

=====МАТЕРИАЛЫ ВТОРОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ=====
===== «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЭКОЛОГИИ»=====

УДК: 550.424

Нелинейные закономерности формирования элементного состава биосферы

©2012 Корж В.Д. *

*Учреждение Российской академии наук Институт океанологии
им. П.П. Ширшова РАН, Нахимовский проспект, 36, г. Москва, 117997, Россия*

Аннотация. Установлены общие закономерности перераспределения средних элементных составов в биосфере между твердой и жидкой фазами (литосфера–гидросфера). Этот процесс наиболее активен на биогеохимических барьерах (в местах «сгущения жизни»). Результатом этого процесса является общее относительное увеличение в твердой фазе концентраций химических элементов по мере уменьшения их распространенности в окружающей среде. Впервые определена универсальная константа нелинейности процесса эволюции элементного состава биосферы.

Ключевые слова: *нелинейность, общие закономерности, методология, биосфера, элементный состав, живое вещество, литосфера, гидросфера.*

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] В. И. Вернадский писал: «Биосфера включает в себя земную тропосферу, океаны и тонкую пленку в континентальных областях, уходящую на глубину не менее, чем на три километра. Человек стремится увеличить размеры биосферы. Биосферу определяют как область жизни, однако более точно ее следует определить как оболочку, в которой могут происходить изменения, вызванные приходящим солнечным излучением. Вещество, составляющее биосферу, существенно неоднородно, и мы различаем косное и живое вещество. Косное вещество резко преобладает по массе и объему. Происходит непрерывная миграция атомов из косного вещества биосферы в живое и обратно. Живое вещество охватывает и регулирует в области биосферы все или почти все химические элементы. Они все нужны для жизни и все попадают в состав организма не случайно. Нет особых, жизни свойственных элементов. Есть господствующие. Жизнь есть планетное явление и определяет основным образом химизм, миграцию химических элементов верхней земной оболочки – биосферы, миграцию всех химических элементов. Количественное изучение такой миграции есть основная задача лаборатории».

Определение элементного состава и свойств биосферы является одной из наиболее актуальных и сложных проблем, сформулированных В. И. Вернадским [1]. Ключевым моментом исследования специфики формирования элементного состава биосферы является определение закономерностей перераспределения средних концентраций элементов между различными фазами: твердой – жидкой – газообразной (литосфера – гидросфера – атмосфера), происходящего в результате глобального непрерывного процесса переработки косной материи живым веществом. Живое вещество – совокупность масс живых организмов, населяющих Землю, вне зависимости от их

*ocean41@mail.ru

систематической принадлежности. Термин живое вещество впервые ввел В. И. Вернадский [1]. Он утверждал, что живое вещество является «одной из самых могущественных сил планеты» [1]. Наша задача – исследовать процесс эволюции элементного состава косного вещества биосферы в системе литосфера – гидросфера с учетом интегрального участия в в нем живого вещества.

В последние годы появились работы по исследованию эволюции геологических процессов в истории земли [2], эволюции морских осадков и осадочных пород [3, 4, 5], химической эволюции гидросферы [6]. Наша работа по исследованию эволюции элементного состава биосферы (литосферы, гидросферы) является первой попыткой решить эту проблему, используя современные методологические принципы [7].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Элементный состав мы рассматриваем как целостную систему, обладающую собственным уровнем организации и эмерджентностью, т.е. несводимостью свойств системы к сумме свойств элементов, ее составляющих. Проходя через живое вещество, косная материя изменяется в сторону образования новой структуры – почвы. В этом процессе особую роль играет совокупность взаимоотношений элементов структуры (системы). Следовательно, используемая методология предполагает подчиненность элементов системы общим законам эволюции системы.

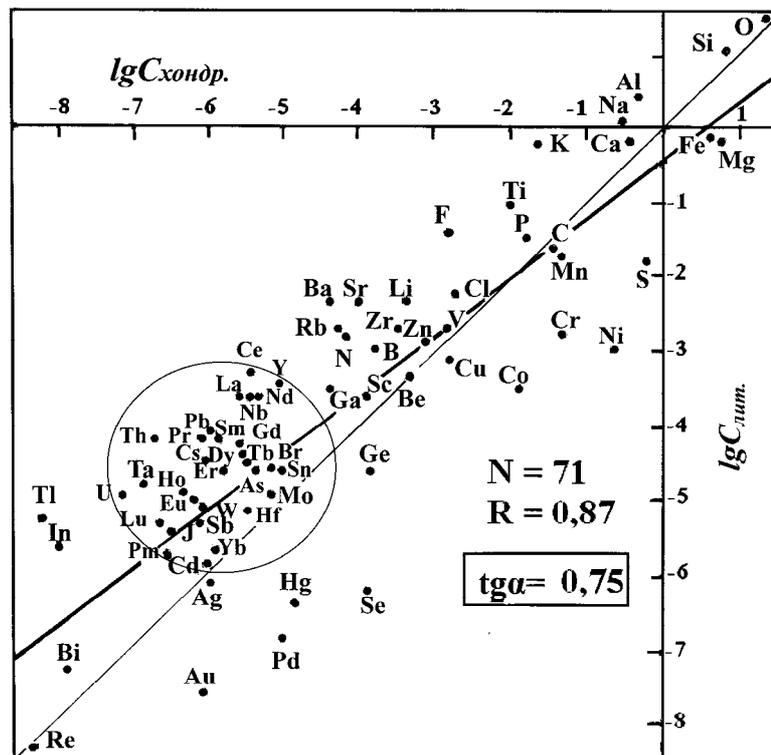


Рис.1. Соотношение между концентрациями элементов в хондритах и литосфере.

А.П. Виноградовым опубликованы данные о содержании химических элементов в главных типах пород земной коры и в каменных метеоритах (хондритах), являющихся основным поставщиком космического вещества на поверхность Земли [8]. Этот фактический материал послужил основой для наших построений. Графический способ сопоставления среднего элементного состава каменных метеоритов (протопланетное вещество) и литосферы, представленный на рис. 1, приводит к выявлению следующих групп элементов: $C_{\text{мет.}} \gg C_{\text{лит.}}$ – всего 11 элементов, $C_{\text{мет.}} \sim C_{\text{лит.}}$ – 18 элементов, и $C_{\text{мет.}} \ll C_{\text{лит.}}$ – 42 элемента. Коэффициент корреляции между представленными в логарифмической форме концентрациями элементов в протопланетном веществе и в

литосфере для 71 изученного химического элемента равен 0.87. Тангенс угла наклона регрессионной прямой равен 0.75. Это численное значение тангенса является количественной оценкой фактора нелинейности общего процесса эволюции элементного состава в системе протолитосфера – живое вещество – биосфера.

Установленная закономерность позволяет количественно оценить тенденцию процесса переработки косной материи живым веществом на поверхности Земли. Этот процесс приводит к общему относительному увеличению в твердой фазе концентраций химических элементов по мере уменьшения их распространенности в окружающей среде [9, 10, 11]. Следовательно, перевод химических элементов в менее растворимые соединения – это общая специфическая реакция живого вещества на дефицит их концентраций в среде обитания. Новый подход к исследованию элементного состава литосферы позволил объяснить закономерность, выявленную А.П. Виноградовым [3]: изотопы, содержащиеся в меньших концентрациях в изотопной смеси, в общем, более активно «накапливаются в породах, лежащих ближе к поверхности Земли». Элементный и изотопный составы поверхности литосферы закономерно отличаются от таковых в глубинных ее слоях. На это указывал В.И. Вернадский в работе «О геохимическом равновесии биосферы». Поскольку изученность элементного состава поверхностного слоя литосферы значительно превосходит изученность глубинных слоев, есть основание полагать, что средний элементный состав литосферы, представленный в работе Виноградова [8], отвечает в основном среднему составу биосферы.

При изучении закономерностей формирования элементного состава гидросферы воспользуемся, так же как и в случае исследования литосферы, методологией эмпирического обобщения и кибернетического подхода. Оставив в стороне вопрос о процессах в отдельных частях системы, будем оперировать только понятиями «вход–выход». Океан мы рассматриваем как сложную систему с процессами трансформации вещества, поступающего через геохимический барьер река – море (вход), результатом которых является средний элементный состав океана (выход) [9, 10].

График зависимости среднего элементного состава океанской и речной воды представлен на рис. 2. При количестве изученных элементов, равном 64, коэффициент корреляции равен 0.94. Линия, соответствующая уравнению, полученному методом линейной регрессии, составляет с осью абсцисс угол 34° , $\text{tg } \alpha = 0.67$. Обращает на себя внимание тот факт, что все элементы расположены по одну сторону от линии (или на самой линии), образующей с осью абсцисс угол, тангенс которого равен 0.70.

Было установлено, что линия, проходящая через Cl, Na, B, Br, Sr, Li, Rb, Cs, Mo, U, W, Tl, Re и Au, объединяет элементы с большими различиями их химических и физических свойств общим законом трансформации и миграции вещества на геохимическом барьере океан – атмосфера [9, 10]. Характерной особенностью элементов, расположенных на этой линии, является сбалансированность их потоков в системе океан – континент – океан. Она описывается уравнением: $C_{A(\text{реки})} = 10^{-3.4} \times C_{A(\text{океан})}^{0.7}$.

Близость тангенсов угла наклона линии, полученной методом линейной регрессии, и линии, отражающей закономерность трансформации и миграции вещества на барьере океан – атмосфера (рис. 2), свидетельствует о практическом равенстве констант нелинейности процессов перераспределения средних элементных составов между растворенной и твердой фазами на абсолютно разных геохимических барьерах океан – атмосфера и река – море. Принципиальная общность геохимических барьеров состоит в том, что они являются местами «сгущения жизни». Регрессионный анализ позволил выявить общую тенденцию относительного увеличения концентраций микроэлементов в твердой фазе (и соответствующего уменьшения в растворе) в результате переработки косной материи живым веществом, как в литосфере, так и на геохимических барьерах океан – атмосфера и река – море.

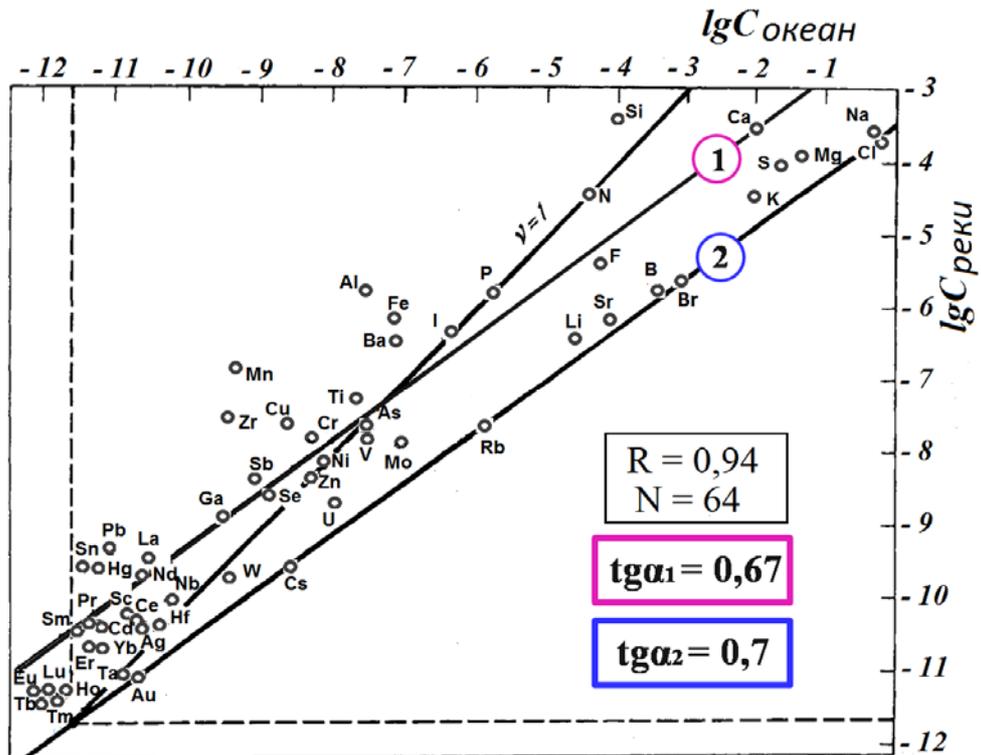


Рис.2. Соотношение средних концентраций элементов в океане и речном стоке.

Выявленный нами общий нелинейный характер зависимости процессов перераспределения средних элементных составов между растворенной и твердой фракциями в веществе, проходящем через барьеры литосфера – живое вещество – гидросфера; река – живое вещество – море; океан – живое вещество – атмосфера, от их исходных концентраций приводит к принципиально важному выводу. Биогеохимическое поведение элементов, находящихся в природе в микроконцентрациях, в общем случае не повторяет поведение их химических аналогов, содержащихся в литосфере и гидросфере в макроконцентрациях. Иначе говоря, перераспределение элементов в биосфере между растворенными и не растворенными формами, проходящее с участием живого вещества, зависит не только от их свойств, но в большей мере от их распространенности. Это указывает на особые (уникальные) свойства живого вещества как геохимического барьера [11, 12]. По этому поводу В.И. Вернадский писал: «Свойства живого вещества отнюдь не являются теми свойствами, которые мы изучаем при исследовании отдельного организма. В совокупности организмов – живом веществе – проявляются новые свойства, незаметные или несущественные, если мы станем изучать отдельный организм. В живой материи открываются новые свойства жизни, но они проявляются не на отдельном организме, а среди их комплексов»[1].

Особенно важно это учитывать при решении экологических проблем, а также при исследовании поведения радиоактивных изотопов в биосфере.

Таким образом, впервые найдены общие закономерности перераспределения средних элементных составов в биосфере между твердой и жидкой фазами (литосфера – гидросфера). Этот процесс наиболее активен в биогеохимических барьерах, т.е. в местах «сгущения жизни», и проходит по ранее неизвестному нелинейному закону.

Установлено, что результатом этого процесса является общее относительное увеличение в твердой фазе концентраций химических элементов по мере уменьшения их распространенности в окружающей среде. Этот процесс, проходящий в разных

природных системах, имеет практически один и тот же показатель нелинейности (ν), равный приблизительно 0.7 (протолитосфера – живое вещество – осадочные породы $\nu = 0.75$; река – живое вещество – океан $\nu = 0.67$; океан – живое вещество – атмосфера $\nu = 0.7$). Для современного уровня знания фактического материала эти оценки показателя нелинейности практически неразличимы. Следовательно, впервые установлено существование и получена количественная оценка универсальной константы нелинейности процесса эволюции элементного состава биосферы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. *Химическое строение биосферы и ее окружения*. М.: Наука, 2001. 376 с.
2. *Эволюция геологических процессов в истории земли*: труды совещания, проведенного в Москве 23–24 апреля 1991 г. М.: Наука, 1993. 240 с.
3. Виноградов А.П. *Химическая эволюция Земли*. М.: Изд. АН СССР, 1959. 44 с.
4. Ронов А.Б. Эволюция состава пород и геохимических процессов в осадочной оболочке Земли. *Геохимия*. 1972. № 2. С. 137–148.
5. Тугаринов А.И., Бибикова Е.В. Эволюция химического состава земной коры. *Геохимия*, 1976. № 8. С. 1151–1159.
6. Посохов Е.В. *Химическая эволюция гидросферы*. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 286 с.
7. Корж В.Д. Новая методология решения глобальных экологических проблем гидросферы. *Вода: химия и экология*. 2011. № 6. С. 9–19.
8. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. *Геохимия*. 1962. № 7. С. 555–571.
9. Корж В.Д. *Геохимия элементного состава гидросферы*. М.: Наука, 1991. 243 с.
10. Корж В.Д. Биогеохимические аспекты формирования элементного состава вод Мирового океана. В: *Проблемы биогеохимии и геохимической экологии*: труды Биогеохимической лаборатории. Москва: Наука, 1999. Т. 23. С. 6–37.
11. Корж В.Д. Специфика формирования элементного состава биосферы. *Докл. РАН*. 2003. Т. 392. № 4. С. 517–520.
12. Korzh V. Specificity of formation of the biosphere elemental composition. *J. Ecologica*. 2009. V. XVI. P. 33–37.

Материал поступил в редакцию 23.11.2011, опубликован 24.02.2012.