

С.Д. Урбазеева, канд. техн. наук, e-mail: surb@binm/bscnet.ru
И.А. Павлов, канд. фарм. наук, e-mail: pavlov@binm/bscnet.ru
Л.Д. Раднаева, д-р хим. наук, проф., e-mail: lrad@binm/bscnet.ru
Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ

УДК 551.3.051: 546.3

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОРОВЫХ ВОД ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЕЛЬТЫ р. СЕЛЕНГА

Приводятся результаты исследования поровых вод донных отложений проток дельты р. Селенга на микроэлементный состав. Отмечено, что в зависимости от окислительно-восстановительной обстановки в поровых водах происходит дифференциация металлов. Обнаружено, что в зимний период в поровых водах находятся такие металлы, как медь, кадмий, свинец, хром. В открытый период в поровые воды переходят железо, марганец, цинк.

Ключевые слова: донные отложения дельты, поровые воды, тяжелые металлы.

S.D. Urbazeeva, Cand. Sc. Engineering
I.A. Pavlov, Cand. Sc. Pharmaceutics
L.D. Radnaeva, Dr. Sc. Chemistry, Prof.

MICROELEMENT STRUCTURE OF PORE WATERS OF THE SELENGA RIVER BOTTOMSET BEDS

The article presents the results of a study of microelement structure of pore waters of the Selenga river bottomset beds. It is noted that the redox environment in the pore waters may bring to the differentiation of metals. It is found that during the winter period such metals as copper, cadmium, lead, chromium are formed in the pore waters. In an open period iron, manganese and zinc are moving into the pore water.

Key words: bottomset beds, pore water, heavy metals.

Река Селенга является крупнейшей речной экосистемой Бурятии с богатейшим ресурсным потенциалом, вместе с тем река является одним из основных источников поступления в оз. Байкал загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов. Здесь располагаются населенные пункты, промышленные предприятия, объекты сельского хозяйства, которые создают значительную антропогенную нагрузку на водные объекты. В дельте р. Селенга завершается вынос природных и техногенных веществ в оз. Байкал с территории более чем 500 тыс. км² территории России и Монголии.

Проведенными ранее исследованиями изучено содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях (ДО) дельты р. Селенга. Получены данные сезонной динамики концентрации металлов Fe, Mn, Zn, Cu, Cr, Ni, Co, Cd и Pb в воде, донных отложениях. За период наблюдений установлены общие тенденции распределения ТМ по протокам [1-4].

Однако для понимания процессов накопления и распределения ТМ в системе «поверхностная вода – донные отложения» необходимо знание не только валового содержания металлов, но и изучение процессов накопления тяжелых металлов в верхних слоях донных отложений, в частности в поровых водах. Донные отложения являются депонирующей средой для токсичных микроэлементов, и при изменении физико-химических условий в водоеме они могут стать источником их вторичного поступления сначала в поровые, а затем и в поверхностные воды. Данные по химическому составу поровых вод обладают высокой информативностью, являются чувствительным индикатором разнообразных процессов, развивающихся в донных отложениях как на стадии эволюции бассейна седиментации, так и последующих преобразованиях диагенетического и эпигенетического характера [5]. Согласно литературным данным [6, 7] основными движущими силами, влияющими на миграционную

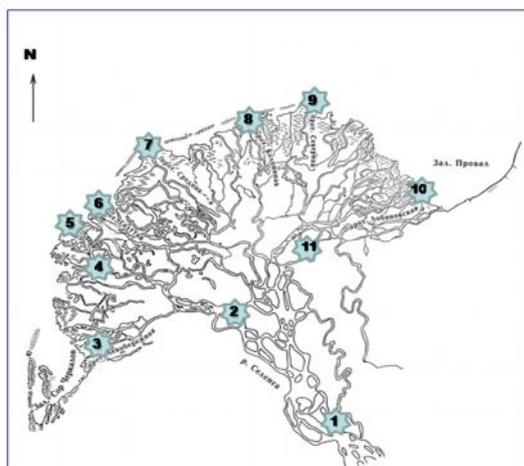
подвижность металлов и их способность к обмену между донными отложениями и водой, является градиент изменения окислительно-восстановительных условий и значения рН.

Работа посвящена изучению микроэлементного состава поровых вод донных отложений проток дельты р. Селенга в зависимости от физико-химических условий.

Объект и методы исследований

Объект исследований – дельта р. Селенга. Распределение стока р. Селенга по протокам дельты крайне неравномерно и изменяется в зависимости от уровня воды. Основная часть стока (50-60% летом и до 90% зимой) осуществляется по магистральным протокам Харауз и Левобережная, расположенных по левому краю дельты, а через ее центральную часть (протоки Колпинная, Средняя) даже в условиях повышенной водности проходит не более 3-5% общего стока реки. С середины зимы и до весны протоки Колпинная и Средняя перемерзают, и сток здесь практически отсутствует. В правой части дельты наиболее многоводная протока Лобановская – 30-40% стока реки в летний период и около 10% зимой [8]. Карта-схема отбора проб представлена на рисунке 1.

Пробы воды отфильтровывали через мембранный фильтр 0,45 мкм, затем консервировали концентрированной азотной кислотой. Содержание Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co определяли атомно-эмиссионным методом на спектрометре ProfilePlus производства Teledyne, США. Определение проводилось из трех параллелей, относительная погрешность составила менее 5%. Пробы донных отложений отбирали с помощью дночерпателя Петерсона, помещали в двойные полиэтиленовые пакеты, анализ проводили стандартной методикой разложения. Поровые воды получали путем отжима донных отложений центрифугированием, при скорости 8000 оборотов в минуту в течение 15 мин. Значения рН и Eh измеряли портативным рН-метром ИТ-1101 на месте отбора проб.



<i>название протоки</i>	<i>широта</i>	<i>долгота</i>
1. Кабанск	52.05357	106.37434
2. Мурзино	52.12225	106.28213
3. Левобережная	52.16245	106.29956
4. Харауз	52.17140	106.16814
5. устье-Харауз	52.17059	106.16498
6. Галугай	52.28286	106.27982
7. Средняя	52.20967	106.22240
8. Колпинная	52.19430	106.29729
9. Северная	52.20165	106.30369
10. устье-Лобановская	52.30611	106.76108
11. Лобановская	52.18497	106.45725

Результаты исследований и обсуждение

Данные получены в результате проведения экспедиционных исследований 2013 г, впервые отобраны и проанализированы поровые воды донных отложений на микроэлементный состав (табл. 1, 2). Величина рН поровых растворов основных протоков и озер дельты р. Селенга в зимний период меняется от 6,9 до 8,0, в открытый период от 6,4 до 8,6, т.е. на протяжении всех сезонов среда была нейтрально-щелочная. В то же время величина окислительно-восстановительного потенциала Eh в зимне-весенний период меняется от 8 до 70 mV, а в летне-осенний – от -10 до -53 mV, т.е. окислительные условия в зимний период постепенно меняются на восстановительные условия в период открытой воды. Как видно из полученных результатов (см. табл. 1), такие элементы как Fe, Mn, Zn, имеются в незначительном количестве или не обнаруживаются, это можно объяснить тем, что в поровых водах в зимний период железо в присутствии кислорода переходит в трехвалентное состояние и выпадает в виде гидрата окиси. Марганец и цинк, подобно железу, также выделяются из растворов в ме-

стах высокого окислительного потенциала. В то же время в поровых водах в зимний период обнаруживаются такие микроэлементы, как медь, хром, кадмий и свинец, которые в поверхностных водах не были обнаружены (см. табл. 1). Так, концентрации Cu варьируют от 0,1 до 4,5 мкг/л, Cr – от 0,2 до 7,3 мкг/л, Cd – от 0,4 до 2,6 мкг/л. Отмечается повышенное содержание свинца во всех отобранных пробах, концентрации которого колеблются от 14,1 до 23,8 мкг/л, тогда как в поверхностных водах свинец не был обнаружен. Это объясняется влиянием окислительно-восстановительных условий. В зимнее время преобладают окислительные условия, когда понижение температуры способствует повышению содержания растворенного кислорода и замедлению биохимических процессов окисления органического вещества. Из литературных данных известно, что в летне-осенний период при анаэробных условиях происходят накопление тяжелых металлов в виде нерастворимых сульфидов и высвобождение в поровую воду при их окислении в зимне-весеннее время [5].

Таблица 1
Содержание тяжелых металлов в поровых водах, мкг/л, зима*

Точка отбора	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Ni
Мурзино	н/о	40,3	3,6	2,5	18,0	1,4	0,7	н/о
Левобережная	8,5	6,0	1,6	н/о	16,9	2,4	1,1	н/о
Лобановская	8,7	50,0	0,5	2,0	18,3	0,2	2,1	н/о
Харауз	н/о	14,8	1,9	1,5	14,1	3,7	2,6	н/о
Колпинная	28,3	49,5	н/о	1,7	14,4	н/о	н/о	н/о
Средняя	19,2	31,4	0,1	н/о	16,9	2,4	1,1	н/о
оз. Заверняиха	4,4	43,7	н/о	7,5	23,8	7,3	0,8	н/о
оз. Толстоножиха	264,3	131,1	4,5	н/о	14,7	н/о	0,4	н/о
оз. Березовое	36,3	73,2	н/о	3,7	23,3	3,0	н/о	н/о

Примечание. * – среднее из 3 определений, относительная ошибка менее 5 %

В период открытой воды при смене окислительно-восстановительных условий в поровых водах обнаруживаются в достаточном количестве такие металлы, как железо, марганец и цинк (см. табл. 2), что объясняется восстановлением этих металлов и переходом их в поровый раствор, а также активным поступлением из илистых отложений в малопроточные озера и протоки центральной части дельты. Так, содержание железа в поровых водах протоки Средняя достигает 5171 мкг/л, в оз. Заверняиха – 4055 мкг/л, марганца – 1990 мкг/л в протоке Средняя и 1406 мкг/л в оз. Заверняиха.

Таблица 2
Содержание тяжелых металлов в поровых водах, мкг/л, лето*

Точка отбора	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Cr	Cd	Ni
Мурзино	147,6	18,6	н/о	34,7	н/о	н/о	н/о	н/о
Левобережная	365,8	649,3	н/о	6,9	н/о	н/о	н/о	н/о
Лобановская	562,7	1276,0	н/о	12,9	н/о	н/о	н/о	н/о
Харауз	276,3	300,7	н/о	14,0	н/о	н/о	н/о	н/о
Колпинная	1223,0	145,9	н/о	12,2	н/о	н/о	н/о	н/о
Средняя	5171,0	1990,0	н/о	24,3	н/о	н/о	н/о	н/о
оз. Заверняиха	4055,0	1406,0	н/о	25,9	н/о	н/о	н/о	н/о
оз. Толстоножиха	605,9	892,0	н/о	18,8	н/о	н/о	н/о	н/о
оз. Семеновское	3988,0	303,8	н/о	11,7	н/о	н/о	н/о	н/о
оз. Березовое	124,7	82,2	н/о	4,7	н/о	н/о	н/о	н/о

Примечание. * – среднее из 3 определений, относительная ошибка менее 5 %

Такие металлы, как медь, свинец, хром, кадмий и никель, в поровых водах в летний период не были обнаружены.

Таким образом, при смене окислительно-восстановительной обстановки в поровых водах происходит дифференциация металлов. Если железо и марганец осаждаются в местах высокого окислительного потенциала и, наоборот, удерживаются в донных отложениях при низком потенциале, то для некоторых других металлов наблюдается обратная зависимость, а именно предпочтительное растворение в условиях высокого окислительного потенциала и

осаждение в условиях низкого окислительного потенциала. В зимнее время донные отложения могут явиться источником поступления таких токсичных металлов, как Pb, Cd, Cu. В летнее время – Fe, Mn, Zn.

Библиография

1. Хажеева З.И., Пронин Н.М., Раднаева Л.Д. и др. Особенности накопления тяжелых металлов в воде, донных отложениях и биоте Черкалов сора оз. Байкал // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – № 1. – С. 95–102.
2. Хажеева З.И., Урбазеева С.Д., Тулохонов А.К. и др. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях проток дельты р. Селенги // Геохимия. – 2005. – № 1. – С. 105–111.
3. Хажеева З.И., Урбазеева С.Д. Микрокомпонентный состав воды и донные отложения проток дельты // Дельта реки Селенги – естественный биофильтр и индикатор состояния оз. Байкал. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. РАН, 2008. – С. 102–110.
4. Урбазеева С.Д., Хажеева З.И., Раднаева Л.Д. и др. Основные формы миграции и распределение тяжелых металлов в воде, на взвесах и в донных отложениях проток дельты р. Селенги // Инженерная экология. – 2012. – № 4. – С. 36–41.
5. Погодаева Т.В., Земская Т.И., Голобокова Л.П. и др. Особенности химического состава поровых вод донных отложений различных районов озера Байкал // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 11. – С. 1144–1160.
6. Папина Т.С. Транспорт и особенности распределения тяжелых металлов в речных экосистемах // Аналитический обзор. Сер. Экология. – Вып. 62. – Новосибирск, 2001. – С. 57.
7. Эйрих А.Н., Эйрих С.С., Папина Т.С. и др. Проблемы экоаналитического контроля крупных рек (на примере р. Обь) // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1–2. – С. 157–160.
8. Синюкович В.Н., Жарикова Н.Г., Жариков В.Д. Сток р. Селенги в ее дельте // География и природные ресурсы. – 2004. – № 3. – С. 64–67.

Bibliography

1. Khazheeva Z.I., Urbazeeva S.D., Tulokhonov A.K. et al. Features of accumulation of heavy metals in water, sediment and biota of Cherkalov Sor of Lake Baikal // Chemistry for Sustainable Development. – 2005. – N 1. – P. 105–111.
2. Khazheeva Z.I., Pronin N.M., Radnaeva L.D. et al. Heavy metals in water and bottomset beds of the Selenga river // Geokhimiya. – 2005. – N 1. – P. 95–102.
3. Khazheeva Z.I., Urbazeeva S.D. Micro component composition of water and bottomset beds / delta of the Selenga River is the natural biofilter and status indicator of Lake Baikal. – Novosibirsk: SB RAS, 2008. – P. 102–110.
4. Urbazeeva S.D., Khazheeva Z.I., Radnaeva L.D. et al. The main forms of migration and distribution of heavy metals in water suspensions and bottomset beds of the Selenga River // Engineering Ecology. – 2012. – N 4. – P. 36–41.
5. Pogodaeva T.V., Zemskaya T.I., Golobokova L.P. et al. Chemical composition of pore waters of sediments of different areas of Lake Baikal // Russian Geology and Geophysics. – 2007. – Vol. 48, N 11. – P. 1144–1160.
6. Papina T.S. Transport and distribution characteristics of heavy metals in river ecosystems // Analytical review. Ser. Ecology. – Issue 62. – Novosibirsk, 2001. – P. 57.
7. Eirich A.N., Eirich S.S., Papina T.S. et al. Problems of ecoanalytical control of major rivers (in case of the river Ob) // Polzunovskii Vestnik. – 2008. – N 1–2. – P. 157–160.
8. Sinyukovich V.N., Zharikova N.G., Zharikov V.D. The Selenga River runoff in the delta // Geography and natural resources. – 2004. – N 3. – P. 64–67.