

О типологии основных видов вещества в биосфере

С. А. Остроумов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, биологический факультет,
Москва 119991, Россия

Получена редакцией 16 июня 2011 г.

Рассмотрены две проблемы, связанные с современной типологией видов вещества в биосфере. Согласно традиционным представлениям, в биосфере представлено живое и неживое вещество. Для внесения вклада в решение этих проблем, автор выдвинул концепцию третьего вида вещества, которое он предложил называть «ex-living matter» (ELM). Обсуждаются эксперименты, проведенные и опубликованные вместе с соавторами, и данные научной литературы, которые создают эмпирическую основу для новой концепции третьего типа вещества. Сформулированы и рассмотрены основные функции ELM в биосфере, а также варианты названий нового типа вещества.

Ключевые слова: биосфера, В.И. Вернадский, окружающая среда, биогеохимия, экология, живое вещество, типы вещества, ex-living matter, тяжелые металлы.

ВВЕДЕНИЕ

В. И. Вернадский показал важность связей между параметрами геохимической среды и активностью живого вещества [1]. Накопление данных о геохимической среде и факторах, воздействующих на концентрации химических элементов [2–28] и биогеохимические потоки в биосфере [24, 25, 29] ведет к необходимости дополнительного анализа этих данных и формулировке соответствующих концептуальных обобщений. Цель данной работы – рассмотреть вопрос о типологии видов вещества в биосфере.

Данная публикация написана на основе научного доклада автора в Институте геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН на Биогеохимических чтениях памяти Виктора Владиславовича Ковальского (1899–1984) 28 июня 2011 г., и на серии предыдущих публикаций, в том числе [10, 28].

Существует две основные концепции при рассмотрении типологии основных видов вещества.

Традиционная типология выделяет два типа вещества: 1) неживое вещество и 2) живое вещество.

В. И. Вернадский (1883 – 1945 гг.), разрабатывая учение о биосфере, предложил другую типологию. Он выделял три основных типа вещества:

- 1) живое вещество;
- 2) неживое (косное) вещество;
- 3) биокосное вещество [1].

Эта типология сыграла значительную роль в развитии комплекса наук о Земле, а также биологических наук, повлияла на формирование экологических наук. Ее значение велико и для преподавания наук о биосфере в высшей школе России.

Изучение химико-биотических взаимодействий [2–29] накопление большого объема сведений о геохимической среде [13, 14, 17, 30–34] привело к выявлению новых фактов и нерешенных вопросов, что привлекает внимание к необходимости заново рассмотреть вопрос об основных типах вещества в биосфере.

Цель дальнейшего анализа – рассмотреть некоторые нерешенные вопросы («challenges») и предложить подход для их решения.

НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОБЛЕМЫ

Необходимо рассмотреть две проблемы, существующие в области изучения роли живого вещества в биосфере.

Проблема 1. Противоречие по вопросу о соотношении живого и неживого вещества в публикациях В. И. Вернадского.

В работах В. И. Вернадского осталась некоторая неоднозначность по вопросу о соотношении живого и неживого («косного», по терминологии В.И. Вернадского) вещества. С одной стороны, он ввел понятие биокосного вещества [1], в чем-то интегрирующего два других типа вещества, в чем-то занимающего промежуточное положение. С другой стороны, В.И. Вернадский подчеркивал полное различие и противоположность живого и неживого вещества [11]. Возникает вопрос: насколько противоположны два типа вещества — живое и неживое?

Проблема 2. Противоречие между диапазоном концентраций токсичных элементов в минералах и диапазоном толерантности.

Факты об измеренных концентрациях тяжелых металлов в компонентах экосистем и об их воздействии на организмы ведут к выявлению проблем, существенных для биогеохимии и для экологии. В экологии есть понятие диапазона толерантности. В приложении к тяжелым металлам (Cu, Co и другие) в почвах это преломляется следующим образом. Для таких металлов, как медь, кобальт и др., установлены нижняя и верхняя граница приемлемых для жизни концентраций в почве. Большую роль сыграли работы В. В. Ковальского (1899–1984 гг.) [12] и др. авторов и продолжающие их работы В.В. Ермаков с сотрудниками [13, 14]. Меньше нижней границы — нехватка микроэлемента, необходимого для метаболизма. Больше верхней границы — проявление токсичности. Приведем примеры для двух тяжелых металлов кобальта и меди.

Для кобальта установлено следующее. При концентрации его в почвах ниже 4 ppm наблюдается частичная или ярко выраженная недостаточность. У овец, которые пасутся на таких пастбищах, проявляется гипо- и авитаминоз В₁₂, отмечены заболевания анокальтозами. При содержании кобальта в почве более 30 ppm у овец может достигаться верхняя пороговая чувствительность [12]. Таким образом, основной диапазон толерантности составляет 4–30 ppm, то

есть допустимая концентрация кобальта может изменяться в 7 раз.

При концентрации меди в почве ниже 10 ppm у пасущихся овец наблюдается недостаточность, которая проявляется в анемии и лизихе. При концентрации меди в почве выше 60 ppm у многих из пасущихся овец достигается верхняя пороговая чувствительность. Это проявляется в гемолитической желтухе, поражениях печени, а также анемии [12]. Следовательно, основной диапазон толерантности составляет 10–60 ppm. Отсюда вытекает, что допустимая концентрация меди может изменяться в 6 раз.

Аналогичным образом установлены диапазоны толерантности и для других тяжелых металлов. Подробнее информация по этому вопросу излагается в докладах и публикациях В.В. Ковальского [12] и В.В. Ермакова [13, 14]. Эти работы указывают на относительную узость коридора допустимых концентраций на фоне того, что в почвообразующих породах вариabельность концентраций этих металлов гораздо шире.

Так, главные почвообразующие породы по среднему содержанию в них меди отличаются в 34 – 58 раз; по среднему содержанию кобальта отличаются в 2000 раз [12]. Аналогичным образом и для других тяжелых металлов концентрации в почвообразующих породах варьируют в пределах относительно широких диапазонов, которые значительно шире, чем диапазоны толерантности. Возникает вопрос, каким образом оказывается возможным, что организмы выживают в столь вариabельных условиях геохимической среды?

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ УКАЗАННЫХ ПРОБЛЕМ

Некоторый вклад в решение указанных выше проблем достигается, если расширить наши представления о типах вещества в биосфере. Автор предлагает третью типологию при анализе основных видов вещества в биосфере, а именно, выделять следующие типы вещества:

- 1) живое вещество (living matter);
- 2) неживое (косное) вещество;
- 3) бывшее живое вещество (ex-living matter) и продукты его биохимической и химической трансформации [10, 28];

4) биокосное вещество в интерпретации В.И. Вернадского.

По своему составу вещество третьего типа разнородно, но обладает общими чертами в своей роли в биосфере. К этому типу вещества мы относим то вещество, которое прошло через статус живого и находится в окружающей среде, в том числе в водной, в виде частиц, раствора или коллоидов.

Примеры объектов биосферы, которые могут рассматриваться как представители вещества третьего типа (некоторые из приведенных ниже классов объектов могут частично пересекаться и накладываться друг на друга):

(а) органическое вещество пеллет, выделенных почвенными и водными беспозвоночными, в том числе бентосными (например, моллюсками) и зоопланктоном;

(б) вещество погибших организмов;

(в) лиственной опад, растительная мортмасса (общее содержание в биосфере, по углероду, около $1200 \cdot 10^{15}$ – $1600 \cdot 10^{15}$ г С [30]);

(г) биогенный детрит (detrital PAC, particulate organic carbon) в водных экосистемах (общее содержание в биосфере, по углероду, около $30 \cdot 10^{15}$ г С [30]);

(д) растворенное органическое вещество (DOC, dissolved organic carbon) в воде пресноводных и морских экосистем (общее содержание в биосфере, по углероду около $1000 \cdot 10^{15}$ г С [30]);

(е) гумус;

(ж) биогенные неорганические частицы, представленные, например, панцями кремнистых организмов, с размерами панцрей в мм: панцери диатомовых водорослей (0.2–0.02), радиолярий (0.25–0.05), силикофлагеллят (0.1–0.02), карбонатных планктонных фораминифер (0.25–0.05), кокколитофорид (мельче 0.01); удельная поверхность этих естественных сорбентов 5 – $20 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$ [32];

(з) различные биополимеры, выделяемые организмами во внешнюю среду, а также продукты биохимических и химических трансформаций этого вещества (продукты микробиологической переработки, окисления кислородом, продукты фотореакций, в том числе продукты фотодеструкции).

Пример образования заметных количеств вещества третьего типа – накопление биогенного детрита на дне водных систем с организмами. Для краткости вещество третьего типа будем обозначать ELM (ex-living matter). В данном сообщении уделяется внимание такому представителю ELM, как биогенный детрит; однако, подчеркнем, что это далеко не единственный представитель третьего типа вещества.

Во многих случаях реально наблюдаемое, например, в водных экосистемах, вещество третьего типа не является бездыханными телами ранее живых организмов. После их смерти вступают в действие микроорганизмы, инициируются химические реакции окисления, деградации и т.д. Через непродолжительное время наблюдаемое вещество является продуктом многих модификаций и трансформаций. Кроме того, немалую роль играют прижизненно выделяемые молекулы полимеров, например, полисахариды и другие вещества. Реально наблюдаемое вещество третьего типа, по-видимому, во многих случаях имеет комплексную природу и является результатом многих процессов.

Приходится признать, что в определенных случаях границы между типами вещества размыты. Например, по-видимому, в некоторых случаях затруднительно провести четкую границу между веществом 3 и 4-го типа. Возможно, в некоторых случаях будет уместно говорить, что данный объект обладает признаками вещества такого-то типа и на этом останавливаться, не пытаясь жестко классифицировать объект, категорично относя этот объект к строго одному типу вещества.

Вполне уместно отметить возможность эволюции, перехода вещества от одного типа к другому, например, вещество 3-го типа со временем может превращаться в минерал (вещество 2-го типа).

Факты, которые поддерживают выделение новой категории вещества (тип 3 в нашей вышеизложенной типологии), многочисленны.

Представляются существенными результаты наблюдений и опытов, которые проводятся нами с организмами-фильтраторами с 1995 г по настоящее время, а также с микрокосмами в условиях длительной инкубации (с 2002 г по настоящее время). В этих опытах мы наблюдали и изучали процессы, связанные с образованием существенных количеств ELM.

Таблица 1. Состав созданных и исследованных микрокосмов.

Характеризуемый компонент	Микрокосм № 1 (контроль)	Микрокосм № 2 (опыт)
Моллюски <i>Viviparus viviparus</i> , экз.	6	6
Моллюски <i>Viviparus viviparus</i> , суммарная биомасса, г (сырой вес)	33.7	31.6
Макрофиты <i>Ceratophyllum demersum</i> , г (сырой вес)	16.3	15.1
Вода (отстоянная водопроводная вода), л	5	5

Это вещество образуется в результате жизнедеятельности водных организмов (двустворчатых и легочных моллюсках), а также в результате длительной инкубации микрокосмов с макрофитами. Мы осуществили сбор и элементный анализ различных образцов биогенного детрита и других компонентов микрокосмов. Результаты отражены в публикациях [2–8].

Мы провели также эксперименты по проверке выдвинутой нами гипотезы о возможности связывания ряда элементов с биогенным детритом. Работа по проверке этой гипотезы выполнялась совместно с сотрудниками ряда институтов, в том числе Института геохимии и аналитической химии РАН и Института океанологии, которым приносится благодарность за сотрудничество. Подтверждение этой гипотезы отражено ниже.

Примеры фактов, подтверждающих высказанные представления

Пример 1. Опыт с микрокосмами [3].

Для описания опытов далее приводятся три таблицы, в которых отражается следующее:

- состав созданных и изученных микрокосмов (табл. 1);
- добавки металлов в воду микрокосмов (табл. 2);
- результаты инкубирования микрокосмов – элементный состав биогенного детрита в этих экспериментальных водных экосистемах (табл. 3).

Состав вносимого в микрокосмы раствора М7 приведен в таблице ниже. Суммарное добавление

за период 5 недель составило 10 мл на весь объем воды в микрокосме (5 л), т.е. 2 мл раствора М7 на 1 л. Результаты опыта приведены далее.

Пример 2. Связывание группы элементов, в том числе металлов и редкоземельных элементов, с биогенным материалом. Изучали такие элементы, как As, Be, Cd, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, V, Zn, Bi, Ga, Gd, Ge, Ho, Ir, Nb, Rb, Ta, Tb, Te, Th, Tm и др. (совместная работа с J. Tyson, M. Johnson, B. Xing, University of Massachusetts, MA, USA).

Пример 3. Связывание наночастиц, содержащих тяжелые металлы, с биогенным материалом (совместная работа с J. Tyson, M. Johnson, B. Xing, University of Massachusetts, MA, USA). С использованием спектроскопии ЯМР было доказано эффективное связывание наночастиц, содержащих цинк, с некоторыми аминокислотами (триптофан) (совместная работа с В.И. Польшаковым).

Пример 4. Данные по изучению гумусовых веществ в почвах и водах. В литературе есть обширные сведения о связывании этими веществами многих токсичных веществ.

Пример 5. Работами многих лабораторий установлен факт, тесно связанный с вышеприведенными примерами, а именно, связывание многих токсичных веществ донными осадками, причем важную роль играет содержание в донных осадках органического вещества. Например, недавно это еще раз было подтверждено при связывании Cd, Fe, Co, Ni, As, Cr, Pb, Cu, V донными осадками Ивановского водохранилища [25]. Органическое вещество донных осадков имеет биогенный характер и может служить примером

Таблица 2. Соли металлов, включенные в состав раствора М7, и добавка солей металлов в микрокосмы.

Соль	Навеска соли для исходного раствора «М7», мг л ⁻¹	Добавление соли в микрокосм (при внесении 1 мл раствора «М7»), мкг мл ⁻¹
Fe ₂ (SO ₄) ₃ · 9H ₂ O	40	40
K ₂ Cr ₂ O ₇	40	40
Cd (CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	20	20
MnSO ₄ ·5H ₂ O	40	40
CuSO ₄ ·5H ₂ O	40	40
ZnSO ₄	40	40
CoSO ₄ ·7H ₂ O	40	40

Таблица 3. Содержание микроэлементов (As и тяжелые металлы) в осадке биогенного детрита, мкг г⁻¹ сухого веса [3].

Химический элемент	Микрокосм № 1 (контроль)	Микрокосм № 2 (опыт)	Отношение содержания в № 2 к содержанию в № 1, %	Вывод о содержании металла в опыте, по сравнению с контролем
As	1.85	1.42	76.8	Превышения нет
Co (+)	0.67	9.36	1397.0	Превышение
Cd (+)	0.62	2.25	362.9	Превышение
Pb	11.75	12.25	104.3	Превышения нет
Cr (+)	0.32	56.00	17500.0	Превышение
Fe (+)	4830	5788	119.8	Небольшое превышение
Mn (+)	3233	4729	146.3	Превышение
Zn (+)	1398	2501	178.9	Превышение

(+)элементы, добавленные в водную среду микрокосма.

вещества того типа, который в данной работе обозначен как ELM.

Пример 6. Существуют данные многих лабораторий о связывании элементов, в том числе токсичных металлов, с биогенным материалом. Например, показано эффективное связывание

Al(III), Cu(II), Ag(I) с каждым из десяти исследованных биогенных материалов (biologically generated materials), иммобилизованных полисиликатным матриксом. Исследованные биогенные материалы включали сфагновый торф, верхний слой почвы, несколько других видов торфа, мертвую биомассу *Chlorella vulgaris* и

Таблица 4. Варианты названий нового типа вещества в биосфере (в оригинале).

Название / name	Комментарий / comment Что акцентирует такой вариант названия
Ex-living matter	Генезис; timing
Биогенное косное вещество	Роль биоты; генезис
Биогенное неживое вещество	Роль биоты; генезис; дистанцирование от живого;
Вещество – химический буфер	Роль химических факторов и процессов; буферная роль;
Буферное вещество	Роль химических факторов и процессов; промежуточное положение между живым и неживым веществом; буферная роль
Вещество-помощник (Life Assisting Matter), вещество «камикадзе»	Позитивная роль этого вещества для живых организмов; это вещество жертвует своим статусом живого, одновременно помогая улучшить условия для жизни организмов биосферы

клеточный материал растений *Datura innoxia* [26, 29].

Пример 7. Большая функциональная значимость биогенного материала в природных экосистемах ярко проявляется в случае пресноводных и морских экосистем. Биогенное органическое вещество, которое входит в состав донных отложений, вносит существенный вклад в связывание загрязняющих веществ донными отложениями, что является одним из процессов самоочищения воды в водных экосистемах [24, 29].

Дополнительный большой материал о биогенном органическом материале в экосистемах, в особенности водных, содержится во многих других публикациях, в том числе в [30, 31].

Эти примеры иллюстрируют широту эмпирического материала, на основании которого сделан и обоснован вывод о целесообразности выделения нового типа вещества. Возникает вопрос о названии этого типа вещества.

Варианты названия и функциональные особенности нового типа вещества

В дополнение к использованной нами терминологии, ради объективности, рассмотрим и другие варианты названия этого вещества, которые мы могли бы предложить. Эти варианты даны в табл. 4.

В последней строке табл. 4 встречается слово, которое ранее не использовалось в связи с анализом типов вещества в биосфере. Почему пришлось обратиться к слову «камикадзе»? Это пришлось сделать, поскольку в плане своей функциональной роли в биосфере ELM выступает как камикадзе. А именно, японский камикадзе сначала выполнял свою функцию – направлял ведомую им торпеду или свой самолет на американский корабль и затем погибал. ELM действует аналогично, но в противоположной последовательности. Сначала часть живого вещества погибает и превращается в ELM. Затем ELM выполняет свою полезную для биосферы функцию – связывает токсичные вещества (например, токсичные тяжелые металлы), убирает их из свободной миграции в окружающей среде (например, из водного раствора в гидросфере) и создает тем самым более благоприятные условия для жизни живых существ.

Итак, в конце концов функция выполнена, и это связано с гибелью ранее живого вещества или «камикадзе». Это сходство конечного результата и заставило прибегнуть к столь необычному на первый взгляд слову.

Рассматриваемые представления помогают по-новому осветить некоторые природные явления. Среди них – листопад. Вспомним о тысячах листьев, опадающих осенью с каждого дерева широколиственных лесов, и мы по-новому увидим эту картину: листопад можно интерпретировать как процесс, в котором каждое дерево посылает тысячи «камикадзе», которые будут благоприятным образом влиять на химизм среды для этого дерева, в том числе путем связывания некоторого количества токсичных химических элементов.

Новые результаты, полученные в этих исследованиях, а также данные научной литературы выявляют существенную роль ELM в миграции элементов в биосфере. Подробное описание проведенных экспериментальных работ содержится в публикациях [3, 4, 6–8]).

Эффективное связывание тяжелых металлов с ELM (на примере биогенного детрита) указывает на важные для биосферы функции ELM, а именно, функции кондиционирования, очищения и стабилизации среды обитания для живых организмов, а также модификации и регуляции миграции элементов. Эти функции настолько важны и необходимы для поддержания благоприятной среды для живых организмов и настолько выделяют ELM как особую субстанцию, что есть смысл рассматривать ELM как особый тип вещества (табл. 5).

ОТЛИЧИЕ ОТ ЖИВОГО И «ТИПИЧНОГО» НЕЖИВОГО ВЕЩЕСТВА

Этот тип вещества перестал быть живым веществом и отличен от живого вещества.

Вместе с тем, это вещество настолько глубоко вовлечено в обслуживание интересов живых организмов и, пользуясь языком В.И. Вернадского, оно настолько активно воздействует на миграцию элементов, на формирование благоприятной геохимической среды обитания организмов, что есть смысл отличать его от обычного инертного неживого вещества, которое является объектом минералогии и петрографии.

Проведенные автором с сотр. описанные выше опыты касались водных систем. Вместе с

тем подчеркнем, что уже накопленные в науке о почвах факты об исключительно большой роли гумуса в жизни почвенных и наземных [9] экосистем согласуются с предлагаемой нами концепцией и дополнительно подтверждают ее.

Наши новые результаты по изучению элементного состава биогенного детрита, по изучению взаимодействия химических веществ с детритом, а также анализ литературных данных обширного комплекса экологических наук, а также данных о геохимической среде [12–18] приводят нас к следующим итоговым положениям, которые, вероятно, получат новые подтверждения в дальнейших исследованиях.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Результаты проведенных опытов и анализ научной литературы ведет к следующим замечаниям и выводам.

1. В биосфере имеется, в дополнение к живому и неживому веществу в их традиционном понимании, особая категория вещества ex-living matter (ELM) (в трактовке, изложенной выше).

2. ELM выполняет важные экологические и биогеохимические функции. Среди них кондиционирование геохимической среды, включая, например, связывание некоторых химических веществ и элементов, в том числе токсичных. Тем самым может снижаться концентрация этих токсичных компонентов в окружающей среде, в том числе в водной среде, что благотворно для условий обитания живых организмов.

3. Можно предсказать, что в будущем будут получены новые факты о большой роли ELM в экологии, биосфере, в очищении или кондиционировании компонентов окружающей среды, в том числе водной среды.

4. Недоучет роли ELM может привести к ошибкам в оценке воздействий на окружающую среду, планировании и осуществлении природопользования, экологическом мониторинге, борьбе с химическим загрязнением, обеспечении экобезопасности.

5. Сделанные выводы далеки от окончательных обобщений. Вполне возможно, что в дальнейшем предлагаемую типологию необходимо будет модифицировать и улучшить.

Таблица 5. Функциональные особенности ELM как особого типа вещества (оригинале).

Функциональные особенности ELM	Примеры
1. Связывание и секвестр токсичных веществ, токсичных элементов	В случае водной среды – вклад в самоочищение воды ([24, 29]; другие публикации автора). Изучались различные токсиканты, в том числе токсичные тяжелые металлы. Совместные работы с Г.М. Колесовым ([4, 6–8] и др.), Л.Л. Деминой ([3] и др.); совместная работа с J. Tyson, M. Johnson, B. Xing, University of Massachusetts, MA, USA (публикация в подготовке)
2. Депонирование микроэлементов, эссенциальных элементов	Fe, Cu, Zn, Co; совместные работы с Л.Л. Деминой ([3] и др.); Г.М. Колесовым ([4, 6–8]) и др.
3. Связывание элементов, создающих тепличные газы;	Связывание и депонирование С в органических полимерах (целлюлоза, лигнин и др.) в составе мортмассы
4. Создание субстратов для прикрепления организмов (substrate, habitats)	Органические остатки и структуры как поверхность для прикрепления бактерий, грибов и др.
5. Консервирование кормовых ресурсов	Органические остатки, лиственный опад как кормовые ресурсы для гетеротрофных организмов в зимний период – в наземных и водных экосистемах
6. Запасание влаги (влагоудержание, влагоемкость)	Почвы; консорции с участием эпифитные организмы в наземных ярусах леса, в том числе тропических деревьев; и др.
7. Создание компонентов для катализа и/или протекания полезных химических реакций	Некоторые реакции разрушения молекул поллютантов в водной среде (публикации проф. Ю.И. Скурлатова и соавторов)
8. Удержание биогенных элементов в системе	Секвестр, удержание P и N в почвах, донных осадках, сорбированных материалах

6. Поиск адекватной типологии видов вещества в биосфере вносит вклад в анализ и систематизацию обширного эмпирического материала и накопленных фактов о геохимической среде [12–15, 17–19, 27, 31].

В заключение полезно вспомнить слова известного биолога Эрнста Майра (Ernst Mayr, 1904–2005 гг): «Все интерпретации, которые делает ученый, представляют собой гипотезы, а все гипотезы – временные».

Благодарность. Автор благодарит С.В. Котелевцева, В.В. Ермакова, Л.Л. Демину, Г.М. Колесова, Т.В. Шестакову, В.А. Поклонова, сотрудников нескольких факультетов МГУ и нескольких институтов РАН, а также ИНБИОМ за обсуждение, участие и содействие в проведении экспериментальной и аналитической работы. Выражается благодарность всем, кто тем или иным образом способствовал экспериментальной или теоретической работе. Часть экспериментальной работы была выполнена при финансовой поддержке Fulbright Program (University of Massachusetts, Amherst, 2010–2011 гг) в сотрудничестве с J. Tyson, M. Johnson, V. Xing.

Выражаю признательность и благодарность соавтору этой работы, д.б.н. Л.Л. Деминной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вернадский В.И. *Биосфера*. М.: Изд. дом Ноосфера, 2001, 244 с.
2. Остроумов С.А., Демина Л.Л. Экологическая биогеохимия и элементы (мышьяк, кобальт, железо, марганец, цинк, медь, кадмий, хром) в цистозире и биогенном детрите в морской модельной экосистеме: определение методом атомно-абсорбционной спектроскопии. *Экол. системы и приборы*. 2009. 9. 42–45.
3. Остроумов С.А., Демина Л.Л. Тяжелые металлы (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr) в биогенном детрите микробиоты с водными организмами. *Экол. пром. производства*. 2010. 2. 53–56.
4. Остроумов С.А., Колесов Г.М. Редкие и рассеянные элементы в биогенном детрите: новая сторона роли организмов в биогенной миграции элементов. *Изв. Самарского науч. центра РАН*. 2010. 12. 1. 153–155.
5. Остроумов С.А., Колесов Г.М. Водный макрофит *Ceratophyllum demersum* иммобилизует Au после добавления в воду наночастиц. *ДАН*. 2010. Т. 431. 4. 566–569. <http://www.scribd.com/doc/54991990/>
6. Остроумов С.А., Колесов Г.М. Детектирование в компонентах экосистем золота, урана и других элементов методом нейтронно-активационного анализа. *Экол. системы и приборы*. 2009. № 10. 37–40.
7. Остроумов С.А., Колесов Г.М., Моисеева Ю.А. Изучение водных микробиот с моллюсками и растениями: содержание химических элементов в детрите. *Вода: химия и экология*. 2009. 8. 18–24.
8. Остроумов С.А., Колесов Г.М. Выявление урана и тория в компонентах водных экосистем методом нейтронно-активационного анализа. *Вода: химия и экология*. 2009. 10. 36–40.
9. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. *Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы*. М. Наука. 2000. 186 с.
10. Остроумов С.А. Новая типология вещества и роль ex-living matter (ELM) в биосфере [New typology of matter and the role of ex-living matter (ELM)]. *Ecol. Studies, Hazards, Solutions*. 2010. v. 16. 62–65.
11. Vernadsky V.I. Problems of biogeochemistry. The fundamental matter-energy difference between the living and inert natural bodies of the biosphere. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.* 1944. 35. 483–517.
12. Ковальский В.В. *Геохимическая среда и жизнь*. М.: Наука. 1982. 80 с.
13. Ермаков В.В. *Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы (Technogenesis and biogeochemical evolution of the biospheric taxons)*. М.: Наука. 2003. 351 с.
14. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. *Геохимическая экология животных*. М.: Наука, 2008. 315 с.
15. Добровольский Г.В. К 80-летию выхода в свет книги В.И. Вернадского “Биосфера”. *Экол. химия*. 2007. 16(3). 135–143.
16. Добровольский Г.В. О развитии некоторых концепций учения о биосфере. *Вода: технология и экология*. 2007. 1. 63–68.
17. Перельман А.И., Касимов Н.С. *Геохимия ландшафта*. М.: Астрель, 2000. 763 с.
18. Моисеев Т.И., Кудрявцева Л.П., Гашкина Н.А. *Рассеянные элементы в поверхностных водах суши*. М.: Наука, 2006. 261 с.
19. Ивантер Э.В., Медведев Н.В. *Экологическая токсикология природных популяций*. М.: Наука, 2007. 229 с.
20. Остроумов С.А., Колесов Г.М. О роли биогенного детрита в аккумуляции элементов в водных системах. *Сибирский экол. журн.* 2010, 4, с. 525–531. <http://www.scribd.com/doc/54994042/>.
21. Остроумов С.А., Шестакова Т.В. Снижение измеряемых концентраций Cu, Zn, Cd, Pb в воде экспериментальных систем с *Ceratophyllum demersum*: потенциал фиторемедиации. *ДАН*. 2009. 428. 2. 282–285. <http://www.scribd.com/doc/53718816/>.
22. Остроумов С.А., Котелевцев С.В., Шестакова Т.В., Колотилова Н.Н., Поклонов В.А., Соломо-

- нова Е.А. Новое о фиторемедиационном потенциале: ускорение снижения концентраций тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu) в воде в присутствии элодеи. *Экол. химия*. 2009, 18(2), 111–119.
23. Остроумов С.А. *Введение в биохимическую экологию*. М.: Издательство Моск ун–та. 1986. 176 с.
24. Ostroumov S.A. *Biological Effects of Surfactants*. CRC Press. Taylor & Francis: Boca Raton, London, New York. 2006. 304 p.
25. Липатникова О.А. Экспериментальное исследование и термодинамическое моделирование форм нахождения микроэлементов в донных отложениях Иваньковского водохранилища. *Автореф. канд. геол.–минер. наук*. Москва. МГУ. 2011. 25 с.
26. Stark P. C., Rayson G. D. Comparisons of metal-ion binding to immobilized biogenic materials in a flowing system. *Advances in Environ. Res.*, 2000. 4(2), 113–122.
27. Панин М.С. *Химическая экология*. Ред. С.Е. Кудайбергенов. Семипалатинск: Семипалатинский гос. ун–т им. Шакарима. 2002. 852 с.
28. Остроумов С.А. Некоторые вопросы химико-биотических взаимодействий и новое в учении о биосфере. *Ecol. Studies, Hazards, Solutions*. Vol. 17. М.: МАКС Пресс, 2011. 20 с.
29. Остроумов С.А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории. *ДАН*. 2004. 396. 1. 136–141.
30. Summerhayes C., Thorpe S. (Eds.) *Oceanography*. London: Manson Publishing. 1996. 352 p.
31. Wetzel R. G. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. San Diego: Acad. Press, 2001. 1006 p.
32. Лисицын А.П. *Процессы океанской седиментации*. М.: Наука. 1978. 392 с.
33. Корж В.Д. *Геохимия элементного состава гидросферы*. М.: Наука, 1991. 244 с.
34. Донченко В.К., Иванова В.В., Питикулько В.М. *Экологохимические особенности прибрежных акваторий*. СПб.: НИЦЭБ РАН, 2008. 544 с.

On typology of main kinds of matter in the biosphere

S. A. Ostroumov

Lomonosov Moscow State University, Department of Biology, 119991 Moscow, Russia

The main challenges to the current conceptualization of the types of matter in the biosphere are addressed. To meet and respond to the challenges, the author offers a new conceptualization which is based on his suggestion to identify so called ‘ex-living matter’ (ELM). The author discusses his experiments (carried out together with co-authors) which provide a solid factual foundation to this conceptualization, as well as other data available in literature. The main functions of ELM in the biosphere were also formulated and considered by the author. Some alternatives and variants in verbal expression to be used as a name for the new type of matter are also included in the publication.

Key words: biosphere, V.I. Vernadsky, environment, biogeochemistry, ecology, living matter, types of matter, ex-living matter, heavy metals.

Сергей Андреевич Остроумов, д. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физической химии биомембран, биологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия. Область научных интересов: химико-биологические взаимодействия, водная экология, биохимическая экология.