

УДК 551.89 (470.21)

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОЗЕРА ОСИНОВОГО (КОЛЬСКИЙ РЕГИОН) В ПОЗДНЕ- И ПОСЛЕДНИКОВОЕ ВРЕМЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**А. Н. Толстоброва, Д. С. Толстобров, В. В. Колька, О. П. Корсакова**

*Геологический институт Кольского научного центра РАН*

Представлены результаты изучения донных отложений озера Осинового, расположенного в пределах Имандровской депрессии (Кольский регион). По данным диатомового анализа с учетом литологических и хронометрических (радиоуглеродного датирования) данных установлены этапы формирования донных отложений и условия осадконакопления в котловине озера Осинового на протяжении поздне- и послеледникового времени. На начальном этапе развития озера осадконакопление происходило в условиях приледникового водоема, которые затем сменились морскими. По данным радиоуглеродного анализа, связь палеоводоема с морем в Имандровской депрессии прекратилась в первой половине пребореала. Тогда же в нем установились условия, благоприятные для развития богатой и разнообразной пресноводной диатомовой флоры. На основании литологических и микропалеонтологических данных в разрезе на глубине примерно 90–100 см фиксируется момент отделения праозера Осинового от палеоИмандры. С этого времени озеро Осиновое развивается как самостоятельный водоем.

**Ключевые слова:** донные отложения; диатомовые водоросли; Имандровская депрессия; позднеледниковье; голоцен; Кольский регион.

### **A. N. Tolstobrova, D. S. Tolstobrov, V. V. Kolka, O. P. Korsakova. LATE GLACIAL AND POSTGLACIAL HISTORY OF LAKE OSINOVOYE (KOLA REGION) INFERRED FROM SEDIMENTARY DIATOM ASSEMBLAGES**

The results on bottom sediments from Lake Osinovoye located in the Imandra depression (Kola region) are presented. The stages and main features of sedimentation in the Osinovoye Lake basin during the Late Glacial and Holocene were determined according to diatom data, lithology and radiocarbon data. At the initial stage of lake formation sedimentation occurred in the periglacial environment, with the sea water ingression into the Imandra depression happening at the second stage. According to radiocarbon dating, the paleobasin in the Imandra depression got detached from the sea in the first half of the Preboreal. This is when the conditions favorable for the development of the rich and diverse freshwater diatom flora established there. On the basis of lithological and micro-paleontological data separation of the Osinovoye proto-lake from the Imandra palaeolake was recorded in the sediment core at a depth of approximately 90–100 cm. Since that time Lake Osinovoye has been developing as an independent basin.

**Keywords:** lake bottom sediments; diatoms; Imandra depression; Late Glacial; Holocene; Kola region.

## Введение

Изучением развития территории в поздне- и послеледниковое время в пределах Иmandровской депрессии занимаются на протяжении многих лет. По результатам изучения рыхлых отложений ряд исследователей [Лаврова, 1960; Никонов, 1964] придерживались мнения о проникновении морских вод в позднеледниковое время в пределы Иmandровской депрессии и о существовании здесь пролива между Баренцевым и Белым морями. Для выяснения вопроса, насколько далеко распространялся позднеледниковый морской залив в сторону западного окончания оз. Иmandра, был исследован ряд разрезов [Арманд, Самсонова, 1969], расположенных вдоль предполагаемого залива. В результате было установлено, что западная оконечность оз. Иmandра с морем не соединялась.

В последнее время на территории Кольского региона стали широко применяться палеолимнологические исследования, в результате которых получены новые данные. Были проведены исследования донных отложений в целях изучения положения древней береговой линии Баренцева и Белого морей [Snyder et al., 1997, 2000; Corner et al., 1999, 2001; Колька и др., 2013; Толстобров и др., 2015], для исследования палеогеографической ситуации, в том числе и в Иmandровской депрессии [Grönlund, Kauppi, 2002; Solovieva, Jones, 2002; Николаева и др., 2015], для оценки последствий

антропогенной нагрузки на экосистемы озер [Денисов, 2012]. В результате еще раз были сделаны выводы об отсутствии морского залива в западной части Иmandровской депрессии, а также установлено, что осадконакопление биогенного материала здесь началось в бореале [Николаева и др., 2015].

Целью нашей работы было литологическое, микропалеонтологическое и хронометрическое (радиоуглеродный анализ) изучение донных осадков оз. Осинового, расположенного в пределах Иmandровской депрессии, для определения масштабов и времени возможного проникновения морских вод во внутреннюю часть Кольского региона, установления этапов формирования осадков в котловине оз. Осинового, имевших место на протяжении поздне- и послеледниковое время. Результаты проведенных исследований представлены в данной статье.

## Краткая характеристика района работ

Озеро Осиновое ( $67^{\circ}34'18''N$ ,  $32^{\circ}38'10''E$ ) расположено в юго-западной части Кольского региона (рис. 1). Район работ находится в пределах северо-восточной части Беломорского террейна, который сложен породами комплекса основания, претерпевшими значительные структурно-вещественные преобразования и представленными в основном биотитовыми и амфибол-биотитовыми гнейсами, мигматитами, гранито-гнейсами и амфиболитами



Рис. 1. А – карта-схема района исследования. Положение края ледника или отдельной его лопасти: 1 – при формировании внутренней полосы пояса краевых образований в период межстадиального потепления, 2 – при образовании внешней полосы пояса в период стадийного похолодания [по Евзеров, 2009]; Б – расположение оз. Осиновое

Данные радиоуглеродного датирования образцов донных осадков озера Осинового

№ п/п	Лабораторный номер	Глубина отбора, см	Датируемый материал	Радиоуглеродный возраст	Календарный возраст
1.	ЛУ-6710	104–109	алевритистая гиттия	9820 ± 260	11 317 ± 450
2.	ЛУ-6711	114–120	песок+глина+орг. материал	9750 ± 190	11 156 ± 322

[Пожиленко и др., 2002]. Четвертичные отложения здесь представлены гравийно-песчаными моренами [Четвертичные, 1993], а котловина озера Осинового расположена в пределах краевых образований, по возрасту сопоставляемых с аллередом и поздним дриасом [Евзевров, 2009].

Исследуемое озеро находится вблизи оз. Имандра, которое разделено узкими протоками на три основных части – Большая Имандра, Экостровская Имандра и Бабинская Имандра. Озеро Осиновое приурочено к северо-западному побережью Экостровской Имандры (рис. 1). Оно находится на высотной отметке 129,0 м над уровнем моря, имеет овальную форму, площадь 10 км<sup>2</sup>. Озеро проточное, на западе и северо-востоке в него впадают ручьи, сток осуществляется через ручей на юге. Берега залесены, местами заболочены.

### Материалы и методы

В рамках *полевых исследований* весной 2011 г. проводился отбор колонки донных отложений, их литологическое изучение и опробование. Отбор кернов производился со льда с максимальной глубины 4,5 м при помощи ручного поршневого бура. Длина трубки 1 м, диаметр 52 мм. Керны отобраны с перекрытием в несколько сантиметров. Мощность вскрытых донных отложений составила 1,25 м. Дальнейшее исследование кернов донных отложений (литологическое описание, фотографирование, опробование) выполнялось в лабораторных условиях.

Подготовка препаратов для *диатомового анализа* производилась по стандартным методикам [Диатомовые водоросли..., 1974]. Подсчет и определение видового состава створок диатомовых водорослей были проведены при помощи биологического цифрового микроскопа Motic серии DMBA 310 при увеличении x400 и x1000 раз с использованием иммерсионного масла. Таксономическая идентификация диатомей и их экологические характеристики устанавливались при помощи определителей и других литературных источников [Определитель..., 1951; Диатомовые водоросли..., 1974, 1988, 1992; Тунни, 1975, 1976, 1978, 1980; Давыдова, 1985; Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991;

Лосева, 1992, 2000; Atlas of British Diatoms, 1996; Krammer, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, 2001; Барина и др., 2006 и др.] с учетом последних таксономических изменений [<http://www.algaebase.org>].

*Радиоуглеродное датирование* образцов алевритистой гиттии и глины (табл.) выполнено в Санкт-Петербургском государственном университете по стандартной методике [Арсланов, 1987] с применением традиционного сцинтилляционного метода. Полученные радиоуглеродные данные калибровались при помощи программы CalPal [<http://www.calpal-online.de>].

### Результаты и обсуждение

#### *Литологическое строение разреза донных отложений*

В разрезе донных отложений, вскрытых при бурении, установлены следующие слои (номера слоев и их описание указаны сверху вниз от поверхности осадка):

- (1) 0–80 см – гиттия коричневая с небольшим присутствием минеральных частиц;
- (2) 80–104 см – гиттия серо-зеленая, с минеральной составляющей, количество которой уменьшается вверх по разрезу;
- (3) 104–112 см – алевритистая гиттия серо-зеленого цвета, неяснослоистая, с макроостатками растений;
- (4) 112–115 см – песок мелкозернистый с алевритом, серого цвета;
- (5) 115–125 см – глина серая, с небольшим присутствием алеврита и дисперсной органики.

#### *Диатомовые данные и их интерпретация*

Диатомовый анализ был выполнен для 18 образцов. В разрезе представлена богатая и разнообразная диатомовая флора, было обнаружено 145 таксонов диатомовых водорослей. По изменениям в составе диатомовых комплексов выделено пять диатомовых зон (**ДЗ**) (рис. 2, 3).

**ДЗ I** (112–125 см) охватывает базальную часть разреза и разделена на две подзоны – **Ia** (слой 5) и **Ib** (слой 4). В глинах *слоя 5* диатомовых водорослей не обнаружено, что, возможно, свидетельствует о накоплении осадков



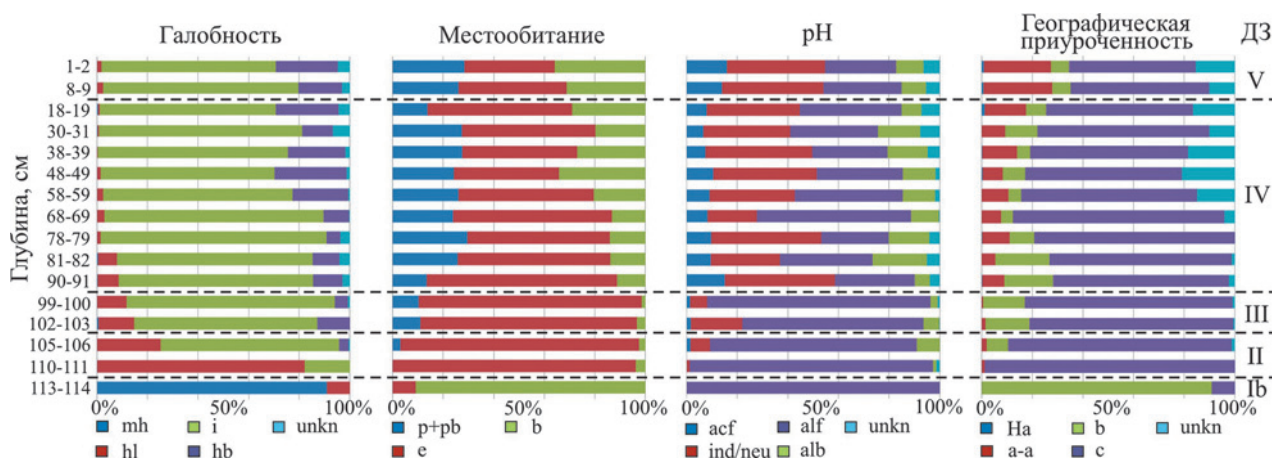


Рис. 3. Экологическая характеристика диатомовых комплексов в донных отложениях озера:

Mh – мезогалофы, hl – галофилы, i – индифференты, hb – галофобы, unkn – неизвестные; p+pb – планктонные+планктонно-бентосные, e – обрастатели, b – бентосные; acf – ацидофилы, ind/neu – индифференты/нейтрофилы, alf – алкалофилы, alb – алкалобионты, unkn – неизвестные; Ha – голарктические, a-a – арктоальпийские, b – бореальные, c – космополиты, unkn – неизвестные

в суровых условиях приледникового водоема. С глубины 114–120 см для глин *слоя 5* была получена датировка  $9750 \pm 190$  радиоуглеродных ( $^{14}\text{C}$ ) лет назад (л. н.), или  $11\,156 \pm 322$  калиброванных (кал.) л. н. (рис. 4.1). Для осадков *слоя 4* характерны низкие концентрации створок диатомей. Обнаружено только два алкалофильных вида – галофил *Staurosirella pinnata* (Ehrb.) Williams et Round, обитающий в обрастаниях, и донный мезогалоб *Diploneis pseudovalis* Hust. в соотношении 10:90 соответственно. Видимо, формирование соответствующих осадков происходило в неглубоком сильно опресненном морском бассейне (рис. 4.2).

**ДЗ II** (104–112 см) соответствует осадкам *слоя 3*, где происходит некоторое увеличение таксономического разнообразия и концентрации створок диатомей. Основную массу составляют «пионерные» алкалофильные диатомеи обрастаний, представленные индифферентами *Fragilaria construens* (Ehrb.) Hust., *Pseudostaurosira brevistriata* (Grun.) Williams et Round, *Staurosira venter* (Ehrb.) Kobayasi и галофилом *Staurosirella pinnata* (Ehrb.) Williams et Round, причем содержание последней резко увеличено (82 % от общего числа видов) в нижней части интервала. Эти таксоны являются показателем «нарушенных» условий окружающей среды, они первыми заселяют водоемы на начальных этапах развития, могут существовать в суровых арктических условиях с низким уровнем проникновения света, в которых другие виды развиваться не могут, характерны для позднеледниковых пресноводных осадков [Smol, 1988; Wolfe, 1996; Grönlund, Kauppila,

2002]. Исчезновение солоноватоводных видов и увеличение пресноводных свидетельствуют о прекращении связи с морским бассейном, оказывавшим влияние на формирование водной массы при накоплении в рассматриваемом водоеме осадков *слоя 4*. Преобладание диатомей обрастаний, единичные планктонные виды, наличие в осадках макроостатков водных растений свидетельствуют в пользу того, что на данном этапе водоем был мелководным, с зарослями макрофитов. Согласно датировке  $9\,820 \pm 260$   $^{14}\text{C}$  л. н. ( $11\,317 \pm 450$  кал. л. н.) (табл.) из верхней части *слоя 3*, отделение котловины данного озера от более крупного осолоненного бассейна произошло в первой половине пребореального времени (рис. 4.3).

**ДЗ III** (95–104 см) выделена в базальной части *слоя 2* и характеризуется резким увеличением концентрации диатомей при общем увеличении таксономического разнообразия, что говорит о значительном увеличении продуктивности водоема. Доминирующий комплекс по-прежнему составляют обрастатели из родов *Fragilariforma*, *Staurosira*, *Staurosirella* и *Pseudostaurosira*. Наблюдается увеличение планктонных видов до 11 %, которые представлены видами рода *Cyclotella* (*C. antiqua* W. Sm., *C. distinguenda* Hust., *C. meneghiniana* Kütz., *C. radiosa* (Grun.) Lemm.). Процентное содержание галофилов уменьшается вверх по разрезу, преобладают индифференты. Возрастает количество бореальных видов (около 17 %), что может свидетельствовать о некотором потеплении окружающей среды. По показателям pH так же, как и в нижележащих осадках,

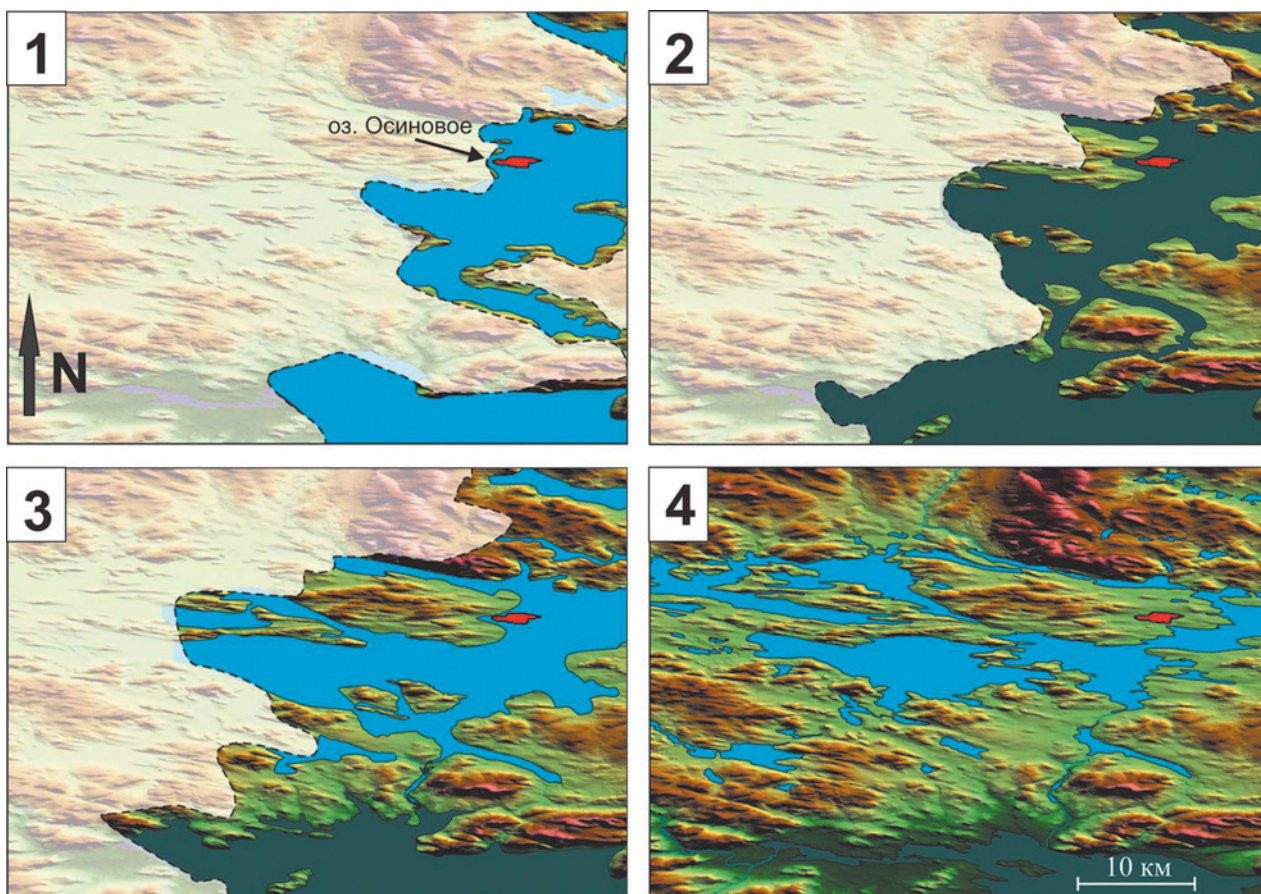


Рис. 4. Схема-реконструкция палеогеографической обстановки Иmandровской депрессии в районе оз. Осинное в поздне- и последниковое время (выполнена с использованием цифровой модели рельефа ASTER GDEM):

1 – стадия приледникового озера, 2 – стадия осолоненного приледникового бассейна, 3 – стадия отчленения палеоИmandры от моря, 4 – стадия современного состояния Иmandровской депрессии

преобладают алкалифилы, при этом отмечено увеличение индифферентных (до 20 %) и ацидофильных (до 2 %) видов.

**ДЗ IV** (15–95 см) включает осадки верхней части *слоя 2* и осадки нижней части *слоя 1*. Здесь отмечено значительное увеличение планктонных диатомовых водорослей (12–29 %), состав которых становится более разнообразным. Кроме видов рода *Cyclotella* появляются виды рода *Aulacoseira* (*A. distans* (Ehrb.) Simons., *A. lacustris* (Grun.) Kramm., *A. pfaffiana* (Reinsch) Kramm., *A. subarctica* (O. Müll.) Haworth, *A. valida* (Grun.) Kramm.). При этом вверх по разрезу увеличивается и содержание донных форм (10–32 %), среди которых преобладает *Brachysira zellensis* (Grun.) Round et Mann (7 %), остальные виды представлены в меньшем количестве и очень разнообразны (различные виды родов *Brachysira*, *Caloneis*, *Diploneis*, *Navicula*, *Neidium*, *Pinnularia* и др.). Становится более богатым и состав видов-обрастателей, появляются представители рода *Eucocconeis*,

*Achnanthidium*, *Psammothidium*, увеличивается разнообразие среди видов из родов *Cymbella*, *Eunotia*, *Gomphonema*. Увеличение планктонных видов говорит о том, что водоем на данном этапе был относительно глубоким с достаточно прозрачной водой, что позволяло активно развиваться и донным диатомеям. Кроме того, в осадках этой зоны происходит перестройка комплексов диатомовых водорослей по отношению к pH среды, что отражается в увеличении количества индифферентных (19–42 %) и ацидофильных (5–13,5 %) видов. Вверх по разрезу возрастает роль арктоальпийских видов, а количество бореальных, напротив, снижается, что может косвенно свидетельствовать о незначительном похолодании окружающей среды, при этом виды с неясной географической приуроченностью составляют до 20 %. По отношению к солености доминируют виды-индифференты (61–84 %), увеличивается суммарное количество галофобов (9–31 %) по сравнению с нижележащими осадками. Такие

изменения (повышение водности, изменение pH среды, изменение галобности) вероятно указывают на отделение водоема, частью которого тогда являлась и котловина оз. Осинового, от палеоИмандры (рис. 4.3, 4.4).

**ДЗ V** (0–15 см) выделена в самой кровле разреза (верхняя часть *слоя 1*), характеризуется высоким таксономическим разнообразием, при этом концентрация створок снижается. Отмечено небольшое увеличение содержания донных видов, количество планктонных видов осталось на прежнем уровне. В качестве доминанта здесь выступает один вид – *Nupela vitiosa* (Schimanski) Siver et Hamilton, среди субдоминантов – *Aulacoseira valida*, *Cyclotella radiosia*, *C. rossi* Håkans., *Eunotia diodon* Ehrb., *Sellaphora laevissima* (Kütz.) Mann, *Staurosira venter*. Мелких эпифитов из родов *Fragilariforma*, *Staurosira*, *Staurosirella* и *Pseudostaurosira* стало заметно меньше, вероятно, из-за повышения уровня воды в озере – произошло подтопление берегов, в результате чего исчезла благоприятная среда для их обитания. Как и в подстилающих осадках, доминируют индифференты (65–72 %), вторую по численности группу слагают галофобы (22,5–28,5 %). По отношению к географической приуроченности преобладают космополиты, арктоальпийских видов становится больше (27 %), но при этом количество видов с неясной географией остается по-прежнему высоким, поэтому о температурных условиях с уверенностью говорить нельзя. В этой части разреза возрастает содержание ацидофилов (до 16 %), представленных *Frustulia rhomboides* (Ehrb.) De Toni и видами родов *Eunotia* и *Brachysira*, что указывает на естественную ацидофикацию озера.

#### *Реконструкция этапов развития озера Осинового*

В литологии и составе диатомовых комплексов донных отложений оз. Осинового нашли отражение неоднократные изменения палеогеографической ситуации в пределах Имандровской депрессии. Его образование связано с отступанием ледникового покрова в исследуемом районе в конце позднего неоплейстоцена (примерно в конце позднего дриаса). На начальном этапе развития озера здесь существовал обширный приледниковый водоем, в котором происходило накопление серых глин с алевритами, а условия для развития диатомовых водорослей были неблагоприятными. Далее в пределы Имандровской депрессии стали проникать морские воды, сформировался сильно опресненный морской бассейн, на что

указывает совместное присутствие солоноватоводных и пресноводных диатомей. Причем солоноватоводный вид *Diploneis pseudovalis* (рис. 2) отмечен в донных осадках озер аналогичного возраста на баренцевоморском побережье [Snyder et al., 1997] и не известен в осадках на беломорском [Колька и др., 2013]. Можно предположить его проникновение в пределы депрессии оз. Имандра вследствие усиления водообмена с Баренцевым морем через пролив, соединявший его с Белым морем через р. Колу. Прекращение влияния морских вод на рассматриваемый древний водоем произошло примерно в начале пребореального времени. В начале голоцена в нем происходит смена условий осадконакопления: вместо терригенных осадков начинают накапливаться органогенные. В разрезе это находит отражение в смене песков солоноватоводного генезиса на алевритистую гиттию. Диатомовая флора на данном этапе формировалась «пионерными» видами родов *Fragilaria*, *Fragilariforma*, *Staurosira*, *Staurosirella* и *Pseudostaurosira*, которые заселяют пресноводные водоемы на ранних стадиях развития и типичны для постледниковых диатомовых комплексов. В дальнейшем в рассматриваемом водоеме установились благоприятные условия для развития диатомей, о чем свидетельствует значительное увеличение концентрации и таксономического разнообразия их створок. На следующем этапе происходит смена условий осадконакопления, признаками чего являются: уменьшение количества минеральных частиц в осадке, резкие изменения в составе и структуре диатомовых комплексов – в большом количестве появляются планктонные и донные виды. Их совместное нахождение говорит о том, что водоем был достаточно глубоким, с прозрачной водой. Кроме того, происходит резкая смена в составе диатомовой флоры по отношению к pH среды. Все эти изменения вероятно указывают на то, что пр-озеро Осинное отделилось от палеоИмандры, и состав диатомовой флоры отвечает первому этапу развития современного озера Осинового. На последнем этапе накопления донных отложений происходит небольшое снижение концентрации диатомей, таксономическое разнообразие остается по-прежнему высоким, при этом отмечается перестройка в видовом составе диатомовых комплексов, становится заметно меньше эпифитных видов *Fragilaria spp.*, доминантом выступает бентосный вид *Nupela vitiosa*, а планктонные виды встречаются только в качестве субдоминантов. Небольшое увеличение ацидофильных видов указы-

вает на то, что в озере интенсифицировались процессы заболачивания.

## Заключение

В результате проведенных исследований донных отложений оз. Осинового, расположенного в пределах Имандровской депрессии, можно сделать следующие выводы:

1. В котловине озера Осинового установлены осадки приледникового озера, солоноватоводные осадки морского залива и пресноводные озерные осадки, которые формировались на соответствующих этапах его развития.

2. На начальном этапе развития озера здесь существовал приледниковый водоем (рис. 4.1) с неблагоприятными для развития диатомовой флоры условиями. Далее в пределы Имандровской депрессии стали проникать морские воды, и в ней сформировался сильно опресненный морской бассейн (рис. 4.2), на что указывает совместное присутствие солоноватоводных и пресноводных диатомей в донных отложениях озера Осинового, котловина которого была частью этого бассейна. Причем осолонение Имандровской депрессии могло происходить за счет вод как Белого моря, так и Баренцева.

3. Связь палеоводоема с морем в Имандровской депрессии прекратилась примерно в начале пребореального времени (рис. 4.3). В начале голоцена в нем установились условия, благоприятные для развития богатой и разнообразной диатомовой флоры, что выражено в значительном увеличении концентрации и таксономического разнообразия диатомовых водорослей в осадках соответствующего этапа.

4. Отделение озера Осинового от палео-Имандры фиксируется в разрезе на глубине примерно 90–100 см. С этого момента озеро Осинное развивается как самостоятельный водоем (рис. 4.4). Это отражено в уменьшении количества минеральных частиц, в резком изменении состава и структуры диатомовых комплексов, когда в большом количестве появляются планктонные и донные виды, происходит перестройка в составе диатомовой флоры и по отношению к рН среды.

*Авторы выражают искреннюю благодарность сотрудникам Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН к. б. н. Д. Б. Денисову и А. Л. Косовой за полезные консультации по диатомовому анализу.*

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-05-00311-а.*

## Литература

Арманд А. Д., Самсонова Л. Я. Морские отложения и голоценовая тектоника района Кандалакши // Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л.: Наука, 1969. С. 96–111.

Арсланов Х. А. Радиоуглерод: геохимия и геохронология. Л.: ЛГУ, 1987. 294 с.

Баринова С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Piles Studio, 2006. 498 с.

Давыдова Н. Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 243 с.

Денисов Д. Б. Реконструкция развития экосистемы малого горного субарктического водоема за последние 900 лет (на примере озера Академическое, Хибин, Кольский полуостров) // Труды Кольского научного центра РАН. 2012. № 2. С. 126–147.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.; СПб.: Наука, 1974. Т. I. 403 с.; 1988. Т. II, вып. 1. 116 с.; 1992. Т. II, вып. 2. 125 с.

Евзеров В. Я. Отражение вариаций климата и тектоники в составе и строении рыхлого покрова северо-восточной части Балтийского щита // Известия РАН. Серия географическая. 2009. № 6. С. 90–99.

Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я. Й., Корнер Д. Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–88.

Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. М.; Л.: АН СССР, 1960. 234 с.

Лосева Э. И. Атлас пресноводных плейстоценовых диатомей европейского Северо-Востока СССР. СПб.: Наука, 1992. 272 с.

Лосева Э. И. Атлас морских плейстоценовых диатомей европейского Северо-Востока СССР. СПб.: Наука, 2000. 211 с.

Николаева С. Б., Лаврова Н. Б., Толстобров Д. С., Денисов Д. Б. Реконструкция палеогеографических обстановок голоцена в районе озера Имандра (Кольский регион): результаты палеолимнологических исследований // Труды Карельского научного центра РАН. 2015. № 3. С. 34–47.

Никонов А. А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова. М.; Л.: Наука, 1964. 181 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли. М.: Сов. наука, 1951. Вып. 4. 620 с.

Пожиленко В. И., Гавриленко Б. В., Жиров Д. В., Жабин С. В. Геология рудных районов Мурманской области. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2002. 359 с.

Толстобров Д. С., Толстоброва А. Н., Колька В. В., Корсакова О. П. Постледниковое поднятие земной коры в северо-западной части Кольского региона // Вестник МГТУ. 2015. Т. 18, № 2. С. 295–306.

Четвертичные отложения Финляндии и Северо-Запада Российской Федерации и их сырьевые



ресурсы. Масштаб 1:1000000 / Ред. Й. Ниэмеля, И. М. Экман, А. Д. Лукашов. Эспоо: Геологический научно-исследовательский институт Финляндии, 1993.

*An Atlas of British Diatoms* / Ed. P. A. Sims. Bristol, 1996. 602 p.

*Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J.* Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia // *Global and Planetary Change*, 2001. Vol. 31. P. 153–175.

*Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J.* Isolation basin stratigraphy and Holocene relative sea-level change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia // *Boreas*. 1999. Vol. 28, no. 1. P. 146–166.

*Grönlund T., Kauppila T.* Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages // *Boreas*, 2002. Vol. 31. P. 273–284.

*Krammer K.* Cymbella // *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats* / Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 3. 2002. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 584 p.

*Krammer K.* Cymboplectra, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybula Supplements to Cymbelloid Taxa // *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats* / Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 4. 2003. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 530 p.

*Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae // *In Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2/1–4. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena. 1986–1991.

*Krammer K.* The Genus Pinnularia // *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and*

*Comparable Habitats* / Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 1. 2000. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 703 p.

*Lange-Bertalot H.* Navicula Sensu-Stricto, 10 Genera Separated from Navicula Sensu Lato, Frustulia // *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats* / Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 2. 2001. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 526 p.

*Smol J. P.* Palaeoclimate proxy data from freshwater diatoms // *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 23, 1988. P. 837–844.

*Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A.* Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia // *Boreas*. 1997. Vol. 26. P. 329–346.

*Snyder J. A., MacDonald G. M., Forman S. L. et al.* 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.

*Tynni R.* Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen, VIII–XI // *Geological survey of Finland*. 1975. Bull. 274. P. 1–55; 1976. Bull. 284. P. 1–37; 1978. Bull. 296. P. 1–55; 1980. Bull. 312. P. 1–93.

*Wolfe A.* A high-resolution late-glacial and early Holocene diatom record from Baffin Island, eastern Canadian Arctic // *Canadian Journal of Earth Science* 33, 1996. P. 928–937.

Поступила в редакцию 11.02.2016

## References

*Armand A. D., Samsonova L. Ya.* Morskiye otlozheniya i golotsenovaya tektonika rayona Kandalakshi [Marine sediments and the Holocene tectonics in the Kandalaksha area]. Osnovnyye problemy geomorfologii i stratigrafii Antropogena Kol'skogo poluostrova [Basic problems of the Anthropogene geomorphology and stratigraphy of the Kola Peninsula]. Leningrad: Nauka, 1969. P. 96–111.

*Arslanov Kh. A.* Radiouglerod: geokhimiya i geokhronologiya [Radiocarbon: geochemistry and geochronology]. Leningrad: LGU, 1987. 294 p.

*Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V.* Bioraznoobrazie vodorosley – indikatorov okruzhayushey sredy [Diversity of algal indicators in environmental assessment]. Tel-Aviv: PiliesStudio, 2006. 498 p.

*Chetvertichnyye otlozheniya* Finlyandii i Severo-Zapada Rossiyskoy Federatsii i ikh syr'yevyye resursy [Quaternary deposits of Finland and the Northwestern part of the Russian Federation and their resources. Scale 1:1000000]. Eds Y. Niemelya, I. M. Ekman, A. D. Lukashov. Espoo: Geologicheskiy nauchno-issledovatel'skiy institut Finlyandii, 1993.

*Davydova H. H.* Diatomovyye vodorosli – indikatory prirodnykh usloviy vodoemov v golotsene

[Diatoms – indicators of environmental conditions of water bodies in the Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 243 p.

*Denisov D. B.* Rekonstruktsiya razvitiya ekosistemy malogo gornogo subarkticheskogo vodoyema za posledniye 900 let (na primere ozera Akademicheskoye, Khibiny, Kol'skiy poluostrov) [The diatom-infer small subarctic waterbody ecosystem development reconstruction during the last 900 years (Akademicheskoye Lake, the Khibiny, the Kola Peninsula)]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN* [Trans. Kola Science Centre RAS]. 2012. Vol. 1, no. 2. P. 126–147.

*Diatomovyye vodorosli* SSSR (iskopayemyye i sovremennyye) [Diatoms of the USSR (fossil and recent)]. Leningrad; St. Petersburg: Nauka, 1974. Vol. 1. 403 p.; 1988. Vol. 2, iss. 1. 116 p.; 1992. Vol. 2, iss. 2. 125 p.

*Kolka V. V., Evzerov V. Ya., Myoller Ya. Y., Korner D. D.* Peremeschenie urovnya morya v pozdnem pleystotsene – golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova, v rayone poselka Umba [The late Weichselian and Holocene relative sea-level change and isolation basin stratigraphy at the Umba settlement, southern coast of the Kola Peninsula]. *Izvestiya RAN. Seriya*

*geograficheskaya* [Proc. RAS. Geographical ser.]. 2013. No. 1. P. 73–88.

Lavrova M. A. Chetvertichnaya geologiya Kolskogo poluostrova [The Quaternary geology of the Kola Peninsula]. Leningrad: AN SSSR, 1960. 234 p.

Loseva E. I. Atlas morskikh pleystotsenovykh diatomey evropeyskogo Severo-Vostoka SSSR [Atlas of Pleistocene marine diatoms in the European North-East of the USSR]. St. Petersburg: Nauka, 2000. 211 p.

Loseva E. I. Atlas presnovodnykh pleystotsenovykh diatomey yevropeyskogo Severo-Vostoka SSSR [Atlas of Pleistocene freshwater diatoms in the European North-East of the USSR]. St. Petersburg: Nauka, 1992. 272 p.

Nikolayeva S. B., Lavrova N. B., Tolstobrov D. S., Denisov D. B. Rekonstruktsiya paleogeograficheskikh obstanovok golotsena v rayone ozera Imandra (Kol'skiy region): rezul'taty paleolimnologicheskikh issledovaniy [Reconstructions of Holocene paleogeographic conditions in the Lake Imandra area (Kola region): results of paleolimnological studies]. *Trudy KarNTs RAN [Trans. KarRC RAS]*. 2015. No. 3. P. 34–47.

Nikonov A. A. Razvitie rel'yefa i paleogeografiya antropogena na zapade Kol'skogo poluostrova [The relief development and the anthropogene palaeogeography in the West Kola Peninsula]. Moscow; Leningrad: Nauka, 1964. 181 p.

Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Diatomovyye vodorosli [Key to freshwater algae of the USSR. Diatoms]. Moscow: Sov. nauka, 1951. Iss. 4. 620 p.

Pozhilenko V. I., Gavrilenko B. V., Zhirov D. V., Zhabin S. V. Geologiya rudnykh rayonov Murmanskoy oblasti [Geology of mineral areas of the Murmansk Region]. Apatity: Kol'skiy nauchnyy tsentr RAN, 2002. 359 p.

Tolstobrov D. S., Tolstobrova A. N., Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Postlednikovoye podnyatiye zemnoy kory v severo-zapadnoy chasti Kol'skogo regiona [Postglacial uplift of the Earth crust in the north-western part of the Kola region]. *Vestnik MGTU [Herald of MSTU]*. 2015. Vol. 18. no. 2. P. 295–306.

Yevzerov V. Ya. Otrazheniye variatsiy klimata i tektoniki v sostave i stroyenii rykhlogo pokrova severo-vostochnoy chasti Baltiyskogo shchita [Climatic and tectonic variations recorded by composition and structure of the unconsolidated cover of the Northeastern Baltic Shield]. *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya [Proc. RAS. Geographical ser.]*. 2009. No. 6. P. 90–99.

An Atlas of British Diatoms. Ed. P. A. Sims. Bristol, 1996. 602 p.

Corner G. D., Kolka V. V., Yevzerov V. Ya., Moller J. J. Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, northwest Russia. *Global and Planetary Change*, 2001. Vol. 31. P. 153–175.

Corner G. D., Yevzerov V. Ya., Kolka V. V., Moller J. J. Isolation basin stratigraphy and Holocene relative

sealevel change at the Norwegian-Russian border north of Nikel, northwest Russia. *Boreas*. 1999. Vol. 28, no. 1. P. 146–166.

Grönlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages. *Boreas*. 2002. Vol. 31. P. 273–284.

Krammer K. Cymbella. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 3. 2002. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 584 p.

Krammer K. Cymboplectra, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbula Supplements to Cymbelloid Taxa. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 4. 2003. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 530 p.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1–4*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena. 1986–1991.

Krammer K. The Genus Pinnularia. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 1. 2000. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 703 p.

Lange-Bertalot H. Navicula Sensu-Stricto, 10 Genera Separated from Navicula Sensu Lato, Frustulia. Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 2. 2001. A. R. G. Gantner Verlag K. G., Ruggell. 526 p.

Smol J. P. Palaeoclimate proxy data from freshwater diatoms. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 23, 1988. P. 837–844.

Snyder J. A., Forman S. L., Mode W. N., Tarasov G. A. Postglacial relative sea-level history: sediment and diatom records of emerged coastal lakes, north-central Kola Peninsula, Russia. *Boreas*. 1997. Vol. 26. P. 329–346.

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.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen, VIII–XI. Geological survey of Finland. 1975. Bull. 274. P. 1–55; 1976. Bull. 284. P. 1–37; 1978. Bull. 296. P. 1–55; 1980. Bull. 312. P. 1–93.

Wolfe A. A high-resolution late-glacial and early Holocene diatom record from Baffin Island, eastern Canadian Arctic. *Canadian Journal of Earth Science* 33, 1996. P. 928–937.

Received February 11, 2016

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

### **Толстоброва Алена Николаевна**

младший научный сотрудник  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
эл. почта: alexeeva@geoksc.apatity.ru  
тел.: (81555) 79575

### **Толстобров Дмитрий Сергеевич**

младший научный сотрудник  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
эл. почта: tolstobrov@geoksc.apatity.ru

### **Колька Василий Васильевич**

зав. лабораторией, к. г.-м. н.  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
доцент  
Апатитский филиал МГТУ, кафедра геологии  
и полезных ископаемых  
ул. Ферсмана, 50а, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
эл. почта: kolka@geoksc.apatity.ru

### **Корсакова Ольга Павловна**

старший научный сотрудник, к. г. н.  
Геологический институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, 14, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
доцент  
Апатитский филиал МГТУ, кафедра геологии  
и полезных ископаемых  
ул. Ферсмана, 50а, Апатиты, Мурманская обл., Россия,  
184209  
эл. почта: korsak@geoksc.apatity.ru

## CONTRIBUTORS:

### **Tolstobrova, Alena**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: alexeeva@geoksc.apatity.ru  
tel.: (81555) 79575

### **Tolstobrov, Dmitry**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: tolstobrov@geoksc.apatity.ru

### **Kolka, Vasily**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
Murmansk State Technical University Apatity Branch  
50a Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: kolka@geoksc.apatity.ru

### **Korsakova, Olga**

Geological Institute, Kola Science Centre,  
Russian Academy of Sciences  
14 Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
Murmansk State Technical University Apatity Branch  
50a Fersman St., 184209 Apatity, Murmansk Region, Russia  
e-mail: korsak@geoksc.apatity.ru