

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРАКТИКЕ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Д.А. Морозов, М.А. Морозова, Е.М. Нестеров
РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, dmitrii_morozov@inbox.ru

GEOCHEMICAL INDICATION OF LAKE SEDIMENTS IN THE PRACTICE OF PALAEOECOLOGICAL INVESTIGATIONS

D.A. Morozov, M.A. Morozova, E.M. Nesterov
Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg

Применение геохимических индикаторов при реконструкции генезиса донных отложений представляет особый интерес ввиду того, что они, сформировавшиеся в различных палеоэкологических условиях, могут иметь высококонтрастную геохимическую специализацию, что может использоваться для реконструкций прошлых природных обстановок и определения новых хронологических реперов при невозможности применения традиционных методов датирования. Для анализа условий осадконакопления традиционно используют ряд отношений химических элементов и модулей, изучение распределения которых дают ключ к пониманию процессов образования этих отложений и влияния на них палеогеографических факторов [2, 4, 6].

В качестве примера рассмотрим такой геохимический индикатор как отношение железа к марганцу (Fe/Mn). Железо и марганец поступают в бассейн седиментации как неизменные минеральные зерна, оксиды, коллоидные частицы или органические комплексы. Кислые обстановки в некоторых почвах могут способствовать повышенной мобильности этих элементов, что предполагает увеличение их поступления из почвенного профиля в водоемы в периоды развития почв в кислых условиях, например когда хвойные породы деревьев доминируют на водосборной территории [8]. В связи с тем, что подвижность этих элементов резко возрастает на окислительно-восстановительных границах, это может использоваться для реконструкции окислительно-восстановительной истории водоема. Отчасти более высокая растворимость Mn по сравнению с Fe в почти анаэробных условиях рассматривалась многими исследователями как ключ к интерпретации условий осадкообразования. Понижение Fe/Mn коэффициента по разрезу отложений характеризует бескислородные условия образования осадков (аноксия) [10].

К настоящему времени геохимической индикации условий формирования осадочных пород уделяется значительное внимание [2]. Наиболее ранние отечественные работы, посвященные применению геохимических методов для определения условий образования различных литотипов, были проведены Страховым Н.М. (1947, 1963, 1968), однако наиболее широкое распространение получили с 1980-х годов [4], и системно впервые применены Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис в конце прошлого века [2, 3].

В настоящее время, методы неорганической геохимии лучше всего используются как дополнительный инструмент общей палеолимнологии. Однако, не вызывает никаких сомнений важность вклада геохимии донных отложений в междисциплинарное изучение истории озер [7, 8, 9, 11].

Голоценовые отложения на побережье Финского залива тесно связаны с историей развития Балтийского моря и всего северо-западного региона. Наиболее хорошо история юго-восточной части Балтики отразилась в стратиграфии древних лагун, к каковым относится Лахтинский разлив.

Вскрытая нами мощность отложений составила 660 см. Сводный разрез представлен на рис. 1. На глубине 660-655 см вскрываются голубовато-серые тонкие плотные глинистые отложения. Вверх по разрезу они сменяются прослоем светло-серых песчано-глинистых отло-

жений мощностью 4 см. Слой на глубине 651-620 см представлен глинистой гиттией бурого цвета. На глубине 620-288 см залегают голубовато-серые, плотные глинистые отложения, с редкими темными прослоями гидротроилита. Отмечаются отдельные включения органики и прослой светло-бурых песчано-глинистых отложений. На глубине 288-260 см - прослой гиттии, темно-бурого цвета. 260-178 см – слой голубовато-серых плотных, тонких однородных глинистых отложений с редкими темными прослоями гидротроилита. 178-169 см – светло-желтые отложения тонкозернистого песка. На глубине 169-112 см залегают серые плотные глинистые отложения с синеватыми прослоями (161-140 см). 112-92 см – серые тонкопесчаные отложения с редкими бурыми прослоями. 92-73 см – прослой темно-серых песчано-глинистых слоистых отложений. 73-6 см вскрывается торфяной горизонт, торф бурый, в нижних 10 см этого слоя наблюдается увеличение глинистого и тонкопесчаного материала. 6-3 см – голубовато-серые плотные тонкослоистыми глинистые отложения.



Рис. 1. Сводная колонка донных осадков оз. Лахтенский разлив

Методы и методика. Химический состав отложений был определен методом рентгено-спектрального флуоресцентного анализа на базе лаборатории Геохимии окружающей среды имени А.Е. Ферсмана на вакуумном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-GV».

Геохимические особенности озера Лахтинский разлив. Для реконструкции палеоклимата использовался индекс химического изменения CIA ($Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)$). Данный коэффициент является показателем преобладающего типа климата в области размыва. Используя в качестве критерия для разграничения отложений, формировавшихся в обстановках холодного и теплого климата, величину коэффициента CIA=70 (выше этой величины климат считается гумидным, в интервале значений 60-70 – переходным, менее 60 – относительно аридным) можно разделять осадки по климатическим условиям их образования [4]. Индекс CIA обнаруживает некоторые вариации по разрезу (рис. 2). Для первых 6 см его величина составляет 66 ед. Вниз по разрезу (74-112 см) наблюдается уменьшение значений CIA с 66 до 57 единиц, что указывает на поступление в область осадконакопления относительно незрелого пелитового компонента и переходные, на границе с аридными, или близкие к ним климатические обстановки в областях размыва. Толща глинистых отложений до 260 см характеризуется значениями CIA=65-67 единиц, что характерно для осадков, формировавшихся в условиях выветривания гумидного типа. К группе, характеризующейся значениями $60 < CIA < 70$, принадлежат и глинистые отложения на глубинах 290-620 см. Скорее всего все эти образования являются отложениями умеренных климатических обстановок без ярко выраженной климатической специфики.

Е.П. Акульшиной в качестве границ различных климатических обстановок были приняты значения отношения Al_2O_3/TiO_2 [1]. Анализ распределения значений отношения Al_2O_3/TiO_2 по разрезу позволяет сделать следующие выводы (рис. 2). Как и индекс химического изменения, отношение Al_2O_3/TiO_2 указывает на существование близких к аридным климатических условий при формировании отложений на глубине 74-112 см. Для толщи глинистых отложений до глубины 260 см и 290-620 см величина отношения составляет 17-18, лишь на глубине 171-183 см эти значения увеличиваются до 26-29 единиц. В целом это подтверждает формирование данных отложений в условиях выветривания гумидного типа.

Таким образом, преобладающие климатические условия во время формирования донных отложений Лахтинского разлива можно охарактеризовать как переходные близкие к гумидным.

Для разграничения мелководных и глубоководных отложений В.Чилингаром было предложено отношение Sr/Ca [5]. Миграционная способность стронция выше, чем миграционная способность кальция. Значения коэффициента для мелководных отложений будут меньше, чем для глубоководных, что подтверждается графиком распределения коэффициента по разрезу (рис. 2). Для глинистых отложений Лахты в целом характерны более высокие значения отношения Sr/Ca, чем для слоев торфа/гиттии.

Б.А. Лебедев, изучавший средние содержания ряда элементов в водоемах с различной соленостью, отмечал, что отношение Ba/Sr всегда выше в пресноводных глинах [5]. Проанализировав распределение величин этого отношения по разрезу (рис. 2), донные отложения Лахтинского разлива в целом можно разделить на 3 группы. В первую группу попадают донные отложения на глубине 75-170 см. Для них характерны максимально низкие значения, что свидетельствует о повышенной солености палеоводоема, где шло формирование данных отложений. Вторую группу составляют отложения с глубин 170-260 см, величины отношения Ba/Sr для них несколько выше, чем для первой группы. Толща глинистых отложений на глубине 290-620 см характеризуется повышенными значениями с небольшой амплитудой разброса, что предполагает накопление данных отложений в водоеме с достаточно низкой соленостью.

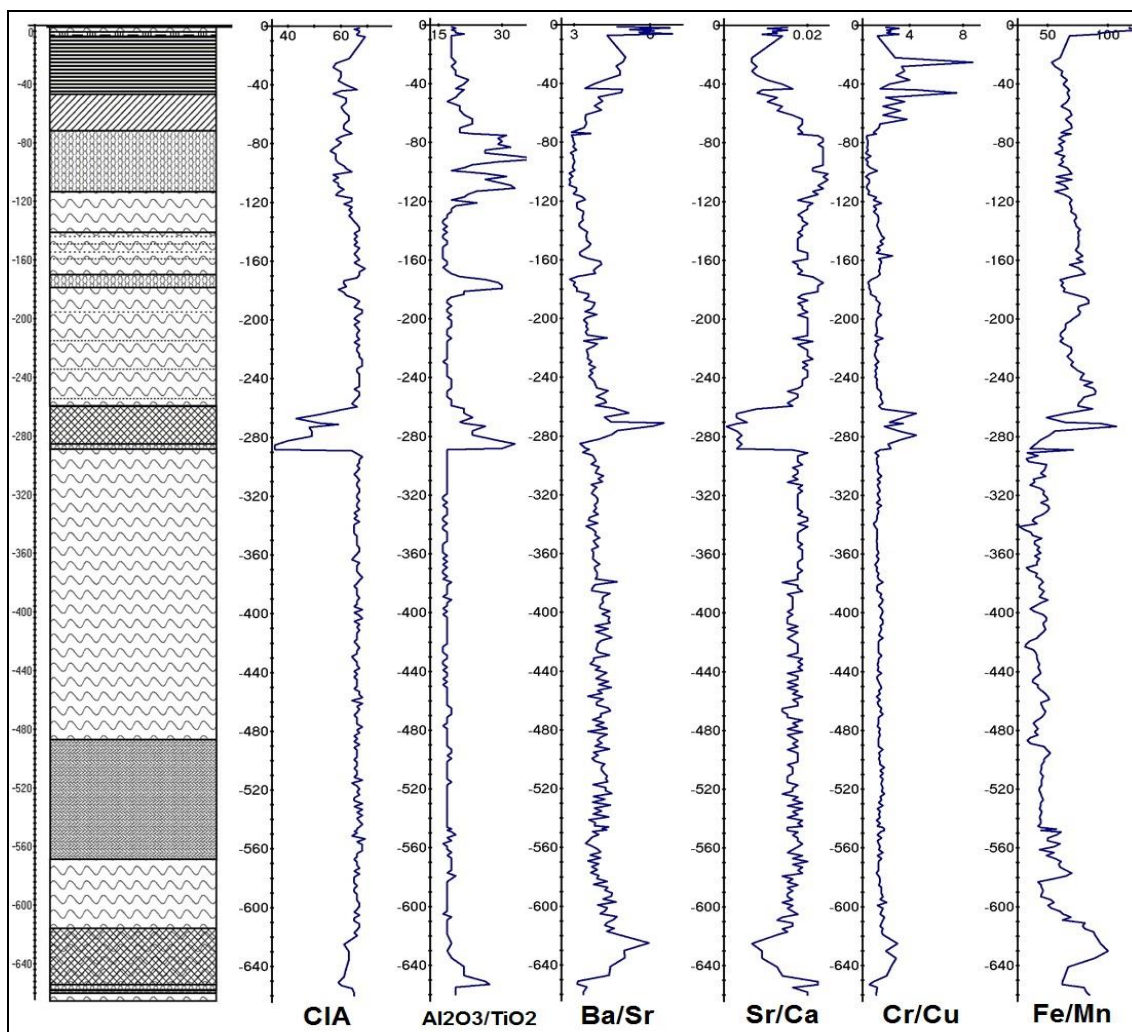


Рис. 2. Графики распределения значений геохимических показателей по разрезу Лахтинского разлива

Б.А. Лебедев считал, что отношение Cr/Cu уменьшается по мере удаления осадочных пород от питающей провинции [5]. Элементы, обладающие большей миграционной способностью, выносятся в удаленные от берега участки моря, тогда как слабоподвижные элементы накапливаются вблизи источника сноса. Для глинистых отложений Лахтинского разлива величина отношения остается постоянной, лишь отложения на глубине 74-115 см характеризуются несколько пониженными значениями (рис. 2).

Величина железо-марганцевого коэффициента (Fe/Mn) может во многих отношениях характеризовать редокс-обстановки бассейна седиментации, о чем говорилось в водной части данной статьи. Анализ распределения значений данного коэффициента по разрезу позволяет выявить следующее: верхняя часть разреза (0-280 см) и основание разреза (600-660 см) характеризуются высокими значениями железо-марганцевого коэффициента, что может указывать на восстановительные богатые органикой мелководные условия, в то время как толща отложений на глубинах 280-600 формировалась в анаэробных глубоководных условиях.

Заключение. Данные детальных геохимических исследований позволяют выявить черты, характеризующие особенности формирования донных отложений. На изменение осадконакопления в озерах влияют различные факторы, такие как воздействие климата и интенсивность химического выветривания, степень удаленности бассейна от источников сноса, окислительно-восстановительные обстановки в водоеме и многие другие. Распределение значений ряда петрохимических модулей (CIA , Fe/Mn , Ba/Sr , Sr/Ca) свидетельствует об изменении физико-географических условий и их влиянии на состав отложений.

Литература

- [1] *Акульшина Е.П.* Глинистое вещество и осадочный рудогенез. – Новосибирск: Наука, 1985.
- [2] *Енгальчев С. Ю., Панова Е. Г.* Геохимия и генезис песчаников восточной части главного девонского поля на северо-западе Русской плиты // *Литосфера* №. – 2011. С. 16–29
- [3] Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие / Е.В. Скляров и др.; Под ред. Е.В. Склярова. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 288с.
- [4] *Кулькова М.А.* Методы прикладных палеоландшафтных геохимических исследований: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2012.
- [5] *Лукашев В.К.* Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования. – Минск: «Наука и техника», 1972.
- [6] *Нестеров Е.М., Тимиргалеев А.И., Маслова Е.В.* Оценка техногенного воздействия на городскую среду на основе изучения геохимии донных отложений // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.* – 2008. – №2. – С. 96-99.
- [7] *Boyle. J.F.* Inorganic geochemical methods in palaeolimnology. In: W.M. Last and J.P. Smol ed(s). *Tracking environmental change using lake sediments: physical and chemical techniques.* Dordrecht, Kluwer Academic. 2001. P. 83-141.
- [8] *Engstrom, D. R., Wright Jr. H. E.* Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In Haworth, E. Y. & J. W. G. Lund (eds.) *Lake Sediments and Environmental History.* Leicester University Press, Leicester. 1984. P. 11–68.
- [9] *Freitas M.C., Andrade C., Rocha F., Tassinari C., Munha J.M., Cruces A., Jesus Vidinha J., Silva C.M.* Lateglacial and Holocene environmental changes in Portuguese coastal lagoons: the sedimentological and geochemical records of the Santo Andre coastal area / M.C. Freitas, C. Andrade, F. Rocha, C. Tassinari, J.M. Munha, A. Cruces, J. Jesus Vidinha, C.M. Silva // *The Holocene.* Vol 13. Issue 3. 2003. P. 433-446
- [10] *Kjensmo J.* Iron as the primary factor rendering lakes meromictic, and related problems / J. Kjensmo // *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie.* Vol. 14. 1968. P. 83-93.
- [11] *Lomas-Clarke S.H., Barber K.E.* Human impact signals from peat bogs – a combined palynological and geochemical approach / S.H. Lomas-Clarke, K.E. Barber // *Vegetation History and Archaeobotany.* Vol. 16. 2007. P. 419–429.

S u m m a r y

During the development of the lakes they accumulate various sediments. Their formation occurs as a result of deposition on the bottom of the autochthonous material produced in the lake as a result of vital activity of organisms living in it, and allochthonous coming from the outside. Depending on the climatic conditions of the environment the role of these sources of sediment can vary significantly. This explains the variety of geochemical composition of sediments caused by the whole course of historical development of the lake and its surrounding area.

О ЗАДАЧАХ И ПРОБЛЕМАХ ИЗУЧЕНИЯ ПОЗДНЕГО ДРИАСА

А.Н. Рочева*, Д.А. Субетто* **

*РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Annatoldo@yandex.ru

**Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, subetto@mail.ru

ABOUT PROBLEMS OF RESEARCHING OF YOUNGER DRYAS

A.N. Rocheva*, D.A. Subetto* **

*Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg

**Northern water problems Institute, Karelian Research Centre of RAS

Поздний дриас (DR3 или YD) – период резкого похолодания, длившийся примерно 1300±70 лет (Berger, 1990) и последовавший сразу за межледниковьем бёллинг-аллерёд в конце плейстоцена и предшествовавший пребореальному периоду раннего голоцена. Его