Распределение микроэлементов в малых озерах юга Западной Сибири с карбонатным типом осадка

Овдина Е.А., Страховенко В.Д.

Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева, Новосибирск, Россия, ovdina@igm.nsc.ru

АННОТАЦИЯ. Территория исследования охватывает юг Западной Сибири и включает в себя: юг Васюганской равнины, Барабинскую низменность и Кулундинскую равнину. Произведен пробоотбор компонентов озерных экосистем (донные отложения (ДО), вода, биота). Фактический материал проанализирован комплексом современных аналитических методов. Рассмотрены распределения микроэлементов в малых озерах юга Западной Сибири с карбонатным типом осадка.

Trace elements distribution in small lakes with a carbonate type of sediment (the South of Western Siberia)

Ovdina E. A., Strakhovenko V. D.

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy SB RAS, Novosibirsk, Russia, ovdina@igm.nsc.ru

ANNOTATION. The study area covers the South of Western Siberia and includes the South of the Vasyugan plain, the Baraba lowland and the Kulunda plain. Components of lake ecosystems (sediments, water, and biota) were sampled. The actual material is analyzed by a complex of modern analytical methods. The distribution of trace elements in small lakes of the South of Western Siberia with a carbonate type of sediment is considered.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальный вопрос формирования карбонатных отложений, особенно современных, привлекает внимание многих исследователей и в настоящее время, но из-за сложности объектов исследования многие вопросы остаются предметом дискуссий. Следует отметить, что внутриконтинентальным малым водоемам уделяется недостаточно внимания, хотя минерализованные и соленые озера бессточных областей семиаридной и аридной зон составляют пятую часть всех озер суши [2; 8; 1 и др.].

Территория Западной Сибири характеризуется обширным развитием озёрных бассейнов, только на юге Западной Сибири насчитывается более 20 тысяч озёр, большинство из которых относятся к малым, площадью акватории менее 10 км². Малые озера более чувствительны к изменениям окружающей среды, чем крупные водоёмы, и их изучение поможет в решении многих вопросов о динамике поведения элементов в процессах современного осадкообразования, закономерностей их распределения и концентрирования в разных ландшафтных обстановках в условиях усиливающегося антропогенного влияния на компоненты биосферы [7; 3].

Целью работы является характеристика распределения микроэлементов в малых озерах юга Западной Сибири с карбонатным типом осадка.

Донные отложения малых озер юга Западной Сибири являются органоминеральными илами (сапропелями и минеральными илами), различающимися по соотношению органической и

минеральной составляющей (зольности) и химическому составу. Особенности генезиса и разнообразный состав обуславливают многообразие классификаций и типологических характеристик органоминеральных илов (сапропелей). В зависимости от зольности сапропели подразделяются на **типы**: *органогенный* (до 30%); *органоминеральный* (30-50%); *минерально-органогенный* (50-70%); *минерализованный* (70-85%). ДО с зольностью >85% относятся к минеральным илам. Химический состав минеральной части отличается составом: резко преобладают SiO₂ и CaO, по соотношению *Si/Ca* выделяют **классы** во всех типах, кроме органогенного: *кремниевый* (Si>Ca); *кальциевый* (Ca>Si), *смешанный* (Si~Ca), а также по доминирующей первичной продукции – планктонные, макрофитные, смешанные [6].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются малые озера (до 10 км², глубиной до 5м) юга Западной Сибири (Васюганская равнина, Барабинская низменность, Кулундинская равнина) с сапропелевыми донными отложениями.

Авторы использовали материалы полевых и аналитических работ 2012-2018 гг. Пробоотбор производился с катамарана цилиндрическим пробоотборником с вакуумным затвором (диаметр 82 мм, длина 95 см), разработанным НПО «Тайфун», Россия. Разбор керн донных отложений происходил с интервалом 3-5 см на глубину 50-120 см. Физико-химические переменные фиксировались *in situ* (pH, Eh, общая минерализация воды, содержание O₂).

Исследования химического состава образцов донных отложений проводились в Центре коллективного использования научным оборудованием для многоэлементных и изотопных исследований СО РАН и Лаборатории геохимии благородных и редких элементов ИГМ СО РАН, г. Новосибирск. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием методов пламенной и электротермической атомизации в пробах определялись значения концентраций микро- и макроэлементов на спектрометре «Solaar M6» (Thermo Electron, Великобритания), снабженном зеемановским и дейтериевым корректором фона. Рентгеноспектральным флуоресцентным анализом на спектрометре «ARL-9900-XP» (Applied Research Laboratories, США) – макроэлементный состав. С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) «MIRA 3 TESCAN» (Tescan, Чехия), снабженного энергетическим спектрометром «OXFORD» (Oxford Instruments, Великобритания) происходило изучение морфологии и фазового состава образцов. Методом рентгеновской дифрактометрии (XRD) – минеральный состав на дифрактометре «ARLX TRA» (излучение $\text{CuK}\alpha$) (Thermo Fisher Scientific (Ecublens) SARL, Швейцария).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

В донных отложениях рассматриваемых озер содержится большое количество микроэлементов: Co, Mn, Cu, B, Zn, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti, Br, P и др. Концентрирование происходит преимущественно минералами терригенной составляющей отложений которая представлена как остроугольными, неокатанными и обломочными зернами, так и хорошо окатанными зернами эолового происхождения (кварца, полевых шпатов, слюд и обломками горных пород с площадей водосбора, в примесях - обломки темноцветов и акцессорных минералов) [6].

Общая минерализация вод исследованных озер значительно варьирует от пресных и солоноватых, встречающихся во всех ландшафтных зонах, до рассолов в озерах Кулундинской равнины. Воды, в основном, щелочные ($\text{pH} > 8$), за исключением некоторых озер подтайги (pH 6.3-6.7). Показатель Eh воды всех озер положительный и достаточно высокий, содержание растворенного в воде O_2 в большинстве озер достаточно высоко и варьирует от 134% (11.47 мг/л) до 72 % (6.29 мг/л), и только в некоторых озерах значительно ниже (<50%), что объясняется активными процессами деструкции органического вещества, происходящими при формировании донных отложений [5].

Донные отложения озер представлены сапропелями зольностью 45-94% с массивной, мелкокомковатой, орехово-комковатой текстурой, иногда встречаются остатки растительности. Цвет донных отложений синева-зеленый, табачно-зеленый до черного, часто присутствует сильный запах сероводорода, отложения имеют высокую вязкость (преимущественно в нижних горизонтах). Влажность по глубине керна меняется от 98 до 70%.

По ГОСТу требуется проводить радиоэкологический контроль сапропелевого сырья на наличие естественных и искусственных радионуклидов, а также на наличие тяжелых металлов.

Сопоставление усредненных концентраций изученных элементов с минеральным составом донных отложений малых озер рассмотренных ландшафтных зон, показало, на примере донных отложений малых озер лесостепной зоны юга Западной Сибири, что повышенные концентрации Ca, Sr, Mn в донных отложениях кальциевого класса связаны с накоплением в них аутигенных карбонатов кальцит-доломитового ряда и/или арагонита. Обоеднение другими элементами обусловлено эффектом разубоживания осадка карбонатами и органическим веществом. (рис.1). Такой тип распределения характерен для всех рассматриваемых ландшафтных зон.

Сопоставление усредненных концентраций изученных микроэлементов в донных отложениях кальциевого класса ландшафтных зон подтайги (Васюганская равнина), лесостепи (Барабинская низменность) и подзоны ленточных боров (Кулундинская равнина) показало, что в целом распределения схожи, за некоторым исключением (рис.2).

В большинстве исследованных малых озер содержания Hg, Cd и Pb увеличиваются к верхним горизонтам (рис.3). Наиболее вероятной причиной этого является антропогенное влияние. Исключением являются малые озера подтайги (Карбалык, Урманное, Линево), где по всей глубине разреза донных отложений содержания данных элементов остаются практически неизменными (рис.3).

Рассмотренные вариации значений активностей естественных радионуклидов донных осадков весьма незначительны по всему вертикальному разрезу донных отложений озерных систем юга Западной Сибири. Величина глобального фона в северном полушарии по ^{137}Cs в общем загрязнении почв составляет 43 мКи/км² на 2000 год. В целом, современная радиационная обстановка от выпадений техногенных радионуклидов на территории Сибири не представляет опасности для здоровья населения [4].

Рис. 1. Мультиэлементный спектр распределения усредненных значений изученных элементов для донных отложений малых озер лесостепной зоны юга Западной Сибири, нормированных к значениям концентраций верхней континентальной коры по [10]

Рис. 2. Мультиэлементный спектр распределения усредненных значений изученных элементов для донных отложений малых озер ландшафтных зон юга Западной Сибири с кальциевым классом сапропеля, нормированных к значениям концентраций верхней континентальной коры по [10]

Рис. 3. Вертикальное распределение элементов по глубине донных отложений малых озер с кальциевым классом отложений

Например, по полученным данным для оз. Сарбалык (лесостепь, Барабинская низменность) установлено, что в донных отложениях озера нет радиоцезия, хотя он выявлен в почвах водосбора озера и в донных отложениях близлежащих озер [9]. Поэтому радиозэкологический контроль, в особенности по техногенным радионуклидам, должен осуществляться для каждого озера отдельно, несмотря на принадлежность к классу донных отложений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сапропелевые отложения встречаются практически повсеместно в озерах юга Западной Сибири, но при этом в настоящее время они не находят квалифицированного применения. Решение этой задачи представляется важным,

учитывая имеющийся научно-технологический потенциал. Сапропель относится к возобновляемым природным ресурсам, и это позволяет рассматривать его добычу, переработку и использование в долгосрочной перспективе.

Для кальциевого класса сапропелей характерно более низкое содержание всех изученных элементов по сравнению с кремниевым и смешанным классами сапропелей, в особенности Cd, Hg, Pb (в зоне подтайги особенно низкие значения), что делает его более безопасным для добычи и дальнейшего использования.

Радиозэкологическая оценка, в особенности по техногенным радионуклидам, должна осуществляться для каждого озера отдельно, вне зависимости от класса донных отложений.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИГМ СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаськова О.Л., Страховенко В.Д., Овдина Е.А. Состав рассолов и минеральная зональность донных отложений содовых озер Кулундинской степи (Западная Сибирь) // Геология и геофизика, 2017, т. 58 (10), с. 1514-1527 <https://doi.org/10.15372/GiG20171005>
2. Скляр Е.В., Солотчина Э.П., Вологина Е.Г., Изов О.П., Кулагина Н.В., Орлова Л.А., Склярова О.А., Солотчин П.А., Столповская В.Н., Ухова Н.Н. Климатическая история голоцена западного Прибайкалья в карбонатной осадочной летописи озера Холбо-Нур // Доклады Академии Наук. 2010. Т. 431. № 5. С. 668-674
3. Солотчина Э.П., Скляр Е.В., Солотчин П.А., Замана Л.В., Даниленко И.В., Склярова О.А., Татков П.Г. Аутигенное карбонатообразование в озерах Еравнинской группы (Западное Забайкалье): отклик на изменения климата голоцена // Геология и геофизика, т. 58(11), 2017, с. 1749-1763 <https://doi.org/10.15372/GiG20171109>
4. Страховенко В.Д. Геохимия донных отложений малых континентальных озер Сибири // Автор. Дис. на д. г.-м. н., Новосибирск, 2011, 306 с.
5. Страховенко В.Д., Генезис органоминеральных отложений озер Центральной части Барабинской низменности (юг Западной Сибири) // Геология и Геофизика. 2019. № 11. С. 1231–1243.
6. Страховенко В.Д., Росляков Н.А., Сысо А.И., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Таран О.П., Пузанов А.В. Геохимическая характеристика сапропелей Новосибирской области // Водные ресурсы, 2016. т.43(3), с. 336-344 <https://doi.org/10.7868/S0321059616030160>
7. Субетто Д.А., Прыткова М.Я. Донные отложения разнотипных водоемов. Методы изучения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 89 с.
8. Audry S., Pokrovsky O.S., Shirokova L.S., Kirpotin S. N., and B. Dupré l Organic matter mineralization and trace element post-depositional redistribution in Western Siberia thermokarst lake sediments // Biogeosciences, 2011, 8, 3341–3358. <https://doi.org/10.5194/bg-8-3341-2011>
9. Ovdina E., Strakhovenko V., Yermolaeva N., Zarubina E., Yermolov Yu. (2019) Radionuclide distribution in components of the Sarbalyk limnetic system (Baraba Lowland, Western Siberia) // Russian Journal Of Earth Science/ VOL. 19, ES6003, doi:10.2205/2019ES000681
10. Wedepohl K.H. The composition of the continental crust // Geochim. Cosmochim. Acta, 1995, v.59 (7), p. 1217-1232