

## ГЕОХИМИЯ ГОЛОЦЕНОВОГО РАЗРЕЗА САПРОПЕЛЯ ОЗЕРА БОЛЬШИЕ ТОРОКИ (НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.Е. Мальцев, Г.А. Леонова, В.А. Бобров, С.К. Кривоногов

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

Бессточное озеро Большие Торки расположено на площади торфяных месторождений (координаты 55° 23' с.ш., 80° 37' в.д.) в Каргатском районе Новосибирской области (Органо-минеральное сырье..., 1990). Глубина озера около 1 м, площадь озерной ванны — 9,57 км<sup>2</sup>, вся поверхность дна покрыта «подводными лугами» из погруженных макрофитов: в центральной части преобладают заросли урути, рдестов и наяды, среди которых визуально наблюдаются скопления «дерновин» нитчатой зеленой водоросли кладофоры. По берегам озеро окаймлено бордюром «жесткой» растительности — гигрофитов (рогоз, тростник). Из-за мелководности озера фито- и зоопланктон играет подчиненную роль в озерном биоценозе. Основным источником автохтонного органического вещества по всей акватории озера являются макрофиты, а в мелководной литорали — гигрофиты.

Поверхностные воды озера Большие Торки по преобладающим ионам отнесены нами к гидрокарбонатным натриево-магниевым по классификации О.А. Алекина (1954), воды маломинерализованные (845 мг/л), слабощелочные (рН=9). Концентрации основных анионов воды в момент отбора проб (август) составляли: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (646,6 мг/л), Cl<sup>-</sup> (164,6), SO<sub>4</sub><sup>-</sup> (26,8), катионов — Na<sup>+</sup> (147,45 мг/л), Mg<sup>2+</sup> (65,6), Ca<sup>2+</sup> (15,2), K<sup>+</sup> (13,35).

В центре озера пробурена скважина глубиной 1,8 м вибрационным методом с помощью модифицированного пробоотборника Ливингстона. Скважиной вскрыты 1,6 м сапропеля, и бур вошел в подстилающие глины. Керн диаметром 7,5 см непрерывный и имеет ненарушенную структуру. По данным радиоуглеродного датирования, возраст сапропелевой толщи (1,6 м) оценивается в 5740±95 л.н.

На рис. 1 показана литостратиграфия голоценового разреза сапропеля озера Большие Торки, которая отражает разный вещественно-генетический состав стратифицированных горизонтов, обусловленный различными первичными источниками органического вещества (ОВ). Верхний интервал керна (0–75 см) представлен макрофитогенным сапропелем, ОВ которого имеет автохтонное происхождение, а исходным сапропелеобразующим материалом являются макрофиты. Глубже по колонке (75–120 см) залегает однородный сильно разложившийся торфянистый сапропель, источник ОВ которого иной — растения-торфообразователи (сфагнум, осоки). В интервале керна (120–160 см) залегает слой среднеразложившегося торфа с редкими раковинами гастропод (122–129 см), который подстилается с глубины 160 см опесчаненными глинами.

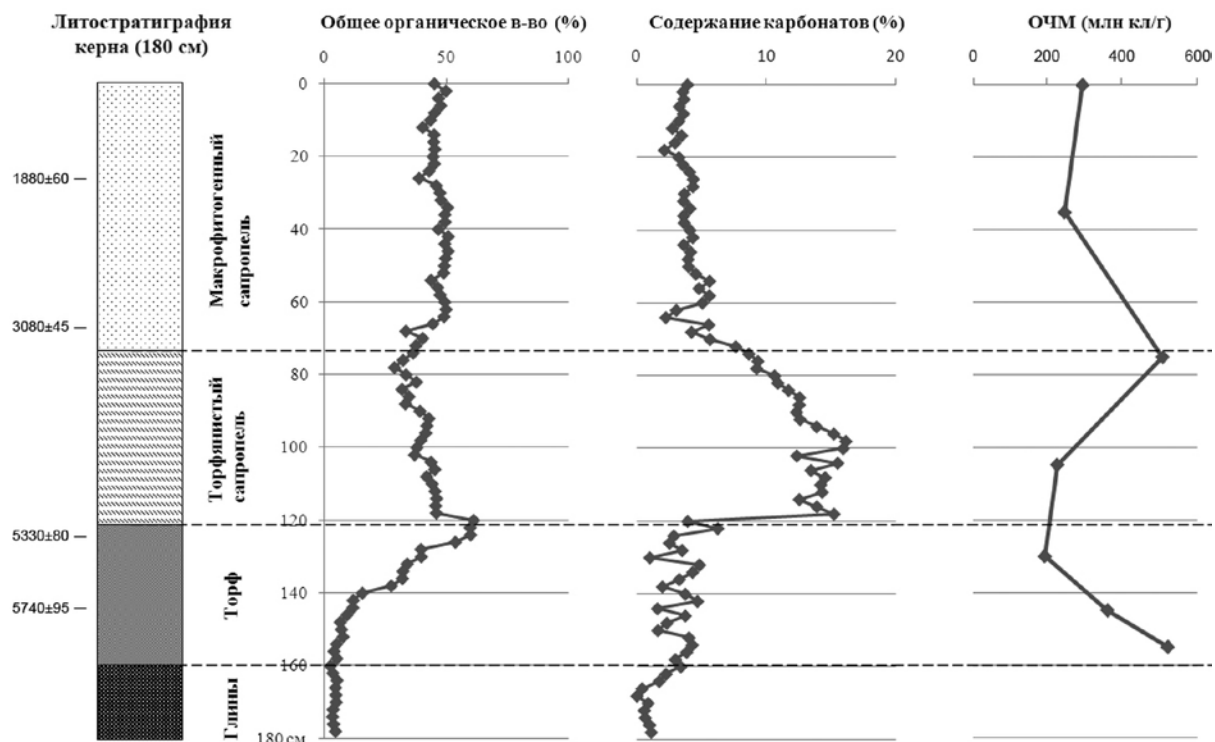


Рис. 1. Литостратиграфия ядра сапропеля озера Большие Тороки. ОЧМ — общая численность микроорганизмов

Содержание ОВ (рис. 1) довольно постоянно до глубины 110 см (40–50 %). На границе перехода от торфянистого сапропеля к торфу (120–130 см) наблюдается резкое увеличение ОВ до 60–61 %, а с глубины 140 см и ниже содержание ОВ резко падает. По содержанию ОВ (45,4 %) и величине зольности (54,6 %) в придонном неконсолидированном осадке (интеграционная седиментационная взвесь) и в разрезе сапропеля до глубины 130 см отложения озера Большие Тороки отнесены к органо-минеральным сапропелям по классификации Н.В. Кордэ (1960).

Содержание карбонатов в ядре меняется в значительной степени. В верхнем слое (0–75 см) оно невысокое (3–4 %), максимальная концентрация карбонатов (10–16 %) приходится на средний участок ядра (80–120 см) и обусловлена наличием раковин гастропод. Ниже (120–160 см) содержание карбонатов падает до 1–4 %, а в интервале 160–180 см (глины) оно составляет менее одного процента.

Изучено распределение и численность различных групп микроорганизмов по глубине ядра (рис. 1). Хорошо видно, что общая численность микроорганизмов (ОЧМ) максимальна в интервале 40–100 см и приурочена в основном к торфянистому сапропелю. Если рассматривать отдельные группы микроорганизмов, то, например, амилитические бактерии в основном сосредоточены в макрофитогенном сапропеле, и это вполне объяснимо, поскольку эти бактерии разлагают крахмалистые вещества, которыми богата водная растительность (макрофиты). Органотрофные и аммонифицирующие микроорганизмы также максимально представлены в слое макрофитогенного сапропеля, поскольку макрофиты содержат легко окисляемое ОВ по сравнению с растениями-торфообразователями в слое торфянистого сапропеля.

Поскольку сапропель — вещество преимущественно биологического происхождения (Кордэ, 1960), представляется интересным исследовать в нем концентрации основных биогенных элементов (С, N, H, S), наследуемых сапропелем от продуцентов автохтонного и аллохтонного ОВ. Распределение основных биогенных элементов, а также зольности и  $C_{орг}$  по глубине ядра представлено на рис. 2. Концентрации всех элементов меняются с глубиной синхронно, величины зольности меняются диаметрально противоположно.

О генезисе ОВ, как современного, так и fossilized, можно судить по отношению органического углерода ( $C_{орг}$ ) к азоту. Этот критерий отражает различия в биохимическом составе организмов-продуцентов ОВ. Известно, что высшая водная и наземная растительность

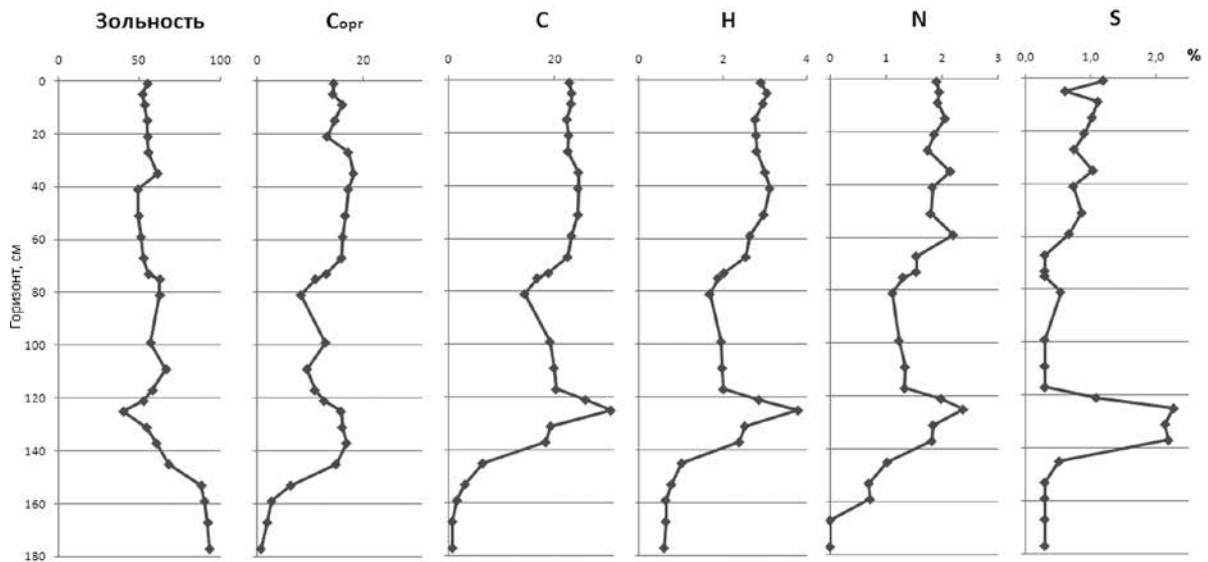


Рис. 2. Профили концентраций  $C_{орг}$ , C, H, N и S и величины зольности в сапропеле озера Большие Тороки

бедна азотом и имеет высокое значение  $C_{орг}/N$  — 20–40 (Скопинцев, 1950). Отношение  $C_{орг}/N$  варьирует от 7 до 14,6 по глубине разреза сапропеля озера Большие Тороки. Самое высокое значение  $C_{орг}/N$  (14,6) отмечено в горизонте торфа (137–145 см), это указывает на источник аллохтонного ОВ — растения-торфообразователи.

Исследован химический состав, значения водородного показателя (pH) и окислительно-восстановительного потенциала (Eh) поровых вод сапропеля, которые были отжаты из 10-см фрагментов керна и исследованы по стандартной методике (Шишкина, 1972). В верхнем горизонте керна (0–10 см) pH слабощелочной (8),  $Eh=+0,198$  В, ниже по глубине керна эти значения изменяются незначительно:  $pH=7$ ,  $Eh=-0,169$  В. На рис. 3 представлены концентрационные профили Fe, Mn, Cu, Zn, Cd и Pb. Концентрации Mn и Fe довольно выдержаны по всей колонке, за исключением горизонта 100–120 см. Содержания биофильных элементов Cu и Zn в поровых водах тоже довольно выдержаны по глубине, за исключением горизонтов 70 и 130 см. Распределение Cd по разрезу неравномерно, максимальные концентрации отмечены на

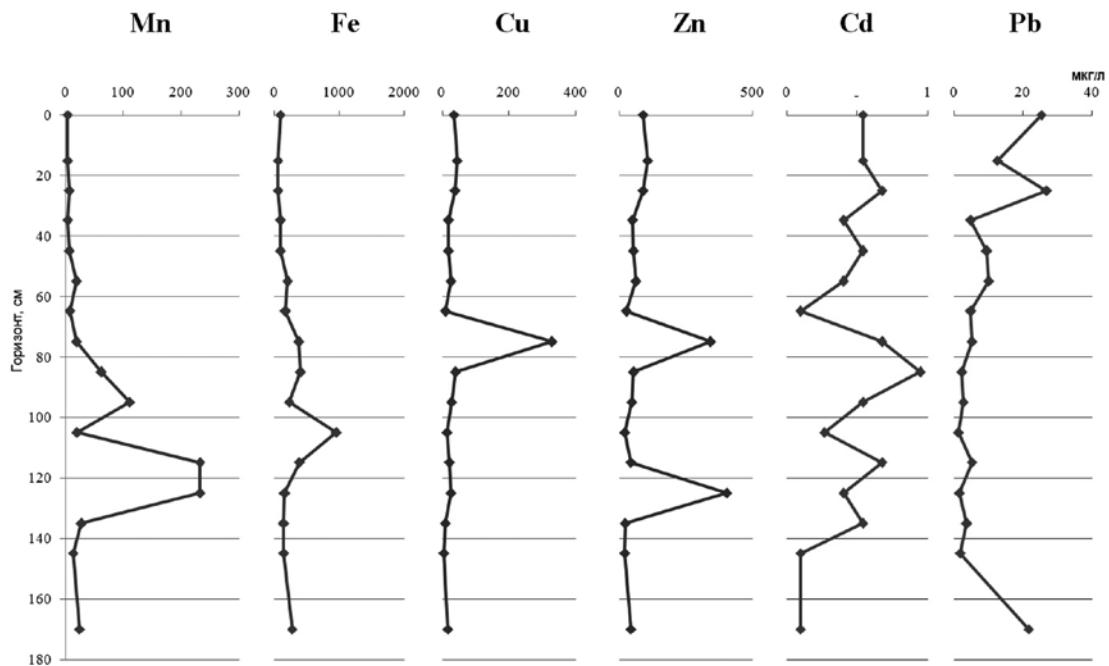


Рис. 3. Профили концентраций элементов в поровой воде сапропеля озера Большие Тороки

глубине 80–100 см. Концентрации Pb повышены в верхних горизонтах сапропеля, что связано с привнесом этого элемента с атмосферными выпадениями.

Выполнено сравнение химического состава органогенного осадка (0–130 см, среднее по 20 образцам) и глинистого осадка (130–177 см, среднее по 7 образцам) с кларковыми концентрациями глинистого сланца (Li, 1991) с предварительным нормированием по алюминию, как наименее подвижному элементу в системе «озерная вода – осадок», согласно выражению (Shotyk et al., 1966):

$$EF = (x_i/x_{Al})_{\text{образец}} / (x_i/x_{Al})_{\text{глин. сланец}}$$

где  $x_i$ <sub>образец</sub> — содержание  $i$ -го химического элемента в объекте исследования;  $x_{Al}$  — содержание алюминия в объекте исследования;  $x_i$ <sub>глин. сланец</sub> — содержание химического элемента в глинистом сланце;  $x_{Al}$ <sub>глин. сланец</sub> — содержание алюминия в глинистом сланце.

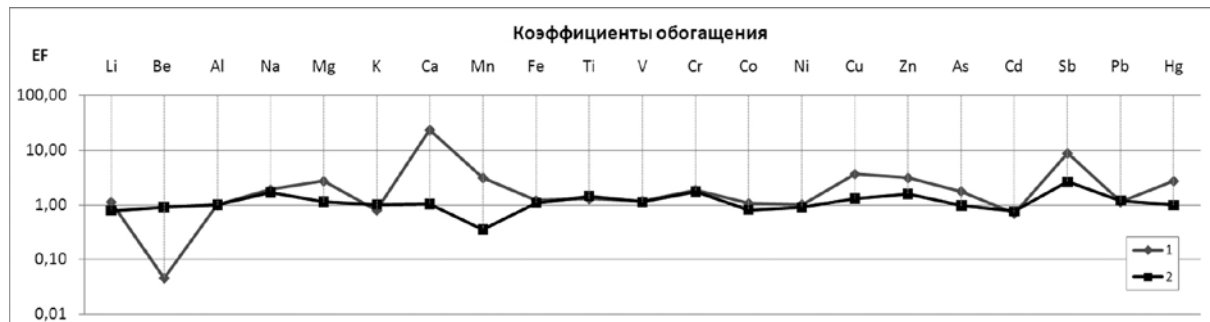


Рис. 4. Коэффициенты обогащения (EF) химическими элементами органогенного осадка — 0–130 см (1) и глинистого осадка — 130–177 см (2) озера Большие Тороки. Нормирование проведено по Al и кларкам глинистых сланцев (Li, 1991)

Полученные результаты представлены на рис. 4. Концентрации всех элементов по глубине колонки керна существенно не меняются. Наблюдается обогащение органогенной части осадка (0–131 см) Ca и обеднение Be. Обогащение кальцием связано с поступлением этого элемента из растительного детрита (биогенный карбонат), а также с осаждением карбонатов (гидрокарбонатные воды), а дефицит бериллия, по-видимому, связан с выщелачиванием этого элемента в поровый раствор из сапропеля. Наблюдается незначительное обогащение органической части осадка Sb, биофильными элементами Cu и Zn, а также техногенными элементами Hg и As. Глинистый субстрат (интервал 131–177 см) схож по элементному составу с глинистыми сланцами (Li, 1991), значения коэффициентов обогащения (EF) для всех элементов близки 1, только для Na и Sb наблюдается небольшое увеличение значений EF, а для Mn, напротив, их уменьшение.

Таким образом, верхняя (0–140 см) толща донных осадки озера Большие Тороки представляет собой органо-минеральный макрофитогенный сапропель с содержанием OB (40–50 %), зольностью (48–62 %) и  $C_{\text{орг}}$  (14–16 %). Наиболее важная геохимическая особенность макрофитогенного сапропеля озера Большие Тороки — высокое содержание кальция (рис. 4) в интервале глубин (0–131 см), что обусловлено гидрокарбонатным классом озерных вод и, вероятно, вкладом биогенного карбоната кальция за счет прижизненного накопления Ca растениями-кальцефилами (Лукашев, 1971; Леонова и др., 2011).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 125.*

#### Литература

- Алекин О.А. Химический анализ вод суши. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 202 с.  
 Кордэ Н.В. Биостратиграфия и типология русских сапропелей. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 219 с.  
 Леонова Г.А., Бобров В.А., Лазарева Е.В., Богуш А.А., Кривоногов С.К. Биогенный вклад микроэлементов в органическое вещество современных озерных сапропелей (на примере оз. Кирек) // Литология и полезные ископаемые. 2011. № 2. С. 115–131.  
 Лукашев К.И. Геохимия озерно-болотного литогенеза. М.: Наука и техника, 1971. С. 96–207.  
 Органо-минеральное сырье сельскохозяйственного назначения Новосибирской области. Новосибирск, 1990. 169 с.

- Скопinceв Б.А.* Органическое вещество в придонных водах. М., 1950. Вып. 17 (29). 290 с.
- Шишкина О.В.* Геохимия морских и океанических иловых вод. М.: Наука, 1972. 227 с.
- Li Yuan-hui.* Distribution patterns of the elements in the ocean: A synthesis // *Geochim. et. Cosmochim. Acta.* 1991. V. 55. P. 3223–3240.
- Shotyk W., Cheburkin A.K., Appleby P.G. et al.* Two thousand years of atmospheric arsenic, antimony and lead deposition in an ombrotrophic bog profile, Jura Mountains, Switzerland // *Earth and Planetary Scien. Letter.* 1966. V. 145. P. 1–7.