	$3,59РВЭ^{-0,05}$
10	Температура кипения	64	0,25	0,12	2,04	0,05	$2,2 \cdot 10^{-4} t_{\text{кип}}^{0,95}$
11	Температура плавления	66	-0,25	0,12	2,07	0,05	$24t_{\text{пл}}^{-0,65}$
12	Относительная плотность	67	-0,44	0,11	3,95	0,001	$5,4ОП^{-0,12}$
13	Сравнительная твердость	55	-0,15				$3,1СТ^{-0,048}$
14	Теплопроводность	41	-0,10				$9,1 \cdot 10^{-2} T^{-0,049}$
15	Электропроводность	38	-0,27	0,16	1,69	0,1	$4,6Э^{-0,15}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,18				$0,88pK_{\text{гидр}}^{-0,42}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,13				$14,4pK_{\text{ЭДТА}}^{-0,032}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,18				$4,3pK_{\text{цит}}^{-0,9}$

Таблица 168. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{14} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	68	-0,52	0,10	4,96	0,001	$4,86 \cdot 10^5 MB^{-3,39}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	64	-0,32	0,12	2,66	0,01	$1,94 R_a^{-6,68}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	40	0,10				$1,17 R_i^{1,53}$
4	Ионные потенциалы	24	-0,42	0,19	2,17	0,05	$18 ИП^{-3,9}$
5	Энергия гидратации	40	-0,38	0,15	2,52	0,02	$1,5 \cdot 10^6 ЭГ^{-2,2}$
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,22	0,12	1,84	0,1	$6,5 \cdot 10^{-5} ППИ^{4,0}$
7	Электроотрицательность	39	-0,51	0,14	3,60	0,001	$9,23 Э^{-9,8}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	46	-0,31	0,14	2,17	0,05	$3,64 РВЭ^{-0,013}$
10	Температура кипения	57	-0,10				$15,8 t_{кип}^{-0,77}$
11	Температура плавления	54	-0,27	0,13	2,02	0,05	$697 t_{пл}^{-1,4}$
12	Относительная плотность	56	-0,69	0,10	7,00	0,001	$4,18 ОП^{-0,088}$
13	Сравнительная твердость	47	-0,51	0,13	3,96	0,001	$2,6 СТ^{-0,082}$
14	Теплопроводность	35	0,30	0,17	1,81	0,1	$1,5 T^{1,2}$
15	Электропроводность	33	0,28				$0,02 Э^{1,0}$
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,60	0,16	6,00	0,001	$8,1 рКгидр^{-3,1}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,64	0,13	4,85	0,001	$6,4 \cdot 10^6 рКЭДТА^{-7,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,26				$135 рКцит^{-4,2}$

Таблица 169. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{15} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	68	0,30	0,12	2,56	0,02	
2	Радиус атома R_a , Å	64					
3	Радиус иона R_i , Å	40					
4	Ионные потенциалы	24	0,61	0,17	3,61	0,01	
5	Энергия гидратации	40	-0,46	0,14	3,18	0,01	$2,3 \cdot 10^7 \varepsilon \Gamma^{-n_{10}}$
6	Потенциал первичной ионизации	68	0,45	0,11	4,1	0,001	$6 \cdot 10^{-6} \text{ППИ}^{6,9}$
7	Электроотрицательность	39	0,15				$16,23 \varepsilon^{-2,1}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	46	-0,08				$34,6 \text{РВЭ}^{-1,54}$
10	Температура кипения	57	-0,37	0,13	2,94	0,01	$2,4 \cdot 10^8 t_{\text{кип}}^{-2,46}$
11	Температура плавления	54	-0,37	0,13	2,86	0,01	$3,46 \cdot 10^4 t_{\text{пл}}^{-1,48}$
12	Относительная плотность	56	-0,38	0,13	3,00	0,01	$167 \text{ОП}^{-2,44}$
13	Сравнительная твердость	47	-0,53	0,13	4,17	0,001	$48,9 \text{СТ}^{-2,52}$
14	Теплопроводность	35	-0,17				$7,69 \Gamma^{0,53}$
15	Электропроводность	33	0,19				$1,2 \varepsilon^{0,55}$
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,36	19	1,94	0,1	$18 \text{pKгидр}^{-1,39}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,53	0,15	3,64	0,001	$4,2 \cdot 10^4 \text{pKЭДТА}^{-4,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,10				$7,8 \text{pKцит}^{-1,1}$

Таблица 170. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_{16} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	75	-0,49	0,10	4,78	0,001	$40,3MB^{-2,32}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	69	-0,15				$2,5 \cdot 10^{-3} R_a^{-2,37}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	43	-0,05				$1,8 \cdot 10^{-3} R_i^{-0,43}$
4	Ионные потенциалы	26	0,08				$1,2 \cdot 10^{-3} ИП^{0,46}$
5	Энергия гидратации	43	-0,07				$8,6 \cdot 10^{-3} ЭГ^{-0,23}$
6	Потенциал первичной ионизации	74	0,13				$2,2 \cdot 10^{-5} ППИ^{1,99}$
7	Электроотрицательность	49	-0,28	0,14	2,00	0,05	$7 \cdot 10^{-3} ЗЭ^{-3,9}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	57	-0,09				$9,2 \cdot 10^{-3} РВЭ^{-1,6}$
10	Температура кипения	64	-0,07				$8,8 \cdot 10^{-3} t_{кип}^{-0,32}$
11	Температура плавления	66	-0,02				$1,3 \cdot 10^{-3} t_{пл}^{-0,06}$
12	Относительная плотность	67	-0,47	0,11	4,30	0,001	$5,7 \cdot 10^{-2} ОП^{-2,3}$
13	Сравнительная твердость	55	-0,17				$3,6 \cdot 10^{-3} СТ^{-0,76}$
14	Теплопроводность	41	0,19				$6,7 \cdot 10^{-3} Т^{0,59}$
15	Электропроводность	38	0,26				$5,5 \cdot 10^{-4} Э^{0,75}$
16	Стабильность гидрокомплексов	28	-0,21				$7,9 \cdot 10^{-3} рКгидр^{-0,85}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	38	-0,29	0,16	1,81	0,1	$0,50рКЭДТА^{-2,2}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,21				$0,10рКцит^{-2,2}$

Таблица 171. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{17} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	36	-0,49	0,15	3,27	0,01	$8,2MB^{-2,1}$
2	Радиус атома R_a , Å	33	-0,34	0,17	2,01	0,05	$3,9 \cdot 10^{-3} R_a^{-0,041}$
3	Радиус иона R_i , Å	24	-0,08				$4 \cdot 10^{-3} R_i^{-0,62}$
4	Ионные потенциалы	16	-0,04				$8 \cdot 10^{-4} ИП^{-0,23}$
5	Энергия гидратации	26	0,03				$2 \cdot 10^{-3} ЭГ^{0,1}$
6	Потенциал первичной ионизации	37	0,26				$1 \cdot 10^{-6} ППИ^{3,46}$
7	Электроотрицательность	26	-0,50	0,18	2,84	0,01	$1,9 \cdot 10^{-3} Э^{-5,45}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	28	-0,20				$0,024РВЭ^{-2,8}$
10	Температура кипения	27	0,23				$3 \cdot 10^{-7} t_{кип}^{0,97}$
11	Температура плавления	27	0,12				$8 \cdot 10^{-5} t_{пл}^{0,35}$
12	Относительная плотность	28	-0,50	0,17	2,95	0,01	$7 \cdot 10^{-3} ОП^{-2,2}$
13	Сравнительная твердость	26	0,24				$1 \cdot 10^{-3} СТ^{0,087}$
14	Теплопроводность	19	0,24				$2,6 \cdot 10^{-3} Т^{0,72}$
15	Электропроводность	17	-0,17				$2 \cdot 10^{-3} Э^{-0,47}$
16	Стабильность гидрокомплексов	15	-0,31				$9,8 \cdot 10^{-4} рКгидр^{-0,96}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	17	-0,31				$2,6 \cdot 10^{-2} рКЭДТА^{-1,59}$
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,39				$8 \cdot 10^{-2} рКцит^{-2,4}$

Таблица 172. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{18} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	63	-0,26	0,12	2,11	0,05	$2038MB^{-1,49}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	58	-0,005				$1,41R_a^{-0,085}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	39	0,26	0,16	1,64	0,1	$12,2R_i^{2,74}$
4	Ионные потенциалы	24	-0,71	0,15	4,7	0,001	$403ИП^{-4,9}$
5	Энергия гидратации	39	-0,50	0,14	3,52	0,001	$3,8 \cdot 10^6 ЭГ^{-2}$
6	Потенциал первичной ионизации	62	0,26	0,12	2,10	0,05	$3,1 \cdot 10^{-4} ППИ^{4,61}$
7	Электроотрицательность	39	-0,43	0,15	2,91	0,01	$313Э^{-7,1}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	46	-0,42	0,14	3,06	0,01	$9 \cdot 10^4 РВЭ^{-8,2}$
10	Температура кипения	52	-0,10				$139t_{кип}^{-0,67}$
11	Температура плавления	54	-0,43	0,13	3,45	0,001	$1,2 \cdot 10^5 t_{пл}^{-1,8}$
12	Относительная плотность	55	-0,49	0,12	4,08	0,001	$184ОП^{-3,0}$
13	Сравнительная твердость	47	-0,58	0,12	4,77	0,001	$31СТ^{-2,76}$
14	Теплопроводность	35	0,13				$1,76Т^{0,41}$
15	Электропроводность	33	0,67	0,13	5,03	0,001	$0,85Э^{0,19}$
16	Стабильность гидрокомплексов	27	-0,48	0,18	2,74	0,02	$23,9pK_{гидр}^{-2,2}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	36	-0,61	0,14	4,50	0,001	$2,9 \cdot 10^5 pK_{ЭДТА}^{-4,9}$
18	Стабильность комплексов цитратов	12	-0,28				$34,8pK_{цит}^{-2,0}$

Таблица 173. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в земной коре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{19} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	36	-0,20				$1,6 \cdot 10^{-3} MB^{-0,6}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	33	-0,48	0,16	3,05	0,01	$4,4 \cdot 10^{-4} R_a^{-4,18}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	23	-0,03				$1,47 \cdot 10^{-3} R_i^{-0,14}$
4	Ионные потенциалы	15	-0,02				$5,3 \cdot 10^{-5} ИП^{-0,064}$
5	Энергия гидратации	23	-0,001				$1,5 \cdot 10^{-4} ЭГ^{-0,0014}$
6	Потенциал первичной ионизации	37	0,51	0,15	3,50	0,001	$1 \cdot 10^{-7} ППИ^{4,5}$
7	Электроотрицательность	25	-0,003				$4,8 \cdot 10^{-5} ЗЭ^{-0,018}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	27	0,10				$1,8 \cdot 10^{-5} РВЭ^{1,0}$
10	Температура кипения	27	-0,46	0,18	2,59	0,02	$6 \cdot 10^{-2} t_{кип}^{-0,97}$
11	Температура плавления	27	0,10				$1,6 \cdot 10^{-5} t_{пл}^{0,2}$
12	Относительная плотность	27	0,05				$4 \cdot 10^{-5} ОП^{0,4}$
13	Сравнительная твердость	26	0,10				$7 \cdot 10^{-5} СТ^{0,24}$
14	Теплопроводность	18	-0,44	0,22	1,95	0,1	$1 \cdot 10^{-5} Т^{-0,86}$
15	Электропроводность	17	-0,71	0,18	3,88	0,01	$1,3 \cdot 10^{-3} Э^{-1,3}$
16	Стабильность гидрокомплексов	13	0,01				$4,6 \cdot 10^{-5} рКгидр^{0,015}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	16	0,05				$2 \cdot 10^{-5} рКЭДТА^{0,13}$
18	Стабильность комплексов цитратов	6	0,02				$5,2 \cdot 10^{-5} рКцит^{0,07}$

Таблица 174. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания химических элементов в живом веществе, % от содержания в океанской воде, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{20} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	37	0,16				$18MB^{0,61}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	35	-0,16				$7,26R_a^{-1,5}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	24	-0,49	0,19	2,64	0,02	$50R_i^{-3,16}$
4	Ионные потенциалы	16	0,62	0,21	2,93	0,02	$0,19IP^{3,18}$
5	Энергия гидратации	24	0,64	0,16	3,94	0,001	$3,6 \cdot 10^{-5} \Delta H^{1,6}$
6	Потенциал первичной ионизации	37	-0,10	-			$23PII^{-1,17}$
7	Электроотрицательность	26	0,38	0,19	2,01	0,1	$1,23\chi^{4,0}$
8	Сродство к электрону						
9	Работа выхода электронов	28	0,55	0,16	3,34	0,01	$6,2 \cdot 10^{-4} \Phi^{6,8}$
10	Температура кипения	27	-0,02				$8,3t_{кип}^{-0,08}$
11	Температура плавления	27	0,42	0,18	2,31	0,05	$0,02t_{пл}^{1,2}$
12	Относительная плотность	28	0,57	0,16	3,54	0,01	$0,096OP^{2,6}$
13	Сравнительная твердость	26	0,45	0,18	2,48	0,05	$1,27CT^{1,55}$
14	Теплопроводность	19	-0,14				$2,9T^{-0,37}$
15	Электропроводность	18	-0,30				$20\chi^{-0,7}$
16	Стабильность гидрокомплексов	15	0,68	0,20	3,33	0,01	$0,49pK_{гидр}^{2,0}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	17	0,81	0,15	5,40	0,001	$6,6 \cdot 10^{-5} pK_{ЭДТА}^{4,4}$
18	Стабильность комплексов цитратов	7	0,37				$0,06pK_{цит}^{2,3}$

Таблица 175. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_1=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	49	-0,39	0,12	3,18	0,01	8,54	1,07	0,80-0,29MB	0,099	-2,02	0,01
2	Радиус атома R_a , Å	48	-0,03	0,15	0,23	-	0,055	-1,45	53-3,9 R_a	16,6	-0,23	-
3	Радиус иона R_i , Å	28	0,13	0,19	0,65	-	0,42	-0,44	27,6+19,9 R_i	30,7	0,65	-
4	Ионные потенциалы	17	-0,22	0,25	0,89	-	0,76	-0,14	68-7,2ИП	8,2	-0,87	-
5	Энергия гидратации	28	-0,36	0,17	2,11	0,05	3,89	0,68	60,9-0,0145ЭГ	0,007	-1,97	0,1
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,20	0,14	1,1,38	-	1,87	0,31	25+2,9ППИ	8,1	1,37	-
7	Электроотрицательность	33	0,03	0,18	0,17	-	0,028	-1,78	43+2,963Э	17,6	0,17	-
8	Сродство к электрону	10	-0,14	0,35	0,4	-	0,16	-0,93	81,8-7,38СЭ	18,5	-0,39	-
9	Работа выхода электронов	38	-0,13	0,16	0,81	-	0,64	-0,22	75-6,4РВЭ	8,0	-0,8	-
10	Температура кипения	47	-0,34	0,13	2,54	0,02	5,7	0,87	76,6-0,019 $t_{\text{кип}}$	0,004	-2,39	0,02
11	Температура плавления	48	-0,35	0,13	2,69	0,01	6,37	0,93	71,3-0,018 $t_{\text{плав}}$	0,007	-2,52	0,02
12	Относительная плотность	47	-0,17	0,14	1,16	-	1,32	0,14	57-1,3ОП	1,1	-1,15	-
13	Сравнительная твердость	34	-0,38	0,15	2,55	0,02	5,5	0,85	83,6-5,9СТ	2,37	-2,35	0,02
14	Теплопроводность	27	0,22	0,19	1,18	-	1,33	0,14	44,6+38,5Т	33,3	1,15	-
15	Электропроводность	26	0,31	0,18	1,68	-	2,56	0,47	45,6+0,8Э	0,5	1,60	-
16	Стабильность гидрокомплексов	21	0,08	0,23	0,36	-	0,13	-1,0	50,9+0,87рКгидр	2,42	0,36	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	0,12	0,37	0,33	-	0,1	-1,1	77+0,48рКЭДТА	1,5	0,32	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,24	0,36	0,68	-	0,45	-0,4	46,9+2,98рКцит	4,49	0,66	-

Таблица 176. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_2=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	56	-0,43	0,11	3,87	0,001	12,2	1,25	51,8-0,13MB	0,039	-3,49	0,001
2	Радиус атома R_a , Å	55	0,10	0,13	0,77	-	0,58	-0,27	28,6+5,3R _a	6,9	0,76	-
3	Радиус иона R_i , Å	33	0,58	0,12	4,82	0,001	15,5	1,37	-5,6+44,5R _i	11,3	3,94	0,001
4	Ионные потенциалы	21	-0,64	0,13	4,75	0,001	13,3	1,29	62,6-8,3ИП	2,3	-3,64	0,001
5	Энергия гидратации	33	-0,44	0,14	3,03	0,01	7,4	1,0	46,7-0,0078ЭГ	0,003	-2,72	0,01
6	Потенциал первичной ионизации	54	0,26	0,13	2,01	0,05	3,78	0,66	24,8+1,69ППИ	0,87	1,94	0,1
7	Электроотрицательность	36	-0,45	0,14	3,29	0,001	8,63	1,1	63,7-173Э	5,9	-2,94	0,01
8	Сродство к электрону	11	-0,41	0,28	1,49	-	1,85	0,31	72-13СЭ	9,6	-1,36	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,46	0,13	3,64	0,001	10,5	1,17	70,6-8,7РВЭ	2,7	-3,24	0,01
10	Температура кипения	54	-0,38	0,12	3,20	0,01	8,79	1,09	50-0,0052t _{кип}	0,0017	-2,96	0,01
11	Температура плавления	55	-0,40	0,12	3,46	0,001	10	1,15	48-0,0087t _{плав}	0,0027	-3,17	0,01
12	Относительная плотность	54	-0,26	0,13	1,98	0,05	3,65	0,65	41,3-0,73ОП	0,38	-1,91	0,1
13	Сравнительная твердость	39	-0,74	0,07	0,98	0,001	44,95	1,90	56,4-4,2СТ	0,63	-6,7	0,001
14	Теплопроводность	31	0,1	0,18	0,54	-	0,29	-0,62	34+6,6Т	12	0,54	-
15	Электропроводность	30	0,14	0,19	0,75	-	0,55	-0,3	34,6+0,15Э	0,2	0,74	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,39	0,18	2,12	0,05	3,8	0,67	43,7-1pKгидр	0,71	-1,95	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,83	0,1	7,84	0,001	19,4	1,48	69-2pKЭДТА	0,45	-4,4	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,19	0,32	0,6	-	0,35	-0,52	29,1+0,56pKцит	0,95	0,59	-

Таблица 177. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_3=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	49	0,14	0,14	0,95	-	0,88	-0,06	$9,9+0,045MB$	0,048	0,94	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	48	-0,28	0,14	2,1	0,05	4,05	0,70	$40-15,5R_a$	7,7	-2,0	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	-0,20	0,19	1,05	-	1,07	0,03	$25-12,4R_i$	12	-1,0	-
4	Ионные потенциалы	20	0,15	0,23	0,66	-	0,43	-0,42	$8,4+1,7ИП$	2,6	0,66	-
5	Энергия гидратации	28	0,20	0,18	1,64	-	2,47	0,45	$8,7+0,0048ЭГ$	0,0025	1,57	-
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,32	0,13	2,42	0,02	5,24	0,83	$-14,4+4,24ППИ$	1,85	2,29	0,05
7	Электроотрицательность	35	0,16	0,17	0,91	-	0,81	-0,1	$5,9+7,73Э$	8,6	0,90	-
8	Сродство к электрону	9	0,70	0,19	3,62	0,01	6,7	0,95	$-0,74+9,1СЭ$	3,5	2,59	0,05
9	Работа выхода электронов	41	0,21	0,15	1,37	-	1,80	0,29	$-1,76+4,54РВЭ$	3,39	1,34	-
10	Температура кипения	48	0,32	0,13	2,42	0,02	5,24	0,83	$2,38+0,0045t_{кип}$	0,002	2,29	0,05
11	Температура плавления	49	0,24	0,14	1,76	0,1	2,90	0,53	$7,5+0,0053t_{пл}$	0,003	1,70	0,1
12	Относительная плотность	49	0,28	0,13	2,06	0,05	3,9	0,68	$7,0+0,9ОП$	0,46	1,98	0,05
13	Сравнительная твердость	34	0,01	0,18	0,06	-	0,004	-2,7	$12,3+0,063СТ$	0,98	0,06	-
14	Теплопроводность	31	0,03	0,19	0,14	-	0,02	-2,0	$16,9+2,2Т$	16,3	0,14	-
15	Электропроводность	30	0,013	0,19	0,067	-	0,0045	-2,7	$16,9+0,018Э$	0,26	0,07	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,002	0,22	$8 \cdot 10^{-3}$	-	$6 \cdot 10^{-5}$	-4,8	$13,8-0,007pK_{гидр}$	0,90	-0,008	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,24	0,31	0,77	-	0,55	-0,3	$5,3+0,49pK_{ЭДТА}$	0,66	0,74	-
18	Стабильность комплексов цитратов	10	0,12	0,35	0,34	-	0,11	-1,08	$10,5+0,78pK_{цит}$	2,3	0,34	-

Таблица 178. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_4=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	49	0,32	0,13	2,47	0,02	5,47	0,85	-0,73+0,049МВ	0,025	2,34	0,02
2	Радиус атома R_a , Å	48	-0,26	0,4	1,89	0,1	3,32	0,6	18,4-7,7 R_a	4,2	-1,82	0,1
3	Радиус иона R_i , Å	28	0,046	0,20	0,23	-	0,055	-1,45	2,3+1,57 R_i	6,7	0,23	-
4	Ионные потенциалы	20	-0,06	0,23	0,26	-	0,07	-1,3	5,3-0,4ИП	1,57	-0,26	-
5	Энергия гидратации	28	-0,046	0,20	0,23	-	0,05	-1,45	4,25-0,0004ЭГ	0,0019	-0,23	-
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,53	0,11	4,89	0,001	17,3	1,42	-20+3,76ППИ	0,9	4,16	0,001
7	Электроотрицательность	34	0,46	0,14	3,33	0,001	8,7	1,08	-12,4+12,53Э	4,2	2,95	0,01
8	Сродство к электрону	9	0,50	0,28	1,77	-	2,35	0,43	-4,65+12,6СЭ	8,2	1,53	-
9	Работа выхода электронов	39	0,45	0,13	3,4	0,001	9,24	1,11	-14,4+5,4РВЭ	1,79	3,04	0,01
10	Температура кипения	48	0,33	0,13	2,52	0,02	5,68	0,87	-1,7+0,0027 $t_{кип}$	0,001	2,38	0,02
11	Температура плавления	49	0,08	0,14	0,54	-	0,29	-0,63	4,43+0,001 $t_{пл}$	0,0019	0,53	-
12	Относительная плотность	49	0,47	0,11	4,1	0,001	13,1	1,29	-1,68+0,9ОП	0,25	3,62	0,001
13	Сравнительная твердость	36	0,04	0,17	0,24	-	0,056	-1,44	4,3+0,12СТ	0,52	0,24	-
14	Теплопроводность	28	-0,13	0,19	0,69	-	0,47	-0,38	8,8-6,8Т	10	-0,69	-
15	Электропроводность	27	-0,17	0,19	0,87	-	0,73	-0,15	9,2-0,146Э	0,16	-0,86	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,28	0,20	1,40	-	1,8	0,29	0,6+0,66рКгидр	0,49	1,34	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,68	0,18	3,81	0,01	7,77	1,0	-1,2+0,20рКЭДТА	0,072	2,79	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	10	$9 \cdot 10^{-4}$	0,35	0,0027	-	$7 \cdot 10^{-6}$	-5,9	2,27-0,0012рКцит	0,46	0,027	-

Таблица 179. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_5=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	44	0,39	0,13	3,00	0,01	7,66	1,02	$27,4+0,25MB$	0,09	2,77	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	0,19	0,15	1,28	-	1,57	0,23	$21,8+18,7R_a$	14,9	1,25	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	-0,17	0,19	0,91	-	0,81	-0,11	$79,5-21,7R_i$	24,2	-0,90	-
4	Ионные потенциалы	19	0,29	0,22	1,32	-	1,59	0,23	$29+6,1ИП$	4,8	1,26	-
5	Энергия гидратации	29	0,26	0,18	1,44	-	1,94	0,33	$50+0,0077ЭГ$	0,0055	1,39	-
6	Потенциал первичной ионизации	42	-0,16	0,15	1,04	-	1,05	0,024	$82-4,59ППИ$	4,48	-1,0	-
7	Электроотрицательность	26	-0,16	0,20	0,80	-	0,63	-0,23	$62-12,83Э$	16	-0,8	-
8	Сродство к электрону	6	-0,39	0,42	0,93	-	0,73	-0,15	$45-16,6СЭ$	19	-0,86	-
9	Работа выхода электронов	31	-0,11	0,18	0,61	-	0,36	-0,50	$59-4,1РВЭ$	6,8	-0,60	-
10	Температура кипения	43	0,004	0,16	0,03	-	$7 \cdot 10^{-4}$	-3,6	$55+0,00012t_{кип}$	0,004	0,03	-
11	Температура плавления	44	-0,014	0,15	0,09	-	0,008	-2,4	$54,6-0,0006t_{пл}$	0,007	-0,09	-
12	Относительная плотность	44	-0,10	0,15	0,67	-	0,44	-0,41	$59,5-0,8ОП$	1,2	-0,67	-
13	Сравнительная твердость	32	0,57	0,12	4,67	0,001	4,6	1,34	$23+6,5СТ$	1,7	3,83	0,001
14	Теплопроводность	22	-0,55	0,16	3,54	0,01	8,7	1,08	$64,7-63,5Т$	21	-2,95	0,01
15	Электропроводность	21	-0,55	0,16	3,48	0,01	8,38	1,06	$67,8-0,99Э$	0,34	-2,89	0,01
16	Стабильность гидрокомплексов	20	0,14	0,23	0,61	-	0,36	-0,50	$45,8+0,99pK_{гидр}$	1,64	0,60	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,14	0,35	0,41	-	0,16	-0,9	$31,3+0,5pK_{ЭДТА}$	1,2	0,4	-
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,66	0,20	3,27	0,02	6,07	0,90	$95,6-6,25pK_{цит}$	2,5	-2,46	0,05

Таблица 180. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_6=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	55	-0,15	0,13	1,13	-	1,25	0,11	$2 \cdot 10^3 - 8,6MB$	7,65	-1,12	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	54	0,25	0,13	1,91	0,1	3,41	0,61	$-2,4 \cdot 10^3 + 2,2 \cdot 10^3 R_a$	$1,2 \cdot 10^3$	1,85	0,1
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	33	0,13	0,18	0,72	-	0,51	-0,34	$220 + 1,9 \cdot 10^3 R_i$	$2,6 \cdot 10^3$	0,71	-
4	Ионные потенциалы	21	-0,07	0,23	0,30	-	0,09	-1,21	$2,8 \cdot 10^3 - 213IP$	713	-0,30	-
5	Энергия гидратации	33	-0,03	0,18	0,19	-	0,03	-1,68	$1,75 \cdot 10^3 - 0,116ЭГ$	0,61	-0,19	-
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,16	0,14	1,16	-	1,31	0,14	$3,3 \cdot 10^3 - 313ППИ$	273	-1,15	-
7	Электроотрицательность	36	-0,30	0,16	1,92	0,1	3,35	0,60	$5,6 \cdot 10^3 - 2,8 \cdot 10^3 Э$	$1,5 \cdot 10^3$	-1,83	0,1
8	Сродство к электрону	10	-0,34	0,31	1,07	-	1,02	0,01	$104 - 29CЭ$	29	-1,0	-
9	Работа выхода электронов	42	-0,24	0,15	1,59	-	2,37	0,43	$4 \cdot 10^3 - 8,2 \cdot 10^2 PБЭ$	$5,3 \cdot 10^2$	-1,54	-
10	Температура кипения	54	-0,17	0,13	1,24	-	1,5	0,2	$2,2 \cdot 10^3 - 0,4t_{кип}$	0,34	-1,22	-
11	Температура плавления	55	-0,09	0,16	0,68	-	0,45	-0,39	$1,6 \cdot 10^3 - 0,368t_{пл}$	0,54	-0,67	-
12	Относительная плотность	54	-0,26	0,13	2,0	0,05	3,8	0,67	$2,4 \cdot 10^3 - ОП$	70,0	-1,96	0,05
13	Сравнительная твердость	39	-0,22	0,14	1,38	-	1,82	0,30	$2,9 \cdot 10^3 - 2,8 \cdot 10^2 СТ$	$2,1 \cdot 10^2$	-1,35	-
14	Теплопроводность	31	-0,40	0,16	2,0	0,05	5,5	0,87	$4,1 \cdot 10^2 - 4,9 \cdot 10^2 T$	$2 \cdot 10^3$	-2,35	0,02
15	Электропроводность	30	0,05	0,19	0,27	-	0,07	-1,0	$726 + 9,3Э$	35	0,27	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,30	0,20	1,49	-	2,02	0,35	$3,1 \cdot 10^3 - 2,8 \cdot 10^2 pK_{гидр}$	195	-1,42	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,14	0,32	0,43	-	0,19	-0,84	$2938 - 88pKЭДТА$	204	-0,43	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,24	0,31	0,76	-	0,55	-0,30	$6308 - 4 \cdot 10^2 pK_{цит}$	$6 \cdot 10^2$	-0,74	-

Таблица 181. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета доли металлов (без р-металлов), связываемых белком плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_7=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	54	0,063	0,08	7,48	0,001	33,87	1,76	$36,8+0,37MB$	0,063	5,82	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	53	-0,47	0,11	4,29	0,001	14,3	1,33	$153-46R_a$	12	-3,79	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	32	-0,33	0,16	1,99	0,05	3,55	0,63	$114-46R_i$	24,6	-1,88	0,1
4	Ионные потенциалы	21	0,27	0,21	1,26	-	1,47	0,19	$37+6,1ИП$	5,1	1,21	-
5	Энергия гидратации	32	0,37	0,16	2,31	0,05	4,64	0,77	$56,2+0,017ЭГ$	0,05	2,15	0,05
6	Потенциал первичной ионизации	52	0,45	0,11	4,04	0,001	13	1,28	$4,4+10,6ППИ$	2,96	3,6	0,001
7	Электроотрицательность	36	0,73	0,08	9,19	0,001	39,2	1,83	$-13,6+573Э$	9,1	0,26	0,001
8	Сродство к электрону	9	0,82	0,12	6,65	0,001	14,4	1,33	$-3,84+42,9СЭ$	11,3	3,8	0,001
9	Работа выхода электронов	41	0,65	0,09	7,13	0,001	29	1,68	$-24,7+25,6РВЭ$	4,75	5,39	0,001
10	Температура кипения	53	0,56	0,1	5,9	0,001	23,7	1,58	$38,98+0,014t_{кип}$	0,003	4,87	0,001
11	Температура плавления	54	0,49	0,1	4,72	0,001	16,8	1,41	$51,5+0,02t_{пл}$	0,005	4,1	0,001
12	Относительная плотность	54	0,65	0,08	8,22	0,001	38,7	1,83	$45,6+3,85ОП$	0,62	6,22	0,001
13	Сравнительная твердость	39	0,65	0,09	6,90	0,001	27,4	1,66	$37,2+7,87Т$	1,5	5,23	0,001
14	Теплопроводность	31	-0,07	0,18	0,39	-	0,15	-0,94	$82,3-9,45Т$	24,2	-0,39	-
15	Электропроводность	30	-0,09	0,19	0,49	-	0,23	-0,73	$62,5-0,19Э$	0,39	-0,48	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,31	0,20	1,59	-	2,28	0,41	$53,7+2,42pK_{гидр}$	1,60	1,51	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,30	0,30	0,99	-	0,89	-0,059	$28,7+1,40pK_{ЭДТА}$	1,48	0,94	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,32	0,30	1,06	-	1,00	0,0049	$55,0+2,9pK_{цит}$	2,85	1,00	-

Таблица 182. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_8=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	30	-0,32	0,17	1,91	0,1	3,27	0,59	7,8-0,048МВ	0,027	-1,81	0,1
2	Радиус атома R_a , Å	30	0,37	0,16	2,24	0,05	4,35	0,73	-8,8+7,5 R_a	3,6	2,1	0,05
3	Радиус иона R_i , Å	19	-0,03	0,24	0,12	-	0,015	-2,1	5,7-0,5 R_i	4,1	-0,12	-
4	Ионные потенциалы	19	-0,39	0,21	1,87	0,1	2,99	0,55	11,6-2,9ИП	1,67	-1,73	-
5	Энергия гидратации	19	-0,29	0,22	1,29	-	1,53	0,21	7,6-0,0037ЭГ	0,0028	-1,24	-
6	Потенциал первичной ионизации	30	-0,46	0,15	3,04	0,01	7,3	1,0	19,5-2,3ППИ	0,84	-2,7	0,02
7	Электроотрицательность	27	-0,45	0,16	2,86	0,01	6,5	0,94	15,9-8,63Э	3,4	-2,55	0,02
8	Сродство к электрону	9	-0,25	0,35	0,71	-	0,47	-0,37	13,8-4,4СЭ	6,4	-0,69	-
9	Работа выхода электронов	29	-0,54	0,14	3,96	0,001	11,1	1,2	2,1-4,7РВЭ	1,4	-3,3	0,01
10	Температура кипения	30	-0,45	0,15	2,95	0,01	6,95	0,97	11,3-0,003 $t_{кип}$	0,0013	-2,64	0,02
11	Температура плавления	30	-0,47	0,15	3,19	0,01	7,94	1,04	9,6-0,006 $t_{пл}$	0,002	-2,82	0,02
12	Относительная плотность	30	-0,39	0,16	2,47	0,02	5,13	0,02	7,57-0,6ОП	0,25	-2,27	-
13	Сравнительная твердость	25	-0,50	0,16	3,17	0,01	7,56	1,01	10,7-1,8СТ	0,66	-2,75	0,02
14	Теплопроводность	21	-0,01	0,23	0,05	-	0,003	-2,9	3,75-0,44Т	8,3	-0,05	-
15	Электропроводность	21	-0,009	0,23	0,04	-	0,0016	-3,2	3,8-0,005Э	0,13	-0,04	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,35	0,19	1,81	0,1	2,88	0,53	7,6-0,075рКгидр	0,44	-1,7	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,70	0,18	3,85	0,01	7,64	1,01	23,4-1,2рКЭДТА	0,44	-2,76	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,32	0,32	1,0	-	0,91	-0,045	2,2-0,18рКцит	0,19	-0,96	-

Таблица 183. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_9=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	27	-0,34	0,18	1,90	0,1	3,19	0,58	$77-0,0008MB$	$4,5 \cdot 10^{-4}$	-1,79	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	27	-0,43	0,16	2,65	0,02	5,72	0,87	$1,64-0,1 \cdot 10^{-4}R_a$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	-2,39	0,05
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	18	0,34	0,22	1,55	-	2,11	0,37	$1+5 \cdot 10^{-6}R_i$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	1,45	-
4	Ионные потенциалы	17	-0,1	0,26	0,41	-	0,17	-0,85	$2,34-5 \cdot 10^{-5}ИП$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	-0,4	-
5	Энергия гидратации	18	-0,17	0,24	0,70	-	0,48	-0,37	$6,94 \cdot 10^2-0,0069ЭГ$	0,01	-0,70	-
6	Потенциал первичной ионизации	27	-0,62	0,12	5,06	0,001	15,7	1,38	$6,8+6,5 \cdot 10^{-5}ППИ$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	3,96	0,001
7	Электроотрицательность	25	-0,27	0,19	1,40	-	1,80	0,30	$1,45-3,9 \cdot 10^{-5}ЗЭ$	$2,89 \cdot 10^{-5}$	-1,34	-
8	Сродство к электрону	8	-0,18	0,39	0,47	-	0,21	-0,78	$1,1-4 \cdot 10^{-6}СЭ$	$8,7 \cdot 10^{-6}$	-0,46	-
9	Работа выхода электронов	26	-0,22	0,19	1,14	-	1,23	0,1	$3,75-7 \cdot 10^{-5}РВЭ$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	-1,1	-
10	Температура кипения	27	-0,33	0,18	1,83	0,1	2,99	0,55	$2,2 \cdot 10^3-0,02t_{кип}$	0,01	-1,73	0,1
11	Температура плавления	27	-0,22	0,19	1,17	-	1,29	0,13	$1,1 \cdot 10^3-8,8 \cdot 10^{-3}t_{пл}$	$7,8 \cdot 10^{-3}$	-1,13	-
12	Относительная плотность	26	-0,27	0,19	1,45	-	1,94	0,33	$6,46-4,1 \cdot 10^{-4}ОП$	$3 \cdot 10^{-4}$	-1,39	-
13	Сравнительная твердость	20	-0,21	0,22	0,95	-	0,86	-0,07	$3,2-1,6 \cdot 10^{-4}СТ$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	-0,93	-
14	Теплопроводность	18	-0,04	0,5	0,18	-	0,03	-1,73	$0,31-2,2 \cdot 10^{-5}Т$	$1 \cdot 10^{-4}$	-0,18	-
15	Электропроводность	18	0,02	0,25	0,08	-	0,007	-2,46	$19,9+0,0001Э$	0,001	0,08	-
16	Стабильность гидрокомплексов	18	-0,22	0,24	0,92	-	0,81	-0,11	$4,2-2 \cdot 10^{-4}pK_{гидр}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	-0,90	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	-0,14	0,37	0,38	-	0,1	-0,98				
18	Стабильность комплексов цитратов	8	-0,18	0,40	0,44	-	0,19	-0,83	$5-0,00013pK_{цит}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	-0,44	-

Таблица 184. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{10}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	28	0,01	0,20	0,06	-	0,037	-2,8	$77,8+0,0013MB$	0,02	0,06	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	28	-0,26	0,18	1,42	-	1,88	0,31	$1,6-0,00026R_a$	0,0002	-0,37	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	19	0,32	0,22	1,48	-	1,96	0,34	$1,0+0,0006R_i$	0,0004	1,4	-
4	Ионные потенциалы	18	0,03	0,25	0,13	-	0,017	-2,0	$2,2+0,0026ИП$	0,019	0,13	-
5	Энергия гидратации	19	-0,16	0,24	0,67	-	0,44	-0,42	$674-0,8ЭГ$	1,2	-0,66	-
6	Потенциал первичной ионизации	28	0,23	0,19	1,26	-	1,40	0,17	$7,1+0,001ППИ$	0,0008	1,18	-
7	Электроотрицательность	26	0,30	0,19	1,64	-	2,45	0,45	$1,41+0,000283Э$	0,0002	1,57	-
8	Сродство к электрону	9	-0,15	0,37	0,40	-	0,16	-0,92	$1,18-0,0004СЭ$	0,001	-0,40	-
9	Работа выхода электронов	27	0,18	0,19	0,92	-	0,82	-0,098	$3,7+0,00038РВЭ$	0,0004	0,91	-
10	Температура кипения	28	0,22	0,19	1,17	-	1,31	0,14	$2066+0,56t_{\text{кип}}$	0,49	1,15	-
11	Температура плавления	28	0,28	0,18	1,55	-	2,21	0,40	$957+0,46t_{\text{пл}}$	0,31	1,49	-
12	Относительная плотность	27	0,28	0,18	1,49	-	2,05	0,36	$6,16+0,0027ОП$	0,002	1,43	-
13	Сравнительная твердость	20	0,32	0,21	1,51	-	2,06	0,36	$2,89+0,0015СТ$	0,001	1,43	-
14	Теплопроводность	19	0,24	0,23	1,0	-	1,0	0,006	$0,26+0,0024Т$	0,0024	1,00	-
15	Электропроводность	19	0,22	0,23	0,96	-	0,88	-0,06	$17,4+0,14Э$	0,15	0,94	-
16	Стабильность гидрокомплексов	18	-0,097	0,24	0,40	-	0,16	-0,91	$4,48-0,017pK_{\text{гидр}}$	0,043	-0,40	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	-0,16	0,17	0,44	-	0,19	-0,83	$2,9-0,16pK_{\text{ЭДТА}}$	0,23	-0,44	-
18	Стабильность комплексов цитратов	8	-0,08	0,41	0,20	-	0,04	-1,60	$4,94-0,01pK_{\text{цит}}$	0,05	-0,20	-

Таблица 185. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{11}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	25	0,13	0,2	0,65	-	0,41	-0,44	19,6+0,27MB	0,42	0,64	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	25	-0,1	0,21	0,46	-	0,21	-0,78	69-18,5R _a	40	-0,46	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	17	-0,27	-0,24	1,14	-	1,21	0,096	106-67R _i	61	-1,1	-
4	Ионные потенциалы	16	0,44	0,22	2,03	0,1	3,34	0,60	-15+23ИП	13	1,83	0,1
5	Энергия гидратации	17	0,31	0,23	1,36	-	1,66	0,25	11,8+0,046ЭГ	0,036	1,29	-
6	Потенциал первичной ионизации	25	0,03	0,21	1,35	-	0,018	-2,0	29,8+1,3ППИ	9,75	1,35	-
7	Электроотрицательность	23	0,05	0,22	0,25	-	0,062	-1,39	1,38+0,000233Э	0,0009	0,25	-
8	Сродство к электрону	8	0,21	0,39	0,55	-	0,3	-0,6	1,15-0,002СЭ	0,0037	-0,54	-
9	Работа выхода электронов	24	0,08	0,21	0,36	-	0,13	-1,02	3,6+0,00076РВЭ	0,0021	0,36	-
10	Температура кипения	25	0,46	0,17	2,76	0,02	6,0	0,90	1732+5,2t _{кип}	2,1	2,45	0,05
11	Температура плавления	25	0,34	0,18	1,84	0,1	2,99	0,55	864+2,5t _{пл}	1,46	1,73	0,1
12	Относительная плотность	24	0,05	0,21	0,22	-	0,05	-1,50	5,8+0,0021ОП	0,0095	0,22	-
13	Сравнительная твердость	19	0,36	0,21	1,70	-	2,51	0,46	2,64+0,013СТ	0,008	1,58	-
14	Теплопроводность	17	-0,24	0,24	0,97	-	0,89	-0,06	0,35-0,00078Т	0,0008	-0,94	-
15	Электропроводность	17	-0,29	0,24	1,23	-	1,38	0,16	22,8-0,07Э	0,06	-1,17	-
16	Стабильность гидрокомплексов	17	0,26	0,24	1,1	-	1,12	0,06	3,15+0,008pK _{гидр}	0,0076	1,06	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	0,19	0,36	0,51	-	0,25	-0,69	0,54+0, pKЭДТА	0,51	0,50	-
18	Стабильность комплексов цитратов	8	0,04	0,41	0,11	-	0,11	-2,2	40-0,93pK _{цит}	8,59	-0,11	-

Таблица 186. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{12}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	54	-0,37	0,12	3,12	0,01	8,3	1	$9 \cdot 10^3 - 56MB$	19,5	-2,88	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	54	0,12	0,14	0,87	-	0,74	0,15	$-1,8 \cdot 10^3 + 2,9 \cdot 10^3 R_a$	$3,4 \cdot 10^3$	0,86	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	32	0,08	0,18	0,44	-	0,19	-0,83	$1 \cdot 10^3 + 2,4 \cdot 10^3 R_i$	$5,5 \cdot 10^3$	0,44	-
4	Ионные потенциалы	21	-0,23	0,22	1,03	-	1,0	0,12	$8,6 \cdot 10^3 - n10^3 \text{ИП}$	$1,4 \cdot 10^3$	-1,0	-
5	Энергия гидратации	32	-0,23	0,17	1,52	-	1,66	0,25	$5,1 \cdot 10^3 - 1,6 \text{ЭГ}$	1,2	-1,3	-
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,1		0,76	-	0,57	-0,28	$5,4 \cdot 10^3 - 3 \cdot 10^2 \text{ППИ}$	$4,4 \cdot 10^2$	-0,77	-
7	Электроотрицательность	36	-0,29	0,16	1,87	0,1	3,2	0,58	$1,6 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^3 \text{ЗЭ}$	$4 \cdot 10^3$	-1,79	0,1
8	Сродство к электрону	11	-0,32	0,29	1,1	-	1,07		$1 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^3 \text{СЭ}$	$4 \cdot 10^3$	-1,0	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,19	0,15	1,2	-	1,45		$1 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^3 \text{РВЭ}$	$1,8 \cdot 10^3$	-1,2	-
10	Температура кипения	53	-0,25		1,9	0,1	-	0,63	$7,6 \cdot 10^3 - 1,7 t_{\text{кип}}$	0,92	-1,88	0,1
11	Температура плавления	53	-0,21	0,13	1,57	-	2,4	0,4	$61 \cdot 10^3 - 2,3 t_{\text{пл}}$	1,5	-1,54	-
12	Относительная плотность	52	-0,3	0,13	2	0,05	4,9	0,79	$7,2 \cdot 10^3 - 4,8 \cdot 10^2 \text{ОП}$	$2,2 \cdot 10^2$	-2,2	0,05
13	Сравнительная твердость	39	-0,37	0,14	2,6	0,01	5,8	0,88	$1 \cdot 10^4 \text{СТ}$	$5,5 \cdot 10^2$	-2,4	0,02
14	Теплопроводность	31	0,04	0,18	0,23	-	0,05	-1,49	$-3,5 \cdot 10^3 + T$	$7,8 \cdot 10^3$	0,23	-
15	Электропроводность	30	0,08	0,18	0,42	-	0,17	-0,87	$4,3 \cdot 10^3 + Э$	$1,4 \cdot 10^2$	0,42	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,32	0,20	1,66	-	2,46	0,45	$1 \cdot 10^4 - 9 \cdot 10^n \text{рКгидр}$	$5,8 \cdot 10^2$	-1,57	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,38	0,28	1,33	-	1,5	0,21	$2,3 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^3 \text{рКЭДТА}$	$6 \cdot 10^2$	-1,23	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,23	0,3	0,7	-	0,51	-0,33	$1,4 \cdot 10^4 - 1 \text{рКцит}$	$1,6 \cdot 10^3$	-0,72	-

Таблица 187. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{13}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	53	0,03	0,14	0,24	-	0,06	-1,4	$2,83+0,0039MB$	0,016	0,24	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	52	0,52	0,1	5,12	0,001	19,0	1,47	$-13,5+10R_a$	2,36	4,36	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	31	0,58	0,12	4,79	0,001	15,1	1,36	$-11,8+16R_i$	4,2	3,88	0,001
4	Ионные потенциалы	21	-0,31	0,21	1,47	-	1,97	0,34	$9,3-1,68IP$	1,1	-1,4	-
5	Энергия гидратации	31	-0,24	0,17	1,37	-	1,78	0,29	$5,69-0,0015ЭГ$	0,001	-1,33	-
6	Потенциал первичной ионизации	51	-0,44	0,12	3,76	0,001	11,4	1,22	$17,4-2ППИ$	0,6	-3,38	0,001
7	Электроотрицательность	36	-0,49	0,13	3,81	0,001	11	1,20	$16,8-8,83Э$	2,6	-3,31	0,001
8	Сродство к электрону	9	-0,44	0,30	1,44	-	1,68	0,26	$5,2-1,96СЭ$	1,5	-1,29	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,52	0,12	4,52	0,001	14,8	1,34	$20-4,3РВЭ$	1,1	-3,85	0,001
10	Температура кипения	52	-0,19	0,14	1,37	-	1,82	0,30	$5,9-0,0009t_{кип}$	0,0007	-1,35	-
11	Температура плавления	52	-0,28	0,13	2,12	0,05	4,16	0,71	$6,4-0,0022t_{пл}$	0,0011	-2,04	0,05
12	Относительная плотность	52	-0,30	0,13	2,37	0,02	5,1	0,82	$6,35-0,36ОП$	0,16	-2,26	0,05
13	Сравнительная твердость	39	-0,23	0,16	1,48	-	2,08	0,37	$4,4-0,35СТ$	0,24	-1,44	-
14	Теплопроводность	31	-0,29	0,17	1,68	-	2,59	0,48	$3,2-4,38Т$	2,72	-1,61	-
15	Электропроводность	30	-0,31	0,17	1,78	0,1	2,87	0,53	$3,39-0,07Э$	0,04	-1,69	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,13	0,21	0,61	-	0,37	-0,50	$5,2-0,25pK_{гидр}$	0,41	-0,61	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,36	0,29	1,24	-	1,35	0,15	$1,86-0,06pK_{ЭДТА}$	0,05	-1,16	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,23	0,31	0,74	-	0,52	-0,33	$9,9-0,81pK_{цит}$	1,13	-0,72	-

Таблица 188. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{14}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	43	-0,28	0,14	1,92	0,1	3,42	0,61	$1 \cdot 10^8 - 7,7 \cdot 10^5 MB$	$4 \cdot 10^5$	-1,85	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,46	0,12	3,67	0,001	10,7	1,19	$3,3 \cdot 10^8 - 1,9 \cdot 10^8 R_a$	$5,7 \cdot 10^8$	-3,28	0,01
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	0,35	0,17	2,00	0,1	3,54	0,63	$-2 \cdot 10^8 + 2 \cdot 10^8 R_i$	$1,3 \cdot 10^8$	1,88	0,1
4	Ионные потенциалы	19	-0,19	0,23	0,8	-	0,66	-0,21	$1,3 \cdot 10^7 - 2,95 \cdot 10^7 \text{ИП}$	$3,6 \cdot 10^7$	-0,81	-
5	Энергия гидратации	28	-0,16	0,19	0,83	-	0,67	-0,20	$6,9 \cdot 10^7 - 2,97 \cdot 10^4 \text{ЭГ}$	$3,6 \cdot 10^4$	-0,82	-
6	Потенциал первичной ионизации	42	0,29	0,14	2,0	0,05	3,80	0,67	$-8 \cdot 10^7 + 1,5 \cdot 10^7 \text{ППИ}$	$7,7 \cdot 10^6$	1,95	0,1
7	Электроотрицательность	27	-0,28	0,18	1,51	-	2,11	0,37	$2,4 \cdot 10^7 - 1,4 \cdot 10^7 \text{ЗЭ}$	$9,5 \cdot 10^6$	-1,45	-
8	Сродство к электрону	10	-0,16	0,34	0,47	-	0,21	-0,78	$2 \cdot 10^8 - 7,6 \cdot 10^7 \text{СЭ}$	$1,7 \cdot 10^8$	-0,46	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,28	0,17	1,64	0,1	2,49	0,46	$2,4 \cdot 10^7 - 5,6 \cdot 10^6 \text{РВЭ}$	$3,5 \cdot 10^6$	-1,58	-
10	Температура кипения	42	-0,31	0,14	2,13	0,05	4,13	0,71	$1,3 \cdot 10^8 - 4,5 \cdot 10^4 t_{\text{кип}}$	$2,2 \cdot 10^4$	-2,03	0,05
11	Температура плавления	42	-0,21	0,15	1,59	-	1,84	0,30	$8,2 \cdot 10^7 - 4,8 \cdot 10^4 t_{\text{пл}}$	$3,5 \cdot 10^4$	-1,35	-
12	Относительная плотность	41	-0,26	0,15	1,74	0,1	2,82	0,52	$9,9 \cdot 10^6 - 1 \cdot 10^6 \text{ОП}$	$6 \cdot 10^5$	-1,68	0,1
13	Сравнительная твердость	33	-0,30	0,16	1,80	0,1	2,97	0,54	$1,2 \cdot 10^7 - 1,7 \cdot 10^6 \text{СТ}$	$1 \cdot 10^6$	-1,72	0,1
14	Теплопроводность	25	0,07	0,21	0,35	-	0,12	-1,06	$3,6 \cdot 10^6 + 5,5 \cdot 10^6 T$	$1,6 \cdot 10^7$	0,35	-
15	Электропроводность	25	0,08	0,21	0,39	-	0,15	-0,96	$3,6 \cdot 10^6 + 9,7 \cdot 10^4 \text{Э}$	$2,5 \cdot 10^5$	0,39	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,28	0,21	1,33	-	1,64	-0,25	$1,3 \cdot 10^7 - 1,5 \cdot 10^6 pK_{\text{гидр}}$	$1 \cdot 10^7$	-1,28	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,57	0,22	2,53	0,05	4,33	0,73	$4,3 \cdot 10^7 - 2,3 \cdot 10^6 pK_{\text{ЭДТА}}$	$1,1 \cdot 10^6$	-2,08	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,16	0,33	0,48	-	0,23	-0,74	$2,5 \cdot 10^6 - 1,96 \cdot 10^6 pK_{\text{цит}}$	$4 \cdot 10^5$	-0,48	-

Таблица 189. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{15}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	43	-0,26	0,15	1,8	0,1	3,0	0,55	$7,7 \cdot 10^4 - 573MB$	330	-1,74	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,46	0,12	3,79	0,001	11,3	1,21	$2,7 \cdot 10^5 - 1,5 \cdot 10^5 R_a$	$4,5 \cdot 10^4$	-3,36	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	0,35	0,17	2,03	0,1	3,61	0,64	$-1,6 \cdot 10^5 + 1,9 \cdot 10^5 R_i$	$1 \cdot 10^5$	1,9	0,1
4	Ионные потенциалы	19	-0,20	0,23	0,85	-	0,69	-0,19	3155-685ИП	825	-0,83	-
5	Энергия гидратации	28	-0,15	0,19	0,77	-	0,58	-0,27	$5 \cdot 10^4 - 22ЭГ$	29	-0,76	-
6	Потенциал первичной ионизации	42	0,30	0,14	2,10	0,05	4,0	0,70	$-6,75 \cdot 10^4 + 1 \cdot 10^4 ППИ$	$6 \cdot 10^3$	2,0	0,05
7	Электроотрицательность	27	-0,29	0,18	1,58	-	2,30	0,41	$5,7 \cdot 10^3 - n \cdot 10^3 Э$	$2 \cdot 10^3$	-1,51	-
8	Сродство к электрону	10	-0,16	0,34	0,47	-	0,21	-0,77	$1,5 \cdot 10^5 - 6 \cdot 10^4 СЭ$	$1,3 \cdot 10^5$	-0,46	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,28	0,17	1,68	0,1	2,59	0,47	$5,6 \cdot 10^3 - 1,2 \cdot 10^3 РВЭ$	$8 \cdot 10^2$	-1,61	-
10	Температура кипения	42	-0,29	0,14	2,0	0,05	3,70	0,65	$9,9 \cdot 10^4 - 34t_{кип}$	17,7	-1,92	0,1
11	Температура плавления	42	-0,19	0,15	1,27	-	1,56	0,22	$6 \cdot 10^4 - 34t_{пл}$	28	-1,24	-
12	Относительная плотность	41	-0,27	0,15	1,82	0,1	3,1	0,59	$2,4 \cdot 10^3 - 2,36 \cdot 10^2 ОП$	135	-1,79	0,1
13	Сравнительная твердость	33	-0,31	0,16	1,92	0,1	3,32	0,60	$2,97 \cdot 10^3 - 417СТ$	228	-1,82	0,1
14	Теплопроводность	31	0,035	0,18	0,19	-	0,036	-1,66	$1,2 + 0,73T$	3,25	0,19	-
15	Электропроводность	25	0,08	0,21	0,41	-	0,17	-0,89	$854 + 24Э$	57	0,41	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	0,29	0,20	1,42	-	1,86	0,31	$5,5 - 2 \cdot 10^{-4} pK_{гидр}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	-1,36	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,58	0,22	2,60	0,05	4,49	0,75	$1 \cdot 10^4 - 5,2 \cdot 10^2 pK_{ЭДТА}$	247	-2,12	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,19	0,3	0,59	-	0,33	-0,55	$856 - 70pK_{цит}$	121	-0,58	-

Таблица 190. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$Y_{16}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	52	-0,26	0,13	1,97	0,05	-	0,64	2,9-0,018МВ	0,009	1,9	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	52	-0,14	0,14	1,00	-	0,97	-0,015	3,49-1,6R _a	1,6	-0,99	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	31	-0,12	0,18	0,66	-	0,43	-0,42	1,6-1,1R _i	1,62	-0,66	-
4	Ионные потенциалы	21	0,002	0,23	0,008	-	$6,9 \cdot 10^{-5}$	-0,48	0,77	0,42	0,008	-
5	Энергия гидратации	31	-0,1	0,18	0,55	-	0,3	-0,6	0,75-0,0002ЭГ	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-0,55	-
6	Потенциал первичной ионизации	51	0,11	0,14	0,80	-	0,64	-0,23	-1,3+1,0ППИ	0,4	0,80	-
7	Электроотрицательность	36	-0,012	0,17	0,07	-	0,004	-2,71	1,4-0,123Э	1,89	-0,07	-
8	Сродство к электрону	9	-0,42				1,5	0,21	4,74-2,3СЭ	1,89	-1,24	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,096	0,16	0,61	-	0,37	-0,5	-0,73+0,47РВЭ	0,78	0,60	-
10	Температура кипения	52	-0,11	0,19	0,73	-	0,53	-0,31	$1,7-3 \cdot 10^{-4}t_{\text{кип}}$	$4 \cdot 10^{-4}$	-0,73	-
11	Температура плавления	52	-0,04	0,14	0,3	-	0,09	-1,21				
	Относительная плотность	52	-0,11		0,8	-	0,066		1,53-0,8ОП	0,098	-0,81	-
13	Сравнительная твердость	39	-0,13	0,16	0,8	-	0,63	-0,23	2,1-0,28СТ	0,25	-0,79	-
14	Теплопроводность	31	0,035				0,036	-1,66	1,2+0,7Т	3,8	0,2	-
15	Электропроводность	30	0,02		0,11	-		-2,19	1,36+0,0069Э	0,06	0,11	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,16	0,21	0,77	-	0,57	-2,78	3,1	0,28	-0,76	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,12	0,33	0,37	-	0,14	-0,99	5,78-0,13рКЭДТА	0,35	-0,37	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,19	0,32	0,59	-	0,34	-0,54	5,9-0,48рКцит	0,83	-0,58	-

Таблица 191. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{17}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	22	-0,33	0,20	1,66	-	2,45	0,45	1,6-0,016МВ	0,01	-1,57	-
2	Радиус атома R_a , Å	22	-0,49	0,17	2,84	0,02	6,18	0,91	3,9-2,07 R_a	0,83	-2,49	0,05
3	Радиус иона R_i , Å	15	0,37	0,54	1,54	-	2,05	0,36	-2,7+3,1 R_i	2,18	1,43	-
4	Ионные потенциалы	14	-0,14	0,28	0,49	-	0,23	-0,72	0,09-0,015ИП	0,03	-0,48	-
5	Энергия гидратации	15	-0,19	0,27	0,70	-	0,48	-0,37	1,1-0,0007ЭГ	0,001	-0,69	-
6	Потенциал первичной ионизации	22	-0,67	0,12	5,36	0,001	16	1,39	-4,2+0,68ППИ	0,17	4,0	0,001
7	Электроотрицательность	20	-0,35	0,21	1,67	-	2,46	0,45	0,19-0,113Э	0,07	-1,57	-
8	Сродство к электрону	7	-0,21	0,43	0,5	-	0,24	-0,72	2,8-1,2СЭ	2,4	-0,49	-
9	Работа выхода электронов	20	-0,29	0,22	1,32	-	1,61	0,24	0,17-0,04РВЭ	0,03	-1,27	-
10	Температура кипения	22	-0,34	0,20	1,74	0,1	2,68	0,49	1,8-0,0007 $t_{кип}$	0,0004	-1,64	-
11	Температура плавления	22	-0,21	0,21	0,98	-	0,91	-0,046	1,1-0,0006 $t_{пл}$	0,0003	-0,96	-
12	Относительная плотность	21	-0,37	0,20	1,85	0,1	2,97	0,54	0,1-0,013ОП	0,007	-1,72	-
13	Сравнительная твердость	16	-0,28	0,25	1,14	-	1,2	0,09	1-0,016СТ	0,014	-1,1	-
14	Теплопроводность	13	0,002	0,30	0,007	-	$4,5 \cdot 10^{-5}$	-5,0	0,028+0,0007Т	0,1	0,007	-
15	Электропроводность	14	0,09	0,29	0,33	-	0,11	-1,1	0,045+0,001Э	0,003	0,33	-
16	Стабильность гидрокомплексов	15	0,25	0,26	0,97	-	0,88	-0,06	0,076-0,0088рКгидр	0,009	-0,94	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,16	0,34	0,48	-	0,22	-0,75	0,10-0,0033рКЭДТА	0,0071	-0,47	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,18	0,43	0,43	-	0,18	-0,87	0,12-0,0082рКцит	0,0195	-0,42	-

Таблица 192. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{18}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	41	-0,29	0,15	1,96	0,05	3,53	0,63	4448-29,6МВ	15,7	-1,88	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	41	0,23	0,15	1,53	-	2,22	0,39	-4925+3747 R_a	2515	1,49	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	27	0,097	0,20	0,49	-	0,24	-0,72	-354+2460 R_i	5032	0,49	-
4	Ионные потенциалы	19	-0,27	0,22	1,22	-	1,38	0,16	6243-1467ИП	1248	-1,17	-
5	Энергия гидратации	27	-0,20	0,19	1,05	-	1,06	0,03	3229-1,3ЭГ	1,26	-1,0	-
6	Потенциал первичной ионизации	40	-0,27	0,15	1,76	0,1	2,88	0,53	8519-1054ППИ	627	-1,69	0,1
7	Электроотрицательность	27	-0,37	0,17	2,13	0,05	3,93	0,68	11111-64413Э	3247	-1,98	0,1
8	Сродство к электрону	8	-0,07	0,40	0,18	-	0,03	-1,69	7342-1222СЭ	6679	-0,18	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,38	0,16	2,4	0,02	4,93	0,80	11452-2679РВЭ	1207	-2,22	0,05
10	Температура кипения	41	-0,30	0,15	2,07	0,05	3,9	0,68	5131-1,6 $t_{\text{кип}}$	0,81	-1,98	0,05
11	Температура плавления	41	-0,31	0,14	2,15	0,05	4,18	0,71	4228-2,5 $t_{\text{пл}}$	1,2	-2,0	0,05
12	Относительная плотность	41	-0,32	0,14	2,21	0,05	4,41	0,74	4360-435ОП	207	-2,1	0,05
13	Сравнительная твердость	33	-0,37	0,16	2,38	0,02	4,88	0,79	5451-767СТ	347	-2,21	0,05
14	Теплопроводность	25	0,055	0,21	0,27	-	0,07	-1,3	1557+1475Т	5553	0,27	-
15	Электропроводность	25	0,058	0,21	0,33	-	0,1	-1,1	1490+29Э	88	0,32	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,31	0,20	1,56	-	2,19	0,39	5090-573рКгидр	388	-1,48	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,55	0,23	2,39	0,05	3,97	0,69	14106-751рКЭДТА	377	-1,99	0,1
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,16	0,32	0,5	-	0,25	-0,69	1398-125рКцит	251	-0,5	-

Таблица 193. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в земной коре по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{19}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	22	-0,33	0,20	1,63	-	2,39	0,43	0,045-0,00048MB	0,00031	-1,54	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	22	-0,50	0,17	2,98	0,01	0,65	0,95	0,11-0,063R _a	0,024	-2,58	0,02
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	14	0,41	0,24	1,69	-	2,38	0,43	-0,089+0,1R _i	0,066	1,54	-
4	Ионные потенциалы	14	0,44	0,23	1,88	0,1	2,87	0,53	-0,75+0,6 ⁵ ИП	0,35	1,69	-
5	Энергия гидратации	14	-0,19	0,28	0,68	-	0,45	-0,40	0,033-2·10 ⁻⁵ ЭГ	3·10 ⁻⁵	-0,67	-
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,69	0,12	5,78	0,001	17,7	1,44	-0,13+0,02ППИ	0,003	4,21	0,001
7	Электроотрицательность	20	-0,29	0,22	1,33	-	1,63	0,24	3,7·10 ⁻⁴ -1,8·10 ⁻⁴ ЗЭ	1,4·10 ⁻⁴	-1,28	-
8	Сродство к электрону	7	-0,23	0,42	0,53	-	0,27	-0,66	0,08-0,03СЭ	0,06	-0,52	-
9	Работа выхода электронов	20	-0,27	0,22	1,26	-	1,46	0,19	3,8·10 ⁻⁴ -7,1·10 ⁻⁵ РВЭ	5,9·10 ⁻⁵	-1,21	-
10	Температура кипения	22	-0,32	0,20	1,61	-	2,32	0,42	-0,048-1,9·10 ⁻⁵ t _{кип}	1,2·10 ⁻⁵	-1,52	-
11	Температура плавления	22	-0,21	0,21	0,99	-	0,95	-0,026	0,03-1,8·10 ⁻⁵ t _{пл}	1,9·10 ⁻⁵	-0,97	-
12	Относительная плотность	21	-0,21	0,22	0,95	-	0,87	-0,07	1,9·10 ⁻⁴ -1,2·10 ⁻⁵ ОП	1,8·10 ⁻⁵	-0,93	-
13	Сравнительная твердость	18	-0,20	0,24	0,82	-	0,64	-0,22	1,9·10 ⁻⁴ -2,4·10 ⁻⁵ СТ	2,9·10 ⁻⁵	-0,80	-
14	Теплопроводность	14	-0,18	0,28	0,65	-	0,41	-0,45	4,4·10 ⁻⁵ +5,4·10 ⁻⁵ T	8,4·10 ⁻⁵	0,64	-
15	Электропроводность	15	0,14	0,27	0,50	-	0,25	-0,70	5,9·10 ⁻⁵ +8,8·10 ⁻⁷ Э	1,8·10 ⁻⁶	0,50	-
16	Стабильность гидрокомплексов	14	-0,31	0,26	1,21	-	1,32	0,14	2,6·10 ⁻⁴ -3·10 ⁻⁵ pK _{гидр}	2,6·10 ⁻⁵	-1,14	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,13	0,35	0,37	-	0,14	-0,99	6,6·10 ⁻⁵ -1,5·10 ⁻⁶ pK _{ЭДТА}	4,1·10 ⁻⁶	-0,37	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,21	0,42	0,49	-	0,23	-0,73	3,5·10 ⁻⁴ -2,2·10 ⁻⁵ pK _{цит}	4,6·10 ⁻⁵	-0,48	-

Таблица 194. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$Y_{20}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	22	-0,14	0,22	0,62	-	0,37	-0,5	106-0,5MB	0,82	-0,61	-
2	Радиус атома R_a , Å	22	-0,28	0,21	1,36	-	1,71	0,27	224-90,7R _a	69,4	-1,31	-
3	Радиус иона R_i , Å	15	-0,44	0,22	2,00	0,1	3,21	0,58	134-99R _i	55	-1,79	0,1
4	Ионные потенциалы	14	0,88	0,06	13,6	0,001	41,6	1,86	-65,9+459ИП	7,1	6,41	0,001
5	Энергия гидратации	15	0,78	0,11	7,2	0,001	20,3	1,51	-18,2+0,079ЭГ	0,017	4,51	0,001
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,04	0,22	0,19	-	0,036	-1,67	53,1+3,26ППИ	17,3	0,19	-
7	Электроотрицательность	20	0,28	0,22	1,30	-	1,56	0,22	-80,7+1233Э	98,9	1,25	-
8	Сродство к электрону	7	0,85	0,13	6,79	0,01	12,9	1,28	-7,8+10,6СЭ	2,95	3,59	0,02
9	Работа выхода электронов	20	0,43	0,19	2,26	0,05	4,14	0,71	-188+76РВЭ	37,5	2,0	0,1
10	Температура кипения	22	0,23	0,21	1,09	-	1,1	0,06	9,35+0,036t _{кип}	0,033	1,06	-
11	Температура плавления	22	0,45	0,18	2,53	0,02	5,1	0,81	-18,5+1,0t _{пл}	0,04	2,26	0,05
12	Относительная плотность	21	0,22	0,22	1,00	-	0,97	-0,016	25,7+10ОП	10	0,98	-
13	Сравнительная твердость	16	0,77	0,11	7,16	0,001	20,7	1,52	-83,1+58,7СТ	12,9	4,55	0,001
14	Теплопроводность	13	-0,35	0,27	1,31	-	1,51	0,21	190-316Т	257	-1,23	-
15	Электропроводность	14	-0,35	0,25	1,38	-	1,67	0,26	192-5,17Э	3,99	-1,29	-
16	Стабильность гидрокомплексов	15	0,39	0,24	1,64	-	2,28	0,41	3,66+20,4pКгидр	13,5	1,51	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,34	0,31	1,1	-	1,0	0,62	12,9+5,8pКЭДТА	5,7	1,0	-
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,11	0,44	0,26	-	0,06	-1,37	72-3,5pКцит	13,9	-0,25	-

Таблица 195. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины всасывания металлов (без р-металлов) из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_1 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	44	-0,53	0,11	4,82	0,001	16,65	1,41	1,55-0,016MB	0,004	-4,10	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	44	-0,10	0,15	0,65	-	0,43	-0,42	0,63-0,42 R_a	0,64	-0,65	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	27	0,43	0,16	2,90	0,01	5,90	0,90	-2,91+2,65 R_i	1,10	2,42	0,05
4	Ионные потенциалы	16	-0,47	0,21	0,05	3,96	0,67	1,28	1,52-0,53ИП	0,27	-1,99	0,1
5	Энергия гидратации	28	-0,31	0,20	1,75	0,1	2,80	0,51	0,25-0,0005ЭГ	0,0003	-1,70	-
6	Потенциал первичной ионизации	43	0,30		2,11	0,05	4,10	0,70	-1,20+0,15ППИ	0,08	2,01	0,05
7	Электроотрицательность	28	-0,16	0,20	0,82	-	0,65	-0,21	1,33-0,503Э	0,62	-0,81	-
8	Сродство к электрону	9	0,09	0,40	0,24	-	0,056	-1,44	1,30+0,11СЭ	0,50	0,23	-
9	Работа выхода электронов	31	-0,02	0,20	0,092	-	0,008	-2,40	0,50+0,030РВЭ	0,30	-0,09	-
10	Температура кипения	43	-0,30	0,14	2,13	0,05	4,10	0,70	0,83-0,0004 $t_{\text{кип}}$	0,0002	-2,0	0,05
11	Температура плавления	44	-0,20	0,15	1,32	-	1,70	0,26	0,36-0,0004 $t_{\text{пл}}$	0,0003	-1,80	-
12	Относительная плотность	43	-0,06	0,15	0,40	-	0,20	-0,9	-0,021-0,025ОП	0,06	-0,4	-
13	Сравнительная твердость	33	-0,80	0,06	12,7	0,001	57	2,0	1,96-0,44СТ	0,06	-7,5	0,001
14	Теплопроводность	24	0,42	0,20	2,44	0,05	4,90	0,80	-0,60+2,45Т	1,11	2,20	0,05
15	Электропроводность	24	0,50	0,47	2,81	0,02	6,20	0,91	-0,60+0,043Э	0,02	2,50	0,05
16	Стабильность гидрокомплексов	21	-0,52	0,20	3,10	0,01	6,94	0,97	1,25-0,20рКгидр	0,06	-2,6	0,02
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	8	-0,72	0,20	3,71	0,01	6,60	0,94	1,99-0,054рКЭДТА	0,02	-2,6	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,25	0,31	0,80	-	0,60	-0,30	-0,50+0,11рКцит	0,15	0,80	-

Таблица 196. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_2 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	55	-0,40	0,11	3,50	0,001	10,1	1,15	$1,65 - 0,0011MB$	0,0004	-3,20	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	55	0,10	0,13	0,74	-	0,54	-0,31	$1,45 + 0,050R_a$	0,065	0,74	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	33	0,60	0,12	4,60	0,001	14,5	1,33	$1,13 + 0,040R_i$	0,10	3,80	0,001
4	Ионные потенциалы	21	-0,66	0,13	5,05	0,001	14,50	1,34	$1,80 - 0,082IP$	0,021	-3,81	0,01
5	Энергия гидратации	33	-0,45	0,14	3,11	0,01	7,80	1,02	$1,61 - 7 \cdot 10^{-5} \Delta H$	0,00003	-2,80	0,01
6	Потенциал первичной ионизации	54	0,25	0,13	1,92	0,1	3,50	0,62	$1,42 + 0,015PPI$	0,0081	1,91	0,1
7	Электроотрицательность	36	-0,40	0,14	2,71	0,01	6,24	0,91	$1,80 - 0,1573\chi$	0,060	-2,50	0,02
8	Сродство к электрону	11	-0,35	0,30	1,21	-	1,30	0,12	$1,82 - 0,093C\chi$	0,083	-1,1	-
9	Работа выхода электронов	42	-0,40	0,14	2,70	0,01	6,22	0,91	$1,80 - 0,070P\chi$	0,030	-2,50	0,02
10	Температура кипения	54	-0,34	0,12	2,80	0,01	6,80	0,95	$1,63 - 4,0 \cdot 10^{-5} t_{\text{кип}}$	$2 \cdot 10^{-5}$	-2,6	0,01
11	Температура плавления	55	-0,35	0,12	2,92	0,01	7,46	1,00	$1,625 - 7 \cdot 10^{-5} t_{\text{пл}}$	$3 \cdot 10^{-5}$	-2,73	0,01
12	Относительная плотность	54	-0,00	0,13	1,50	-	2,15	0,40	$1,60 - 0,006OP$	0,004	-1,50	-
13	Сравнительная твердость	39	-0,80	0,07	11,40	0,001	53,0	1,98	$1,72 - 0,042CT$	0,006	-7,3	0,001
14	Теплопроводность	31	0,14	0,20	0,76	-	0,60	-0,30	$-0,11 + 0,213T$	0,30	0,75	-
15	Электропроводность	30	0,20	0,20	1,01	-	0,99	-0,005	$-13,20 + 17,7\chi$	17,8	0,99	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,41	0,20	2,24	0,05	4,20	0,71	$23,2 - 11,6pK_{\text{гидр}}$	5,70	-2,04	0,1
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,80	0,12	6,74	0,001	16,2	1,39	$1,81 - 0,018pK_{\text{ЭДТА}}$	0,004	-4,03	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,24	0,31	0,80	-	0,54	-0,30	$1,45 + 0,0082pK_{\text{цит}}$	0,01	0,74	-

Таблица 197. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_3 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	28	0,30	0,13	2,15	0,05	4,23	0,72	$0,41 + 0,004 MB$	0,002	2,05	0,1
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	48	-0,40	0,13	2,84	0,01	7,02	0,97	$2,03 - 0,45 R_a$	0,30	-2,65	0,01
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	-0,25	0,20	1,34	-	1,70	0,26	$1,40 + 0,73 R_i$	0,60	-1,30	-
4	Ионные потенциалы	20	0,20	0,23	0,90	-	0,75	-0,14	$0,30 + 0,11 \text{ ИП}$	0,13	0,90	-
5	Энергия гидратации	28	0,31	0,18	1,75	0,1	2,80	0,51	$0,47 + 0,0002 \text{ ЭГ}$	0,0001	1,70	-
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,34	0,13	2,62	0,01	6,05	0,90	$-0,40 + 6,20 \text{ ППИ}$	0,070	2,50	0,02
7	Электроотрицательность	35	0,41	0,14	2,84	0,01	6,71	0,95	$-0,40 + 0,803 \text{ Э}$	0,30	2,66	0,01
8	Сродство к электрону	9	0,70	0,20	3,70	0,01	6,90	0,96	$0,20 + 0,50 \text{ СЭ}$	0,20	2,63	0,05
9	Работа выхода электронов	41	0,31	0,14	2,14	0,05	4,15	0,71	$-0,20 + 0,30 \text{ РВЭ}$	0,13	2,04	0,05
10	Температура кипения	48	0,42	0,12	3,44	0,001	9,80	1,14	$0,20 + 2,8 \cdot 10^{-4} t_{\text{кип}}$	$7 \cdot 10^{-5}$	3,13	0,01
11	Температура плавления	49	0,25	0,14	1,83	0,1	3,15	0,60	$0,53 + 0,00021 t_{\text{пл}}$	0,0001	1,80	0,1
12	Относительная плотность	49	0,41	0,12	3,40	0,001	9,50	1,12	$0,40 + 0,05 \text{ ОП}$	0,02	3,10	0,01
13	Сравнительная твердость	34	0,24	0,20	1,50	-	2,01	0,35	$0,43 + 0,07 \text{ СТ}$	0,05	1,42	-
14	Теплопроводность	31	0,04	0,20	0,24	-	0,06	-1,41	$0,92 + 0,098 T$	0,41	0,24	-
15	Электропроводность	30	-0,03	0,20	0,17	-	0,030	-1,80	$0,90 - 0,0015 \text{ Э}$	0,009	-0,17	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	0,34	0,20	1,70	-	2,55	0,47	$0,30 + 0,07 \text{ рКгидр}$	0,043	1,60	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,34	0,30	1,20	-	1,20	0,09	$-0,06 + 0,044 \text{ рКЭДТА}$	0,04	1,10	-
18	Стабильность комплексов цитратов	10	0,31	0,32	0,98	-	0,90	-0,071	$-0,13 + 0,11 \text{ рКцит}$	0,12	0,93	-

Таблица 198. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_4 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	48	0,43	0,12	3,62	0,001	10,7	1,2	-0,53+0,007MB	0,002	3,30	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	48	-0,46	0,12	3,91	0,001	12,12	1,25	2,10-1,14Ra	0,33	-3,50	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	-0,31	0,20	1,72	0,1	2,70	0,50	0,93-1,03R _i	0,63	-1,64	-
4	Ионные потенциалы	20	0,22	0,22	0,98	-	0,93	-0,04	-0,60+0,14ИП	0,14	0,96	-
5	Энергия гидратации	28	0,30	0,20	1,71	0,1	2,64	0,50	-0,36+0,0003ЭГ	0,0002	1,62	-
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,50	0,11	4,40	0,001	14,54	1,34	-1,84+0,30ППИ	0,08	3,81	0,001
7	Электроотрицательность	34	0,70	0,092	7,52	0,001	29,5	1,70	-2,25+1,563Э	0,30	5,43	0,001
8	Сродство к электрону	9	0,9	0,21	3,20	0,02	5,65	0,90	-0,89+0,80СЭ	0,33	2,40	0,1
9	Работа выхода электронов	39	0,60	0,11	5,03	0,001	17,24	1,42	-2,03+0,60РВЭ	0,14	4,15	0,001
10	Температура кипения	48	0,53	0,11	4,98	0,001	17,9	1,44	-0,80+0,0004 $t_{\text{кип}}$	$9 \cdot 10^{-5}$	4,23	0,001
11	Температура плавления	49	0,40	0,12	3,05	0,01	7,95	1,04	-0,35+0,0004 $t_{\text{пл}}$	0,00015	2,81	0,01
12	Относительная плотность	49	0,63	0,09	7,30	0,001	31,6	1,73	-0,64+0,010ОП	0,02	5,62	0,001
13	Сравнительная твердость	46	0,40	0,14	2,64	0,01	5,95	0,90	-0,40+0,11СТ	0,045	2,43	0,01
14	Теплопроводность	28	-0,02	0,20	0,13	-	0,02	-2,05	0,333-0,072Т	0,60	-0,13	-
15	Электропроводность	27	-0,08	0,20	0,41	-	0,20	-0,90	0,26-0,004Э	0,011	-0,41	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,60	0,15	3,81	0,01	9,90	1,14	-0,90+0,13pKгидр	0,041	3,14	0,01
17	Стабильность комплексов с ЭДТА											
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 199. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_5 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	42	0,40	0,14	2,62	0,01	5,99	0,90	$1,12 + 0,004 MB$	0,0015	2,45	0,02
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	42	0,51	0,12	4,41	0,001	14,32	1,36	$0,20 + 0,80 R_a$	0,21	3,80	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	0,34	0,20	1,98	0,1	3,50	0,62	$0,92 + 0,70 R_i$	0,40	1,90	0,1
4	Ионные потенциалы	18	0,08	0,25	0,34	-	0,11	-1,10	$1,45 + 0,030 ИП$	0,08	0,34	-
5	Энергия гидратации	29	-0,25	0,20	1,40	-	1,80	0,30	$1,70 - 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ЭГ}$	$8 \cdot 10^{-5}$	-1,33	-
6	Потенциал первичной ионизации	41	-0,50	0,12	3,80	0,001	11,16	1,21	$2,82 - 0,20 ППИ$	0,06	-3,34	0,001
7	Электроотрицательность	26	-0,50	0,16	2,95	0,01	6,81	0,96	$2,34 - 0,703 \text{Э}$	0,30	-2,61	0,02
8	Сродство к электрону	7	0,21	0,43	0,51	-	0,24	-0,70	$1,13 + 0,51 \text{СЭ}$	0,30	0,50	-
9	Работа выхода электронов	31	-0,45	0,15	3,02	0,01	7,30	0,99	$250 - 0,31 \text{РВЭ}$	0,11	-2,70	0,02
10	Температура кипения	42	-0,12	0,15	0,80	-	0,63	-0,23	$1,70 - 6 \cdot 10^{-5} t_{\text{кип}}$	$7 \cdot 10^{-5}$	-0,8	-
11	Температура плавления	43	-0,30	0,14	1,90	0,1	3,30	0,60	$1,80 - 2 \cdot 10^{-4} t_{\text{пл}}$	0,0001	-1,81	0,1
12	Относительная плотность	43	-0,30	0,14	1,92	0,1	3,42	0,61	$1,80 - 0,040 ОП$	0,02	-1,85	0,1
13	Сравнительная твердость	33	0,25	0,20	1,50	-	2,03	0,35	$1,33 + 0,041 СТ$	0,030	1,42	-
14	Теплопроводность	24	-0,24	0,20	1,21	-	1,40	0,20	$1,51 - 0,80 T$	0,70	-1,20	-
15	Электропроводность	24	-0,25	0,20	1,23	-	1,41	0,20	$1,50 - 0,012 \text{Э}$	0,010	-1,20	-
16	Стабильность гидрокомплексов	20	0,25	0,22	1,13	-	1,20	0,09	$1,20 + 0,030 pK_{\text{гидр}}$	0,030	1,10	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,53	0,20	2,10	0,1	3,10	0,60	$0,80 + 0,034 pK_{\text{ЭДТА}}$	0,02	1,80	-
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,20	0,34	0,60	-	0,33	-0,56	$1,70 - 0,030 pK_{\text{цит}}$	0,05	-0,60	-

Таблица 200. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_6 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	54	0,034	0,14	0,25	-	0,061	-0,013	$2,0 + 6,1 \cdot 10^{-4} MB$	0,002	0,25	-
2	Радиус атома R_a , Å	54	0,35	0,12	2,90	0,01	7,40	0,99	$0,28 + 0,98 R_a$	0,36	2,71	0,01
3	Радиус иона R_i , Å	33	-0,05	0,18	0,26	-	0,07	-1,35	$2,44 - 0,17 R_i$	0,64	-0,25	-
4	Ионные потенциалы	21	0,30	0,21	1,40	-	1,73	0,30	$1,75 + 0,20 ИП$	0,14	1,31	-
5	Энергия гидратации	33	-0,03	0,18	0,20	-	0,035	-1,70	$2,30 - 3 \cdot 10^{-5} ЭГ$	0,0001	-0,20	-
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,32	0,12	2,52	0,02	5,71	0,90	$3,41 - 0,20 ППИ$	0,08	-2,40	0,02
7	Электроотрицательность	36	-0,40	0,15	2,60	0,01	5,80	0,90	$3,40 - 0,923 Э$	0,40	-2,40	0,02
8	Сродство к электрону	10	-0,07	0,35	0,21	-	0,043	-1,60	$1,51 - 0,06 СЭ$	0,30	-0,21	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,28	0,15	1,80	0,1	3,01	0,55	$3,01 - 0,30 ВЭ$	0,17	-1,74	0,1
10	Температура кипения	54	-0,30	0,13	2,03	0,05	3,85	0,70	$2,64 - 2 \cdot 10^{-4} t_{кип}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-1,96	0,05
11	Температура плавления	55	-0,24	0,13	1,90	0,1	3,35	0,60	$2,50 - 3 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-1,83	0,1
12	Относительная плотность	54	-0,40	0,12	3,40	0,001	9,80	1,14	$271 - 0,072 ОП$	0,023	-3,13	0,01
13	Сравнительная твердость	39	0,21	0,16	1,32	-	1,70	0,26	$1,90 + 0,071 СТ$	0,053	1,30	-
14	Теплопроводность	31	-0,26	0,17	1,50	-	2,04	0,36	$2,14 - 0,95 Т$	0,70	-1,42	-
15	Электропроводность	30	-0,22	0,18	1,34	-	1,46	0,20	$2,23 - 0,014 Э$	0,011	-1,21	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,03	0,22	0,15	-	0,02	-1,90	$2,12 - 0,007 pK_{гидр}$	0,05	0,15	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,21	0,32	0,70	-	0,43	-0,42	$1,51 + 0,03 pK_{ЭДТА}$	0,05	0,66	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,40	0,30	1,40	-	1,60	0,24	$3,33 - 0,11 pK_{цит}$	0,08	-1,80	-

Таблица 201. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ доли металлов (без р-металлов), связываемых белком плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_7 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	53	0,44	0,11	3,85	0,001	12,03	1,24	$1,30 + 0,003 MB$	0,0008	3,50	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	53	-0,56	0,09	5,80	0,001	23,0	1,60	$2,80 - 0,62 R_a$	0,13	-4,80	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	32	-0,42	0,15	2,80	0,01	6,40	0,93	$2,40 - 0,72 R_i$	0,30	-2,53	0,02
4	Ионные потенциалы	21	0,45	0,18	2,50	0,05	4,95	0,80	$1,30 + 0,14 IP$	0,064	2,22	0,05
5	Энергия гидратации	32	0,36	0,16	2,30	0,05	4,50	0,75	$1,54 + 0,0001 \Delta G$	$6 \cdot 10^{-5}$	2,12	0,05
6	Потенциал первичной ионизации	52	0,52	0,10	5,01	0,001	18,4	1,45	$0,82 + 0,14 PPI$	0,03	4,30	0,001
7	Электроотрицательность	36	0,70	0,09	7,50	0,001	29,9	1,70	$0,77 + 0,633 \chi$	0,11	5,50	0,001
8	Сродство к электрону	9	0,62	0,23	2,70	0,05	4,41	0,74	$0,90 + 0,44 C\chi$	0,21	2,10	0,1
9	Работа выхода электрона	41	0,69	0,084	8,13	0,001	35,0	1,80	$0,54 + 0,31 \Phi W$	0,053	5,90	0,001
10	Температура кипения	53	0,53	0,10	5,30	0,001	19,9	1,50	$1,40 + 1,5 \cdot 10^{-4} t_{кип}$	$3 \cdot 10^{-5}$	4,50	0,001
11	Температура плавления	53	0,52	0,10	5,07	0,001	19,0	1,50	$1,50 + 2 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$5 \cdot 10^{-5}$	4,34	0,001
12	Относительная плотность	53	0,53	0,09	5,32	0,001	20,43	1,51	$1,50 + 0,035 \rho$	0,008	4,52	0,001
13	Сравнительная твердость	39	0,70	0,09	7,93	0,001	33,2	1,75	$1,25 + 0,09 CT$	0,02	5,3	0,001
14	Теплопроводность	31	-0,009	0,20	0,05	-	0,002	-3,0	$1,80 - 0,014 T$	0,29	-0,05	-
15	Электропроводность	30	-0,04	0,19	0,20	-	0,040	-1,61	$1,80 - 0,0009 \chi$	0,004	-0,20	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,50	0,20	3,10	0,01	7,15	0,98	$1,52 + 0,042 pK_{гидр}$	0,015	2,30	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,80	0,12	5,54	0,001	13,0	1,30	$0,93 + 0,045 pK_{ЭДТА}$	0,012	3,60	0,01
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,35	0,30	1,20	-	1,23	0,10	$1,70 + 0,021 pK_{цит}$	0,02	1,10	-

Таблица 202. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_8 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	29	-0,46	0,15	2,99	0,01	7,11	0,98	$0,34 - 6,5 \cdot 10^{-3} MB$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	-2,70	0,02
2	Радиус атома R_a , Å	30	0,61	0,12	5,22	0,001	16,97	1,41	$-2,20 + 1,31 R_a$	0,30	4,12	0,001
3	Радиус иона R_i , Å	19	0,30	0,22	1,30	-	1,50	0,20	$-1,00 + 0,90 R_i$	0,74	1,23	-
4	Ионные потенциалы	19	-0,40	0,21	1,80	0,1	2,75	0,51	$0,52 - 0,30 ИП$	0,16	-1,66	-
5	Энергия гидратации	19	-0,20	0,24	0,70	-	0,50	-0,40	$0,070 - 0,0002 ЭГ$	0,0003	-0,70	-
6	Потенциал первичной ионизации	30	-0,80	0,080	10,0	0,001	70,8	1,85	$2,40 - 0,40 ППИ$	0,06	-6,40	0,001
7	Электроотрицательность	27	-0,73	0,09	7,80	0,001	28,43	1,70	$1,70 - 1,31 Э$	0,24	-5,33	0,001
8	Сродство к электрону	9	-0,54	0,27	1,99	0,1	2,83	0,52	$0,94 - 0,76 СЭ$	0,45	-1,70	-
9	Работа выхода электронов	29	-0,73	0,09	8,32	0,001	31,8	1,73	$2,10 - 0,62 РВЭ$	0,11	-5,64	0,001
10	Температура кипения	30	-0,53	0,14	3,85	0,001	10,74	1,20	$0,70 - 0,0004 t_{кип}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-3,30	0,01
11	Температура плавления	30	-0,36	0,20	2,20	0,05	4,10	0,70	$0,024 - 4 \cdot 10^{-4} t_{пл}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-2,02	0,1
12	Относительная плотность	30	-0,64	0,11	5,71	0,001	19,30	1,50	$0,43 - 0,09 ОП$	0,02	-4,40	0,001
13	Сравнительная твердость	25	-0,50	0,20	2,93	0,1	6,65	0,95	$0,46 - 0,15 СТ$	0,060	-2,60	0,02
14	Теплопроводность	21	-0,20	0,22	0,90	-	0,74	-0,15	$-0,20 - 0,60 Т$	0,70	-0,90	-
15	Электропроводность	21	-0,20	0,22	0,74	-	0,53	-0,32	$-0,15 - 0,008 Э$	0,011	-0,73	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,35	0,20	1,80	0,1	2,80	0,51	$0,065 - 0,062 pK_{гидр}$	0,040	-1,70	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,90	0,07	12,93	0,001	32,80	1,74	$1,34 - 0,090 pK_{ЭДТА}$	0,015	-5,72	0,001
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,60	0,24	2,31	0,05	3,70	0,65	$0,23 - 0,12 pK_{цит}$	0,064	-1,91	0,1

Таблица 203. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_9 = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	29	-0,45	0,15	2,95	0,01	0,97	0,83	1,12-0,015MB	0,008	-2,63	0,02
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	30	-0,03	0,19	0,12	-	0,015	-2,11	0,09-0,098R _a	0,81	-0,12	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	19	0,16	0,24	0,67	-	0,43	-0,42	-0,93+1,11R _i	0,66	0,60	-
4	Ионные потенциалы	18	-0,16	0,24	0,65	-	0,41	-0,44	2,25-0,12ИП	0,20	-0,64	-
5	Энергия гидратации	19	-0,21	0,23	0,93	-	0,83	-0,09	654,8-83,8ЭГ	92,1	-0,91	-
6	Потенциал первичной ионизации	30	0,08	0,20	0,41	-	0,17	-0,90	7,34+0,080ППИ	0,20	0,41	-
7	Электроотрицательность	28	-0,40	0,17	2,33	0,05	4,60	0,76	1,50-0,0983Э	0,046	-2,14	0,05
8	Сродство к электрону	9	-0,30	0,34	0,84	-	0,65	-0,21	1,21-0,081СЭ	0,10	-0,81	-
9	Работа выхода электронов	29	-0,31	0,17	1,82	0,1	2,99	0,55	3,75-0,17РВЭ	0,09	-1,73	0,1
10	Температура кипения	30	-0,40	0,16	2,50	0,02	5,25	0,83	2247-253t _{кип}	110	-2,30	0,05
11	Температура плавления	30	-0,26	0,20	1,50	-	2,10	0,36	1080-106t _{пл}	73	-1,44	-
12	Относительная плотность	29	-0,35	0,17	2,05	0,05	3,70	0,65	7,21-1,16ОП	0,60	-1,92	0,1
13	Сравнительная твердость	22	-0,30	0,20	1,40	-	1,73	0,27	3,30-0,35СТ	0,30	-1,32	-
14	Теплопроводность	21	0,036	0,23	0,12	-	0,013	-2,16	0,28+0,0045Т	0,04	0,12	-
15	Электропроводность	21	0,043	0,23	0,19	-	0,035	-1,70	18,6+0,40Э	2,10	0,19	-
16	Стабильность гидрокомплексов	19	-0,40	0,21	1,80	0,1	2,80	0,51	4,25-0,80pKгидр	0,50	-1,70	
17	Стабильность комплексов с ЭДТА											
18	Стабильность комплексов цитратов	8	-0,20	0,40	0,50	-	0,24	-0,71	1,20-0,10pKцит	0,21	-0,50	-

Таблица 204. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($\cdot 10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{10} = a_0 + a_1 x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	30	-0,30	0,20	1,60	-	2,30	0,41	0,96-0,0112MB	0,007	-1,51	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	30	0,024	0,20	0,13	-	0,02	-2,10	0,13+0,11R _a	0,90	0,13	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	18	0,20	0,24	0,75	-	0,54	-0,30	-0,93+1,43R _i	1,95	0,74	-
4	Ионные потенциалы	15	-0,07	0,28	0,25	-	0,062	-1,40	0,74-0,10ИП	0,41	-0,25	-
5	Энергия гидратации	18	-0,30	0,23	1,21	-	1,35	0,15	1,10-0,0007ЭГ	0,0006	-1,20	-
6	Потенциал первичной ионизации	30	0,11	0,20	0,60	-	0,35	-0,52	-0,51+0,12ППИ	0,20	0,60	-
7	Электроотрицательность	22	-0,50	0,20	2,70	0,02	5,70	0,90	3,80-2,503Э	1,04	-2,40	0,05
8	Сродство к электрону	7	-0,54	0,31	1,72	-	2,10	0,40	3,64-2,10СЭ	1,42	-1,45	-
9	Работа выхода электронов	26	-0,30	0,20	1,50	-	2,05	0,34	2,51-6,30РВЭ	0,44	-1,43	-
10	Температура кипения	30	-0,30	0,30	0,20	-	1,50	2,04	1,20-4 $\cdot 10^4$ t _{кип}	3 $\cdot 10^{-4}$	-0,14	-
11	Температура плавления	31	-0,20	0,20	1,12	-	1,21	0,095	0,805+5 $\cdot 10^{-4}$ t _{пл}	5 $\cdot 10^{-4}$	-1,10	-
12	Относительная плотность	30	-0,33	0,20	1,94	0,1	3,40	0,61	1,15-0,20ОП	0,096	-1,83	0,1
13	Сравнительная твердость	22	-0,20	0,21	0,90	-	0,72	-0,20	0,55-0,14СТ	0,20	-0,89	-
14	Теплопроводность	16	0,10	0,30	0,40	-	0,14	-0,97	0,24+0,93Т	2,50	0,40	-
15	Электропроводность	16	0,11	0,30	0,42	-	0,20	-0,90	0,23+0,02Э	0,04	0,41	-
16	Стабильность гидрокомплексов	17	-0,22	0,25	0,90	-	0,73	-0,15	0,72-0,09pKгидр	0,10	-0,85	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	-0,23	0,36	0,65	-	0,40	-0,46	1,25-0,064pKЭДТА	0,093	-0,63	-
18	Стабильность комплексов цитратов	9	-0,20	0,40	0,50	-	0,24	-0,71	3,22-0,61pKцит	1,23	-0,50	-

Таблица 205. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($:10^3 \times 10^8$), % от содержания в океанской воде ($\times 10^3$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{11}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	24	0,29	0,19	1,51	-	2,09	0,37	-1,13+0,011MB	0,0075	1,45	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	25	-0,07	0,21	0,34	-	0,11	-1,09	0,025-0,26R _a	0,76	-0,34	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	47	-0,10	0,26	0,40	-	0,20	-0,93	-0,29-0,54R _i	1,37	-0,39	-
4	Ионные потенциалы	16	0,35	0,25	0,98	-	0,90	-0,051	-1,55+0,35ИП	0,37	0,95	-
5	Энергия гидратации	17	-0,02	0,26	0,084	-	0,007	-2,5	-0,84-0,8 $\cdot 10^{-4}$ ЭГ	9 $\cdot 10^{-4}$	-0,08	-
6	Потенциал первичной ионизации	25	0,08	0,21	0,41	-	0,16	-0,90	-0,90+0,072ППИ	0,18	0,40	-
7	Электроотрицательность	19	0,35	0,21	1,64	-	2,4	0,43	-2,4+1,61Э	1,09	1,54	-
8	Сродство к электрону	7	0,39	0,38	1,02	-	0,89	-0,06	-2,44+1,24СЭ	1,31	0,94	-
9	Работа выхода электронов	23	0,33	0,20	1,71	-	2,61	0,48	-2,41+0,65РВЭ	0,40	1,61	-
10	Температура кипения	24	0,42	0,17	2,43	0,05	4,85	0,8	-1,737 $\cdot 10^{-4}$ t _{кип}	3 $\cdot 10^{-4}$	2,20	0,05
11	Температура плавления	25	0,18	0,20	0,90	-	0,78	-0,12	-0,81+4 $\cdot 10^{-4}$ t _{пл}	5 $\cdot 10^{-4}$	0,9	-
12	Относительная плотность	24	0,40	0,18	2,26	0,05	4,27	0,73	-1,41+0,20ОП	0,09	2,06	0,1
13	Сравнительная твердость	17	0,26	0,23	1,17	-	1,16	0,072	-1,12+0,2СТ	0,17	1,07	-
14	Теплопроводность	14	-0,13	0,30	0,45	-	0,20	-0,91	0,25-1,14Т	2,60	-0,44	-
15	Электропроводность	14	-0,18	0,28	0,65	-	0,40	-0,45	0,09-0,024Э	0,04	-0,63	-
16	Стабильность гидрокомплексов	18	0,60	0,15	3,83	0,01	9,31	1,11	-1,55+0,24рКгидр	0,08	3,05	0,01
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	0,70	0,20	3,53	0,01	6,5	0,93	-3,15+0,16рКЭДТА	0,06	2,64	0,05
18	Стабильность комплексов цитратов	10	0,09	0,35	0,30	-	0,02	-1,30	-0,90+0,06рКцит	0,20	0,28	-

Таблица 206. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{12}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	53	-0,55	0,10	5,64	0,001	22,1	1,55	$2,80+0,02MB$	0,004	-4,71	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	54	9,22	9,13	1,70	0,1	2,80	0,51	$-1,30+1,30R_a$	0,30	1,70	0,1
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	32	0,20	0,20	1,10	-	1,11	0,055	$-0,34+1,10R_i$	1,02	1,06	-
4	Ионные потенциалы	21	-0,04	0,23	0,20	-	0,03	-1,80	$1,92-0,041ИП$	0,25	-0,20	-
5	Энергия гидратации	32	-0,20	0,20	1,10	-	1,10	0,05	$1,70-2 \cdot 10^{-4}ЭГ$	$2 \cdot 10^{-4}$	-1,05	-
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,40	0,12	2,95	0,01	7,60	1,01	$2,70-0,26ППИ$	0,09	-2,76	0,01
7	Электроотрицательность	37	-0,24	0,16	1,54	-	2,22	0,40	$1,64-0,45Э$	0,30	-1,50	-
8	Сродство к электрону	11	-0,44	0,30	1,62	-	2,12	0,40	$2,81-1,50СЭ$	1,02	-1,46	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,60	0,11	5,21	0,001	18,4	1,46	$6,32-1,42РВЭ$	0,33	-4,30	0,001
10	Температура кипения	53	-0,55	0,10	5,73	0,001	22,7	1,60	$3,11-8 \cdot 10^{-4}t_{кип}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-4,80	0,001
11	Температура плавления	53	-0,50	0,11	4,26	0,001	14,2	1,32	$2,40-1,2 \cdot 10^{-3}t_{пл}$	$3 \cdot 10^{-4}$	-3,80	0,001
12	Относительная плотность	52	-0,80	0,06	13,6	0,001	74,1	2,15	$3,20-0,30ОП$	0,03	-8,60	0,001
13	Сравнительная твердость	39	-0,35	0,14	2,44	0,02	5,23	0,83	$2,20-0,25СТ$	0,11	-2,30	0,05
14	Теплопроводность	31	-0,14	0,20	0,75	-	0,55	-0,39	$1,13-1,20Т$	1,30	-0,74	-
15	Электропроводность	30	-0,12	0,20	0,65	-	0,42	-0,44	$1,40-0,02Э$	0,025	-0,64	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,26	0,20	1,41	-	1,83	0,30	$6,96-0,76pK_{гидр}$	0,56	-1,34	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,41	0,30	1,50	-	1,80	0,30	$3,94-0,075pK_{ЭДТА}$	-0,056	-1,34	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,21	0,32	6,65	-	0,41	-0,45	$2,66-0,098pK_{цит}$	0,15	-0,64	-

Таблица 207. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{13}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	51	-0,066	0,14	0,46	-	0,21	-0,80	-0,32-0,0015MB	0,0033	-0,46	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	52	0,60	0,090	6,80	0,001	89	1,70	-4,34+2,40R _a	0,44	5,40	0,001
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	31	0,41	0,15	2,65	0,02	5,85	0,90	-1,00+1,13R _i	0,50	2,42	0,05
4	Ионные потенциалы	21	-0,12	0,23	0,54	-	0,30	-0,63	0,31-0,060ИП	0,11	-0,53	-
5	Энергия гидратации	31	-0,30	0,20	1,60	-	2,32	0,42	0,30-0,0002ЭГ	0,0001	-1,53	-
6	Потенциал первичной ионизации	51	-0,60	0,094	6,24	0,001	26	1,6	3,31-0,55ППИ	0,11	-5,10	0,001
7	Электроотрицательность	36	-0,74	0,008	9,7	0,001	42	1,90	3,12-2,63Э	0,40	-6,50	0,001
8	Сродство к электрону	9	-0,60	0,26	2,20	0,1	3,21	0,60	0,72-0,80СЭ	0,44	-1,80	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,71	0,08	9,14	0,001	40,8	1,85	3,80-1,15РВЭ	0,20	-6,40	0,001
10	Температура кипения	52	-0,33	0,12	2,70	0,01	6,35	0,92	$0,50-3,4 \cdot 10^{-4} t_{\text{кип}}$	$1 \cdot 10^{-4}$	-2,52	0,02
11	Температура плавления	52	-0,45	0,11	4,06	0,001	13,10	1,30	$0,54-7 \cdot 10^{-4} t_{\text{пл}}$	$2 \cdot 10^{-4}$	-3,61	0,001
12	Относительная плотность	52	-0,63	0,086	7,30	0,001	32,4	1,74	0,80-0,15ОП	0,026	-5,7	0,001
13	Сравнительная твердость	39	-0,09	0,20	0,60	-	0,31	0,60	-0,34+0,043СТ	0,08	-0,60	-
14	Теплопроводность	31	-0,22	0,20	1,30	-	1,55	0,22	-0,41-1,24Т	0,99	-1,25	-
15	Электропроводность	30	-0,30	0,20	1,70	-	2,63	0,50	-0,30-0,024Э	0,015	-1,62	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,00	0,22	0,22	-	0,05	-1,50	-0,40+0,012pKгидр	0,053	0,22	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,22	0,32	0,71	-	0,50	-0,41	-0,21-0,03pKЭДТА	0,04	-0,70	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,20	0,32	0,55	-	0,30	-0,62	0,30-0,054pKцит	0,10	-0,54	-

Таблица 208. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{14}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	42	-0,62	0,10	6,25	0,001	25	1,61	$1,75-0,033MB$	0,006	-4,98	0,001
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,03	0,16	0,20	-	0,03	-1,80	$-0,83+0,20R_a$	1,20	-0,20	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	0,40	0,17	2,21	0,05	4,22	0,72	$-4,96+4,32R_i$	2,10	2,05	0,1
4	Ионные потенциалы	19	-0,42	0,20	2,10	0,1	3,60	0,64	$-2,10-0,81IP$	0,43	-1,89	0,1
5	Энергия гидратации	28	-0,34	0,20	1,98	0,1	3,45	0,62	$0,34-0,001\Delta G$	$6 \cdot 10^{-4}$	-1,86	0,1
6	Потенциал первичной ионизации	42	-0,04	0,16	0,24	-	0,056	-1,44	$-0,83-0,034PPI$	0,14	-0,24	-
7	Электроотрицательность	27	-0,60	0,13	4,56	0,001	13,5	1,30	$5,33-3,973\chi$	1,10	-3,70	0,01
8	Сродство к электрону	10	-0,32	0,32	1,00	-	0,90	-0,05	$3,10-1,95C\chi$	2,07	-0,95	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,40	0,15	2,62	0,02	5,80	0,90	$3,72-1,20P\chi$	0,50	-2,40	0,05
10	Температура кипения	42	-0,50	0,12	4,21	0,001	13,3	1,30	$1,96-3,4 \cdot 10^{-3}t_{кип}$	$4 \cdot 10^{-4}$	-3,65	0,001
11	Температура плавления	42	-0,40	0,13	2,95	0,01	7,35	0,99	$0,72-0,002t_{пл}$	$6 \cdot 10^{-4}$	-2,71	0,01
12	Относительная плотность	41	-0,53	0,12	4,60	0,001	15,0	1,35	$1,04-0,34OP$	0,09	-3,90	0,001
13	Сравнительная твердость	33	-0,76	0,08	9,91	0,001	42	1,90	$2,30-0,73CT$	0,11	-6,50	0,001
14	Теплопроводность	25	0,20	0,20	0,95	-	0,90	-0,07	$-1,63+1,97T$	2,10	0,94	-
15	Электропроводность	25	0,23	0,20	1,20	-	1,30	0,13	$-1,42+0,04\chi$	0,035	1,13	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,60	0,15	3,80	0,01	9,70	1,73	$1,63-0,40pK_{гидр}$	0,13	-3,11	0,01
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,70	0,20	4,04	0,01	8,44	1,10	$4,70-0,30pK_{ЭДТА}$	0,09	-2,90	0,02
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,17	0,32	0,51	-	0,25	-0,69	$0,72-0,15pK_{цит}$	0,30	-0,50	-

Таблица 209. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{15}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	42	-0,40	0,13	3,0	0,01	7,65	1,02	1,52-0,014MB	0,005	-2,8	0,01
2	Радиус атома R_a , Å	43	-0,008	0,16	0,052	-	0,003	-2,95	0,30-0,042R _a	0,80	-0,05	-
3	Радиус иона R_i , Å	28	0,50	0,15	3,25	0,01	8,10	1,04	-2,99+3,60R _i	1,26	2,84	0,01
4	Ионные потенциалы	19	-0,72	0,12	6,20	0,001	18,4	1,46	3,03-0,85ИП	0,20	-4,30	0,001
5	Энергия гидратации	28	-0,40	0,17	2,24	0,05	4,30	0,73	1,30-8·10 ⁻⁴ ЭГ	4·10 ⁻⁴	-2,1	0,05
6	Потенциал первичной ионизации	42	0,25	0,15	1,70	0,1	2,72	0,50	-0,91+0,16ППИ	0,096	1,65	0,1
7	Электроотрицательность	27	-0,34	0,20	1,93	0,1	3,30	0,60	2,91-1,553Э	0,85	-1,82	0,1
8	Сродство к электрону	10	-0,20	0,34	0,56	-	0,30	-0,60	1,21-0,062СЭ	0,11	-0,55	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,22	0,20	1,30	-	1,52	0,21	3,65-0,10РВЭ	0,08	-1,23	-
10	Температура кипения	42	-0,50	0,12	3,72	0,001	10,8	1,20	2319-252t _{кип}	76,5	-3,3	0,001
11	Температура плавления	42	-0,42	0,13	3,30	0,001	8,80	1,10	1142-150t _{пл}	50,6	-2,96	0,01
12	Относительная плотность	41	-0,20	0,15	1,30	-	1,60	0,24	6,90-0,45ОП	0,36	-1,30	-
13	Сравнительная твердость	33	-0,85	0,050	17,1	0,001	81,0	2,20	4,93-1,40СТ	0,15	-9,0	0,001
14	Теплопроводность	25	0,50	0,20	2,94	0,01	6,70	0,95	0,22+0,064Т	0,025	2,60	0,02
15	Электропроводность	25	0,50	0,16	3,14	0,01	7,44	1,00	13,4+4,20Э	1,54	2,73	0,02
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,60	0,15	3,92	0,001	10,2	1,20	5,70-1,26pKгидр	0,40	-3,20	0,01
17	Стабильность комплексов с ЭДТА											
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 210. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{16}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	51	-0,64	0,084	7,62	0,001	34,2	1,80	-0,90-0,02MB	0,003	-5,84	0,001
2	Радиус атома R_a , Å	52	-0,09	0,14	0,66	-	0,43	-0,42	-2,30-0,50 R_a	0,71	-0,66	-
3	Радиус иона R_i , Å	31	-0,05	0,20	0,30	-	0,07	-1,35	-0,30-2,34 R_i	1,10	-0,26	-
4	Ионные потенциалы	21	0,02	0,23	0,083	-	0,007	-2,50	0,02-2,80ИП	0,24	0,083	-
5	Энергия гидратации	31	-0,04	0,20	0,24	-	0,06	-1,45	-3,05-0,6·10 ⁻⁴ ЭГ	2·10 ⁻⁴	-0,24	-
6	Потенциал первичной ионизации	51	-0,07	0,14	0,50	-	0,22	-0,76	-2,50-0,081ППИ	0,20	-0,50	-
7	Электроотрицательность	36	-0,24	0,20	1,50	-	2,10	0,40	-1,05-1,023Э	0,70	-1,44	-
8	Сродство к электрону	9	-0,44	0,30	1,50	-	1,72	0,30	-1,11-1,24СЭ	0,90	-1,31	-
9	Работа выхода электронов	41	-0,09	0,16	0,62	-	0,40	-0,50	-2,05-0,205РВЭ	0,32	-0,62	-
10	Температура кипения	52	-0,35	0,12	2,81	0,01	6,97	0,97	-1,81-4·10 ⁻⁴ $t_{кип}$	2·10 ⁻⁴	-2,65	0,01
11	Температура плавления	52	-0,14	0,14	1,02	-	1,03	0,015	-2,70-3·10 ⁻⁴ $t_{пл}$	3·10 ⁻⁴	-1,01	-
12	Относительная плотность	52	-0,35	0,12	2,84	0,01	7,10	0,97	-2,15-0,11ОП	0,04	-2,66	0,01
13	Сравнительная твердость	39	-0,32	0,15	2,22	0,05	4,40	0,74	-1,00-0,20СТ	0,09	-2,10	0,05
14	Теплопроводность	31	-0,006	0,20	0,03	-	0,001	-3,42	-2,72-0,045Т	1,40	-0,03	-
15	Электропроводность	30	0,08	0,20	0,44	-	0,20	-0,82	-2,70+0,0097Э	0,02	0,44	-
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,30	0,20	1,33	-	1,64	0,25	-1,60-0,12рКгидр	0,09	-1,30	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,21	0,32	0,70	-	0,44	-0,41	-0,20-0,04рКЭДТА	0,07	-0,70	-
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,09	0,33	0,30	-	0,08	-1,25	-1,94-0,060рКцит	0,21	-0,30	-

Таблица 211. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов)

в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{17}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	21	-0,60	0,15	4,03	0,001	10,5	1,20	-1,80-0,023MB	0,007	-3,23	0,01
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	22	-0,04	0,22	0,20	-	0,040	-1,65	-2,98-0,15R _a	0,80	-0,20	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	15	0,20	0,30	0,72	-	0,50	-0,35	-4,4+1,30R _i	1,80	0,70	-
4	Ионные потенциалы	14	-0,11	0,30	0,40	-	0,14	-0,98	-2,94-0,14ИП	0,40	-0,40	-
5	Энергия гидратации	15	-0,30	0,26	1,05	-	1,01	0,008	-2,52-8·10 ⁻⁴ ЭГ	0,8·10 ⁻³	-1,01	-
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,11	0,22	0,51	-	0,26	-0,7	-3,91+0,096ППИ	0,2	0,51	-
7	Электроотрицательность	20	-0,51	0,20	2,90	0,01	6,20	0,91	-0,61-2,103Э	0,83	-2,5	0,05
8	Сродство к электрону	7	-0,41	0,40	1,10	-	1,00	0,002	-0,90-1,60СЭ	1,60	-1,00	-
9	Работа выхода электронов	20	-0,40	0,20	1,94	0,1	3,20	0,60	-1,10-0,64РВЭ	0,36	-1,8	0,1
10	Температура кипения	22	-0,60	0,15	3,99	0,001	10,5	1,20	-1,40-0,9·10 ⁻³ t _{кип}	0,3·10 ⁻³	-3,23	0,01
11	Температура плавления	22	-0,25	0,21	1,21	-	1,40	0,20	-2,65-6·10 ⁻⁴ t _{пл}	0,5·10 ⁻³	-1,20	-
12	Относительная плотность	21	-0,60	0,15	3,84	0,01	9,80	1,14	-2,1-0,26ОП	0,083	-3,12	0,01

13	Сравнительная твердость	16	-0,31	0,24	1,30	-	1,50	0,20	-2,60-0,20СТ	0,16	-1,22	-
14	Теплопроводность	13	0,24	0,28	0,88	-	0,65	-0,21	-4,01+1,80Т	2,23	0,80	-
15	Электропроводность	14	0,25	0,30	0,92	-	0,80	-0,11	-3,92+0,034Э	0,04	0,90	-
16	Стабильность гидрокомплексов	15	-0,60	0,20	3,13	0,01	6,53	0,94	-2,20-0,26рКгидр	0,10	-2,55	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,34	0,31	1,10	-	1,03	0,015	-2,1-0,07рКЭДТА	0,07	-1,01	-
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 212. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета lg содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	t_r	P_r	<i>F</i>	<i>Z</i>	$\lg Y_{18}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	40	-0,20	0,16	1,15	-	1,30	0,12	0,403-0,0063MB	0,006	-1,13	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	41	0,52	0,12	4,50	0,001	14,54	1,34	-5,20+2,97R _a	0,80	3,81	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	27	0,55	0,14	3,91	0,001	11,0	1,20	-3,64+4,13R _i	1,30	3,30	0,01
4	Ионные потенциалы	19	-0,80	0,09	7,85	0,001	25,0	1,61	3,53-1,03ИП	0,21	-5,0	0,001
5	Энергия гидратации	28	-0,50	0,16	2,94	0,01	6,81	0,96	1,25-0,9 $\cdot 10^{-3}$ ЭГ	0,0003	-2,60	0,02
6	Потенциал первичной ионизации	40	-0,30	0,15	2,10	0,05	3,90	0,68	2,75-0,43ППИ	0,22	-2,00	0,05
7	Электроотрицательность	27	-0,60	0,13	4,30	0,001	12,20	1,25	4,80-3,203Э	0,92	-3,50	0,01
8	Сродство к электрону	8	-0,20	0,40	0,52	-	0,26	-0,70	2,34-0,73СЭ	1,44	-0,51	-
9	Работа выхода электронов	32	-0,55	0,13	4,31	0,001	13,0	1,30	4,94-1,32РВЭ	0,37	-3,60	0,01
10	Температура кипения	41	-0,40	0,13	2,95	0,01	7,34	0,99	1,60-0,7 $\cdot 10^{-3}$ t _{кип}	0,0003	-2,70	0,01
11	Температура плавления	41	-0,53	0,11	4,60	0,001	15,2	1,36	1,56-0,0015t _{пл}	0,0004	-3,9	0,001
12	Относительная плотность	41	-0,40	0,13	3,01	0,01	7,60	1,01	1,20-0,20ОП	0,071	-2,75	0,01
13	Сравнительная твердость	33	-0,80	0,07	12,0	0,001	53,0	1,98	2,45-0,54СТ	0,074	-7,3	0,001
14	Теплопроводность	25	-0,24	0,20	0,22	-	1,40	0,17	-0,74+1,94Т	1,65	1,20	-
15	Электропроводность	25	0,26	0,20	1,33	-	1,65	0,25	-0,52+0,033Э	0,025	1,30	-
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,50	0,17	2,94	0,01	6,51	0,94	1,50-0,30pK _{гидр}	0,11	-2,55	0,02
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,71	0,16	4,40	0,01	9,43	1,12	3,50-0,24pKЭДТА	0,08	-3,10	0,02
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 213. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в земной коре по ряду их физических и физико-химических констант % от содержания в океанической воде

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{19}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	22	0,25	0,21	1,20	-	1,32	0,14	-4,80+0,020MB	0,014	1,15	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	23	0,20	0,21	0,81	-	0,64	-0,22	-5,30+0,99R _a	1,23	0,80	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	15	0,40	0,23	1,74	-	2,54	0,50	-7,23+3,80R _i	2,40	1,60	-
4	Ионные потенциалы	14	-0,20	0,28	0,72	-	0,50	-0,34	-2,50-0,41ИП	0,60	-0,71	-
5	Энергия гидратации	15	-0,20	0,30	0,80	-	0,60	-0,30	-2,65-0,001ЭГ	0,0015	-0,75	-
6	Потенциал первичной ионизации	23	-0,02	0,22	0,10	-	0,009	-2,30	-3,50-0,030ППИ	0,30	-0,10	-
7	Электроотрицательность	20	-0,31	0,21	1,50	-	1,94	0,33	-0,70-2,20Э	1,60	-1,40	-
8	Сродство к электрону	8	-0,15	0,40	0,40	-	0,13	-1,00	-3,51-0,30СЭ	0,80	-0,40	-
9	Работа выхода электронов	22	-0,26	0,21	1,23	-	1,41	0,20	-1,10-0,76РВЭ	0,64	-1,20	-
10	Температура кипения	23	-0,21	0,21	1,00	-	0,96	-0,02	-2,54-6·10 ⁻⁴ t _{кип}	6·10 ⁻⁴	-0,98	-
11	Температура плавления	23	-0,20	0,21	0,84	-	0,70	-0,20	-2,99-0,0007t _{пл}	0,0008	-0,82	-
12	Относительная плотность	22	-0,11	0,22	0,50	-	0,23	-0,73	-3,45-0,072ОП	0,15	-0,50	-
13	Сравнительная твердость	17	-0,40	0,22	1,81	0,1	2,80	0,51	-4,14-0,103СТ	0,062	-1,70	-
14	Теплопроводность	14	0,35	0,25	1,40	-	1,66	0,25	-4,60+0,70Т	0,53	1,30	-
15	Электропроводность	13	0,31	0,30	1,15	-	1,20	0,09	-4,54+0,0096Э	0,009	1,10	-
16	Стабильность гидрокомплексов	16	-0,30	0,24	1,23	-	1,40	0,20	-2,50+0,30pKгидр	0,23	-1,2	-
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,20	0,34	0,50	-	0,21	-0,80	-4,51-0,011pKЭДТА	0,024	-0,50	-
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 214. Характеристика корреляционных связей и уравнения для расчета $\lg$ содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	F	Z	$\lg Y_{20}=a_0+a_1x$	σ_{a_1}	t_{a_1}	P_{a_1}
1	Молекулярный вес	21	0,20	0,22	0,73	-	0,53	-0,32	-0,008+0,006MB	0,008	0,73	-
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	22	-0,25	0,21	1,20	-	1,31	0,13	1,60-0,80R _a	0,70	-1,14	-
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	15	-0,13	0,30	0,50	-	0,21	-0,80	0,43-0,60R _i	1,30	-0,50	-
4	Ионные потенциалы	14	0,55	0,20	2,80	0,02	5,30	0,83	-1,31+0,60ИП	0,25	2,30	0,05
5	Энергия гидратации	15	0,60	0,20	3,40	0,01	7,31	0,99	-0,90+0,0013ЭГ	0,0005	2,70	0,02
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,08	0,22	0,40	-	0,14	-0,99	-0,076+0,061ППИ	0,20	0,40	-
7	Электроотрицательность	20	0,53	0,20	3,14	0,01	7,10	0,98	-2,21+2,103Э	0,80	2,70	0,02
8	Сродство к электрону	7	0,70	0,23	2,95	0,05	4,60	0,76	1,42+0,33СЭ	0,15	2,1	0,1
9	Работа выхода электронов	20	0,62	0,14	4,25	0,001	11,15	1,20	3,40+0,40РВЭ	0,11	3,34	0,01
10	Температура кипения	22	0,43	0,20	2,40	0,05	4,55	0,76	1813+299t _{кип}	140	2,13	0,05
11	Температура плавления	22	0,55	0,15	3,60	0,01	8,92	1,10	843+259t _{пл}	87	2,98	0,01
12	Относительная плотность	21	0,53	0,20	3,22	0,01	7,45	1,00	4,71+1,23ОП	0,45	2,73	0,02
13	Сравнительная твердость	16	0,74	0,12	6,20	0,001	17	1,4	2,45+1,10СТ	0,26	4,15	0,001
14	Теплопроводность	13	-0,20	0,30	0,60	-	0,34	-0,54	0,25-0,021Т	0,04	-0,6	-
15	Электропроводность	14	-0,14	0,30	0,50	-	0,25	-0,70	17,4-1,102Э	2,16	-0,50	-
16	Стабильность гидрокомплексов	15	0,60	0,20	3,23	0,01	6,85	0,96	3,84+1,20pKгидр	0,50	2,61	0,05
17	Стабильность комплексов с ЭДТА											
18	Стабильность комплексов цитратов											

Таблица 215. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из желудочно-кишечного тракта по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_1 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	49	-0,28	0,14	2,02	0,05	$416MB^{-0,84}$
2	Радиус атома R_a , Å	48	-0,23	0,14	1,6		$28R_a^{-2,45}$
3	Радиус иона R_i , Å	28	0,13				$6,98R_i^{1,30}$
4	Ионные потенциалы	17	-0,13				$14ИП^{-0,58}$
5	Энергия гидратации	28	-0,28				$623ЭГ^{-0,73}$
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,25	0,14	1,73	0,1	$0,085ППИ^{2,38}$
7	Электроотрицательность	33	0,27				$5,83Э^{2,07}$
8	Сродство к электрону	10	0,10				$34,5СЭ^{0,30}$
9	Работа выхода электронов	38	0,09				$3,9РВЭ^{0,93}$
10	Температура кипения	47	-0,15				$1359t_{кип}^{-0,64}$
11	Температура плавления	49	-0,074				$33,6t_{пл}^{-0,18}$
12	Относительная плотность	47	-0,04				$12,3ОП^{-0,15}$
13	Сравнительная твердость	34	-0,13				$25,4СТ^{-0,37}$
14	Теплопроводность	27	0,30				$58Т^{0,62}$
15	Электропроводность	26	0,47	0,18	2,62	0,02	$3,79Э^{0,82}$
16	Стабильность гидрокомплексов	21	0,14				$11pK_{гидр}^{0,37}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	-0,03				$78,6pK_{ЭДТА}^{-0,031}$
18	Стабильность комплексов цитратов	9	0,15				$3,3pK_{цит}^{0,99}$

Таблица 216. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины всасывания металлов (без р-металлов) из легких по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_2 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	56	-0,53	0,12	4,58	0,001	$89MB^{-0,22}$
2	Радиус атома R_a , Å	55	-0,057				$35R_a^{-0,09}$
3	Радиус иона R_i , Å	33	0,49	0,16	3,13	0,01	$35R_i^{0,75}$
4	Ионные потенциалы	21	-0,74	0,15	4,81	0,001	$53ИП^{-0,51}$
5	Энергия гидратации	33	-0,79	0,11	7,23	0,001	$2,15ЭГ^{-2}$
6	Потенциал первичной ионизации	54	0,11				$25ППИ^{0,16}$
7	Электроотрицательность	36	-0,47	0,15	3,09	0,01	$423Э^{-0,55}$
8	Сродство к электрону	11	-0,24				$41СЭ$
9	Работа выхода электронов	41	-0,45	0,14	3,17	0,01	$81РВЭ^{-0,65}$
10	Температура кипения	54	-0,52	0,10	5,44	0,001	$395t_{кип}^{0,32}$
11	Температура плавления	55	-0,65	0,10	6,32	0,001	$157t_{пл}^{-0,23}$
12	Относительная плотность	54	-0,46	0,12	3,74	0,001	$47,3ОП^{-0,2}$
13	Сравнительная твердость	39	-0,90	0,07	12,6	0,001	$49СТ^{-0,33}$
14	Теплопроводность	31	0,32	0,18	1,83	0,1	$41Т^{0,32}$
15	Электропроводность	30	0,37	0,17	2,11	0,05	$27,5Э^{0,11}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,59	0,18	3,37	0,01	$42pK_{гидр}^{-0,19}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,86	0,15	5,56	0,001	$100pK_{ЭДТА}^{-0,4}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,16				$27pK_{цит}^{0,09}$

Таблица 217. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в печени по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_3 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	49	0,27	0,14	1,92	0,1	$0,49MB^{0,59}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	48	-0,37	0,14	2,7	0,01	$27R_a^{-3,08}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	-0,26				$4,28R_i^{-1,58}$
4	Ионные потенциалы	20	0,15				$2,75ИП^{0,46}$
5	Энергия гидратации	28	0,25				$0,4ЭГ^{0,39}$
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,33	0,14	2,35	0,02	$0,053ППИ^{2,5}$
7	Электроотрицательность	35	0,42	0,15	2,73	0,01	$2,553Э^{2,54}$
8	Сродство к электрону	9	0,71	0,26	2,68	0,01	$5,8СЭ^{1,29}$
9	Работа выхода электронов	41	0,31	0,15	2,03	0,05	$0,45РВЭ^{2,0}$
10	Температура кипения	48	0,38	0,13	2,83	0,01	$0,0015t_{кип}^{1,1}$
11	Температура плавления	49	0,13				$1,82t_{пл}^{0,19}$
12	Относительная плотность	49	0,47	0,13	3,67	0,001	$1,28ОП^{0,88}$
13	Сравнительная твердость	34	0,24				$3,4СТ^{0,4}$
14	Теплопроводность	31	0,076				$10,5Т^{0,08}$
15	Электропроводность	30	-0,076				$8,4Э^{-0,1}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	0,42	0,19	2,18	0,05	$1,73pK_{гидр}^{0,76}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,25				$0,76pK_{ЭДТА}^{0,66}$
18	Стабильность комплексов цитратов	10	0,40				$0,095pK_{цит}^{2,37}$

Таблица 218. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в почках по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_4 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	49	0,40	0,13	2,96	0,01	$0,014MB^{1,0}$
2	Радиус атома R_a , Å	48	-0,44	0,13	3,31	0,001	$12,9R_a^{-4,48}$
3	Радиус иона R_i , Å	28	-0,27				$0,73R_i^{-1,87}$
4	Ионные потенциалы	20	-0,20				$0,34IP^{0,69}$
5	Энергия гидратации	28	0,29				$0,028ЭГ^{0,54}$
6	Потенциал первичной ионизации	47	0,48	0,13	3,68	0,001	$3 \cdot 10^{-4}ППИ^{4,49}$
7	Электроотрицательность	34	0,68	0,13	5,27	0,001	$0,223Э^{4,8}$
8	Сродство к электрону	9	0,70	0,27	2,6	0,05	$1,4СЭ^{2,26}$
9	Работа выхода электронов	39	0,55	0,14	4,00	0,001	$0,0046РВЭ^{4,4}$
10	Температура кипения	48	0,49	0,13	3,80	0,001	$2,2^{-6}t_{кип}^{4,73}$
11	Температура плавления	49	0,23				$0,11t_{пл}^{0,4}$
12	Относительная плотность	49	0,64	0,11	5,63	0,001	$0,1ОП^{1,49}$
13	Сравнительная твердость	36	0,43	0,16	2,78	0,01	$0,52СТ^{0,78}$
14	Теплопроводность	28	-0,07				$1,69Т^{-0,1}$
15	Электропроводность	27	-0,19				$3,06Э^{-0,32}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,59	0,18	3,38	0,01	$0,16рКгидр^{1,19}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,34				$0,06рКЭДТА^{0,83}$
18	Стабильность комплексов цитратов	10	0,36				$0,014рКцит^{2,18}$

Таблица 219. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины содержания металлов (без р-металлов) в скелете по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_5 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	44	0,28	0,15	1,88	0,1	$4,6MB^{0,45}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	0,17				$19,8R_a^{1,04}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	29	-0,18				$37,6R_i^{-0,68}$
4	Ионные потенциалы	19	0,46	0,22	2,14	0,05	$15,3ИП^{0,79}$
5	Энергия гидратации	29	0,60	0,15	3,9	0,001	$1,05ЭГ^{0,57}$
6	Потенциал первичной ионизации	42	-0,029				$46ППИ^{-0,19}$
7	Электроотрицательность	26	0,036				$283Э^{0,12}$
8	Сродство к электрону	6	-0,28				$11,2СЭ^{-0,67}$
9	Работа выхода электронов	31	0,05				$19,4РВЭ^{0,25}$
10	Температура кипения	43	0,14				$2,9t_{кип}^{0,32}$
11	Температура плавления	44	0,29	0,15	1,97	0,05	$3,37t_{пл}^{0,34}$
12	Относительная плотность	44	0,13				$22,5ОП^{0,19}$
13	Сравнительная твердость	32	0,61	0,15	4,22	0,001	$16,2СТ^{0,65}$
14	Теплопроводность	22	-0,60	0,18	3,34	0,01	$10Т^{-0,54}$
15	Электропроводность	21	-0,59	0,18	3,34	0,01	$85,2Э^{-0,47}$
16	Стабильность гидрокомплексов	20	0,28				$25pK_{гидр}^{0,26}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,34				$8pK_{ЭДТА}^{0,47}$
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,83	0,17	4,8	0,01	$531pK_{цит}^{-1,73}$

Таблица 220. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины периода биологического полувыведения металлов (без р-металлов) по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_6 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	55	0,17				$17,3MB^{0,43}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	54	0,34	0,13	2,62	0,01	$29,5R_a^{3,1}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	33	-0,13				$223R_i^{-0,88}$
4	Ионные потенциалы	21	0,39	0,21	0,84	0,1	$64,3IP^{1,37}$
5	Энергия гидратации	33	0,56	0,15	3,77	0,001	$0,66ЭГ^{0,92}$
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,25	0,13	1,89	0,1	$1,4 \cdot 10^4 ППИ^{-2,5}$
7	Электроотрицательность	36	0,31	0,16	1,90	0,1	$2393Э^{-2,29}$
8	Сродство к электрону	10	-0,15				$30СЭ^{-0,35}$
9	Работа выхода электронов	42	-0,21				$850РВЭ^{-1,8}$
10	Температура кипения	54	-0,06				$721t_{\text{кип}}^{-0,22}$
11	Температура плавления	55	0,04				$67t_{\text{пл}}^{0,085}$
12	Относительная плотность	54	-0,14				$262ОП^{-0,39}$
13	Сравнительная твердость	39	0,23				$76СТ^{0,53}$
14	Теплопроводность	31	-0,50	0,16	3,22	0,01	$14,7Т^{-0,86}$
15	Электропроводность	30	-0,43	0,17	2,53	0,02	$470Э^{-0,71}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,20				$89,3pK_{\text{гидр}}^{0,39}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,38				$6pK_{\text{ЭДТА}}^{1,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,41				$8816pK_{\text{цит}}^{-1,85}$

Таблица 221. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета величины доли металлов (без р-металлов), связываемых белками плазмы крови по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_7 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	54	0,60	0,11	5,40	0,001	$2,48MB^{0,71}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	53	-0,49	0,12	4,0	0,001	$175R_a^{-2,2}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	32	-0,28				$45,5R_i^{-1,0}$
4	Ионные потенциалы	21	0,57	0,19	3,2	0,01	$17,5ИП^{0,95}$
5	Энергия гидратации	32	0,68	0,13	5,1	0,001	$1,05ЭГ^{0,6}$
6	Потенциал первичной ионизации	52	0,58	0,11	5,06	0,001	$0,61ППИ^{2,42}$
7	Электроотрицательность	36	0,79	0,11	7,46	0,001	$24,93Э^{2,24}$
8	Сродство к электрону	9	0,60	0,30	1,99	0,1	$26,5СЭ^{1,18}$
9	Работа выхода электронов	41	0,75	0,11	7,05	0,001	$1,6РВЭ^{2,7}$
10	Температура кипения	53	0,64	0,11	5,92	0,001	$0,024t_{кип}^{1,0}$
11	Температура плавления	54	0,70	0,10	7,23	0,001	$1,44t_{пл}^{0,55}$
12	Относительная плотность	54	0,85	0,07	11,5	0,001	$12,2ОП^{0,87}$
13	Сравнительная твердость	39	0,84	0,09	9,4	0,001	$20СТ^{0,81}$
14	Теплопроводность	31	-0,11				$59Т^{-0,12}$
15	Электропроводность	30	-0,27				$90Э^{0,18}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	0,64	0,17	3,80	0,01	$28pK_{гидр}^{0,5}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	0,73	0,23	3,2	0,02	$3,6pK_{ЭДТА}^{0,91}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	0,35				$37,2pK_{цит}^{0,37}$

Таблица 222. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета токсичности металлов (без р-металлов), мА/кг, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_g = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	30	-0,46	0,17	2,74	0,02	$50,5MB^{-1,0}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	30	0,61	0,15	4,1	0,001	$0,063R_a^{4,9}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	19	0,26	0,89			$0,89R_i^{1,7}$
4	Ионные потенциалы	19	-0,47	0,21	2,19	0,05	$2,35ИП^{-1,67}$
5	Энергия гидратации	19	-0,43	0,22	1,96	0,1	$110ЭГ^{-0,82}$
6	Потенциал первичной ионизации	30	-0,77	0,12	6,4	0,001	$31923ППИ^{-5,6}$
7	Электроотрицательность	27	-0,75	0,13	5,67	0,001	$2,23Э^{-4,17}$
8	Сродство к электрону	9	-0,52	0,32	1,62		$СЭ^{-2,0}$
9	Работа выхода электронов	29	-0,75	0,13	5,9	0,001	$332РВЭ^{-4,9}$
10	Температура кипения	30	-0,55	0,16	3,52	0,01	$4,7 \cdot 10^5 t_{кип}^{-1,79}$
11	Температура плавления	30	-0,41	0,17	2,40	0,05	$28,4 t_{пл}^{-0,59}$
12	Относительная плотность	30	-0,79	0,12	6,85	0,001	$6,89ОП^{-1,52}$
13	Сравнительная твердость	25	-0,68	0,15	4,46	0,001	$2,3СТ^{-1,2}$
14	Теплопроводность	21	0,008				$0,45Т^{0,014}$
15	Электропроводность	21	0,09				$0,34Э^{0,16}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,58	0,18	3,22	0,01	$1,65рКгидр^{-0,93}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,95	0,11	9,65	0,001	$127рКЭДТА^{-1,9}$
18	Стабильность комплексов цитратов	10	-0,64	0,27	2,34	0,05	$11рКцит^{-2,3}$

Таблица 223. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_9 = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	27	-0,48	0,18	2,76	0,02	$9382MB^{-2,27}$
2	Радиус атома R_a , Å	27	-0,16				$2,89R_a^{-2,3}$
3	Радиус иона R_i , Å	18	0,22				$2,6R_i^{3,07}$
4	Ионные потенциалы	17	-0,08				$1,98ИП^{-0,58}$
5	Энергия гидратации	18	-0,23				$678ЭГ^{-0,97}$
6	Потенциал первичной ионизации	27	0,08				$0,07ППИ^{1,4}$
7	Электроотрицательность	25	-0,37	0,19	1,91	0,1	$3,53Э^{-4,7}$
8	Сродство к электрону	8	-0,23				$10,6СЭ^{-2,2}$
9	Работа выхода электронов	26	-0,27				$116РВЭ^{-4,0}$
10	Температура кипения	27	-0,48	0,18	2,76	0,02	$4 \cdot 10^4 t_{кип}^{-3,3}$
11	Температура плавления	27	-0,22				$235t_{пл}^{-0,83}$
12	Относительная плотность	26	-0,42	0,19	2,26	0,05	$11,2ОП^{-1,87}$
13	Сравнительная твердость	20	-0,17				$1,94СТ^{-0,72}$
14	Теплопроводность	18	0,07				$T^{0,28}$
15	Электропроводность	18	0,11				$0,39Э^{0,48}$
16	Стабильность гидрокомплексов	18	-0,24				$2,37pK_{гидр}^{-0,86}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	0,26				$164pK_{ЭДТА}^{-1,54}$
18	Стабильность комплексов цитратов	8	-0,28				$169pK_{цит}^{-2,3}$

Таблица 224. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($\cdot 10^3 \times 10^{13}$), % от содержания в земной коре ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_{10} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	28	-0,13				$5,36MВ^{-0,5}$
2	Радиус атома R_a , Å	28	-0,37	0,18	2,04	0,1	$4,2R_a^{-4,2}$
3	Радиус иона R_i , Å	19	-0,01				$0,78R_i^{-0,13}$
4	Ионные потенциалы	18	-0,21				$0,56ИП^{-0,1}$
5	Энергия гидратации	19	-0,24				$45,8ЭГ^{-0,7}$
6	Потенциал первичной ионизации	28	0,49	0,17	2,78	0,01	$1,9 \cdot 10^{-6}ППИ^{6,6}$
7	Электроотрицательность	26	0,30				$0,243Э^{3,2}$
8	Сродство к электрону	9	0,25				$4,3СЭ^{1,26}$
9	Работа выхода электронов	27	0,27				$0,0079РВЭ^{9,3}$
10	Температура кипения	28	-0,16				$491t_{кип}^{-0,87}$
11	Температура плавления	28	-0,36	0,18	1,97	0,1	$1,38t_{пл}^{-0,1}$
12	Относительная плотность	27	0,22				$0,16ОП^{0,84}$
13	Сравнительная твердость	20	0,12				$0,58СТ^{0,39}$
14	Теплопроводность	19	0,51	0,21	2,43	0,05	$8Т^{1,48}$
15	Электропроводность	19	0,44	0,22	2,0	0,1	$0,03Э^{1,19}$
16	Стабильность гидрокомплексов	19	0,12				$0,3рКгидр^{0,32}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	-0,35				$1,15рКЭДТА^{-1,16}$
18	Стабильность комплексов цитратов	8	0,23				$0,14рКцит^{1,4}$

Таблица 225. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в «стандартном» человеке ($10^3 \times 10^8$) в % от содержания в океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{11} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	25	0,35	0,20	1,79	0,1	$0,0016MB^{1,4}$
2	Радиус атома R_a , Å	25	-0,21				$1,26R_a^{-2,5}$
3	Радиус иона R_i , Å	17	-0,39				$0,17R_i^{-4,4}$
4	Ионные потенциалы	16	0,52	0,23	2,29	0,05	$0,03ИП^{3,4}$
5	Энергия гидратации	17	0,54	0,22	2,10	0,1	$1 \cdot 10^{-6}ЭГ^{2,1}$
6	Потенциал первичной ионизации	25	0,37	0,19	1,90	0,1	$1,3 \cdot 10^{-5}ППИ^{5,4}$
7	Электроотрицательность	23	0,59	0,17	3,40	0,01	$1,33Э^{0,048}$
8	Сродство к электрону	8	0,43				$СЭ^{0,055}$
9	Работа выхода электронов	24	0,64	0,16	3,92	0,001	$3,6РВЭ^{0,045}$
10	Температура кипения	25	0,53	0,17	3,03	0,01	$1,7 \cdot 10^3 t_{кип}^{0,085}$
11	Температура плавления	25	0,51	0,17	2,84	0,01	$664 t_{пл}^{0,15}$
12	Относительная плотность	24	0,64	0,16	3,92	0,001	$4,5ОП^{0,15}$
13	Сравнительная твердость	19	0,67	0,18	3,72	0,01	$2,2СТ^{0,18}$
14	Теплопроводность	17	-0,19				$0,21Т^{-0,045}$
15	Электропроводность	17	-0,24				$14Э^{-0,059}$
16	Стабильность гидрокомплексов	17	0,78	0,16	4,82	0,01	$2,6рКгидр^{0,19}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	9	0,84	0,20	4,13	0,01	$2,4 \cdot 10^{-5}рКЭДТА^{3,75}$
18	Стабильность комплексов цитратов	8	0,36				$0,0075рКцит^{3,0}$

Таблица 226. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, вес % $\times 10^4$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{12} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	54	-0,37	0,13	2,88	0,01	$1,6 \cdot 10^4 M B^{-1,8}$
2	Радиус атома R_a , Å	54	0,14				$1,79 R_a^{2,61}$
3	Радиус иона R_i , Å	32	0,17				$29 R_i^{2,1}$
4	Ионные потенциалы	21	-0,047				$80,6 I \Pi^{-0,28}$
5	Энергия гидратации	32	-0,27				$4,3 \cdot 10^3 \Delta H^{-0,81}$
6	Потенциал первичной ионизации	53	-0,42	0,13	3,32	0,001	$4,4 \cdot 10^6 I \Pi^{-6,9}$
7	Электроотрицательность	36	-0,65	0,12	5,00	0,001	$5513 \chi^{-11,5}$
8	Сродство к электрону	11	-0,41				$11,1 C \chi^{-3,8}$
9	Работа выхода электронов	41	-0,53	0,14	3,89	0,001	$6,5 \cdot 10^6 \Phi B \chi^{-10,4}$
10	Температура кипения	53	-0,50	0,12	4,1	0,001	$1,8 \cdot 10^{13} t_{\text{кип}}^{-3,7}$
11	Температура плавления	53	-0,33	0,13	2,5	0,02	$7,36 \cdot 10^4 t_{\text{пл}}^{-1,36}$
12	Относительная плотность	52	-0,69	0,10	6,75	0,001	$7,57 O \Pi^{-3,8}$
13	Сравнительная твердость	39	-0,37	0,15	2,42	0,02	$75,7 C T^{-1,7}$
14	Теплопроводность	31	-0,09				$3,27 T^{-0,39}$
15	Электропроводность	30	-0,007				$14,5 \Delta^{-0,025}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,32				$255 p K_{\text{гидр}}^{-1}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,29				$1,2 \cdot 10^4 p K_{\text{ЭДТА}}^{-1,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,33				$837 p K_{\text{цит}}^{-2,9}$

Таблица 227. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в земной коре, % от содержания в Земном шаре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{13} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	52	-0,11				$2,47MB^{-0,44}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	52	0,63	0,11	5,85	0,001	$0,0033R_a^{9,9}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	31	0,33	0,17	1,89	0,1	$1,44R_i^{1,91}$
4	Ионные потенциалы	21	-0,19				$2,08ИП^{-0,52}$
5	Энергия гидратации	31	-0,23				$9,9ЭГ^{-0,32}$
6	Потенциал первичной ионизации	51	-0,60	0,11	5,3	0,001	$5396750ППИ^{-8,7}$
7	Электроотрицательность	36	-0,71	0,12	5,9	0,001	$3,153Э^{-7,7}$
8	Сродство к электрону	9	-0,45				$0,53СЭ^{-1,7}$
9	Работа выхода электронов	41	-0,69	0,12	6,00	0,001	$2,2 \cdot 10^4 РВЭ^{-8,7}$
10	Температура кипения	52	-0,32	0,13	2,37	0,02	$2,6 \cdot 10^5 t_{кип}^{-1,7}$
11	Температура плавления	52	-0,40	0,13	3,09	0,01	$586t_{пл}^{-1,08}$
12	Относительная плотность	52	-0,52	0,12	4,3	0,001	$11,1ОП^{-1,85}$
13	Сравнительная твердость	39	-0,25				$0,74СТ^{-0,75}$
14	Теплопроводность	31	-0,41	0,17	2,42	0,02	$0,02Т^{-1,09}$
15	Электропроводность	30	-0,47	0,17	2,82	0,01	$1,9Э^{-1,0}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,22				$0,88pK_{гидр}^{-0,48}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,38				$2,8pK_{ЭДТА}^{-0,5}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,23				$5,5pK_{цит}^{-1,19}$

Таблица 228. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, вес % $\times 10^6$, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{14} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	43	-0,54	0,13	4,1	0,001	$1,9 \cdot 10^5 M B^{-3,52}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	43	-0,15				$0,34 R_a^{-3,8}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	28	0,36	0,18	1,97	0,1	$0,35 R_i^{8,8}$
4	Ионные потенциалы	19	-0,38	0,23	1,69		$21 \Pi \Pi^{-4,1}$
5	Энергия гидратации	28	-0,59	0,16	3,76	0,001	$3,8 \cdot 10^9 \mathcal{E} \Gamma^{-3,8}$
6	Потенциал первичной ионизации	42	-0,06				$0,87 \Pi \Pi \Pi^{-1,3}$
7	Электроотрицательность	27	-0,58	0,16	3,59	0,01	$13,53 \mathcal{E}^{-11,7}$
8	Сродство к электрону	10	-0,27				$5,98 C \mathcal{E}^{-4,35}$
9	Работа выхода электронов	32	-0,43	0,16	2,62	0,02	$4,4 \cdot 10^4 P B \mathcal{E}^{-9,9}$
10	Температура кипения						
11	Температура плавления	42	-0,44	0,14	3,08	0,01	$2,18 \cdot 10^6 t_{\text{плав}}^{-2,62}$
12	Относительная плотность	41	-0,68	0,12	5,80	0,001	$220 O \Pi^{-5,16}$
13	Сравнительная твердость	33	-0,71	0,13	5,63	0,001	$11,4 C T^{-4,49}$
14	Теплопроводность	25	0,46	0,18	2,48	0,05	$11 T^{2,3}$
15	Электропроводность	25	0,54	0,18	3,08	0,01	$0,0012 \mathcal{E}^{2,55}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,67	0,17	4,04	0,001	$28,2 p K_{\text{гидр}}^{-3,9}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,72	0,23	3,12	0,02	$7 \cdot 10^6 p K_{\text{ЭДТА}}^{-5,9}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,21				$76 p K_{\text{цит}}^{-3,5}$

Таблица 229. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в земной коре и океанской воде ($\times 10^4$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{15} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	43	-0,49	0,14	3,60	0,001	$1,8 \cdot 10^4 \text{МВ}^{-2,19}$
2	Радиус атома R_a , Å	43	-0,16				
3	Радиус иона R_i , Å	28	0,47	0,17	2,83	0,01	
4	Ионные потенциалы	19	-0,67	0,18	3,73	0,01	$179 \text{ИП}^{-4,3}$
5	Энергия гидратации	28	-0,71	0,14	5,16	0,001	$2,7 \cdot 10^8 \text{ЭГ}^{-2,9}$
6	Потенциал первичной ионизации	42	0,21				
7	Электроотрицательность	27	-0,39	0,18	2,12	0,05	$263 \text{Э}^{-5,3}$
8	Сродство к электрону	10	-0,13				$136 \text{СЭ}^{-1,07}$
9	Работа выхода электронов	32	-0,27				$559 \text{РВЭ}^{-4,3}$
10	Температура кипения	42	-0,63	0,12	5,17	0,001	$1 \cdot 10^{16} t_{\text{кип}}^{-4,8}$
11	Температура плавления	42	-0,53	0,14	3,92	0,001	$2 \cdot 10^6 t_{\text{пл}}^{-2,1}$
12	Относительная плотность	41	-0,45	0,14	3,15	0,01	$50,8 \text{ОП}^{-2,3}$
13	Сравнительная твердость	33	-0,81	0,11	7,8	0,001	$60 \text{СТ}^{-3,3}$
14	Теплопроводность	31	0,20				$0,0068 \text{Т}^{0,7}$
15	Электропроводность	25	0,67	0,15	4,35	0,001	$0,03 \text{Э}^{2,2}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,62	0,17	3,56	0,01	$3,8 \text{рКгидр}^{-0,16}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,72	0,23	3,12	0,02	$7,4 \cdot 10^4 \text{рКЭДТА}^{-4,1}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,05				$5,2 \text{рКцит}^{-0,62}$

Таблица 230. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в метеоритах, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{16} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	52	-0,57	0,12	4,92	0,001	$621MB^{-3,0}$
2	Радиус атома R_a , Å	52	-0,08				$0,0016R_a^{-1,7}$
3	Радиус иона R_i , Å	31	-0,02				$0,00075R_i^{-0,23}$
4	Ионные потенциалы	21	0,04				$0,0016ИП^{0,24}$
5	Энергия гидратации	31	-0,14				$0,01ЭГ^{-0,41}$
6	Потенциал первичной ионизации	51	-0,09				$0,02ППИ^{-1,7}$
7	Электроотрицательность	36	-0,26				$0,00743Э^{-3,0}$
8	Сродство к электрону	9	-0,49				$0,0023СЭ^{-3,8}$
9	Работа выхода электронов	41	-0,11				$0,013РВЭ^{-1,7}$
10	Температура кипения	52	-0,35	0,13	2,67	0,01	$1,3 \cdot 10^5 t_{кип}^{-2,4}$
11	Температура плавления	52	-0,06				$0,0033t_{пл}^{-0,2}$
12	Относительная плотность	52	-0,43	0,13	3,38	0,001	$0,029ОП^{-1,9}$
13	Сравнительная твердость	39	-0,25				$0,004СТ^{-0,99}$
14	Теплопроводность	31	0,20				$0,0068Т^{0,7}$
15	Электропроводность	30	0,31	0,18	1,73	0,1	$0,00032Э^{1,0}$
16	Стабильность гидрокомплексов	23	-0,15				$0,01pK_{гидр}^{-0,57}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,01				
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,17				$0,068pK_{цит}^{-1,78}$

Таблица 231. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, вес %, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{17} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	22	-0,58	0,18	3,22	0,01	$10MB^{-2,49}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	22	-0,20				$0,0017R_a^{-0,023}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	15	0,16				$0,001R_i^{2,6}$
4	Ионные потенциалы	14	-0,04				$0,00076ИП^{-0,28}$
5	Энергия гидратации	15	-0,27				$0,53ЭГ^{-1,08}$
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,04				$2,1 \cdot 10^{-4}ППИ^{0,58}$
7	Электроотрицательность	20	-0,46	0,21	2,22	0,05	$0,00173Э^{-5,3}$
8	Сродство к электрону	7	-0,39				$0,0016СЭ^{-4,0}$
9	Работа выхода электронов	20	-0,33				$0,063РВЭ^{-4,0}$
10	Температура кипения	22	-0,61	0,18	3,45	0,01	$7,8 \cdot 10^8 t_{кип}^{-3,78}$
11	Температура плавления	22	-0,06				$0,0006t_{пл}^{-0,0008}$
12	Относительная плотность	21	-0,48	0,20	2,38	0,05	$0,005ОП^{-1,94}$
13	Сравнительная твердость	16	-0,16				$0,00099СТ^{-0,49}$
14	Теплопроводность	13	0,44				$0,0081Т^{1,83}$
15	Электропроводность	14	0,46	0,26	1,79	0,1	$3,9 \cdot 10^{-6}Э^{2,0}$
16	Стабильность гидрокомплексов	15	-0,35				$13,7pK_{гидр}^{-1,09}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	-0,17				$5,5 \cdot 10^{-3}pK_{ЭДТА}^{-0,68}$
18	Стабильность комплексов цитратов	7	-0,39				$0,08pK_{цит}^{-2,4}$

Таблица 232. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в океанской воде, % от содержания в Земном шаре ($\times 10^6$), по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{18} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	41	-0,23				$264MB^{-1,35}$
2	Радиус атома R_a , Å	41	0,52	0,14	3,82	0,001	$0,0017R_a^{12}$
3	Радиус иона R_i , Å	27	0,57	0,16	3,48	0,01	$0,45R_i^{8,9}$
4	Ионные потенциалы	19	-0,71	0,17	4,16	0,001	$369ИП^{-5,2}$
5	Энергия гидратации	27	-0,71	0,14	5,08	0,001	$3,4 \cdot 10^8 ЭГ^{-3,0}$
6	Потенциал первичной ионизации	40	-0,36	0,15	2,38	0,02	$1,6 \cdot 10^6 ППИ^{-7,8}$
7	Электроотрицательность	27	-0,61	0,16	3,86	0,001	$413Э^{-10}$
8	Сродство к электрону	8	-0,14				$29СЭ^{-1,3}$
9	Работа выхода электронов	32	-0,58	0,15	3,92	0,001	$9,3 \cdot 10^5 РВЭ^{-11}$
10	Температура кипения	41	-0,52	0,14	3,83	0,001	$1,4 \cdot 10^{15} t_{кип}^{-4,6}$
11	Температура плавления	41	-0,64	0,12	5,2	0,001	$1,7 \cdot 10^7 t_{пл}^{-2,6}$
12	Относительная плотность	41	-0,60	0,13	4,69	0,001	$204ОП^{-3,4}$
13	Сравнительная твердость	33	-0,82	0,12	6,92	0,001	$57СТ^{-3,7}$
14	Теплопроводность	25	0,33	0,20	1,68		$8,65Т^{1,28}$
15	Электропроводность	25	0,37	0,19	1,92	0,1	$0,077Э^{1,3}$
16	Стабильность гидрокомплексов	22	-0,69	0,16	4,27	0,001	$55,5pK_{гидр}^{-3,3}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	11	-0,80	0,20	4,00	0,01	$6,8 \cdot 10^5 pK_{ЭДТА}^{-5,53}$
18	Стабильность комплексов цитратов	11	-0,17				$29pK_{цит}^{-2,14}$

Таблица 233. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в земной коре, по ряду их физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	n	r	σ_r	t_r	P_r	$Y_{19} = Ax^{a_1}$
1	Молекулярный вес	22	-0,49	0,19	2,52	0,05	$5,6 \cdot 10^{-3} MB^{-1,2}$
2	Радиус атома R_a , Å	22	-0,47	0,20	2,39	0,05	$1,9 \cdot 10^{-4} R_a^{-3,1}$
3	Радиус иона R_i , Å	14	0,49	0,25	1,85	0,1	$6,9 \cdot 10^{-5} R_i^{4,78}$
4	Ионные потенциалы	14	0,28				$4,6 \cdot 10^{-5} ИП^{1,47}$
5	Энергия гидратации	14	-0,39				$0,012 ЭГ^{-0,89}$
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,38	0,21	1,84	0,1	$1,1 \cdot 10^{-7} ППИ^{3,2}$
7	Электроотрицательность	20	-0,27				$5,3 \cdot 10^{-5} ЗЭ^{-1,2}$
8	Сродство к электрону	7	-0,11				$1,3 \cdot 10^{-4} СЭ^{-0,57}$
9	Работа выхода электронов	20	-0,18				$1,1 \cdot 10^{-4} РВЭ^{-0,88}$
10	Температура кипения	22	-0,58	0,18	3,20	0,01	$116 t_{кип}^{-2,0}$
11	Температура плавления	22	-0,15				
12	Относительная плотность	21	-0,09				
13	Сравнительная твердость	18	-0,11				$4 \cdot 10^{-5} СТ^{-0,15}$
14	Теплопроводность	14	0,53	0,23	2,16	0,1	$1 \cdot 10^{-4} Т^{0,8}$
15	Электропроводность	16	0,53	0,23	2,33	0,05	$2,5 \cdot 10^{-6} Э^{0,95}$
16	Стабильность гидрокомплексов	14	-0,04				$4 \cdot 10^{-5} рКгидр^{-0,054}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,02				
18	Стабильность комплексов цитратов	7	0,02				$5,2 \cdot 10^{-5} рКцит^{0,07}$

Таблица 234. Характеристика нелинейных корреляционных связей и уравнения для расчета содержания металлов (без р-металлов) в живом веществе, % от содержания в океанской воде, по ряду их Физических и физико-химических констант

№ п/п	Сравниваемые величины	<i>n</i>	<i>r</i>	σ_r	<i>t_r</i>	<i>P_r</i>	$Y_{20} = Ax^{a1}$
1	Молекулярный вес	22	0,42	0,20	2,06	0,1	$5 \cdot 10^{-3} MB^{1,6}$
2	Радиус атома $R_a, \text{\AA}$	22	-0,15				$4,2 R_a^{-1,48}$
3	Радиус иона $R_i, \text{\AA}$	15	-0,17				$0,67 R_i^{-2,0}$
4	Ионные потенциалы	14	0,43				$0,22 IP^{2,38}$
5	Энергия гидратации	15	0,51	0,24	2,13	0,1	$1,5 \cdot 10^{-4} \varepsilon \Gamma^{1,48}$
6	Потенциал первичной ионизации	22	0,16				$0,045 \Pi \Pi^{2,05}$
7	Электроотрицательности	20	0,53	0,20	2,12	0,05	$0,873 \varepsilon^{5,87}$
8	Сродство к электрону	7	0,60				$0,12 C \varepsilon^{3,3}$
9	Работа выхода электронов	20	0,59	0,19	3,10	0,01	$3,8 \cdot 10^{-4} P B \varepsilon^{7,2}$
10	Температура кипения	22	0,50	0,18	2,57	0,02	$5,8 \cdot 10^{-9} t_{кип}^{2,7}$
11	Температура плавления	22	0,45	0,23	2,25	0,05	$1,7 \cdot 10^{-3} t_{пл}^{1,2}$
12	Относительная плотность	21	0,68	0,17	4,00	0,001	$0,081 O \Pi^{2,7}$
13	Сравнительная твердость	16	0,63	0,21	3,05	0,01	$0,76 C T^{2,1}$
14	Теплопроводность	13	-0,36				$0,16 T^{-1,57}$
15	Электропроводность	14	-0,28				$40 \varepsilon^{-1,15}$
16	Стабильность гидрокомплексов	15	0,73	0,19	3,85	0,01	$0,24 p K_{гидр}^{2,4}$
17	Стабильность комплексов с ЭДТА	10	0,85	0,19	4,6	0,01	$6,6 \cdot 10^{-5} p K_{ЭДТА}^{4,5}$
18	Стабильность комплексов цитратов	7	0,37				$0,063 p K_{цит}^{2,3}$

Таблица 235. Распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от вида исследуемого объекта

Вид исследуемого объекта Размеры коэффициентов корреляции	Метеориты, вес%	Земная кора, вес %	Океаническая вода, вес %	Живое вещество, вес %	«Стандартный человек», вес %	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	Океаническая вода, % от содержания в Земном шаре	Океаническая вода, % от содержания в Земной коре	Живое вещество, % от содержания в земной коре	Живое вещество, % от содер. в океанической воде	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	«Стандартный» человек, % от содер. в океан. воде	Всасывание из ЖКТ	Всасывание из легких	Содержание в печени, % от содержания в организме	Содержание в почках, % от содержания в организме	Содержание в скелет, % от содержания в организме	Доля связанного белком плазмы крови	Период биол. полувыведения, дни	Токсичность, ЛД 50	Итого
от 0,91 до 1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
от 0,81 до 0,90	-	-	-	-	-	-	1	2	-	5	-	1	-	3	-	1	2	4	-	1	20
от 0,71 до 0,80	-	1	3	-	-	4	8	3	2	6	1	1	2	6	1	-	1	7	-	11	57
от 0,61 до 0,70	1	4	6	2	1	6	5	6	1	7	-	6	2	6	2	9	3	16	-	8	91
от 0,51 до 0,60	1	6	15	7	-	9	12	6	4	15	3	9	8	9	-	11	8	17	2	11	153
от 0,41 до 0,50	4	5	12	8	10	10	12	16	11	15	6	6	7	15	9	11	7	13	2	17	196
от 0,31 до 0,40	7	11	12	9	16	11	17	14	4	4	11	10	21	22	16	14	9	5	14	16	243
до 0,30	7	14	14	-	1	13	10	8	-	-	3	2	11	10	16	11	10	5	18	-	153
Итого	20	41	62	26	28	53	65	55	22	53	24	35	51	71	44	57	40	67	36	65	915

Таблица 236. Характеристика качества и типов корреляционных связей с физико-химическими константами

Исследуемые объекты	Метеориты, вес%	Земная кора, вес %	Океаническая вода, вес %	Живое вещество, вес %	«Стандартный человек», вес %	Земная кора, % от содержания в Земном шаре	Океаническая вода, % от содержания в Земном шаре	Океаническая вода, % от содержания в Земной коре	Живое вещество, % от содержания в земной коре	Живое вещество, % от содерж. в океанической воде	«Стандартный» человек, % от содержания в земной коре	«Стандартный» человек, % от содерж. в океан. воде	Всасывание из ЖКТ	Всасывание из легких	Содержание в печени, % от содержания в организме	Содержание в почках, % от содержания в организме	Содержание в скелете, % от содержания в организме	Доля связанного белком плазмы крови	Период биол. полувыведения, дни	Токсичность, ЛД 50	Итого
Всего	107	107	106	106	106	107	106	103	106	105	107	107	107	107	107	104	105	106	106	89	2104
Корреляционных связей при $r \leq 0,1$	20	41	62	26	28	53	65	55	22	53	24	35	51	71	44	57	40	67	36	65	915
-" - с $p \leq 0,001$	7	17	24	3	2	27	29	22	3	13	3	7	16	37	5	29	6	47	4	24	325
-" - с $p \leq 0,01$	3	7	8	9	8	4	14	17	6	17	7	10	10	17	13	10	15	7	8	15	205
-" - с $p \leq 0,02$	-	5	4	4	7	8	6	2	1	7	3	4	6	3	5	5	6	1	4	7	88
-" - с $p \leq 0,05$	4	2	11	4	4	7	12	5	5	12	2	4	10	10	12	5	5	9	8	12	143
-" - с $p \leq 0,1$	6	10	15	6	7	7	4	9	7	4	9	10	9	4	9	8	8	3	12	7	154
Корреляционные связи элементов	2	5	7	5	3	9	7	5	4	7	5	1	10	11	4	6	7	9	5	12	124
-" - lg элементов	5	7	9	2	6	8	9	7	2	9	6	4	9	9	8	9	5	5	6		125
-" - ln элементов	4	8	13	4	5	9	13	10	5	10	6	11	13	12	7	11	6	12	7	13	179
-" - металлов	1	5	9	4	4	8	9	9	3	7	-	3	5	13	6	8	5	12	4	12	127
-" - lg металлов	4	8	12	6	6	9	13	12	1	10	2	4	11	12	10	13	9	15	7	14	178
-" - ln металлов	4	8	12	15	4	10	14	12	7	10	5	12	3	14	9	10	8	14	7	14	182

Таблица 237. Распределение коэффициентов корреляции по величине в зависимости от физико-химических констант

константы Коэффициенты корреляции	Молекулярный вес, %	Радиус атома	Радиус иона	Ионные потенциалы	Энергия гидратации	Потенциал первичной ионизации	Значение электроотрицательности	Сродство к электрону	Работа выхода электрона	Температура кипения	Температура плавления	Относительная плотность	Сравнительная твердость	Теплопроводность	Электропроводность	Константы стабильности гидроккомплексов	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	Константы стабильности комплексов цитратов	Итого
от 0,91 до 1,00	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
от 0,81 до 0,90	1	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	2	5	-	-	-	6	2	20
от 0,71 до 0,80	-	-	-	8	6	2	9	1	5	-	-	3	8	-	1	2	11	1	57
от 0,61 до 0,70	3	3	-	10	2	5	9	5	8	3	3	13	7	-	2	6	8	4	91
от 0,51 до 0,60	9	7	6	5	11	11	10	3	14	14	7	12	7	4	4	18	10	1	153
от 0,41 до 0,50	16	13	11	10	9	14	15	2	12	14	15	18	14	7	7	10	9	-	196
от 0,31 до 0,40	21	18	17	6	10	15	23	3	13	25	19	22	16	3	10	15	7	-	243
до 0,30	18	18	3	-	4	27	11	-	13	10	17	17	4	4	2	-	5	-	153

Таблица 238. Характеристика качества и типов корреляционных связей в зависимости от вида физико-химических констант.

Константы	Молекулярный вес, %	Радиус атома	Радиус иона	Ионные потенциалы	Энергия гидратации	Потенциал первичной ионизации	Значение электроотрицательности	Сродство к электрону	Работа выхода электрона	Температура кипения	Температура плавления	Относительная плотность	Сравнительная твердость	Теплопроводность	Электропроводность	Константы стабильности гидрокомплексов	Константы стабильности комплексов с ЭДТА	Константы стабильности комплексов цитратов	Итого
Всего сопоставлений	119	119	118	119	119	119	119	99	119	118	119	119	119	119	118	119	114	111	2104
Корреляционных связей при $p \leq 0,1$	68	59	37	41	42	74	77	17	65	66	61	87	61	18	26	51	57	8	915
"- с $p \leq 0,001$	27	18	6	18	15	30	29	1	32	25	17	42	29	-	2	9	24	1	325
"- с $p \leq 0,01$	14	14	13	4	9	12	20	4	9	14	14	16	15	5	6	18	15	3	205
"- с $p \leq 0,02$	6	6	4	2	1	9	5	2	5	11	8	6	7	1	4	5	5	1	88
"- с $p \leq 0,05$	9	12	2	9	6	11	10	5	12	10	12	14	5	5	5	7	6	3	143
7. "- с $p \leq 0,1$	12	9	12	8	11	12	13	5	7	6	10	9	5	7	9	12	7	-	154
Корреляционные связи элементов	4	11	7	5	3	12	11	4	9	9	8	12	9	1	2	7	9	1	124
"- lg элементов	8	5	6	6	4	11	12	1	10	5	6	16	8	3	2	9	12	1	125
"- ln элементов	15	14	3	9	12	15	16		12	7	13	16	11	3	6	11	14	2	179
"- металлов	12	11	6	5	4	12	8	3	9	13	9	12	10	2	2	2	6	1	127
"- lg металлов	13	9	9	8	9	12	15	6	14	17	13	16	12	2	2	12	8	1	178
"- ln металлов	16	9	6	8	10	12	15	3	11	15	12	15	11	7	12	10	8	2	182