Микроэлементы в речных водах бассейна Селенги

Хажеева З.И.

*Геологический институт Сибирского отделения РАН 670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, ба;
e-mail: zkhazh@geo.stbur.ru*

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты исследований микроэлементного состава речных вод бассейна р. Селенга на территории Западного Забайкалья. В р. Селенга и в главных притоках средние концентрации Be, Ti, Sr, Y, Zr, Mo и U превышают в 2 – 5 раза, Zn и Pb – в 7-13 раз показатели природного речного фона. Максимальные концентрации Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Sr, Mo превышают российские нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения не более 4-6 ПДК в 50 случаях отбора проб.

Trace elements in river water Selenga watershed, Transbaikalia

Khazheeva Z.I.

Geological Institute of SB RAS, Ulan-Ude, Russia

ABSTRACT. This study assessed and examined the impact of human activities on concentrations of trace elements in water of five rivers in the Selenga watershed in Transbaikalia. Concentrations of physico-chemical parameters of surface water were determined at the mouth of each river during the period of 2002-2016. The results showed the mean concentrations of Be, Ti, Sr, Y, Zr, Mo, U exceed 2-5 times, Zn and Pb – 7-13 times than in dissolved load of worldwide rivers. The highest concentrations of Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Sr, Mo exceed 4-5 times Russian maximum permissible concentrations in 50 samples.

ВВЕДЕНИЕ

Река Селенга – главный приток Байкала, она несёт до 50% водного и более половины химического стока в озеро. Водный и химический сток Селенги формируется в разных ландшафтно-климатических условиях на территории Монголии и России. Химический состав вод определяют геологическая структура водосбора, химический состав горных пород, соотношение их типов, устойчивость к выветриванию. Цель работы – выявить региональные особенности и изменчивость элементного состава, установить природные и антропогенные процессы, определяющие содержания микроэлементов в воде рек Западного Забайкалья.

Геологическое строение. Водосборная территория бассейна р. Селенга является частью территории Центрально-Азиатского складчатого пояса. Территория характеризуется развитием магматических пород, ультрабазитов, габброидов и гранитоидов, которые проявились в различных геодинамических обстановках, широким развитием редкометалльной минерализации. Месторождения REE, Ta, Nb, Zr, Be, Sn, Li, Mo, W и других, в том числе элементов платиновой группы, имеют магматическую природу и связаны с массивами глубоко дифференцированных магматических пород разного состава – от ультраосновных – щелочных пород и расслоенного габбро до щелочных и Li-F гранитов.

Истоки р. Селенги (реки Идер и Мурен) формируются на территории Хангайского хребта с обрамлением с юга и севера Гоби-Алтайской и

Северо-Моногольской рифтовой зоны, который включает Хангайский батолит, сложенный гранитоидами нормального и субщелочного ряда. На территории Западного Забайкалья распространены позднепалеозойские интрузивные породы, которые связаны со становлением Ангара-Витимского гранитоидного батолита. В позднепалеозойский этап развития территории формировался рифтогенный Селенгино-Витимский вулканоплутонический пояс [1].

Гидрологическая характеристика водосбора.

Река Селенга ($S_{\text{вдсб}} = 447$ тыс. кв.км, 82% площади водосбора оз. Байкал) на всем протяжении протекает по среднегорной, сильно расчлененной местности. Средний уклон русла 0,36 ‰.

Река Джида берет начало на южном склоне Хангар-Ульского горного хребта. Верхняя часть бассейна имеет среднюю высоту более 1500 м. Объем стока реки составляет 15% от суммарного притока в пределах России.

Река Темник берет начало на северном склоне хр. Малого Хамар-Дабана. Бассейн реки преимущественно горный, лишь в нижней части бассейна имеют место степные ландшафты. Средний уклон реки 3,6‰.

Река Чикой наибольшая по площади бассейна и объему стока река из притоков Селенги. Сток реки России определяет 40% всего притока Селенги. Около 25% стока формируется на территории МНР. Бассейн реки в верхнем и среднем течении имеет горный характер.

Река Хилок берет начало из оз. Шакшинского, протекает по днищу обширной межгорной впа-

дины на высоте 500–800 м, объем притока в Селенгу 19%.

Река Уда берет начало в юго-западной части Витимского плоскогорья, в средней и нижней части бассейн пересечен горными хребтами. Средние высоты верхнего участка бассейна 900–1100 м, объем притока 13,4%.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Было отобрано 760 проб речной воды. В процессе отбора, непосредственно на месте, проводилась их фильтрация на мембранных фильтрах с размером пор 0,45 мкм. На месте отбора проб определялись параметры Т, рН, Eh, электропроводность, содержания растворенного кислорода. Общий химический состав вод выполнен с использованием стандартных методов гидрохимии воды. Концентрации микроэлементов в подкисленных пробах воды определяли методом ICP-MS на спектрометре «ELEMENT XR» (Finnigan, Германия).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБОБЩЕНИЯ

Особенностью речных вод данного региона является их низкая минерализация (42,6–278,3 мг/л). Вода рек пресная с нейтральной и слабощелочной реакцией среды рН 6,15–8,65, относится гидрокарбонатному кальциевому типу. Содержание органических веществ $C_{орг}$ в реках Селенга, Уда, Темник, Чикой изменялось от 5,6 до 14,8 мг/л, в реках Хилок, Джиды – от 7,8 до 17,2 мг/л [2].

Наиболее полное исследование микроэлементного состава речных вод бассейна р. Селенга (российский участок) впервые проведено сотрудниками Лимнологического института СО РАН Е.П. Чебыкиным и др. [3]. Из других работ следует отметить совместные исследования Корейского института водных ресурсов и окружающей среды, Монгольского института геоэкологии Монгольской академии наук, Байкальского института природопользования СО РАН летом 2007 г., направленные оценить современное эколого-геохимическое состояние речной воды бассейна р. Селенга [4].

Особенностью микроэлементного состава изученных речных вод является накопление в водном растворе Sr, Fe с максимальной концентрацией > 100 мкг/л. В отличие от других рек, в воде р. Чикой максимальные концентрации Sr не превышали 65–86 мкг/л. Концентрации большинства микроэлементов в воде притоков Чикой, Хилок, Уда, Джиды, Темник в несколько или в десятки раз ниже содержаний в Селенге. Вместе с тем, в р. Уда содержания Mo и Mn сопоставимы с таковыми в Селенге. Группу активных мигрантов в водной среде с концентрациями десятков мкг/л составляют -Al, Ba,

Zn, P, Mn, Rb. В воде р. Чикой наблюдаются повышенные концентрации As.

Концентрации литофильных элементов Sr, Ba, Li, Mo, U прямо коррелируют с содержаниями главных ионов и минерализацией ($R = 0,87-0,92$). В пространственном распределении их концентрации уменьшаются при смещении вниз по течению реки.

Вторая группа включает ряд труднорастворимых элементов Al, Ti, Fe, Ni, Cu, Y, Zr, Pb, As, которые проявляют обратную тенденцию. Их концентрации возрастают в период открытой воды при уменьшении минерализации и росте содержаний органических веществ.

Третью группу составляют элементы Mn, Cr, Zn, Cd, Sn, концентрации которых обратно коррелируют с растворённым в воде кислородом. Концентрации этих элементов повышаются в периоды пониженного водного стока зимой и на участках рек с антропогенным воздействием. Четвертую группу составляют редкоземельные элементы. Суммарное содержание РЗЭ в притоках Чикой, Джиды, Темник варьируют в пределах 0,2–0,27 мкг/л, в притоках Уда и Хилок – 0,08–0,16 мкг/л, что связано с ландшафтными отличиями формирования химического состава водного стока. В Селенге общее содержание РЗЭ изменялось в пределах 1,82–5,38 мкг/л. Профили распределения нормированных по NASC редкоземельных элементов Селенги характеризуются отрицательной цериевой ($(Ce/Ce^*)_N = 0,32-0,5$, слабовыраженной европиевой ($(Eu/Eu^*)_N = 0,78-0,94$ аномалиями и максимальное значение гадолиния.

Для большинства рек характерно превышение нормативов ПДК_{рбхз} максимальных концентраций Fe, Zn, Cu в период открытого русла рек. В отличие от указанных элементов, превышение нормативов по Mn наблюдались в периоды снижения растворенного кислорода в речной воде. В р. Селенга концентрация Mn возрастала ниже г. Улан-Удэ до 42 мкг/л (зимняя и летняя межень), в дельте в протоках Колпинная и Средняя - до 102 мкг/л в зимний период. В реках Селенга и Уда отмечены превышения содержаний Mo нормативов ПДК_{рбхз} в 3–4 раза. Двукратное превышение нормативов содержаний Sr отмечены в дельте Селенги - протока Колпинная в зимний период.

Концентрации микроэлементов в речной воде были сопоставлены с ориентировочно установленными показателями глобального природного речного фона (ГПРФ) [5]. Средние концентрации Be, Ti, Sr, Y, Zr, Mo и U превышают в 2–5 раза, Zn и Pb – в 7–13 раз показатели природного речного фона. В воде р. Чикой средние содержания As больше в 1,9 раза показатели ГПРФ. Однако средние содержания Ba, Mn

меньше соответствующих показателей ГПРФ в 1,5-2 раза. Повышенные концентрации перечисленных практически нерастворимых элементов скорее всего обусловлены геологическими особенностями подстилающих коренных пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных условиях формирование химического состава речных вод определяется комплексным воздействием природных и антропогенных факторов. Малые реки при отсутствии каких-либо прямых источников загрязнения более информативно отражают природные особенности формирования химического состава речной воды. Использование современного высокочувствительного масс-спектрометрического метода анализа воды с индуктивно связанной плазмой позволило определить содержания микроэлементов в реках Западного Забайкалья. Обобщение полученных данных микроэлементного состава рек Западного Забайкалья позволило выявить три группы микроэлементов, различающихся по характеру корреляции с основными гидрохимическими показателями воды рек. Первую группу элементов составляют В, Sr, Мо, Ва, Li, U, концентрации, которых коррелируют с содержаниями главных ионов и минерализацией. Вторая группа элементов Al, Ti, Fe, Ni, Cu, Y, Zr, Pb, As проявляет обратную тенденцию. Их концентрации возрастают при уменьшения минерализации и коррелируют с содержаниями органических веществ. Третью группу составляют элементы Mn, Cr, Zn, Rb, Cd, Sn, концентрации которых обратно коррелируют с растворённым в воде кислородом. Концентрации этих элементов повышаются в периоды пониженного водного стока зимой и на участках реки с повышенным антропоген-

ным воздействием. Четвертую группу составляют редкоземельные элементы.

В Селенге и в главных притоках средние концентрации Be, Ti, Sr, Y, Zr, Мо и U превышают в 2 – 5 раза, Zn и Pb – в 7-13 раз показатели природного речного фона. Максимальные концентрации Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Sr, Мо превышают российские нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения не более 4-6 ПДК в 50 случаях отбора проб.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проектов: Мин. науки и высшего образования IX.137.1.4. № гос. рег. АААА-А17-117021310076-3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Будников С.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Пономарчук В.А. (2002) Тектономагматическая зональность, источники магматических пород и геодинамика раннемезозойской Монголо-Забайкальской области. *Геотектоника* 36(4), 42-63.
2. Хажеева З.И. Ресурсы и химический состав воды, взвешенных веществ и донных отложений рек бассейна р. Селенга.- Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2014. - 376 с.
3. Чебыкин Е.П., Сорокикова Л. М., Томберг И.В., Воднева Е.Н., Рассказов С.В., Ходжер Т.В., Грачев М.А. Современное состояние вод р. Селенги на территории России по главным компонентам и следовым элементам // *Химия в интересах устойчивого развития*. 2012. Т. 20. С. 613-631.
4. Yuri Mun, Ick Hwan Ko, Luntan Janchivdorj, Bair Gomboev, Sang InKang, Chang-Hee Lee. Integrated water management. Model on the Selenge River basin. Status survey and investigation (Phase I).- Seoul: Korea Environment Institute, 2008.- 423 p.
5. Gaillardet, J.; Viers, J.; Dupre, B. Trace elements in River Waters. In: *Surface and Ground Water, Weathering and Soils*. Edited by J.I. Drever and K.K.Turikan. In: *Treatise on Geochemistry*, Berlin: Elsevier Ltd., 2003; 5, 225-272.