

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ ИДЕЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО

© 2013 С.А. Остроумов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
биологический факультет

Поступила в редакцию 23.03.2013

В статье представлены новые экспериментальные результаты автора по изучению взаимодействия ряда химических элементов с биогенным материалом из водных макрофитов. В экспериментах были получены новые данные по иммобилизации химических элементов биогенным материалом, полученным из водных макрофитов. Новые данные были проанализированы с учетом новых результатов в научной литературе. В результате, автор прокомментировал и дополнил некоторые концепции В. И. Вернадского в области учения о биосфере. Среди новых фундаментальных понятий, введенных автором: расширенная концепция биогенной миграции и иммобилизации химических элементов, а также новая типология основных видов вещества в биосфере.

Ключевые слова: биосфера, загрязнение, иммобилизация, химические элементы, биогенный материал, *Myriophyllum aquaticum*, водная среда, наночастицы.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования В.И. Вернадского [1] положили начало новому этапу в исследованиях биогеохимии и геохимической среды [2-29]. Значительное внимание уделялось накоплению новых фактов о содержании химических элементов в компонентах биосферы, о роли живых организмов в формировании параметров окружающей среды, о химико-биотических взаимодействиях [3-31]. В последние годы все большее значение приобретает также накопление новых данных о токсичности тех или иных химических элементов и их соединений, что стало актуальным ввиду нарастания опасностей загрязнения окружающей среды (например, [5, 30, 32]).

В.И. Вернадский в своих работах поднял ряд принципиально важных вопросов об организации биосферы и геохимической среды и выдвинул идеи, надолго определившие направления научного поиска. Среди таких вопросов следующие: 1) типология вещества в биосфере; 2) роль живого вещества в модификации окружающей среды; 3) биогенная миграция элементов [1].

Работами многих исследователей установлено, что биогенная миграция элементов [1-4] играет большую роль в формировании геохимической среды и элементного состава компонентов экосистем. Изучалась роль различных компонентов экосистем в миграции элементов, исследовался элементный состав биотических и абиотических компонентов окружающей среды [4, 5, 7-13]. Накоплены внушительные сведения о токсичности ряда химических элементов [4, 5, 10, 15]. Изучение количественных характеристик процессов и явлений, связанных с миграцией элементов, про-

должает оставаться актуальным и связано с приоритетными вопросами загрязнения окружающей среды в современных условиях техногенеза [4, 19]. В предыдущих работах установлена способность биомассы макрофитов иммобилизовывать некоторые элементы [26]. Выявлена также способность биодетрита иммобилизовывать редкоземельные элементы [27]. Автором были проведены дополнительные исследования вопросов миграции химических элементов и сформулированы выводы о некоторых особенностях экологической и биогеохимической роли детрита и других видов биогенного материала [7-10]. Связывание химических элементов с мортмассой привлекло внимание в связи с новыми концепциями о типологии вещества в биосфере [7-10].

Цель проведенных опытов – продолжить работы в этом направлении и проверить гипотезу о том, способна ли мортмасса водных макрофитов *Myriophyllum aquaticum* иммобилизовывать химические элементы, находящиеся в водной среде – такие, как палладий, скандий, титан, цирконий и другие. Полученные в данном исследовании результаты дали положительный результат и подтвердили справедливость проверяемой гипотезы.

Факты, полученных в экспериментах автора, дополнительно поддерживают изложенные в [7-10] положения. Это позволяет использовать новые результаты для анализа вопроса о том, как продолжается развитие идей В.И.Вернадского в отношении указанных в начале статьи вопросов.

Публикация подготовлена по материалам докладов автора на Биогеохимических чтениях памяти В.В. Ковальского (Москва, Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, 2012) и на академических чтениях, посвященных 150-летию со дня рождения В.И.Вернадского (Тольятти, Самара, 13-14 марта 2013).

МЕТОДИКА

Инкубацию образцов мортмассы *Myriophyllum aquaticum* проводили в водных системах объемом 1 л. Использовали воду, очищенную в системе Barnstead, Nanopure Ultrapure Water System. Характеристика воды - 18 МΩ·см.

Добавление элементов в водную среду произведено до создания концентраций: палладий 0.5 мг/л, скандий 0.5 мг/л, титан, цирконий 1 мг/л. Были добавлены наночастицы окиси титана (TiO₂) в концентрации 20 мг/л.

Для проведения измерений в опытах использовали следующие реактивы:

Стандартный раствор палладия: Plasma Emission Standard, Spectrum®; 999.2 ppm (999.2 мкг в 1 мл) в 20% HCl. Производитель -Spectrum Chemical Mfg Corp., Garden, CA 90248, США.

Стандартный раствор скандия: Plasma Emission Standard, Spectrum®; 1000.2 ppm (1000.2 мкг в 1 мл) в 5% азотной кислоте. Spectrum Chemical Mfg Corp., США.

Стандартный раствор циркония: 1000 ppm (1000 мкг в 1 мл), в 10 % HCl. Spex Industries, Inc.; Edison, NJ 08820, США.

Аналогичным образом использовались стандартные растворы других химических элементов.

Наночастицы TiO₂: диаметр 50 нм, площадь поверхности 325 м²/г. Производитель – Zhejiang Hongsheng Material Technology Co., Китай.

Длительность инкубации при 20°C составляла 24 ч. Измерения проведены методом ICP-OES. Измерения выполнены Monique E. Johnson, J.F. Tyson, при организационной поддержке B.Xing (Университет Массачусеттса, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведенных опытов выявлено следующее. После инкубации концентрация изученных элементов в мортмассе *Myriophyllum aquaticum* нарастала, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, концентрация палладия в контрольном образце мортмассы *Myriophyllum aquaticum* (который инкубировали в аналогичной водной системе, но без добавления в водную среду палладия) составляла $1,89 \pm 1,27$ мкг/кг. После инкубации в водной среде, содержащей палладий, содержание этого элемента в образце мортмассы *Myriophyllum aquaticum* выросло в 5 раз и составило $9,59 \pm 1,09$ мкг/кг.

Аналогичным образом, в результате инкубации выросло содержание скандия. В контрольном образце содержание скандия было на уровне $0,09 \pm 0,002$ мкг/кг. После инкубации в водной среде, содержащей скандий, его содержание в мортмассе *Myriophyllum aquaticum* выросло почти в 200 раз и составило $18,85 \pm 2,19$ мкг/кг.

Концентрация титана в контрольных образцах мортмассы составила в среднем $0,11 \pm 0,03$ мг/кг. После инкубации в водной среде с добавленным титаном, содержание титана в мортмассе *Myriophyllum aquaticum* выросло более чем в 500 раз и составило $59,11 \pm 33,98$ мг/кг.

Таблица 1. Содержание элементов в мортмассе водного макрофита *Myriophyllum aquaticum*. Примечание: St. Dev. - стандартное отклонение (standard deviation). Измерения сделаны Monique E. Johnson, J.F. Tyson. Эксперимент, включая разработку идеи опыта, дизайн опыта, создание систем для инкубации, инкубацию, отбор и подготовку образцов, проведен автором

Элементы	После добавления элементов в водную фазу и последующей инкубации, средняя концентрация	St. Dev.	Контроль (без добавления, элементов в водную среду) средняя концентрация	St. Dev.
Ce Церий, мкг/кг	60.00	24.37	Ниже порога обнаружения	-
Eu Европий, мкг/кг	51.46	18.95	Ниже порога обнаружения	-
In Индий, мкг/кг	19.59	5.97	Ниже порога обнаружения	-
Pd Палладий, мкг/кг	9.59	1.09	1.89	1.27
Ru Рутений, мкг/кг	5.60	2.05	Ниже порога обнаружения	-
Sc Скандий мкг/кг	18.85	2.19	0.09	0.002
Se Селен, мкг/кг	12.56	7.94	Ниже порога обнаружения	-
Ti Титан, мг/кг	59.11	33.98	0.11	0.03
U Уран, мкг/кг	22.67	6.02	Ниже порога обнаружения	-
Zr, Цирконий, мг/кг	15.48	9.01	0.19	0.15

Концентрация циркония в контрольной мортмассе составляла $0,19 \pm 0,15$ мг/кг. После инкубации в водной среде с добавленным цирконием

содержание этого элемента в мортмассе *Myriophyllum aquaticum* выросло почти на 2 порядка и составило $15.48 \pm 9,1$ мг/кг.

Для ряда других элементов наблюдали также существенное увеличение их содержания в мортмассе после соответствующей инкубации. В контрольных образцах мортмассы *Myriophyllum aquaticum* содержание церия (Ce), европия (Eu), индия (In), рутения (Ru), селена (Se) и урана (U) было ниже предела обнаружения. После соответ-

ствующей инкубации в водной среде, в которую добавили эти элементы, их содержание в мортмассе *Myriophyllum aquaticum* уверенно измерялось и составило значения, приведенные в таблице 1.

Полученные данные о содержании ряда элементов в образцах растительного происхождения согласуются с данными литературы об измерениях концентрации указанных элементов в растениях (см. таблицу 2).

Таблица 2. Результаты измерения содержания некоторых из изученных в данной работе элементов в образцах растительного материала (данные различных авторов)

Элементы	Образцы материала растений	Концентрации на сухой вес	Ссылки
Палладий, скандий, цирконий, титан	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Содержание элементов в мортмассе растений <i>Myriophyllum aquaticum</i> – см. выше текст данной статьи	Данное исследование
Палладий Pd	<i>Pinus radiata</i>	15 ± 15 ppb в золе. Зола составляла 3% от сухого веса образцов фитомассы.	[17]
Скандий Sc	Различные виды растений	Из исследованных образцов многих видов растений лишь в 3% содержание было выше предела обнаружения. Обнаруженные концентрации были на уровне нескольких мкг/кг (ppb).	[29]
Титан Ti	<i>Diandrostachia chryso-trix</i> , <i>Erythroxylum</i> sp., <i>Leandra aurea</i>	3 - 9,5 мг/кг	[13]
Цирконий Zr	Томаты, корни <i>Lycopersicon esculentum</i> L.	2,60 - 7,96 мг/кг (растения томатов выращивали на почве); 2,84 мг/кг (растения выращивали на гидропонике)	[14]
Zr	Горох, корни <i>Pisum sativum</i>	1,08-1,15 (горох выращивали на почве); 0,58 (гидропоника)	[14]

Среди изученных в данной работе элементов был титан, который вносился в водную среду в форме наночастиц окиси титана.

Полученные в данной работе новые факты об иммобилизации титана мортмассой макрофита *Myriophyllum aquaticum* согласуются с опубликованными ранее сведениями о связывании органическим веществом ряда видов наночастиц [25].

При иммобилизации химических элементов мортмассой *Myriophyllum aquaticum*, которая находилась в водной среде, происходит соответствующее снижение концентрации этих элементов в водной фазе. Таким образом, в итоге вносился вклад в очищение водной среды от химических соответствующих элементов. Тем самым изучаемое явление вписывается в процессы самоочищения воды, охарактеризованные в публикациях [6-10, 18-25]. Подчеркнем, что самоочищение от наночастиц имеет особенно важное значение, поскольку доказана токсичность ряда видов наночастиц – например [28, 30].

Актуальность вопроса о судьбе изученных элементов в окружающей среде связана с их практическим использованием в промышленности и производстве различных изделий и материалов, что неизбежно создает новые виды загрязнения окружающей среды, в том числе водных объектов.

Полученные данные и результаты их анализа могут быть суммированы следующим образом.

1. Полученные результаты на новых примерах (мортмасса широко распространенного вида водных макрофитов *Myriophyllum aquaticum*, химические элементы: палладий, скандий, цирконий, титан, церий, европий, индий, рутений, селен и уран) подтверждают, что мортмасса водных растений, входящая в состав природных экосистем, наряду с другими компонентами, может нести функцию депо или места, где происходит иммобилизации и секвестр химических элементов.

2. Новые факты, полученные в опытах, согласуются с теоретическими представлениями о полифункциональной роли биоты в самоочищении воды [6, 20-24] и о типологии вещества в биосфере [7-10]. Изложенные новые факты поддерживают выводы, сделанные в предыдущих статьях [33-38], подчеркивают актуальность исследований в области экотоксикологии и химико-биотических взаимодействий с участием токсичных веществ [5, 39 - 44].

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ДАННЫХ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ИДЕЙ В.И. ВЕРНАДСКОГО

Представляет интерес заново вернуться к анализу тенденций в современном развитии некоторых идей В.И.Вернадского. Новые факты о химико-биотических взаимодействиях в биосфере суммированы в таблицах 1-5 в публикации [9] и таблице 1 в данной работе. Новые элементы теоретических положений суммированы в таблице 6 в публикации [9] и в выводах публикаций [7-10].

Проведенная автором экспериментальная работа и анализ фактов позволяют сделать следующие комментарии о развитии следующих положений Вернадского.

1. Положение В.И.Вернадского о **роли живого вещества как геологической силы**, влияющей на лик Земли. Анализируя современное развитие этой концепции, можно отметить следующее: это положение детализировано, подтверждено и усилено на новом эмпирическом материале, в том числе фактами о водных экосистемах и организмах, полученных автором и систематизированных в теории самоочищения воды [6, 20, 21, 23, 24, 35-38]. В частности, это положение **усилено** новыми фактами в области водной экологии и их обобщением в теории полифункциональной роль организмов в самоочищении воды [6, 20, 21, 23, 24, 35-38]

2. Концепция В.И.Вернадского – **биогенная миграция элементов**. Предложенный анализ с учетом экспериментов автора и данных литературы ведет к **дополнению** этой концепции. Вывод из проведенной работы: автор прогнозирует, что будет становиться распространенной следующая формулировка: **биогенная миграция и иммобилизация** элементов (подробнее в разделе 4 данной работы).

3. Концепция В.И.Вернадского – **типология вещества в биосфере**, которую Вернадский излагал в нескольких вариантах, не совпадающих друг с другом. Предложенный анализ с учетом опытов автора (и участников наших опытов и измерений): прогнозирует, что проведенная работа и продолжающиеся исследования ведут к **дополнению** последнего варианта типологии, принятой в последних итоговых публикациях Вернадского (подробнее в разделе 4 работы [9]). Автор прогнозирует, что будет распространяться новая типология вещества, в соответствии с которой выделяется живое вещество, косное вещество и третий тип вещества (экс-живое вещество или бывшее живое вещество) [7-10].

4. Концепция В.И.Вернадского – аппарат биосферы. Вопросы регуляции аппарата В.И.Вернадским не были рассмотрены. Автор предлагает учитывать роль природных химических веществ, продуцируемых организмами, как экологических хеморегуляторов. Концепция экологических хеморегуляторов предложена и обоснована им в книге «Введение в биохимическую экологию» (М.: Изд-во Московского ун-та) [44].

5. Практическое использование новых результатов способствует проводить следующее: более объективную и точную оценку антропогенных воздействий на окружающую среду, более осмысленный мониторинг химического загрязнения, совершенствование прогнозирования последствий загрязнения среды, укрепление научной базы технологий очищения водной среды и предотвращения загрязнения, сохранение качества воды и поддержание безопасности источников водоснабжения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Измерения выполнены Monique E. Johnson, J.F. Tyson, при организационной поддержке В.Xing (Университет Массачусеттса, США). Работа поддержана грантом Программы Фулбрайта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Изд. дом Ноосфера, 2001. 244 с.
2. Добровольский Г.В. К 80-летию выхода в свет книги В.И. Вернадского “Биосфера”. Развитие некоторых важных разделов учения о биосфере. // Экологическая химия. 2007. Т.16(3). С. 135–143.
3. Ермаков В.В. О книге «Гидробионты в самоочищении вод и биогенной миграции элементов» // Вода: химия и экология. 2009. № 8. С. 25-29.
4. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. М.: Наука, 2008. 315 с.
5. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: теоретические и прикладные аспекты. 2009. М.: Наука. 400 с.
6. Остроумов С.А. О биотическом самоочищении водных экосистем. Элементы теории // Доклады академии наук. 2004. Т. 396. № 1. С.136-141.
7. Остроумов С.А. Роль организмов в регуляции миграции химических элементов и перемещений вещества в экосистемах // Экология промышленного производства. 2010. № 3. С. 26-31.
8. 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)] // Ecological Studies, Hazards, Solutions. 2010. Vol.16. P. 62-65.
9. Остроумов С.А. Химико-биотические взаимодействия и новое в учении о биосфере В.И.Вернадского. М.: МАКС Пресс, 2013. 92 с.
10. Остроумов С.А. Обезвреживание токсичных элементов в биосфере и совершенствование экологического мониторинга // Экология промышленного производства. 2012. № 1. С. 26-33.
11. 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 // Экологические системы и приборы. 2009. №9. С.42-45.
12. Остроумов С.А., Демина Л.Л. Тяжелые металлы (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Cr) в биогенном детрите микрососмов с водными организмами // Экология промышленного производства. 2010. № 2. С. 53-56.
13. Ceccantini G., Figueiredo A.M.G., Sondag F., Soubies F. Rare earth elements and titanium in plants, soils and groundwaters in the alkaline-ultramafic complex of Salitre, MG, Brazil // Contaminated Soils. 3rd international

- Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements. Paris (France). May 15-19, 1995; http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_51-52/010015618.pdf;
14. Ferrand E., Benedetti M. F., Leclerc-Cessac E., Dumat C. Study of the mechanisms involved in the rhizosphere for the absorption of zirconium by vegetables // Diffpolmine Conference. 12-14 December 2006. Le Corum – Montpellier, France.
 15. Ha N. T. H., Sakakibara M., Sano S., Nhuan M. T. Uptake of metals and metalloids by plants growing in a lead–zinc mine area, Northern Vietnam. // *Journal of Hazardous Materials*. 2011. Vol. 186. P. 1384–1391.
 16. Johnson M. E., Ostroumov S. A., Tyson J. F., Xing B. Study of the interactions between *Elodea canadensis* and CuO nanoparticles // *Russian Journal of General Chemistry*. 2011. Volume 81. Number 13. P. 2688-2693.
 17. Kothny E.L. Palladium in plant ash. // *Plant and Soil*. 1979. Vol.53. P.547-550.
 18. Ostroumov S.A. The functions of living substances in the biosphere. // *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2003. Vol.73 (2). P. 164-169.
 19. Ostroumov S.A., Dodson S., Hamilton D., Peterson S., Wetzel R.G. Medium-term and long-term priorities in ecological studies // *Rivista di Biologia - Biology Forum*. 2003. Vol.96. P. 327-332.
 20. Ostroumov S.A. Aquatic ecosystem as a bioreactor: water purification and some other functions. // *Rivista di Biologia - Biology Forum*. 2004. Vol. 97(1). P. 67–78.
 21. Ostroumov S.A. On the multifunctional role of the biota in the self-purification of aquatic ecosystems. // *Russian Journal of Ecology*. 2005. Vol.36 (6). P. 414-420.
 22. Ostroumov S.A. Biological Effects of Surfactants. Boca Raton, London, New York: CRC Press. Taylor & Francis. 2006. 304 p.
 23. Ostroumov S. A. Basics of the molecular-ecological mechanism of water quality formation and water self-purification. // *Contemporary Problems of Ecology*. 2008. Vol. 1 (1). P. 147-152.
 24. Ostroumov S. A. Biocontrol of water quality: Multifunctional role of biota in water self-purification // *Russian Journal of General Chemistry*. 2010. Vol. 80 (13). P. 2754-2761.
 25. Ostroumov S. A. Studying the fate of pollutants in the environment: binding and immobilization of nanoparticles and chemical elements // *Ecologica*. 2011. Vol. 18. No. 62. P. 129-132.
 26. Ostroumov S. A., Kolesov G. M. The aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* immobilizes Au nanoparticles after their addition to water. // *Doklady Biological Sciences*. 2010. Vol. 431. P. 124–127.
 27. Ostroumov S. A., Kolesov G. M. The role of biodebris in accumulation of elements in aquatic ecosystems. // *Contemporary Problems of Ecology*. 2010. Vol. 3 (4). P. 369-373. <http://www.scribd.com/doc/75098592>; <http://trove.nla.gov.au/work/40349852>
 28. Ostroumov S. A., Xing B. Effects of three types of metal oxide nanoparticles (TiO₂, CuO, Al₂O₃) on the seedlings of the higher plant *Lens culinaris* // *Ecologica*. 2012. Vol.19(65): P.10-14.
 29. Scandium. Chemical properties of scandium. Health effects of scandium. Environmental effects of scandium. <http://www.lenntech.com/periodic/elements/sc.htm>
 30. Suetina I. A., Podchernyaeva R. Ya., Gushina E.A., Lopatina O.A., Poklonov V.A., Ostroumov S.A. Using cell technologies to assess the toxicity of nanoparticles of metal oxides. // *Pharmaceutical and Medical Biotechnology. Proceedings of the International scientific conference*, March 20-22, 2012. Moscow. Moscow, JSC Expro-Biochem-Technologies, D.I.Mendeleev University of Chemistry and Technology. P. 135-136.
 31. Ермаков В.В., Карпова Е.А., Корж В.Д., Остроумов С.А. Инновационные аспекты биогеохимии – М.: ГЕОХИ РАН, 2012. – 340 с.
 32. Радостева Э.Р., Кулагин А.Ю. Биоаккумуляция металлов в органах древесных растений в условиях полиметаллических отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината (Республика Башкортостан) // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2011. Т.13. № 5 (2). С.200-202.
 33. Johnson M.E., Ostroumov S.A., Tyson J.F., Xing B. Measuring the concentrations of elements including toxic metals in phytomass after incubation of aquatic macrophytes with nanoparticles of metal oxides // *Fundamental and Innovative Aspects of Biogeochemistry. Materials VII Biogeochemical School*. September 12 - 15, 2011. Moscow: V.I.Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, 2011. P. 66-69.
 34. Johnson M.E., Ostroumov S.A., Tyson J.F., Xing B. On the biogeochemistry and geochemical ecology of nanotechnology products: interactions of metal oxide nanoparticles with macrophytes and plant-derived materials // *Problems of Biogeochemistry and Geochemical Ecology (Проблемы биогеохимии и геохимической экологии)*, 2011. № 17. P. 136-148.
 35. Ostroumov S.A. Inhibitory analysis of top-down control: new keys to studying eutrophication, algal blooms, and water self-purification // *Hydrobiologia*, 2002. Vol. 469. P. 117-129.
 36. Ostroumov S.A. Polyfunctional role of biodiversity in processes leading to water purification: current conceptualizations and concluding remarks. - *Hydrobiologia*, 2002, V.469. P. 203-204.
 37. Ostroumov S.A. Some aspects of water filtering activity of filter-feeders. // *Hydrobiologia*, 2005. Vol.542. P. 275-286.
 38. Ostroumov S.A., Widdows J. Inhibition of mussel suspension feeding by surfactants of three classes // *Hydrobiologia*, 2006. Vol. 556. P. 381-386.
 39. Котелевцев С.В. Мутагенные и канцерогенные соединения в окружающей среде: возможность контроля и потенциальные опасности // *Биозащита и биобезопасность*. 2010. № 1. С. 40-49.
 40. Котелевцев С.В., Нагдалиев Ф.Ф., Садчиков А.П. Биотестирование и биоиндикация при экологическом анализе окружающей среды. Москва: Альтекс. 2011. 176 с.
 41. Котелевцев С.В., Маторин Д.Н., Садчиков А.П. Эколого-токсикологический анализ растительных сообществ в водных экосистемах. Москва: Альтекс, 2012, 182 с.
 42. Ермаков В.В. Новые исследования взаимодействий химических веществ и организмов: на стыке экологических наук и биогеохимии // *Успехи наук о жизни*. 2012. №4. 78-81.
 43. Абакумов В.А. Новое в изучении современных проблем наук об окружающей среде и экологии, включая исследования водных экосистем и организмов // *Успехи наук о жизни*. 2012. № 5. С.121-126.

**THE CONTEMPORARY DEVELOPMENT OF SOME SCIENTIFIC IDEAS
OF V.I. VERNADSKY**

© 2013 S.A. Ostroumov

M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology,
Laboratory of Physico-Chemistry of Biological Membranes,

New experimental results of the author are presented in the paper. In the experiments, some new evidence on immobilization of chemical elements by biogenic materials was obtained. The new data were analyzed and compared with new results reported in scientific literature. As a result, the author revised and updated some concepts of V.I.Vernadsky on the biosphere. Among the new fundamental concepts introduced by the author: an extended concept of the biogenic migration of chemical elements, and a new typology of the main types of matter in the biosphere.

Key words: biosphere, pollution, immobilization, chemical elements, biogenic material, *Myriophyllum aquaticum*, water environment, nanoparticles