

ВЫЯВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ (La, Au, U, Cs, Ba, Na, Ce, Se, Sb, Hf, Th, Sc, Sm И ДРУГИХ) В БИОГЕННОМ ДЕТРИТЕ ВОДНЫХ МИКРОКОСМОВ С *VIVIPARUS VIVIPARUS*, *UNIO PICTORUM*, *CERATOPHYLLUM DEMERSUM*

С.А. Остроумов¹, Г.М. Колесов², И.К.Тодераш³, Ени Антоанета⁴

¹*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,*

²*Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН,*

³*Институт зоологии АНМ,*

⁴*Университет Дунэря де Жос, Галац, Румыния*

Введение

Формирование качества воды в водных объектах связано с перемещением ряда элементов через толщу воды и переносом веществ на границе вода - донные отложения. Изучение биогенной миграции элементов – важное направление исследований биосферы [1]. Биогенная миграция элементов в водных экосистемах – как пресноводных, так и морских – имеет большое значение для самоочищения

воды [2, 3]. Существенно, что роль водных организмов в миграции элементов носит сложный характер и может проявляться и в поглощении, и в выделении вещества, и в оказании воздействия на многие другие процессы в экосистеме [2-5]. Для анализа роли организмов в биогенной миграции элементов в водных экосистемах необходимы сведения не только о накоплении элементов водными организмами, но и о содержании элементов в образуемом гидробионтами детритном материале [4], который поступает на дно водных систем и вносит вклад в формирование донных осадков. В предыдущих работах были установлены концентрации некоторых элементов в детритном материале, производимом водными моллюсками [4, 5]. Однако эти данные касались ограниченного круга химических элементов и не включали в себя сведения о содержании таких элементов, как, например, La, U, Au, Ce, Se, Sb, Hf, Th, Sc, Sm и Cs. В научной литературе, насколько известно авторам данной статьи, отсутствовали сведения о содержании этих элементов в детритном материале, образуемом в модельных экосистемах после инкубации в них массовых видов водных организмов - *Viviparus viviparus* L., *Unio pictorum* L. и *Ceratophyllum demersum* L.

Цель данной работы – исследовать биогенный детрит в экспериментальных экосистемах, представленных лабораторными микрокосмами, в которых были инкубированы три вида указанных массовых пресноводных организмов; определение в образовавшемся в этих системах детрите ряда элементов с использованием метода нейтронно-активационного анализа (НАА). Измерение концентраций этих элементов необходимо для познания роли биогенного органического материала осадков в распределении химических элементов в водных системах, для углубления научных основ экологического и гидробиологического мониторинга.

Методика эксперимента

Опыты проводились в пресноводных микрокосмах. Микрокосмы были созданы с участием трех массово встречающихся видов пресноводных организмов - *Viviparus viviparus* L., *Unio pictorum* L. и *Ceratophyllum demersum* L. В микрокосмы вносили водные организмы и отстоенную водопроводную воду (ОВВ). Растения *Ceratophyllum demersum* собраны в пруду в пойме р. Москвы на территории г. Москвы. Моллюсков *V. viviparus* и *Unio pictorum* собирали в верхнем течении р. Москвы (Московская область, выше г. Звенигорода). При сборе моллюсков существенную помощь оказала Ю.А.Моисеева, которой авторы признательны. Используемые в опыте микрокосмы охарактеризованы в таблице 1.

После формирования микрокосмов, их инкубировали при комнатной температуре в течение семи с половиной месяцев (в период конец августа – середина апреля). Микрокосмы находились в это время в условиях постоянной аэрации путем подачи воздуха аквариумными компрессорами. К концу инкубации моллюски погибли и на дне микрокосмов образовался осадок биогенного детрита. Осадок был отобран, высушен, растерт и проведен его нейтронно - активационный анализ (НАА). Метод НАА в приложении к вопросам геохимии окружающей среды охарактеризован в [6]. Метод ранее мы использовали для определения концентрации элементов в моллюсках [7], причем подтвердилась эффективность

этого метода для анализа содержания элементов в образцах биологического происхождения.

Образцы для анализа предварительно высушивали при 105°C, отбирали пробы массой по 15-25 мг и вместе с образцами сравнения (КН, ST-1, SGD-1, FFA, RUS-1, Allende, BCR и др.) и эталонами упаковывали в пакеты из алюминиевой фольги. Затем образцы помещали в алюминиевый пенал и облучали 15-20 ч в тепловом канале ядерного реактора МИФИ с нейтронным потоком $2,8 \times 10^{13}$ н/см². После облучения образцы охлаждали, переупаковывали в чистые ампулы для уменьшения фона и измеряли активность 2-3 раза (через 5-7 и 15-30 дней после облучения) в течение 1000-5000 секунд на полупроводниковых (высокоразрешающих) германиевых детекторах ("ORTEC") и 4096-канальном анализаторе импульсов NUC-8192 (EMG, Венгрия). Идентификацию спектров и расчет содержания отдельных элементов проводили в автоматическом режиме с использованием компьютерных программ, разработанных в ГЕОХИ РАН. Для нескольких элементов расчет содержания был получен экстраполяцией, что соответствует сложившейся и многократно апробированной практике.

Таблица 1. Состав микрокосмов.

Организмы	Микрокосм № 1	Микрокосм № 2
<i>Viviparus viviparus</i>	39 экз.	15 экз.
<i>Unio pictorum</i>	12 экз.	32 экз.
<i>Ceratophyllum demersum</i> L. (сыр. вес)	2,4 г	2,4 г
Вода (ОВВ)	3 л	3 л

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты определения элементов с помощью НАА показаны в таблице 2. Необходимо отметить, что содержание некоторых элементов (например, Se, U, Th, Hf, Au) сильно варьировало, что затрудняло расчет их среднего значения.

Содержание ряда исследованных элементов в детритном материале (усредненные данные) убывает в последовательности: Ca > Zn > Ba > Br > Ce > Se > Nd > La > U > Hf > Sb > Th > Sm > Cs > Au.

Отметим, что потоки биогенного осадочного материала, формируемые водными организмами, имеют весьма значительные масштабы. Например, сделаны оценки для ряда водных экосистем (см. обзор [8]). По этим данным, потоки углерода (С), создаваемые водными моллюсками, достигали 11, 9 кг на 1 м² площади дна экосистемы в год. Общий поток элементов, оседающих на дно вместе с биодепозитами двустворчатых моллюсков для одной из водных экосистем площадью 60 км², составлял 1711 т углерода и 235 т азота в год.

Оценки суммарного количества элементов, вовлекаемых в миграцию благодаря активности моллюсков, обитающих в водных объектах Молдовы, которые были проведены И.К.Тодерашем, Е.И.Зубковой и сотрудниками, дали интересные результаты (см. [35] стр. 68-70).

Таблица 2. Содержание элементов в осадке биогенного детрита в экспериментальных микрокосмах (на сухой вес, по результатам нейтронно-активационного анализа; единицы измерения: Ca – в %, остальные элементы в 10⁻⁴%)

Элементы	Микрокосм 1	Микрокосм 2	Среднее значение
La	3,69	8,96	6,325
Ce	8,52	16,2	12,36
Pr*	1,1	1,71	1,405
Nd	4,9	8,18	6,54
Sm	1,32	1,41	1,365
Eu	0,2	0,48	0,34
Gd*	1,72	1,74	1,73
Tb	0,25	0,25	0,25
Dy*	1,45	1,47	1,46
Ho*	0,31	0,32	0,315
Er*	0,81	0,82	0,815
Tm*	0,12	0,12	0,12
Yb	0,61	0,62	0,615
Lu	0,095	0,097	0,096
Na	0,12	0,15	0,135
Cs	0,26	1,82	1,04**
Ca	15,2	15,4	15,3
Ba	1 530	1 250	1 390
Sc	0,92	1,69	1,305
Zn	1 680	1 310	1 495
Se	13,8	4,36	9,08**
Sb	2,33	1,44	1,885
Th	0,33	3,16	1,745**
U	4,61	2,1	3,355
Br	76,0	75,0	75,5
Hf	0,68	3,34	2,01**
Au	0,27	0,025	0,1475**

*Примечание 1. *- данные, полученные экстраполяцией (из тренда кривой распределения элементов в координатах содержание – ионный радиус или порядковый номер для редкоземельных элементов).*

*Примечание 2. ** - наблюдалась существенная вариабельность измеренных концентраций этих элементов. Можно ожидать, что дальнейшие исследования могут внести заметные уточнения полученных средних значений.*

На основе полученных в данной работе новых данных можно сделать оценку приблизительного потенциала детрита в аккумуляции иммобилизованных в нем элементов на участках дна экосистем таких размеров, на которых скопилось, например, 1 кг или 1000 кг детрита (в расчете на сухой вес). Расчеты носят

ориентировочный характер. Речь идет об оценке только потенциала детрита в аккумуляции ряда элементов и не означает автоматического переноса переноса экспериментальных данных на природные экосистемы. Данные расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3. Оценка приблизительного потенциала аккумуляции элементов в биогенном детрите (на сухой вес, по данным НАА).

Элемент	Приблизительный потенциал аккумуляции в детрите в пересчете на 1000 г детрита	Приблизительный потенциал аккумуляции в детрите в пересчете на 1000 кг детрита
Ca	153 г	153 кг
Ba	1.39 г	1.39 кг
Na	1.35 г	1.35 кг
Ce	12.36 мг	12.4 г
Se	9.08 мг	9.1 г
La	6.325 мг	6.3 г
U	3,50 мг	3.5 г
Sb	2,00 мг	2 г
Hf	2,00 мг	2 г
Th	1,70 мг	1.7 г
Sc	1,40 мг	1.4 г
Sm	1,355 мг	1.4 г
Cs	1,04 мг	1.04 г
Au	0,1475 мг	0.1 г

Подчеркнем особенность проведенного эксперимента в том, что детрит сформировался за определенный отрезок времени из известных организмов массовых видов (в этот комплекс организмов входили моллюски двух видов и один вид макрофитов).

Содержание элементов в изученном новообразованном биогенном детрите дает некоторую информацию о возможном базисном содержании элементов в этом важном компоненте водных объектов, что может быть полезным для экологического мониторинга.

Необходимо дальнейшее изучение особенностей элементного состава детрита, поскольку в его базисный состав в реальных условиях загрязняемых экосистем могут вносить некоторый вклад элементы, дополнительно аккумулируемые детритом в результате антропогенного воздействия на экосистему.

Наши предварительные опыты показали, что при внесении в воду тяжелых металлов (таких, как Cr, Co, Zn, Cu, Cd) происходило нарастание содержания этих элементов в биогенном детрите по сравнению с контрольной пробой. Для адекватной оценки и интерпретации содержания металлов в детрите в условиях загрязняемой водной системе, необходимы сведения о базисном элементном составе детрита. В данной работе такая информация получена для детрита, образованного тремя массовыми видами водных организмов.

Полученные результаты позволяют рассматривать биогенный детрит как один из компонентов водной экосистемы, который несет функцию депонирования ряда химических элементов.

Эта функция важна не только с точки зрения фундаментальной науки, но и практически. Она может использоваться для целей иммобилизации элементов, которые необходимо удалять из воды. Например, для иммобилизации урана предлагалось использовать биовосстановленные седименты водных экосистем (см. обсуждение вопроса в [34]).

В научной литературе сообщалось об элементном составе водных растений и их отмирающей массы, но элементный состав детрита, образованного моллюсками или при участии моллюсков, по-видимому, не изучался, за исключением предыдущих работ одного из авторов (см. таблицу 4).

Таблица 4. Изучение содержания элементов в биогенном материале, а также в седиментах детрите водных организмов (примеры). И использованные сокращения: ПАВ – поверхностно активное вещество, СМС – синтетическое моющее средство. ТДТМА - тетрадецилтриметиламмоний бромид, ДСН - додецилсульфат натрия

Образцы материала, в которых измеряли концентрации элементов	Элементы	Примечания; ссылки
Водные моллюски	цинк	[45]
Различные гидробионты	медь	[46]
Моллюски и другие гидробионты	Металлы и другие элементы	[35-47]
Биовосстановленные седименты (bioreduced sediment), содержащие U(IV) и U(VI).	уран (U)	[34]
Детрит <i>Viviparus viviparus</i> , <i>Unio pictorum</i> и <i>Ceratophyllum demersum</i>	U, Au	Содержание урана в биогенном детрите варьировало от 2,1 до 4,61 (среднее - 3,4) г/кг детрита (на сух. вес); Содержание золота в биогенном детрите варьировало от 0,025 до 0,27(среднее - 0,15) г/кг детрита (на сух. вес) (Новые результаты авторов)
Детрит <i>Viviparus viviparus</i> , <i>Unio pictorum</i> и <i>Ceratophyllum demersum</i>	Ce, Se, La, Sb, Hf, Th, Sc, Sm, Cs и другие элементы	Новые результаты авторов

Биодепозиты <i>Cardium edule</i>	N	Вместе с биодепозитами оседало 199 т азота на площади 60 км ² (Лахолм-Бэй) (см. обзор [8])
Биодепозиты <i>Mytilus edulis</i>	C	Вместе с биодепозитами оседало 60 - 80.7 г С на площади 1 м ² (см. обзор [8])
Пеллеты <i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Unio tumidus</i> , <i>U. pictorum</i> ; <i>Crassiana crassa</i> , <i>Anodonta cygnea</i>	C, N, P, Si, Al	Состав пеллет <i>Lymnaea stagnalis</i> : C- 69.74%; N - 2.3-2.9%; P- 0.4-0.5%; Si - 1.1-1.7%; Al - 0.054-0.059%. Катионный ПАВ ТДТМА 2 мг/л, анионный ПАВ ДСН 1-2 мг/л, ингибировали трофическую активность <i>L. stagnalis</i> и связанное с этим образование детритного материала (пеллет). Это свидетельствовало об ингибировании переноса вещества через данное звено трофической цепи [4]
Пеллеты <i>Lymnaea stagnalis</i> , <i>Unio tumidus</i> , <i>U. pictorum</i> , <i>Crassiana crassa</i> , <i>Anodonta cygnea</i>	C, N, P, Si, Al	Состав пеллет выборки природного сообщества двустворчатых моллюсков при питании природным сестоном: С (64.3%), N (2.73%), P (0.39%), Si (1.14%), Al (0.071%). СМС Tide-Lemon (75 мг/л) ингибировал трофическую активность <i>L. stagnalis</i> и связанное с этим образование детритного материала (пеллет). Это свидетельствовало об ингибировании переноса вещества через данное звено трофической цепи [5]
Пеллеты <i>Lymnaea stagnalis</i>	Элементный состав пеллет, образуемых моллюсками	В присутствии ПАВ снижалось образование детрита и соответственно уменьшался связанный с этим перенос вещества на дно микрокосма [9]
Детрит пресноводных двустворчатых моллюсков	Pt, Pd	Новые данные одного из авторов (С.А.О.)

Заключение

В работе впервые определена концентрация ряда элементов в биогенном детрите, полученном в условиях контролируемого эксперимента при совместной инкубации в микрокосме трех видов массовых пресноводных организмов (*Viviparus viviparus* L., *Unio pictorum* L. и *Ceratophyllum demersum* L.), что способствует пониманию роли этих организмов в биогенной миграции элементов. Полученные данные позволяют полнее оценить количественно роль биогенного детрита, образуемого конкретными вышеуказанными видами организмов, как фактора концентрирования элементов в водной системе.

Среди таких существенных факторов, влияющих на образование детрита водными организмами фильтрующими воду – скорость извлечения ими

взвешенного органического вещества (ВОВ) из воды. Скорость извлечения из воды ВОВ, в свою очередь, зависит от другого фактора - от наличия и концентрации в воде некоторых загрязняющих компонентов – синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), детергентов и других [10-15]. Таким образом, можно заключить, что на образование детрита может оказывать влияние загрязняющие воду химические вещества. Дальнейшие исследования помогут выявить новые связи между загрязнением водной среды и составом детрита, как важного компонента водных экосистем – водоемов и водотоков. Авторы прогнозируют, что дальнейшие исследования обнаружат новые примеры того, что биогенный детрит в водной экосистеме несет функцию депонирования ряда химических элементов.

В.И. Вернадский писал: «...значение ... живых масс несравненно... Они образуют места сильнейшей миграции атомов в биосфере» [16]. И далее: «Жизнь – живое вещество... вызываемая ею биогенная миграция атомов представляет форму организованности первостепенного значения в строении биосферы» [16]. Полученные и изложенные в этой статье данные о концентрации ряда элементов в детрите, образованном массовыми видами организмов *Viviparus viviparus*, *Unio pictorum* и *Ceratophyllum demersum* с новой стороны дополняют имеющуюся информацию о роли биоты в биогенной миграции атомов и других биогеохимических процессах [17- 21] и о формировании элементного состава компонентов водных экосистем [22-35].

Выводы

1. Впервые определен элементный состав и количественно установлено содержание ряда химических элементов в биогенном детритном материале, образованном в микрокосмах с массовыми видами гидробионтов (моллюсками и высшими водными растениями).

2. Впервые в составе биогенного детритного материала (образованного моллюсками и высшими водными растениями) выявлены следующие концентрации элементов (ppm, в пересчете на сухой вес):

Au - от 0,025 до 0,27 (в среднем 0,15);

Th -от 0,33 до 3,16 (в среднем 1,75);

U - от 2,1 до 4,61 (в среднем 3,36);

La -от 3,69 до 8,96 (в среднем 6,33);

Ce -от 8,52 до 16,2 (в среднем 12,4).

3. Полученные данные позволяют сделать приблизительную оценку потенциала накопления элементов биогенным детритом в водных экосистемах, что вносит вклад в понимание биогенной миграции и масштабов депонирования химических элементов в пресноводных водоемах и водотоках.

Благодарность. Авторы благодарны Ю.А. Моисеевой, Е.А. Соломоновой, Г.Ю. Казакову, А.В. Клепиковой, сотрудникам МГУ и Института геохимии и аналитической химии РАН за помощь и обсуждение. Авторы благодарят рецензента статьи за внимательное отношение и высказанные замечания и предложения.

Список литературы

1. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Издательский дом “Ноосфера”. 2001. 243 с.
2. Остроумов С.А. О полифункциональной роли биоты в самоочищении водных экосистем // Экология. 2005. № 6. с. 452—459.
3. 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.
4. Остроумов С.А., Колесников М.П. Пеллеты моллюсков в биогеохимических потоках С, N, P, Si, Al // ДАН. 2001. Т. 379. № 3. С. 426—429.
5. Остроумов С.А., Колесников М.П. Моллюски в биогеохимических потоках (С, N, P, Si, Al) и самоочищении воды: воздействие ПАВ // Вестник МГУ. Сер. 16. Биология. 2003. № 1. С. 15—24.
6. Kolesov G.M. Determination of microelements: neutron activation analysis in geochemistry and cosmochemistry // J. Anal. Chem. 1994. V.49. No.1. P.50-58.
7. Остроумов С.А., Колесов Г.М., Сапожников Д.Ю. К разработке вопросов гидробиологического мониторинга водной среды: изучение содержания элементов в моллюсках *Unio* методом нейтронно-активационного анализа // Проблемы экологии и гидробиологии. 2008. М.: МАКС Пресс. С.47-53.
8. Ostroumov S.A. Suspension-feeders as factors influencing water quality in aquatic ecosystems. - In: The Comparative Roles of Suspension-Feeders in Ecosystems, R.F. Dame, S. Olenin (Eds), Springer, Dordrecht, 2004. pp. 147-164.
9. Остроумов С.А., Колесников М.П. Биокатализ переноса вещества в микрокосме ингибируется контаминантом: воздействие ПАВ на *Lymnaea stagnalis* // ДАН 2000. Т. 373. № 2. С.278-280.
10. Ostroumov S.A. Biological Effects of Surfactants. Boca Raton, London, New York: CRC Press. Taylor & Francis, 2006. 279 p.
11. Ostroumov S. A., Widdows J. Inhibition of mussel suspension feeding by surfactants of three classes // Hydrobiologia. 2006. V.556. P.381-386.
12. Остроумов С.А. Гидробионты в самоочищении вод и биогенной миграции элементов. М.: МАКС Пресс 2008. 200 с.
13. Остроумов С.А. О некоторых вопросах поддержания качества воды и ее самоочищения // Водные ресурсы. 2005. т. 32. № 3. С. 337—347.
14. Ostroumov S.A. Biological filtering and ecological machinery for self-purification and bioremediation in aquatic ecosystems: towards a holistic view // Rivista di Biologia / Biology Forum. 1998. Vol. 91. P. 221—232.
15. 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.
16. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. Москва. Наука, 1965. 374 с.
17. 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.
18. Добровольский Г.В. О развитии некоторых концепций учения о биосфере (к 80-летию выхода в свет книги В.И.Вернадского “Биосфера”) // Вода: технология и экология. 2007. № 1. С. 63-68.
19. Kapitsa A.P. Formulation of fundamental principles for foundation of the theory of the apparatus of the biosphere // Environment Ecology and Safety of Life Activity. 2007. No. 1 (37). P. 68-71.
20. Ивантер Э.В., Медведев Н.В. Экологическая токсикология природных популяций. М.: Наука. 2007. 229 с.
21. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных. М.: Наука. 2008. 315 с.
22. Аникиев В.В., Дударев О.В., Касаткина А.П., Колесов Г.М. Влияние терригенных и биогенных факторов на формирование седиментационных потоков химических элементов в прибрежной зоне Японского моря // Геохимия. 1996. № 1. С. 59—72.
23. Янин Е.П. Техногенные речные илы в зоне влияния промышленного города (формирование, состав, геохимические особенности). М: ИМГРЭ, 2002. 100 с.
24. Леонова Г.А. Биогеохимическая индикация загрязнения водных экосистем тяжелыми металлами // Водные ресурсы. 2004. Т. 31. № 2. С. 215—222.
25. Леонова Г.А., Аношин Г.Н., Бычинский В.А. Биогеохимические проблемы антропогенной химической трансформации водных экосистем // Геохимия. 2005. № 2. С. 182—196.
26. Кубракова И.В., Варшал Г.М, Погребняк Ю.Ф., Кудинова Т.Ф. Формы миграции платины

и палладия в природных водах . /В кн.: Химический анализ морских осадков. М., Наука, 1988. с. 104-119.

27. *Башкин В.Н., Касимов Н.С.* Биогеохимия: - М.: Научный мир. 2004. 582 с.

28. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта: М. Астрей 2000. 763 с.

29. *Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н.* Тяжелые металлы в промышленных и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 1994. 296 с.

30. *Опекунов А.Ю.* Акваальный техноседиментогенез. СПб. Наука. 2005. 278 с.

31. *Донченко В.К., Иванова В.В., Питулько В.М.* Эколого-химические особенности прибрежных акваторий. СПб. НИЦЭБ РАН. 2008. 544 с.

32. *Vetrov A.A., Romankevich E.A.* Carbon Cycle in the Russian Arctic Seas. Berlin: Springer, 2004. 331 p.

33. *Grahn E., Karlsson S., Düker A.* Sediment reference concentrations of seldom monitored trace elements (Ag, Be, In, Ga, Sb, Tl) in four Swedish boreal lakes--comparison with commonly monitored elements. // *Sci. Total Environ.* 2006. 367: с. 778-790.

34. *Luo W., Gu B.* Dissolution and mobilization of uranium in a reduced sediment by natural humic substances under anaerobic conditions. // *Environ. Sci. Technol.* 2009; 43(1): 152-156.

35. *Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И. (Ред.)* Проблемы экологии и гидробиологии 2008. М.: МАКС Пресс, 80 с.

36. *Добровольский Г.В., Г.С. Розенберг, И.К. Тодераш (ред).* Открытие нового вида опасных антропогенных воздействий в экологии животных и биосфере: ингибирование фильтрационной активности моллюсков поверхностно-активными веществами» / ред. Москва: МАКС-Пресс, 2008, 108 с.

37. *Билецки Л.И., Зубков Е.И., Остроумов С.А.* Стронций в моллюсках (на примере девяти видов моллюсков Кучурганского водоема-охладителя) // Проблемы экологии и гидробиологии / Ред. Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И. 2008. М.: МАКС Пресс, с. 42-43.

38. *Зубкова Е.И., Билецки Л.И., Мунжюу О.В., Остроумов С.А., Шубернецкий И.В.* Роль макрофитов пресноводных экосистем в накоплении металлов (на примере Дубоссарского водохранилища) // Проблемы экологии и гидробиологии / Ред. Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И. 2008. М.: МАКС Пресс, с. 63-64.

39. *Зубкова Е.И., Тодераш И.К., Остроумов С.А., Билецки Л.И., Мунжюу О.В., Шубернецкий И.В.* Значение моллюсков в биогенной миграции металлов и влияние металлов на жизнь донных гидробионтов // Проблемы экологии и гидробиологии. / Ред. Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И. 2008. М.: МАКС Пресс, с. 64-66.

40. *Зубкова Е.И., Тодераш И.К., Мунжюу О.В., Остроумов С.И., Богинина З.С., Шубернецкий И.В.* Роль моллюсков в биогенной миграции фосфора: изучение мягких тканей *Dreissena polymorpha* из Дубоссарского водохранилища // Проблемы экологии и гидробиологии / Ред. Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И. 2008. М.: МАКС Пресс, с. 67-68.

41. *Зубкова Е.И., Тодераш И.К., Остроумов С.А., Билецки Л.И., Зубкова Н.Н., Мунжюу О.В., Андреев Н.Г., Багрин Н.И., Шубернецкий И.В.* Моллюски и их значимость в биогенной миграции металлов в водных экосистемах // Академику П.М.Жуковскому - 120 лет: Сборник научных статей. - Кишинев, 2008. - С.153-160.

42. *Остроумов С.А., Тодераш И.К., Зубкова Е.И., Крупина М.В.* К изучению роли моллюсков в биогеохимии водных систем и биогенной миграции вещества // Биогеохимия в народном хозяйстве: фундаментальные основы ноосферных технологий. Материалы 6-й международной биогеохимической школы. 22-25 сентября 2008 г. Астрахань. Изд-во АГТУ (Астраханского гос. Технического ун-та). Ред. В.Ф.Зайцев. 2008. С.130-131.

43. *Остроумов С.А., Данилова В.Н., Ермаков В.В., Зубкова Е.И., Камнев А.Н., Колесов Г.М., Котелевцев С.В., Крупина М.В., Лазарева Е.В., Орлов С.Н., Сапожников Д.Ю., Соломонова Е.А., Смуров А.В., Тодераш И.К., Хушвахтова С.Д.* Изучение взаимодействия мембраноактивных и генотоксичных веществ с водными организмами // 3-й съезд токсикологов России 2-5 декабря 2008 года, Москва. Тезисы докладов / под ред. Г.Г. Онищенко и Б.А. Курляндского / Министерство здравоохранения и соц. развития РФ, Москва, 2008, с.204-205.

44. *Тодераш И.К.* Новое об экологической опасности веществ, загрязняющих водную среду. // Известия АН Молдовы. Науки о жизни. 2007, № 2, с.169-172.

45 Тодераш И.К., Остроумов С.А., Зубкова Е.И., Чернышѐва И.В., Крупина М.В., Микус А. А., Райлян Н.К., Бряхнэ А.И., Мирон А.А., Киришка В.В., Мунжцу О.В. Цинк в водных моллюсках // Известия АН Молдовы. Науки о жизни. 2007, № 2, с. 102-114.

46 Остроумов С.А., Е.И.Зубкова, М.В.Крупина, А.А.Микус, И.К.Тодераш. Взаимодействие меди с гидробионтами в связи с экологическим мониторингом и изучением роли водных организмов в биогеохимических циклах // Вода: технология и экология. 2007. № 4, с. 54-68.

47. Hurd N.A., Sternberg S.P. Bioremoval of aqueous lead using *Lemna minor*. // International Journal of Phytoremediation. 2008. 10: 278-288.