

УДК 551.31.06 (470.21)

ВОЗМОЖНЫЕ СЛЕДЫ ГОЛОЦЕНОВЫХ ЦУНАМИ В ОЗЕРНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В РАЙОНЕ ПОС. ТЕРИБЕРКА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ, РОССИЯ)

Д. С. Толстобров¹, А. Н. Толстоброва¹, В. В. Колька¹,
О. П. Корсакова¹, Д. А. Субетто^{2,3}

¹ Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты Мурманской обл., Россия

² Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН»,
Петрозаводск, Россия

³ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

Приведены результаты литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных осадков безымянного озера, расположенного на высотной отметке 17 м над уровнем моря в районе поселка Териберка, баренцевоморское побережье Кольского полуострова. На основании комплексного изучения вскрытых озерных донных осадков выявлены этапы развития озера. Установлено, что в конце плейстоцена котловина озера являлась неровностью морского дна. Около 11 500 калиброванных лет назад (л. н. (кал.)) произошла ее изоляция от моря, но после 10 400 л. н. (кал.) в результате трансгрессии Тапес она опять была заполнена морскими водами и в ней начали накапливаться морские отложения. В их нижней части, накапливавшейся в интервале времени 10 400–8200 л. н. (кал.), установлено нарушение в залегании осадков, проявившееся в виде перемешивания песка, гиттии и растительных остатков. В этом же прослое выявлено резкое увеличение створок морских видов диатомовых водорослей. Формирование прослоя осадков с нарушенным залеганием, возможно, связано с последствиями воздействия цунами Сторегга. При образовании прослоя цунамигенных отложений береговая линия моря находилась немного выше порога стока из озера, на современной абсолютной отметке около 18 м н. у. м. Установлено, что позднее 8220 л. н. (кал.), при регрессии береговой линии моря, когда она находилась уже ниже порога стока из озера, произошло второе локальное событие (цунами?), в результате которого в донных отложениях среди гиттии сформировался интервал песчанистых осадков.

Ключевые слова: озерная котловина; осадки цунами; трансгрессия Тапес; Баренцево море; Кольский полуостров; голоцен.

**D. S. Tolstobrov, A. N. Tolstobrova, V. V. Kolka, O. P. Korsakova,
D. A. Subetto. PUTATIVE RECORDS OF THE HOLOCENE TSUNAMI IN
LACUSTRINE BOTTOM SEDIMENTS NEAR THE TERIBERKA SETTLEMENT
(KOLA PENINSULA, RUSSIA)**

The results of lithological analysis, diatom analysis and radiocarbon dating of bottom sediments from the basin of a lake located at an elevation of 17 m above sea level near the Teriberka settlement (Barents Sea coast, Kola Peninsula) are presented. The stages

of the lake evolution were revealed based on a comprehensive investigation of its bottom sediments. The lake basin was covered by sea at the end of the Pleistocene. The lake became isolated from the sea approximately 11500 cal. yrs BP, but was re-filled with sea water after 10400 cal. yrs BP due to the Tapes transgression. In lower part of the Tapes sediments, there is a disturbance of the sediment sequence, represented by a mixture of sand, gyttja and plant residues. According to radiocarbon dates, this disturbed horizon was deposited between 10400 and 8200 cal. yrs BP. An abrupt increase in the content of marine diatoms was found in this horizon. The disturbed sediments have possibly formed as a result of the Storegga tsunami. When the horizon of tsunamigenic sediments was forming, the sea level was slightly above the threshold for discharge from the lake (ca. 18 m above modern sea level). The second local event (tsunami?) occurred after 8220 cal. yrs BP, when the coastline was already below the lake threshold. As a result of this event, an interlayer of sandy sediments formed in the bottom sediments within gyttja.

Keywords: lake basin; tsunami sediments; Tapes transgression; Barents Sea; Kola Peninsula; Holocene.

Введение

В разрезах донных отложений озер хранится полная информация о происходивших в прошлом процессах [Субетто, 2009]. На протяжении многих лет на Кольском полуострове изучение донных отложений из озерных котловин проводится с целью установления характера перемещения береговой линии моря [Snyder et al., 1997; Corner et al., 1999, 2001; Колька и др., 2013; Толстобров и др., 2016 и др.] и определения природно-климатических изменений [Kremenetski, Patyk-Kara, 1997; Gronlund, Kauppi, 2002; Сапелко и др., 2015 и др.]. Кроме того, изучение осадков из озерных котловин проводится и с целью определения времени и масштабов исторических и доисторических цунами, оценки возможного будущего их влияния на прибрежные территории в разных частях мира. Так, в районах Северной Атлантики установлено, что в голоцене (около 7200 ¹⁴C л. н., или 8100 л. н. (кал.)) имело место цунами, вызванное подводным оползнем Сторегга в Норвежском море [Bondevik et al., 1997]. По данным компьютерного моделирования [Bondevik et al., 2005; Løvholt et al., 2017], цунами распространялось во всех направлениях от места, где произошел оползень. Связанные с этим цунами осадки были обнаружены в донных отложениях озер вдоль всего побережья Норвегии [Svendsen, Mangerud, 1990; Bondevik et al., 1997; Romundset, Bondevik, 2011], в Шотландии [Smith et al., 2004], в Гренландии [Wagner et al., 2006] и в других районах (рис. 1). Максимальный накат морской воды отмечен на Шетландских и Фарерских островах – до 20 м [Bondevik et al., 2005]. По направлению на северо-восток вдоль побережья Норвегии значение наката постепенно уменьшается с 12–13 м (в центральной части страны) до 3–4 м (на ее северо-востоке)

(рис. 1). В разрезах донных отложений озер цунамигенные осадки залегают с эрозионным несогласием и представлены сортированным или массивным песком, который вверх по разрезу сменяется осадками в виде смеси гиттии, алеврита, макроостатков растений и кусков торфа.

В работе представлены новые данные изучения донных отложений из безымянного озера, расположенного на высотной отметке 17 м над уровнем моря в районе поселка Териберка, Кольский полуостров. В разрезе были вскрыты отложения, которые по литологическим и микрорепалеонтологическим признакам резко отличаются от выше- и нижележащих осадков. Для выявления возможных причин формирования этих осадков было выполнено их комплексное исследование.

Район исследований

Изученное озеро находится к западу от пос. Териберка на Мурманском берегу Кольского п-ова (рис. 1, А, Б). Размер водоема 300×130 м, площадь 0,039 км², максимальная глубина 2,5 м. Озеро проточное, на юго-западе в него впадает небольшой ручей, сток происходит через ручей на севере. Дневная поверхность района исследования практически везде представлена различными гранитоидами архейского возраста [Геологическая..., 1996]. Рельеф сильно расчлененный, с небольшими сопками и плато, имеющими абсолютную высоту до 220 м н. у. м. и крутые склоны.

Методы

Донные отложения из озерной котловины были отобраны при помощи переносного поршневого бура со льда. Бурение проводилось до коренных пород в наиболее глубоком плос-

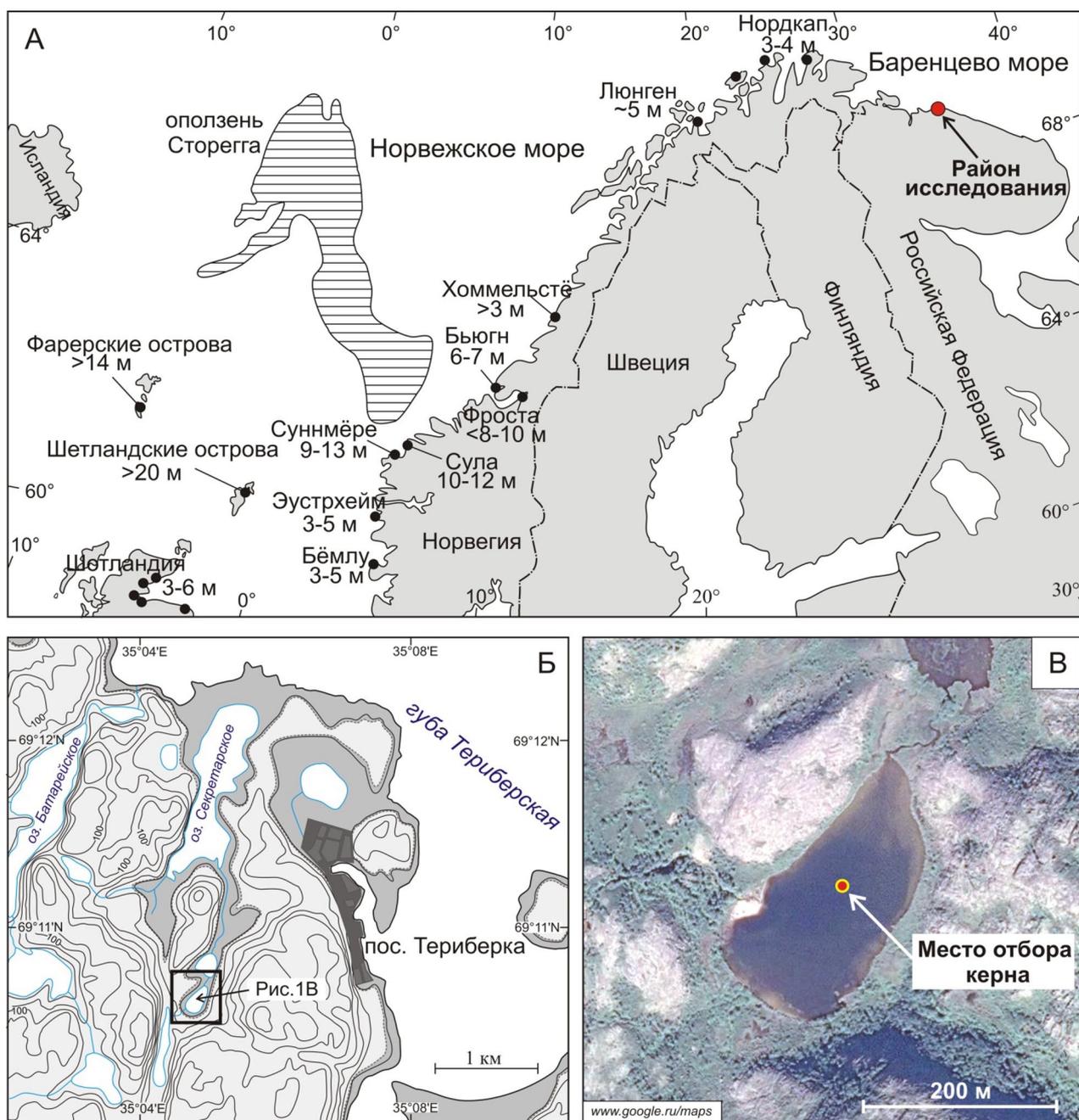


Рис. 1. (А) Карта положения оползня Сторегга (показано штриховкой), который вызвал цунами в пределах Северной Атлантики в голоцене; черными точками показаны районы, где обнаружены цунамигенные осадки; цифрами обозначена величина наката. (Б) Район исследования и положение изученного озера; изогипсы проведены через 20 м; темно-серым цветом показано положение береговой линии моря во время цунами Сторегга. (В) Изученное озеро и место отбора керна донных отложений

Fig. 1. (A) Map showing the extent of the Storegga slide (hatching), which caused the tsunamis within the North Atlantic in the Holocene; black dots show the locations where sediments of the Storegga tsunami have been recorded; numbers show the run-up heights; red dot shows the position of the study area. (B) The study area and the location of the lake; isohypses are drawn through 20 m; dark gray color shows the position of the coastline in the time Storegga tsunami. (B) The studied lake and core site

кодном месте озера. Длина каждого керна составляла 1 м, диаметр 54 мм, керны отбирались с перекрытием в 10 см. В полевых условиях по визуально определяемым признакам (цвет, текстура, включения, механический со-

став) выполнялось литологическое описание и проводилось опробование осадков на диатомовый анализ и радиоуглеродное датирование. Высотное положение озера определялось по картам масштаба 1:25 000 и 1:50 000.

Диатомовый анализ выполнялся для серий близко расположенных образцов. Техническая обработка проб выполнялась по стандартным методикам [Диатомовые..., 1974]. Подсчет и определение видового состава створок диатомовых водорослей были проведены при помощи биологического цифрового микроскопа Motic серии DMBA 310 при увеличении $\times 400$ и $\times 1000$ раз с использованием иммерсионного масла. Таксономическая идентификация диатомовых водорослей и определение их экологической принадлежности проводились согласно определителям и литературным источникам [Tynni, 1975–1980; Давыдова, 1985; Krammer, Lange-Bertalot, 1986–1991; Atlas..., 1996; Лосева, 2000; Krammer, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, 2001; Баринова и др., 2006] с учетом последних таксономических изменений [http://www.algaebase.org]. В статье приведена диаграмма распределения диатомовых водорослей, на которую вынесены наиболее значимые виды.

Радиоуглеродное датирование образцов донных отложений озерных котловин выполнено в лаборатории геохронологии и геоэкологии донных отложений Санкт-Петербургского государственного университета (ЛУ-образцы). Калибровка радиоуглеродных дат выполнялась в программе OxCal 4.3 [Bronk Ramsey, 2018] с применением калибровочной кривой IntCal13 [Reimer et al., 2013].

Характеристика осадков из котловины изученного озера

В разрезе донных осадков озерной котловины установлена следующая последовательность слоев (описание снизу вверх, глубина указана от поверхности воды в озере) (рис. 2):

(1) 634–580 см – алеврит с песком, серый, неслоистый, с единичными зернами гравия. На границе с вышележащими осадками отмечается прослой песка мощностью 1–2 мм. По данным диатомового анализа в образце из верхней части слоя (1) выявлено около 20 % створок морских и солоноватоводных (полигалобов и мезогалобов) диатомовых водорослей, среди которых встречены *Diploneis didyma* (Ehr.) Cl., *Navicula vaneei* Lange-Bert., *Paralia sulcata* (Ehr.) Kütz., *Plagiogramma staurorophorum* (Greg.) Heib., *Rhabdonema minutum* Kütz. и др. Основу диатомового комплекса составляют олигогалобы, при этом среди них примерно 20 % принадлежит галофилам, в особенности мелким видам-обрастателям – *Staurosirella pinnata* (Ehr.) Williams et Round (10 % от общего числа видов) и *Pseudostaurosira sub-*

salina (Hust.) Morales (7 %). Среди прочих олигогалобов наиболее многочисленны *Punctastriata lancettula* (Schumann) P. B. Hamilton et Siver, *Martyana martyi* (Héribaud-Joseph) Round, *Staurosira construens* Ehr., *Pinnularia* cf. *biceps* Greg. Кроме того, осадки слоя 1 характеризуются самыми низкими значениями концентрации створок диатомовых водорослей (рис. 2);

(2) 580–540 см – гиттия коричневая, неслоистая, с небольшим количеством минеральных частиц; в интервале 566–540 см в осадках появляется неясная слоистость; переход в вышележащий интервал осадков резкий, неровный. Здесь, по данным диатомового анализа, морские виды отсутствуют, абсолютное господство принадлежит пресноводным видам. Концентрация створок значительно увеличивается по сравнению с нижележащим слоем. Преобладают индифференты (до 80 %), среди которых отмечено массовое развитие видов-обрастателей, в частности *Martyana martyi*, *Punctastriata lancettula*, *Stauroforma exiguiformis* (Lange-Bert.) Flower, Jones et Round, *Staurosira construens*, *Staurosira pseudoconstruens* (Marciniak) Lange-Bert., обильно развивающиеся на начальных этапах становления пресноводных водоемов [Grönlund, Kauppi, 2002]. Помимо обрастателей в этом горизонте наблюдается небольшое увеличение планктонных видов, представленных видами родов *Aulacoseira* (*A. alpigena* (Grun.) Kramm., *A. granulata* (Ehr.) Simonsen, *A. valida* (Grun.) Kramm.) и *Cyclotella* (*C. antiqua* W. Sm., *C. bodanica* var. *lemanica* (O. Müll. ex Schröter) Bachm., *C. rossii* Håkans.). Галофилы и галофобы занимают подчиненное положение и составляют 12–18 и 1–9 % соответственно (рис. 2). Для осадков нижней и верхней частей данного интервала получены датировки 9960 ± 150 ^{14}C л. н. (12060–11105 л. н. (кал.)) и 9240 ± 140 ^{14}C л. н. (10800–10155 л. н. (кал.)) соответственно (табл. 1);

(3) 540–529 см – песок с гиттией; представляет собой смесь серого песка и коричневой гиттии; снизу вверх количество песка уменьшается от ~ 90 до 30–20 %; в верхней части интервала на глубине 535–529 см – гиттия с песком (около 20 %) и с макроостатками растений; переход в вышележащие осадки постепенный. Характерно резкое снижение концентрации створок диатомей. В осадках зафиксировано резкое появление в большом количестве морских и солоноватоводных видов при доминировании последних в основном за счет планктонно-бентосного вида *Paralia sulcata* (до 50–70 % от общего числа видов). Кроме того, среди мезогалобов отмечены донные формы и обрастатели (*Amphora commutata* Grun., *Na-*

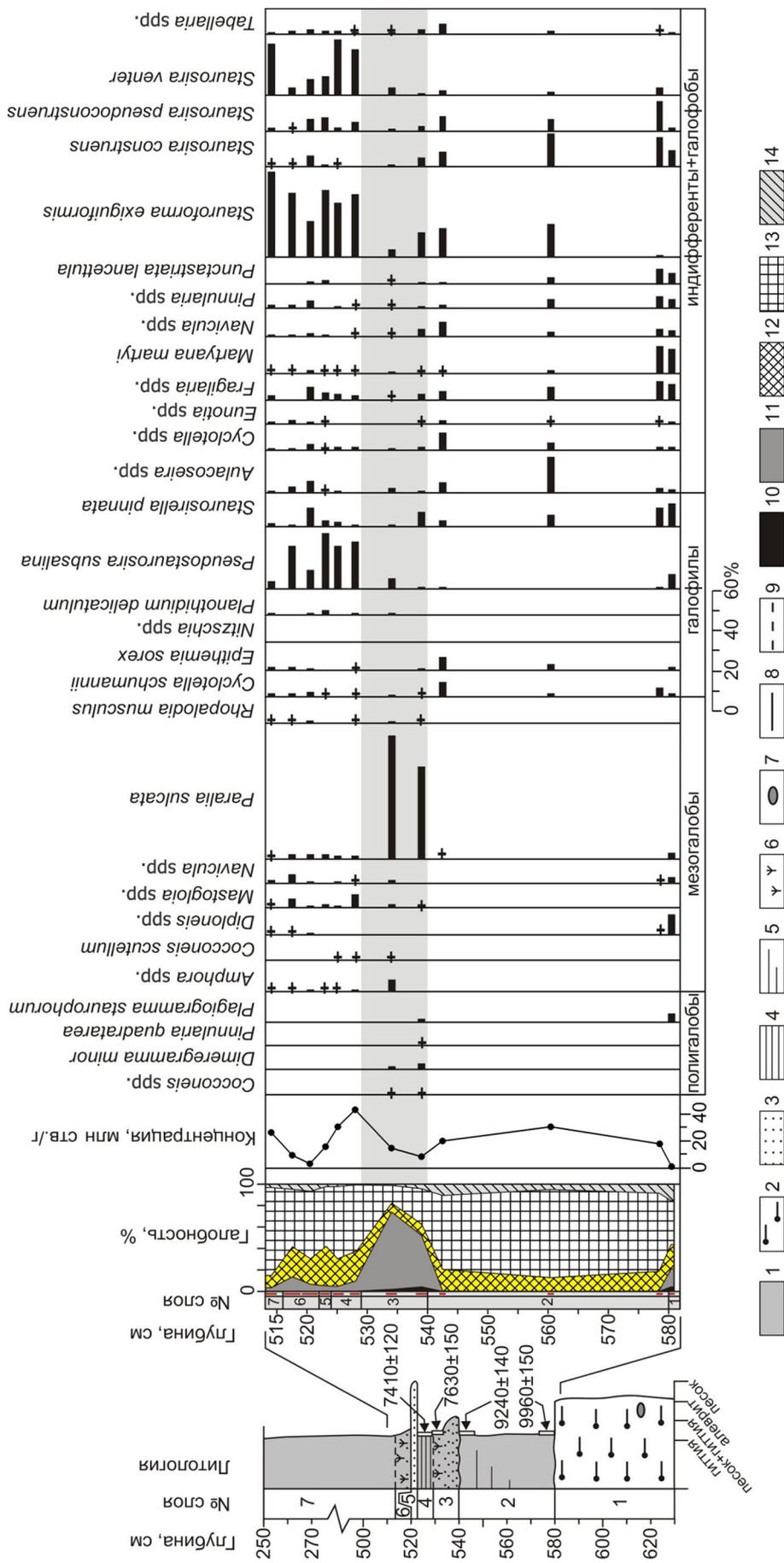


Рис. 2. Литологический разрез и данные диатомового анализа осадков из озерной котловины, изученной в районе пос. Териберка:

1–5 – литология: 1 – гиттия; 2 – алеврит; 3 – песок; 4 – слоистость; 5 – неясная слоистость; 6–8 – включения; 6 – растительные остатки; 7 – гравий/галька; 8–9 – контакты; 8 – резкий; 9 – постепенный; 10–14 диатомовые водоросли: 10 – полигалофобы; 11 – мезогалофобы; 12 – галофилы; 13 – индифференты; 14 – галофобы

Fig. 2. Lithological log and diatom diagram of sediments from the lake basin near the Teriberka settlement:

1–5 – lithology: 1 – gyttja; 2 – silt; 3 – sand; 4 – lamination; 5 – weakly lamination; 6–8 – inclusions: 6 – plant residues; 7 – gravel/pebbles; 8–9 – contacts; 8 – abrupt; 9 – gradual; 10–14 diatoms: 10 – polyhalobous; 11 – mesohalobous; 12 – halophilous; 13 – indifferent; 14 – halophobous

Результаты радиоуглеродного датирования донных отложений из озерной котловины в районе пос. Териберка, Кольский полуостров

The results of radiocarbon dating of bottom sediments from the lake basin near the Teriberka settlement, the Kola Peninsula

№	Лабораторный номер Analytical sample number	Координаты Coordinates	Глубина отбора проб, см Sampling depth in core, cm	Материал Material	Радиоуглеродный возраст, лет назад ¹⁴ C age, years BP	Калиброванный возраст (доверительный интервал 2σ), лет назад Calibrated age (2σ interval), years BP
1	ЛУ-8250 LU-8250	69°10'37.1"N 35°04'53.6"E	520–528	гиттия gyttja	7410 ± 120	8420–7995 (8220)
2	ЛУ-8249 LU-8249		528–535	гиттия gyttja	7630 ± 150	8790–8155 (8455)
3	ЛУ-8251 LU-8251		540–548	гиттия gyttja	9240 ± 140	10800–10155 (10455)
4	ЛУ-8248 LU-8248		580–573	гиттия gyttja	9960 ± 150	12060–11105 (11530)

vicula peregrina (Ehr.) Kütz., *Mastogloia elliptica* (Ag.) Cl. и др.). Среди полигалобов встречены бентосные виды *Dimeregramma minor* (Greg.) Ralfs, *Diploneis subcincta* (A. Schmidt) Cl., *Plagiogramma staurophorum* и др. Для верхней части осадков этого интервала получена датировка 7630 ± 150 ¹⁴C л. н. (8790–8155 л. н. (кал.)) (табл. 1);

(4) 529–524 см – гиттия коричневая, слоистая, с песком; верхняя граница резкая. Отмечается значительное увеличение концентрации створок диатомей. Диатомовый анализ показал, что мезогалобы здесь составляют 5–9 % (*Amphora commutata*, *Cocconeis scutellum* Ehr., *Halamphora coffeaeformis* (C. Agardh) Levkov, *Navicula peregrina*, *Mastogloia* spp., *Paralia sulcata*, *Rhopalodia musculus* (Kütz.) O. Müll. и др.). Полигалобы встречены спорадически. Доминирующий комплекс представлен галофилами (25–27 %) и индифферентами (60–67 %), причем опять отмечается вспышка развития видов *Fragilaria sensu lato*, остальные виды представлены в гораздо меньшем количестве. Для данных осадков получена ¹⁴C-датировка 7410 ± 120 ¹⁴C л. н. (8420–7995 л. н. (кал.)) (табл. 1);

(5) 524–522 см – прослой серого песка; мощность прослоя изменяется от 1 мм до 2 см. Состав диатомовой флоры аналогичен осадкам слоя 4. По сравнению с нижележащим слоем 4 здесь происходит существенное снижение концентрации диатомей, продолжающееся и в вышележащих осадках слоя 6;

(6) 522–516 см – гиттия темно-коричневая, с большим количеством растительных остатков; в интервале отмечается песок и отдельные зерна гравия; в ядрах, которые повторно были взяты для отбора проб на радиоуглеродное датирование, количество растительных остатков

меньше и отсутствует гравий. Диатомовая флора в целом соответствует ее составу в осадках слоя 4, однако по сравнению с нижележащими осадками зафиксировано небольшое увеличение до 5 % содержания галофобов за счет увеличения и/или появления видов *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., *Neidium ampliatum* (Ehr.) Kramm., видов рода *Eunotia* spp. и некоторых других;

(7) 516–250 см – гиттия коричневая, неслоистая, верхние 4 см (глубина 254–250 см) серовато-белого цвета. Диатомовый анализ выполнен для самой нижней части осадков данного слоя. Концентрация створок диатомовых водорослей здесь опять значительно возрастает. При этом количество мезогалобов снизилось до 3 %, они представлены одиночными створками *Paralia sulcata*, *Navicula vaneei*, *Mastogloia* spp., *Diploneis interrupta* (Kütz.) Cl., *Amphora commutata* Grun. и некоторыми другими. Содержание галофилов также уменьшилось до 11 %, выявлены створки *Pseudostaurosira subsalina*, *Staurosirella pinnata*, *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht., *Nitzschia frustulum* (Kütz.) Grun. и др. (рис. 2). Преобладающей группой являются индифференты (80 %), среди которых доминируют *Stauroforma exiguiformis* и *Staurosira venter* (Ehr.) Kobayasi.

Дискуссия. Интерпретация полученных данных

Результаты изучения разреза донных отложений безымянного озера показывают, что после освобождения ото льда прилегающая территория была затоплена морскими водами. В соответствующих осадках (алевроит с песком верхней части слоя 1 на рис. 2) присутствуют около 20 % морских и солоновато-

водных видов диатомей. По данным радиоуглеродного датирования, уже 9960 ± 150 ^{14}C л. н. (12060–11105 л. н. (кал.)) произошла изоляция озерной котловины от морского бассейна. В это время в котловине озера установился пресноводный режим осадконакопления и происходило формирование гиттии (слой 2, рис. 2).

Выше слоя 2 с эрозионным несогласием в разрезе залегают отложения, представленные смесью песка, гиттии и растительных остатков (слой 3, рис. 2). При этом в слое 3 резко и в большом количестве (до 73 %) появляются морские и солоноватоводные диатомовые, вверх по разрезу постепенно уменьшается с ~90 до ~20 % количество песка и появляются остатки растений. Видимо, образование эрозионного контакта и формирование песков в нижней части слоя 3 происходило при проникновении потока морских вод с высокой энергией, т. е. во время цунами. Со временем, в более спокойных гидродинамических условиях, происходило формирование органогенных осадков (гиттии с остатками растений). Аналогичный характер залегания осадков, образованных во время цунами, отмечался в озерных котловинах разных частей мира [Svendsen, Mangerud, 1990; Bondevik et al., 1997; Romundset, Bondevik, 2011; Kempf et al., 2017 и др.]. Формирование похожих осадков могло происходить и под влиянием волн во время сильных штормов. Однако защищенное положение озерной котловины от открытого моря (рис. 1) позволяет исключить данный сценарий их образования. По данным радиоуглеродного датирования, формирование нарушенных отложений слоя 3 происходило во временном интервале 9200–7600 ^{14}C л. н. (10400–8200 л. н. (кал.)), когда в Северной Атлантике и случилось цунами, вызванное подводным оползнем Сторегга в Норвежском море [Svendsen, Mangerud, 1990; Bondevik et al., 1997; Romundset, Bondevik, 2011 и др.]. Вероятно, цунами могло достигнуть баренцевоморского побережья Кольского полуострова и оставить свой след в разрезе донных осадков исследованного озера.

По интерполяции данных о положении береговой линии моря из смежных районов [Snyder et al., 1997; Corner et al., 2001] установлено, что во время цунами Сторегга береговая линия моря в районе исследования располагалась на отметке около 18 м н. у. м. Это хорошо согласуется с тем, что после цунами в котловине изученного озера установились солоноватоводные условия осадконакопления. Повторное присоединение изученной котловины к морскому бассейну связано с трансгрессией Та-

пес, которая проходила в пределах Северной Атлантики в интервале 8500–6500 ^{14}C л. н. (9500–7400 л. н. (кал.)) [Svendsen, Mangerud, 1990; Snyder et al., 1997; Corner et al., 1999, 2001 и др.].

Во время трансгрессии Тапес изучаемая территория представляла собой дно небольшой бухты, глубоко вдающейся внутрь континента, закрытой и защищенной от волноприбойной деятельности морских вод. В этот период происходило формирование слоистого горизонта осадков, представленного гиттией (слой 4). Уровень моря во время трансгрессии Тапес поднялся примерно до современной высотной отметки 22 м н. у. м., т. к. приблизительно на этом уровне на побережье отчетливо выделяются береговые образования, одно из которых расположено на западном берегу оз. Секретарского (рис. 1, Б).

Выше слоистой гиттии (слой 4) в изученном разрезе отмечается прослой песка (слой 5), который покрывается смесью гиттии, песка и растительных остатков (слой 6). Формирование этих отложений происходило вследствие изменения гидродинамических условий в водоеме. При этом притока морской воды в пределы изученной котловины не было, на что указывает отсутствие в данном слое сильных изменений в характеристике диатомовой флоры (рис. 2). Возможно, в районе исследования произошло локальное сейсмическое событие, которое могло вызвать волны в пределах котловины, в результате чего были размывы и переотложены осадки прибрежной зоны и сформированы отложения слоев 5 и 6. Они перекрыты осадками пресноводного озера (слой 7). Можно предположить, что во время проявления второго локального события (цунами?), случившегося, по данным датирования, после 7410 ± 120 ^{14}C л. н. (8420–7995 л. н. (кал.)), озерная котловина уже была изолирована от морского бассейна. Береговая линия моря располагалась ниже порога стока из озера (на высоте около 16 м н. у. м). После данного события в изученной котловине в условиях пресноводного озера происходит постепенное накопление органических осадков (слой 7).

Заключение

На основании комплексного исследования донных отложений из озерной котловины, расположенной в районе пос. Териберка, было установлено, что:

– после освобождения ото льда изучаемая территория покрывалась морскими водами. В конце плейстоцена и в начале голоце-

на происходила регрессия береговой линии Баренцева моря, около 9960 ± 150 л. н. (11530 ± 250 л. н. (кал.)) уровень моря в районе исследования опустился ниже современной высотной отметки 17 м н. у. м. После 9240 ± 140 л. н. (10400 л. н. (кал.)) в результате трансгрессии Тапес произошло повторное проникновение морских вод в пределы котловины озера;

– в разрезе донных отложений изученного озера обнаружены два интервала, которые были сформированы в результате резкого изменения гидродинамики водоема. Первый интервал представлен смесью песка, гиттии и растительных остатков; осадки залегают с эрозионным несогласием на нижележащих отложениях и характеризуются резким увеличением морских видов диатомовых. На основании данных радиоуглеродного датирования, эти отложения были сформированы в 10400 – 8200 л. н. (кал.) и их происхождение, возможно, связано с цунами Сторегга. Во время формирования указанных цунамигенных осадков береговая линия моря находилась немного выше порога стока озера (примерно на современной отметке 18 м н. у. м.). Второй интервал, представленный прослоем песка в гиттии, сформировался после 8220 л. н. (кал.) в результате волнения (возможно, цунами), вызванного локальным сейсмическим событием.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ГИ КНЦ РАН С. В. Мудруку и Д. А. Габову, помогавшим в проведении полевых работ.

Работа выполнена при поддержке научных проектов РФФИ № 16-05-00311-а и № 17-305-50019-мол_нр.

Литература

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

Геологическая карта Кольского региона (северо-восточная часть Балтийского щита) масштаба 1:500 000 / Гл. ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 1996. 3 л.

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

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. I. 403 с.

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

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

Сапелко Т. В., Колька В. В., Евзеров В. Я. Динамика природной среды и развития озер в позднем плейстоцене и голоцене на южном берегу Кольского полуострова (район пос. Умба) // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 5. С. 60–69. doi: 10.17076/lim55

Субетто Д. А. Донные отложения озер: Палеолимнологические реконструкции. СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2009. 339 с.

Толстобров Д. С., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Корсакова О. П. Опыт хронологической корреляции береговых форм рельефа голоценового моря в депрессии реки Тулома и Кольском заливе // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/1. С. 142–150.

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

Bondevik S., Løvholt F., Harbitz C., Mangerud J., Dawson A., Svendsen J. I. The Storegga Slide tsunami-comparing field observations with numerical simulations // Marine and Petroleum Geology. 2005. Vol. 22, no. 1. P. 195–208. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2004.10.003

Bondevik S., Svendsen J. I., Mangerud J. Tsunami sedimentary facies deposited by the Storegga tsunami in shallow marine basins and coastal lakes, western Norway // Sedimentology. 1997. Vol. 44. P. 1115–1131.

Bronk Ramsey C. OxCal 4.3.2 [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk>. (дата обращения: 02.03.2018).

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. doi: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x

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. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00118-7

Grönlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages // Boreas. 2002. Vol. 31. P. 273–284. doi: 10.1111/j.1502-3885.2002.tb01073.x

Kempf P., Moernaut J., Van Daele M., Vandorpe W., Pino M., Urrutia R., de Batist W. Coastal lake sediments reveal 5500 years of tsunami history in south central Chile // Quat. Sci. Rev. 2017. Vol. 161. P. 99–116. doi: 10.1016/j.quascirev.2017.02.018

Krammer K. Cymbella // Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats / Ed. H. Lange-Bertalot. Vol. 3. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G., 2002. 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. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G., 2003. 530 p.

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

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

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

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia. The Holocene. 1997. Vol. 7. P. 473–479. doi: 10.1177/095968369700700409

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. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G., 2001. 526 p.

Løvholt F., Bondevik S., Laberg J. S., Kim J., Boylan N. Some giant submarine landslides do not produce large tsunamis // Geophysical Research Letters. 2017. Vol. 44, no. 16. P. 8463–8472. doi: 10.1002/2017GL074062

Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hafflidason H., Hajdas I., Hatt C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. // Radiocarbon. 2013. Vol. 55, no. 4. P. 1869–1887. doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947

References

Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy [Diversity of algal indicators in environmental assessment]. Tel' -Aviv: Piles Studio, 2006. 498 p.

Davydova N. N. Diatomovye vodorosli – indikatorы prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene [Diatoms – indicators of environmental conditions of water bodies in the Holocene]. Leningrad: Nauka, 1985. 243 p.

Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye) [Diatoms of the USSR (fossil and recent)]. Leningrad: Nauka, 1974. Vol. I. 403 p.

Geologicheskaya karta Kol'skogo regiona (severovostochnaya chast' Baltiiskogo shchita) masshtaba 1:500 000 [Geological map of the Kola region (northeastern part of the Baltic Shield), scale 1:500 000]. Apacity: GI KNTs RAN, 1996.

Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya., Moller Ya. Y., Korner G. D. Peremeshchenie urovnya morya v pozdnem pleistotsene – golotsene i stratigrafiya donnykh osadkov izolirovannykh ozer na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova, v raione 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. Ser. geogr. [Bull. RAS. Geographical Ser.]. 2013. No. 1. P. 73–88.

Loseva E. I. Atlas morskikh pleistotsenovykh diatomei evropeiskogo Severo-Vostoka SSSR [Atlas of Pleistocene marine diatoms in the European North-East of the USSR]. SPb.: Nauka, 2000. 211 p.

Romundset A., Bondevik S. Propagation of the Storegga tsunami into ice-free lakes along the southern shores of the Barents Sea // J. Quat. Sci. 2011. Vol. 26, no. 5. P. 457–462. doi: 10.1002/jqs.1511

Smith D. E., Shi S., Cullingford R. A., Dawson A. G., Dawson S., Firth C. R., Foster I. D. L., Fretwell P. T., Haggart B. A., Holloway L. K., Long D. The Holocene Storegga Slide tsunami in the United Kingdom // Quat. Sci. Rev. 2004. Vol. 23, no. 23. P. 2291–2321. doi: 10.1016/j.quascirev.2004.04.001

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. doi: 10.1111/j.1502–3885.1996.tb00834.x

Svendsen J. I., Mangerud J. Sea-level changes and pollen stratigraphy on the outer coast of Sunnmøre, western Norway // Norsk Geologisk Tidsskrift. 1990. Vol. 70. P. 111–134.

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.

Wagner B., Bennike O., Klug M., Cremer H. First indication of Storegga tsunami deposits from East Greenland // J. Quat. Sci. 2006. Vol. 22. P. 321–325. doi: 10.1002/jqs.1064

Поступила в редакцию 15.05.2018

Sapelko T. V., Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya. Dinamika prirodnoi sredy i razvitiya ozer v pozdnem pleistotsene i golotsene na yuzhnom beregu Kol'skogo poluostrova (raion pos. Umba) [Paleoenvironmental changes and the development of lakes in the Late Pleistocene and Holocene on the Kola Peninsula southern coast (near the village of Umba)]. Trudy KarNTs RAN [Trans. KarRC RAS]. 2015. No. 5. P. 60–69. doi: 10.17076/lim55

Subetto D. A. Donnye otlozheniya ozer: Paleolimnologicheskie rekonstruktsii [Lake sediments: paleolimnological reconstructions]. St. Petersburg: A. Herzen Russian State Pedagogical University Publ., 2009. 339 p.

Tolstobrov D. S., Kol'ka V. V., Tolstobrova A. N., Korsakova O. P. Opyt khronologicheskoi korrelyatsii beregovykh form rel'efa golotsenovogo morya v depressii reki Tuloma i Kol'skom zalive [Experience of the chronological correlation of the Holocene sea coastal landforms in the Tuloma River valley and the Kola Bay]. Vestnik MGTU [Proceed. of the Murmansk St. Tech. Univ.]. 2016. Vol. 19, no. 1/1. P. 142–150.

An Atlas of British Diatoms. Bristol, 1996. 602 p.

Bondevik S., Løvholt F., Harbitz C., Mangerud J., Dawson A., Svendsen J. I. The Storegga Slide tsunami-comparing field observations with numerical simulations. Mar. Petrol. Geol. 2005. Vol. 22, no. 1. P. 195–208. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2004.10.003

Bondevik S., Svendsen J. I., Mangerud J. Tsunami sedimentary facies deposited by the Storegga tsunami

in shallow marine basins and coastal lakes, western Norway. *Sedimentology*. 1997. Vol. 44. P. 1115–1131.

Bronk Ramsey C. OxCal 4.3.2. 2018. URL: <http://c14.arch.ox.ac.uk> (accessed: 02.03.2018).

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. doi: 10.1111/j.1502-3885.1999.tb00211.x

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. doi: 10.1016/S0921-8181(01)00118-7

Gronlund T., Kauppila T. Holocene history of Lake Soldatskoje (Kola Peninsula, Russia) inferred from sedimentary diatom assemblages. *Boreas*. 2002. Vol. 31. P. 273–284. doi: 10.1111/j.1502-3885.2002.tb01073.x

Kempf P., Moernaut J., Van Daele M., Vandoorne W., Pino M., Urrutia R., de Batist W. Coastal lake sediments reveal 5500 years of tsunami history in south central Chile. *Quat. Sci. Rev.* 2017. Vol. 161. P. 99–116. doi: 10.1016/j.quascirev.2017.02.018

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

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

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

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

Kremenetski C. V., Patyk-Kara N. G. Holocene vegetation dynamics of the southeast Kola Peninsula, Russia. *The Holocene*. 1997. Vol. 7. P. 473–479. doi: 10.1177/095968369700700409

Lange-Bertalot H. Navicula Sensu-Stricto, 10 Genera Separated from Navicula Sensu Lato, Frustu-

lia. *Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. Vol. 2. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag K. G., 2001. 526 p.

Løvholt F., Bondevik S., Laberg J. S., Kim J., Boylan N. Some giant submarine landslides do not produce large tsunamis. *Geophys. Res. Letters*. 2017. Vol. 44, no. 16. P. 8463–8472. doi: 10.1002/2017GL074062

Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Grootes P. M., Guilderson T. P., Haffidason H., Hajdas I., Hatt C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Scott E. M., Southon J. R., Staff R. A., Turney C. S. M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*. 2013. Vol. 55, no. 4. P. 1869–1887. doi: 10.2458/azu_js_rc.55.16947

Romundset A., Bondevik S. Propagation of the Storegga tsunami into ice-free lakes along the southern shores of the Barents Sea. *J. Quat. Sci.* 2011. Vol. 26, no. 5. P. 457–462. doi: 10.1002/jqs.1511

Smith D. E., Shi S., Cullingford R. A., Dawson A. G., Dawson S., Firth C. R., Foster I. D. L., Fretwell P. T., Haggart B. A., Holloway L. K., Long D. The Holocene Storegga Slide tsunami in the United Kingdom. *Quat. Sci. Rev.* 2004. Vol. 23, no. 23. P. 2291–2321. doi: 10.1016/j.quascirev.2004.04.001

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. doi: 10.1111/j.1502-3885.1996.tb00834.x

Svendsen J. I., Mangerud J. Sea-level changes and pollen stratigraphy on the outer coast of Sunnmøre, western Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*. 1990. Vol. 70. P. 111–134.

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.

Wagner B., Bennike O., Klug M., Cremer H. First indication of Storegga tsunami deposits from East Greenland. *J. Quat. Sci.* 2006. Vol. 22. P. 321–325. doi: 10.1002/jqs.1064

Received May 15, 2018

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

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
тел.: (81555) 79571

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

CONTRIBUTORS:

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
tel.: (81555) 79571

Tolstobrova, Alyona

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

Колька Василий Васильевич

заведующий лаб., 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

Субетто Дмитрий Александрович

ведущий научный сотрудник, д. г. н.
Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
пр. А. Невского 50, Петрозаводск, Россия, 185030

заведующий каф. физической географии
и природопользования
Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена
наб. реки Мойки, 48, корп. 12, Санкт-Петербург, Россия,
191186
эл. почта: subetto@mail.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

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky Pr., 185030 Petrozavodsk, Russia,

Herzen State Pedagogical University of Russia
unit 12, 48 Moika Nab., 191186 Saint-Petersburg, Russia
e-mail: subetto@mail.ru