

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ РОССИИ

КОМИССИЯ ПО ЭВОЛЮЦИОННОЙ ГЕОГРАФИИ
МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО СОЮЗА

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ПАЛИНОЛОГИИ

Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции,
посвященной памяти Владимира Поликарповича Гричука
(Москва, 5–8 июня 2017 г.)

Ответственные редакторы:
доктор географических наук Н.С. Болиховская,
кандидат географических наук Т.С. Ключиткина

Москва – 2017

Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции / Отв. редакторы Н. С. Болиховская, Т. С. Ключевиткина. — М.: Географический факультет МГУ, 2017. — 424 с.

Книга содержит статьи, представляющие новые научные материалы, изложенные в докладах XIV Всероссийской палинологической конференции с международным участием (Москва, 5-8 июня 2017 г.). Конференция посвящена памяти выдающегося российского палинолога Владимира Поликарповича Гричука (1907–1999).

Публикуемые работы охватывают широкий круг ключевых вопросов современной палинологии в контексте фундаментальных и прикладных аспектов палеогеографии, стратиграфии и корреляции отложений разного возраста и генезиса. В них приводятся новейшие результаты палеоботанических и мультидисциплинарных исследований кайнозойских, мезозойских, палеозойских и докембрийских отложений Евразии и ряда других регионов Земли, положенные в основу определения их возраста, генезиса и ландшафтно-климатических условий образования. Представлены реконструкции этапов развития речных, озерных и морских бассейнов, климата, флоры, растительности и природных обстановок существования древнего человека. Рассматриваются новые данные по морфологии и таксономии спор, пыльцы, диатомей, диноцист и других представителей микробиоты, методам их изучения и интерпретации получаемых аналитических материалов. В ряде статей приводятся результаты аэропалинологических и мелиссопалинологических исследований, а также палиномониторинга состояния окружающей среды в районах интенсивного техногенного воздействия.

Книга адресована широкому кругу специалистов различных областей географии, геологии, биологии, археологии, медицины, преподавателям и студентам высших учебных заведений.

Рецензенты:

профессор, доктор геолого-минералогических наук М. А. Ахметьев
профессор, доктор географических наук А. А. Лукашов

Actual problems of the modern palynology: Proceedings of XIV All-Russian Palynological Conference / Responsible Editors N. S. Bolikhovskaya, T. S. Klyuvitkina. — Moscow: Geographical faculty of Lomonosov Moscow State University, 2017. — 424 p.

Тексты докладов воспроизведены в авторской редакции,
с технической правкой, если она была необходима.

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР И ТРОФИНИКАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА В ГОЛОЦЕНЕ

О.С. Шилова

МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, Москва, Россия, o.olyunina@mail.ru

Видовой состав диатомовых ассоциаций в голоценовых озерных отложениях Кольского п-ова отличается большим разнообразием и определяется индивидуальными особенностями и историей водоема. Развитие диатомей зависит от многих факторов: гидродинамического и температурного режимов водоема, поступления в озеро биогенных элементов, наличия высшей водной растительности и других. Смена диатомовых ассоциаций естественным образом отражает этапы развития озера и является интегральной характеристикой процессов, происходящих как в самом озере, так и на его водосборе.

Мощность донных отложений в котловинах крупных озер Кольского п-ова в среднем составляет 5-7 м, местами достигая 10 м [Яковлева, 1974; Большие озера..., 1976], в небольших озерах – колеблется в широких пределах, от 0.5 до 5.5 м. В основной части разреза они представлены сапропелями зеленовато-коричневого, желтовато-зеленого и серовато-зеленого цвета, в нижней части разрезов – диатомовыми илами. В базальной части разрезов залегают минеральные осадки серого цвета с нечетко выраженной горизонтальной слоистостью ленточного типа, с очень низким содержанием органического вещества и биогенного кремния, которые выстилают днища и склоны озерных котловин слоем 5-70 см. Эти отложения, видимо, имеют озерно-ледниковый генезис. Их накопление продолжалось в течение короткого отрезка времени, и уже на самых ранних стадиях развития озер сменилось накопление небогатых органическим веществом диатомовых илов.

Накопление минерогенных озерных отложений началось после дегляциации территории в интервале времени 12-9 тыс. ^{14}C л.н. разновременно в различных районах Кольского полуострова [Шилова, 2011, обзор]. Наиболее раннее (11-12 тыс. ^{14}C л.н.) накопление озерных осадков зафиксировано на южном и юго-восточном побережьях, наиболее позднее (~9 тыс. ^{14}C л.н.) – в северо-западных и центральных районах. Органическое осадконакопление в озерах началось несколько позже и относится ко времени 9-9.5 тыс. ^{14}C л.н. Данные палинологического анализа [Solovieva et al. 2005; Sjörra et al., 2008] и изучения палеокомплексов хирономид [Ilyashuk et al., 2005, 2013] показывают, что ранний голоцен Кольского п-ова отличался теплыми и влажными условиями, средний – теплыми и засушливыми, а поздний – прохладными и влажными. При этом есть региональные особенности: в прибрежных частях Кольского п-ова температуры выше современных реконструируются уже на самых ранних этапах голоцена [Ilyashuk et al. 2005; Sjörra et al., 2008], тогда как в Хибинах начало голоцена было прохладным, а затем происходит быстрый рост реконструируемых значений температуры июля [Ilyashuk et al., 2013]. Это может быть связано с особенностями дегляциации: более поздним таянием ледников в пределах горных массивов Хибин и Ловозер. В северных внутриконтинентальных районах Швеции и Финляндии также отмечается более позднее потепление в начале голоцена, чем в прибрежных районах [Sjörra et al., 2009].

К настоящему времени опубликовано достаточно большое количество детальных и хорошо датированных диатомовых диаграмм донных отложений озер, расположенных в разных частях Кольского полуострова и охватывающих весь голоцен [Денисов, 2005; Толстоброва и др., 2016; Шилова, Романенко, 2016; Snyder et al, 2000; Grönlund, Kauppila, 2002; Solovieva, Jones, 2002]. Не смотря на большое разнообразие доминантов и метахронность их смены в различных озерах, можно выявить общие закономерности смены диатомовых ассоциаций и выделить определенные этапы их формирования на протяжении голоцена. Эти этапы отражают эволюцию природных обстановок на Кольском полуострове: изменения климата, характера растительности и интенсивности эрозионных процессов на водосборе, определяющей соотношение аллохтонной минерогенной и автохтонной биогенной составляющих в озерных отложениях, а также привнос биогенных элементов и других растворенных веществ в озеро.

Первый, обычно короткий, этап характеризует нестабильную молодую озерную экосистему на стадии ее формирования. Как правило, он отличается низким таксономическим разнообразием диатомей, невысокими концентрациями створок диатомей в отложениях, резкими

сменами состава доминантов. Состав диатомовых ассоциаций может быть разнообразен и зависит от генезиса водоема.

Второй этап (примерно 9-7 тыс. ^{14}C л.н.) характеризуется доминированием практически во всех исследованных озерах мелких форм класса *Fragilariophyceae* (*Staurosira* spp., *Staurosirella* spp., *Pseudostaurosira* spp. и др.). Они характеризуют водоемы как олиготрофные алькалофильные с активным перемешиванием водных масс. Доминирование мелких форм *Fragilaria sensu lato* является типичным для озер Арктики и наблюдается в течение практически всего голоцена в озерах высоких широт с длительным ледоставом, лимитирующим освещение [Podritske, Gajewski, 2007 и др.]. Южнее, в частности для озер Кольского п-ова и Карелии, массовое развитие *Fragilaria sensu lato* характерно для пионерных послеледниковых диатомовых сообществ [Snyder et al., 2000; Grönlund, Kaupilla, 2002; Solovieva, Jones, 2002; Шилова, 2011]. Кроме того, для этого этапа характерны грубопанцирные виды *Aulacoseira* (*A. valida*, *A. subarctica*, *A. nivalis*, *A. nivaloides* и др.), также требовательные к содержанию биогенных элементов и в современных озерах и, как правило, достигающие массового развития в гомотермных озерах или во время весеннего и осеннего периодов активного перемешивания воды в стратифицированных озерах [Gibson et al., 2003; Donk, 2010].

Середина голоцена, 7-4.5 тыс. ^{14}C л.н., – наиболее благоприятный период для развития диатомовой флоры. Увеличивается таксономическое разнообразие диатомей, доля и разнообразие группы планктонных видов. В некоторых озерах, по-видимому, устанавливается стратификация, так как значительную роль в составе доминантов планктона играют виды рода *Cyclotella sensu lato*. Виды рода *Cyclotella* характерны для крупных олиготрофных озер высоких широт и развиваются при устойчивой летней стратификации вод. Сдвиг состава диатомовых ассоциаций в сторону увеличения содержания *Cyclotella* spp. также отмечаются в ответ на современное повышение температур в высоких широтах и увеличение продолжительности безледного периода [Smol et al., 2005; Rühland et al., 2008].

В конце голоцена практически во всех исследованных озерах отмечается увеличение доли ацидофильных видов *Eunotia* spp., *Brachysira* spp., *Frustulia* spp., *Tabellaria flocculosa* и снижение реконструируемых значений pH среды, что связано с прогрессивным заболачиванием территории на протяжении голоцена. Время наступления этой стадии в озерах различно, от 4.7 тыс. ^{14}C л.н. [Snyder et al., 2000] до 1.5 тыс. ^{14}C л.н. [Grönlund, Kaupilla, 2002], что, по-видимому, объясняется индивидуальными особенностями водосборов, характером водообмена и буферной емкостью озерных экосистем.

Болотные отложения широко распространены в пределах Кольского полуострова и Северной Карелии, но имеют, как правило, небольшую мощность и характеризуются фациальной неоднородностью [Боч, 1989]. Их возраст в основном составляет не более 7-7.5 тыс. ^{14}C лет, в отдельных случаях достигая 9.2 тыс. ^{14}C лет [Елина и др., 2005]. Анализ голоценовых болотных диатомовых ассоциаций в торфяниках центральной части Кольского полуострова и детальное определение их возраста на основе радиоуглеродного датирования отложений позволяет выделить три основных временных этапа их развития, отражающих смену седиментационных обстановок, связанную с изменениями условий увлажнения и уровня грунтовых вод и прогрессивным заболачиванием территории [Шилова, 2011]:

В начале и середине атлантического периода (8-5.5 тыс. ^{14}C л.н.) в условиях теплого засушливого климата происходит интенсивное зарастание и заболачивание остаточных небольших озер в моренных котловинах и на поверхности озерных террас, осушение и облесение торфяников. В отложениях раннеатлантического возраста концентрация створок диатомей в отложениях снижается при резком сокращении таксономического разнообразия; доминирующими становятся виды-убиквисты (*Eunotia faba*, *E. exigua*).

Второй этап, конец атлантического - начало суббореального периода (5.5-3.2 тыс. ^{14}C л.н.), ознаменовался началом похолодания и существенным улучшением условий увлажнения. Характерно интенсивное накопление торфа и быстрый латеральный рост болот. Для этого времени характерны высокая концентрация диатомей в отложениях и их таксономическое разнообразие, обилие донных форм.

В позднесуббореальное - раннесубатлантическое время (3.2-0 тыс. ^{14}C л.н.) отмечаются очень малая интенсивность и прерывистость торфонакопления, связанные с ухудшением условий увлажнения и развитием островной мерзлоты в условиях континентального климата. При

смягчении климата во второй половине субатлантического периода наблюдается интенсификация процессов заболачивания территории и торфообразования. На заключительном этапе обилие и таксономическое разнообразие диатомей вновь сокращаются, диатомовые ассоциации становятся олигодоминантными с абсолютным преобладанием эвритопных видов (*Eunotia exigua*, *Pinnularia microstauron*, *Encyonema minutum*).

Таким образом, изменения состава озерных и болотных диатомовых ассоциаций на протяжении голоцена говорят о неоднократной смене условий осадконакопления, связанной с эволюцией природной среды, в том числе изменениями климата, характера растительности и интенсивности денудационных процессов на водосборе.

На ранних этапах существования озер отмечается привнос большого количества терригенного материала, очевидно в результате эрозионного и селевого сноса с незакрепленных склонов в условиях разреженной растительности. Потепление начала голоцена находит отражение в эволюции диатомовых ассоциаций озерных отложений: изменении видового состава, в том числе планктона, увеличении таксономического разнообразия и концентрации диатомей в отложениях. Осадки с преобладанием аллохтонной минеральной составляющей и низкими концентрациями диатомей сменяются диатомовыми илами.

В климатический оптимум голоцена опять происходят изменения в характере озерной седиментации: диатомовые илы сменяются более богатыми органическим веществом сапропелями. В диатомовых ассоциациях увеличивается доля планктонных видов и меняется их состав, в целом увеличивается видовое разнообразие. Эти изменения синхронны со сменой региональной растительности: около 7-7.5 тыс. ¹⁴С л.н. на Кольском п-ове по палинологическим данным реконструируется распространение сосновых лесов [Snyder et al., 2000; Gervais et al., 2002; Solovieva, Jones, 2002; Kremenetski et al., 2004].

Похолодание и увлажнение климата около 4.7 тыс. ¹⁴С л.н. привели к интенсификации процессов заболачивания и увеличению площади болот, которые становятся существенным элементом ландшафтов Кольского п-ова. Заболачивание водосборов вызвало трансформацию структуры диатомовых ассоциаций: изменение видового состава, увеличение доли ацидофильных видов, снижение таксономического разнообразия.

В отличие от озерных, болотные диатомовые ассоциации в большей степени отражают влажные и засушливые периоды, а также региональные особенности болотообразования на территории Кольского п-ова в голоцене.

Работа выполнена при поддержке ГЗ по теме АААА-А16-116032810055-0.

Литература:

- Большие озера Кольского полуострова. Л.: Наука, 1976. 349 с.
- Боч М.С. О болотах лесной полосы Кольского полуострова // Бот. журн. 1989. Т. 74. № 12. С. 1747-1756.
- Денисов Д.Б. Изменения комплексов диатомовых водорослей под влиянием природных и антропогенных факторов в озерно-речных системах Хибинского горного массива (Кольский полуостров) // Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. СПб., 2005. 27 с.
- Елина Г.А., Филимонова Л.В., Грабовик С.И., Костина В.И. Болота Кольского полуострова // Тр. Карельского науч. центра РАН. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 94-111.
- Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Колька В.В., Корсакова О.П. История развития озера Осинного (Кольский регион) в поздне- и послеледниковое время по материалам диатомового анализа донных отложений // Тр. КарНЦ РАН. 2016. № 5. С. 106-116.
- Шилова О.С. Голоценовые диатомей болот Кольского полуострова и Северо-Восточной Карелии. М.: МАКС Пресс, 2011. 177 с.
- Шилова О.С., Романенко Ф.А. Отражение эволюционных и катастрофических процессов в летописи озерных отложений оз. Щучьего (Хибины, Кольский п-ов) // Пути эволюционной географии: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 23-25 ноября 2016 г.). М.: ГЕОС, 2016. Т. 1. С. 381-385.
- Яковлева Л.В. Донные отложения озер Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. Ч. 1. Л.: Наука, 1974. С. 195-243.
- Donk X. Using diatoms to understand climate-nutrient interactions in Esthwaite Water, England: evidence from observational and palaeolimnological records. PhD Thesis. London, 2010. 228 p.

- Gervais B.R., MacDonald G.M., Snyder J.A., Kremenetski C.V. *Pinus sylvestris* treeline development and movement on the Kola Peninsula of Russia: pollen and stomate evidence // *Journal of Ecology*. 2002. Vol. 90. P. 627-638.
- Gibson C.E., Anderson N.J., Haworth E.Y. *Aulacoseira subarctica*: taxonomy, physiology, ecology and palaeoecology // *European Journal of Phycology*. 2003. 38:2. P. 83-101.
- Grönlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula) inferred from sedimentary diatom assemblages // *Boreas*. 2002. Vol. 31. P. 273-284.
- Ilyashuk E.A., Ilyashuk B.P., Hammarlund D., Larocque I. Holocene climatic and environmental changes inferred from midge records (Diptera: Chironomidae, Chaoboridae, Ceratopogonidae) at Lake Berkut, southern Kola Peninsula, Russia // *The Holocene*. 2005. Vol. 15(6). P. 897-914.
- Ilyashuk E.A., Ilyshuk B.P., Kolka V.V., Hammarlund D. Holocene climate variability on the Kola Peninsula, Russian Subarctic, based on aquatic invertebrate records from lake sediments // *Quaternary Res.* 2013. 79. P. 350-361.
- Kremenetski K.V., MacDonald G.M., Gervais B.R., Borisova O.K., Snyder J.A. Holocene vegetation history and climate change on the northern Kola Peninsula, Russia: a case study from a small tundra lake // *Quaternary International*. 2004. Vol. 122. P. 57-68.
- Podritske B., Gajewski K. Diatom community response to multiple scales of Holocene climate variability in a small lake on Victoria Island, NWT, Canada // *Quaternary Sci. Rev.* 2007. 26. P. 3179-3196.
- Rühland K., Paterson A.W., Smol J.P. Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes // *Global Change Biology*. 2008. 14. P. 2740-2754.
- Sjöppa H., MacDonald G.M., Birks H.J.B., Gervais B.R., Snyder J.A. Late-Quaternary summer temperature changes in the North-European tree-line region // *Quaternary Res.* 2008. 69. P. 404-412.
- Sjöppa H., Björne A.E., Telford R.J., Birks H.J.B., Veski S. Last nine-thousand years of temperature variability in northern Europe // *Climate of the Past*. 2009. 5. P. 523-535.
- Smol J.P., Wolfe A.P., Birks H.J.B. et al. Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes // *PNAS*. 2005. 102. P. 4397-4402.
- Snyder J.A., MacDonald G.M., Forman S.L., Tarasov G.A., Mode W.N. Postglacial climate and vegetation history, north-central Kola Peninsula, Russia: pollen and diatom records from Lake Yarnyshnoe-3 // *Boreas*. 2000. Vol. 29. P. 261-271.
- Solovieva N., Jones V.J. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, northwest Russia // *J. Quaternary Sci.* 2002. Vol. 17. P. 303-318.
- Solovieva N., Tarasov P.E., MacDonald G. Quantitative reconstruction of Holocene climate from the Chuna Lake pollen record, Kola Peninsula, northwest Russia // *The Holocene*. 2005. Vol. 15(1). P. 141-148.