

УДК 550.34+551.248.2(470.21)

КАТАСТРОФИЧЕСКОЕ СОБЫТИЕ ГОЛОЦЕНА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ОЗЕР КОЛЬСКОГО РЕГИОНА (СЕВЕРО-ВОСТОК ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ШИТА)

© 2017 г. С. Б. Николаева^{1,*}, Н. Б. Лаврова², Д. Б. Денисов³

Представлено академиком РАН Г.Г. Матишовым 19.11.2014 г.

Поступило 12.02.2015 г.

В донных отложениях озерных котловин на юго-западе Кольского п-ова выявлены горизонты с сейсмогенными осадками. В кернах скважин они представлены материалом, резко отличающимся от перекрывающих и подстилающих их отложений: обломками гиттии, алевроита, древесины, песка, торфа, заключенными в сапропелевую матрицу и имеющими вид брекчии. Эти осадки интерпретируются как отражение сильного катастрофического события голоцена, которое произошло 6–5.4 тыс. радиоуглеродных лет назад. Сейсмические события, происходившие в среднем голоцене на северо-востоке Фенноскандинавского щита, свидетельствуют о значительной роли тектонической компоненты в затухающем процессе релаксации земной коры на снятие нагрузки последнего ледникового покрова.

DOI: 10.7868/S0869565217070209

Донные отложения озер — хорошие геологические архивы, в которых сохраняется информация о прошлых природно-климатических обстановках, в том числе сильных катастрофических событиях (землетрясениях, цунами, оползнях). Нарушения в отложениях озер, возникшие в результате таких событий, установлены в разных тектонических обстановках, преимущественно в зонах активных окраин, прибрежных районов морей и океанов — областях с высоким уровнем современной сейсмической активности. Сведения о нарушениях в донных осадках озер в регионах с умеренной сейсмичностью встречаются значительно реже [1–3]. Недостаточное внимание к таким явлениям объясняется не только низким уровнем сейсмичности, но и редкостью возникновения и отсутствием целенаправленных исследований в платформенных (щитовых) областях.

Мы приводим первые результаты исследований, направленных на изучение следов катастрофических событий в донных отложениях озер Кольского региона. Детальный участок, примы-

кающий к западному побережью субширотной (Бабинской) ветви самого крупного водоема региона — оз. Имандра (рис. 1), выбран после предварительного дешифрирования аэрофото-, космоматериалов, анализа топокарт. В задачи работ входило изучение донных отложений озер, расположенных в зонах новейших линейментов и района развития палеосейсмодетформаций в скальных породах.

Отбор донных отложений производили в летний период с катамарана при помощи переносного отечественного поршневого бура, позволяющего отбирать монолиты осадков мощностью 1 м с перекрытием 5–10 см, чтобы избежать пропусков в седиментологической последовательности осадков. С целью исключения возможности гравитационного оползания осадков скважины в озерах задавали в самых глубоких плоскодонных местах днищ, где наиболее вероятно встретить полный, ненарушенный оползанием разрез. Керна документировали и опробовали в поле. В лабораторных условиях осадки изучали палеоботаническими (спорово-пыльцевым, диатомовым) и радиоуглеродным (¹⁴C) методами.

Современная Имандровская озерная система сформирована на месте приледникового водоема последнего Валдайского оледенения. При гляцио-изостатическом поднятии Кольского региона площадь бассейна постепенно сокращалась и отдельные озера оказались отчлененными от него, в том числе и озера Бабозерской низменности, где расположен участок работ. В настоящее время уровень основного бассейна оз. Бабинская Имандра

¹ Геологический институт Кольского научного центра Российской Академии наук, Апатиты Мурманской обл.

² Институт геологии Карельского научного центра Российской Академии наук, Петрозаводск

³ Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской Академии наук, Апатиты Мурманской обл.

*E-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru

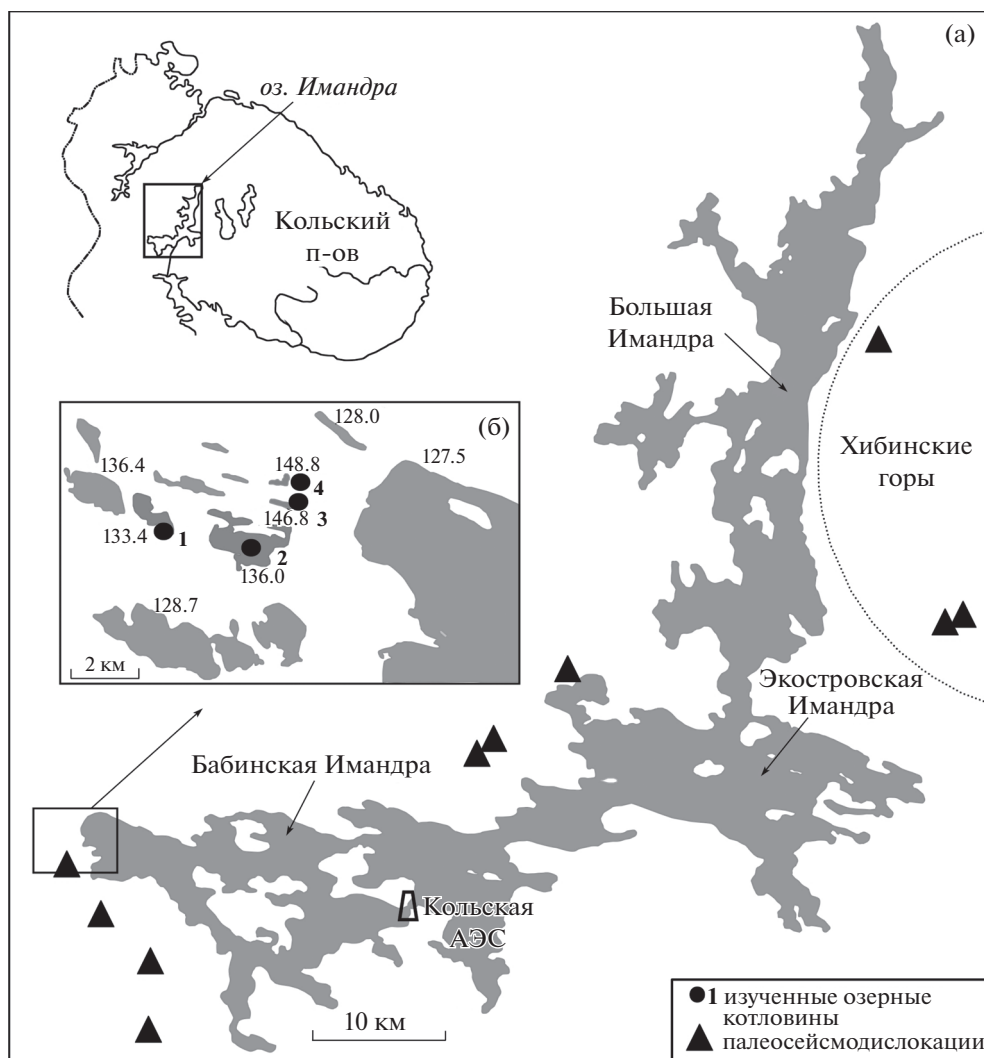


Рис. 1. Карта района исследований (а) и схема размещения изученных озерных котловин с нарушенными горизонтами (б). Рядом с озерами цифрами указаны их высотные отметки над уровнем моря в метрах.

находится на абс. отм. 127.5 м, а исследованные озера на абс. отм. 128–148.8 м над у.м. (рис. 1б).

В результате проведенных исследований в осадках четырех озерных котловин обнаружены различные литологические нарушения и стратиграфические несогласия, которые мы интерпретируем как предполагаемые сейсмоосадки.

Особенности строения разрезов и нарушений в них рассмотрим на примерах колонок, отобранных из озер 1, 2 (рис. 1б), как наиболее представительных.

Озеро 1 (безымянное) ($67^{\circ}31'59.1''$ с.ш.; $31^{\circ}45'11.9''$ в.д.) с вытянутой с северо-запада на юго-восток формой котловины на 1.2 км тяготеет к узлу пересечения новейших сдвиговых линейamentов северо-западного и субширотного простираний. Глубина озера в среднем 3–3.2 м. Литологическое изучение кернов по 6 скважинам показало, что

котловина озера заполнена разнородными песками, подстилающими алевриты (мощность до 0.17 м), которые постепенно сменяются гиттией от неотчетливо слоистой до неслоистой (мощность 1.8–2.73 м) (рис. 2а). На контакте гиттии и алеврита часто встречаются разводы (“муаровые текстуры”). Цвет гиттии меняется от черного (в основании разреза, у контакта с алевритами) до коричневого и светло-коричневого в верху разреза.

Характерная особенность кернов во всех скважинах — горизонт мощностью 22–49 см, резко отличающийся от подстилающих и перекрывающих его осадков (рис. 2). Он состоит из “обломков” гиттии и алеврита разной формы, цвета, размеров (в среднем 2.5–3.5 см в поперечнике), органического материала, торфа, растительных остатков, песка, заключенных в сапропелевую матрицу (рис. 2б). В одном из кернов обнаружен крупный обломок древесины длиной 5 см и диа-

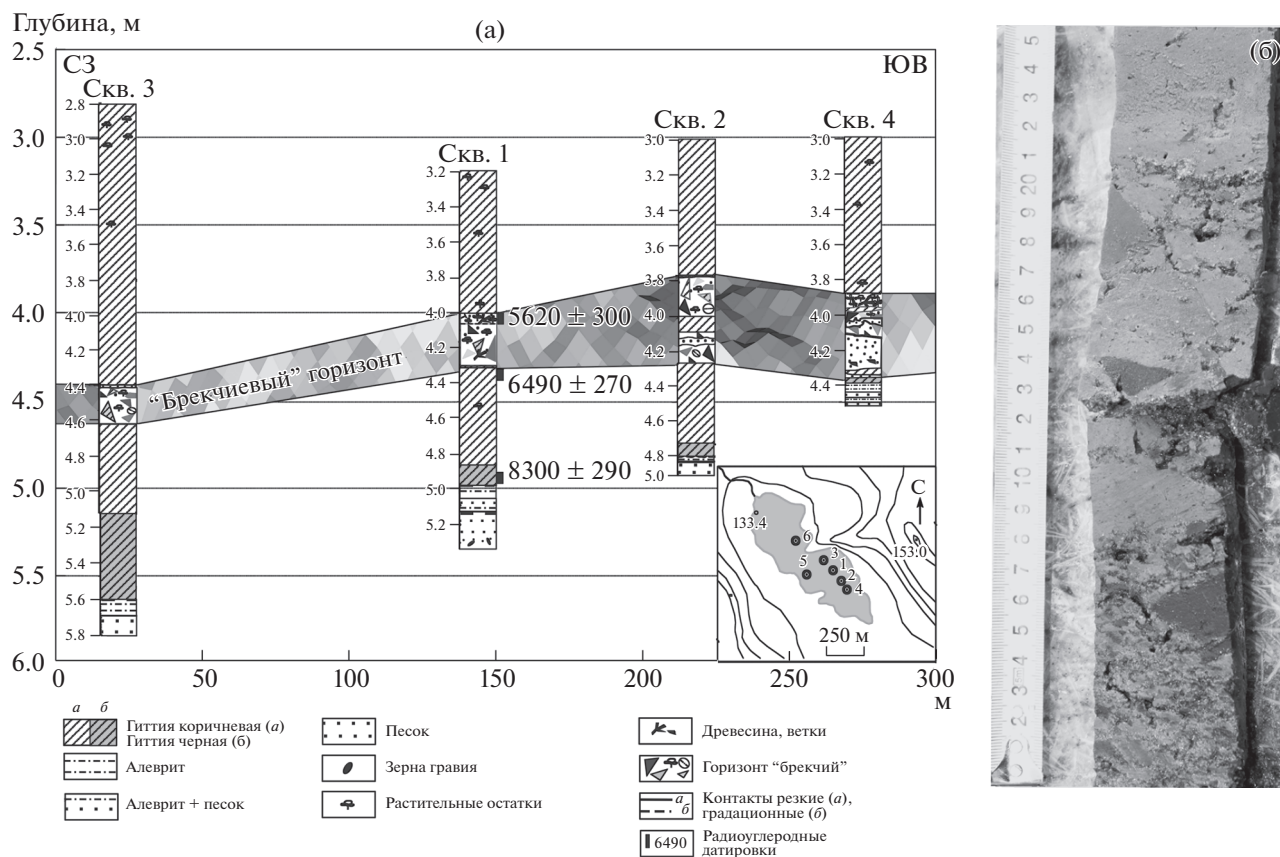


Рис. 2. а – литостратиграфический профиль через оз. 1 по скв. 1–4. Врезка: кружочки – местоположение скважин. б – брекчиевый горизонт в керне озерных осадков (скв. 1) в интервале 420–430 см.

метром 1.2 см. Гиттия “брекчиевого” горизонта – “разбитая”, рыхлая, сильно опесчаненная. Контакты с подстилающими и перекрывающими его отложениями выделяются по цвету и часто выражены маломощными слоями песка.

Результаты спорово-пыльцевого анализа показывают, что осадконакопление в озере началось в холодноводном водоеме в бореале. Это подтверждено радиоуглеродной датировкой (рис. 2) и происходило вплоть до субатлантического времени. В интервале с “брекчиевым” горизонтом в спорово-пыльцевых спектрах выделяется локальная пыльцевая зона, в которой уменьшение количества пыльцы древесных связано не с сокращением площадей, занимаемых лесами, а увеличением обильно пылящих осоковых, злаковых и других, расселяющихся на мелководьях и освободившейся от воды территориях. Это верескоцветные кустарнички, карликовая березка, прибрежно-водные и болотные виды растений, которые заселяли песчаные и каменистые местообитания, освободившиеся при снижении уровня водоема.

Диатомовые комплексы свидетельствуют о формировании осадков в пресноводном континентальном водоеме. В атлантическое время, когда сфор-

мировался “брекчиевый” горизонт, озеро представляло собой мелководный олиготрофный таежный водоем с $pH < 7.0$, с низкой минерализацией.

Время образования катастрофического события определяют на основе двух радиоуглеродных датировок. Образец гиттии из горизонта ненарушенных осадков, подстилающих “брекчиевый” горизонт, имеет возраст 6490 ± 270 ^{14}C (ЛУ-7364) (7330 ± 270 кал.), а обломок древесины из его верхней части – 5620 ± 300 ^{14}C (ЛУ-7365), (6440 ± 340 кал.) (рис. 2).

Нарушения в осадконакоплении встречено и в соседнем оз. Мунмаш (рис. 1б, оз. 2). Это озеро ($67^{\circ}31'48.7''$ с.ш.; $31^{\circ}48'56.3''$ в.д.) площадью $S = 0.9$ км², изометричной формы, с изрезанным северным берегом в виде узких, линейно вытянутых в субширотном направлении заливчиков. Отложения озера изучены по 3 скважинам, одна из которых расположена в небольшом заливчике западной части озера, а две других – в южной. Стратиграфия осадков в разных частях озера различна. В северо-восточной оконечности поднята короткая колонка керна мощностью 63 см. Отложения представлены (снизу вверх): слоистыми разнотекстурными песками с зернами гравия (мощ-

ность 23 см), резко переходящими в слой белого диатомита (диатомовой гиттии?) (мощность 12 см), которая, в свою очередь, постепенно сменяется коричневой неяснослоистой гиттией (мощность 28 см). У контакта диатомита и гиттии на глубинах 96–105 см отмечены “текстуры встряхивания” — округлые, овальные включения диаметром 0.5×0.5 см диатомита в вышележащую толщу гиттии. Из этого интервала и был отобран образец для радиоуглеродного датирования возраста $5410 \pm 300^{14}\text{C}$ (ЛУ-7367) (6200 ± 410 кал.).

В южной части оз. 2 (глубина 1.9 м в месте бурения) вскрыты разрезы, аналогичные отложениям оз. 1: в основании разрезов залегают алевроиты с прослоями песка (мощность 12–31 см), постепенно переходящие в черную гиттию (20–22 см). В нижней части интервала, у переходной зоны от алевроитов к гиттии, встречены растительные остатки, единичные зерна кварца и “муаровые” текстуры, которые проявились за счет цвета осадков. Черная гиттия постепенно сменяется неотчетливо слоистой коричневой (мощность 47 см). В этой толще на глубинах 2.2–2.3 м выделяется слой мощностью 5 см, по составу и характеру отложений аналогичный брекчиевому горизонту оз. 1: слюек песка толщиной 1.0 мм и выше по разрезу — рыхлая, “разбитая” гиттия с макроостатками растений.

Присутствие в разрезах озер аномальных горизонтов явно указывает на катастрофические изменения условий осадконакопления. Алевроит и черная гиттия (залегающие в основании разреза оз. 1) могли попасть в однородную толщу вышезалегающей по разрезу коричневой гиттии со дна или бортов водоема, а веточки и куски древесины — со склонов окружающей местности.

Механизмы образования таких осадков могут быть разными. К одному из них можно отнести колебание земли (землетрясение), вызвавшее движение водного столба и поднятие воды из нижележащего неуплотненного осадка. Известно, что сейсмические волны могут вызывать механическую неустойчивость в осадке, удалить поровую жидкость и привести осадки в суспензионное состояние [5]. Часто такие нарушения возникают в результате озерных сейшей или цунами и связаны с землетрясениями [2, 3, 6].

Один из наиболее вероятных механизмов образования брекчиевого горизонта — катастрофический сброс осадков с бортов котловины в результате встряхивания. В этом случае накопленная часть прибортовых осадков могла резко переместиться в более глубокую часть водоема. При встряхивании произошло “взламывание” осадков, что повлекло суспензирование их и последующее переотложение в виде брекчиевого горизонта на уже ранее сформированные и недеформированные слои. Не исключена и вторая

версия — возникновение сейши, спровоцировавшего подводный оползень, который и сформировал нарушенный горизонт осадков. В любом случае, судя по характеру нарушений (хаотичное расположение обломков разных пород, привнесенные торф и куски древесины, обилие других растительных остатков), перемещение было быстрым и одномоментным, что возможно в результате сейсмического импульса, способного иметь определенную силу, чтобы нарушить слои алевроита, песка, гиттии.

Основываясь на данных радиоуглеродных анализов, время катастрофического события 6.0–5.4 тыс. радиоуглеродных лет назад. В этот же период (5.4 ± 0.3 т.л.н.) были образованы “текстуры встряхивания” в отложениях оз. Мунмаш. Перемещение осадков из нижних горизонтов в вышезалегающие могло произойти в результате сейсмического встряхивания донных отложений.

Критерии, позволяющие соотнести образование обсуждаемых нарушений в озерных отложениях с сейсмическими сотрясениями:

- исключение возможности образования осадков в результате естественного гравитационного оползания;
- развитие подобных нарушений в нескольких озерах и наличие одновозрастных деформаций в осадках соседнего озера;
- расположение озер на территории, в пределах которой развиты и другие типы палеосейсмодеформаций — крупные сейсмонарушения скального субстрата и рыхлых отложений [6–8];
- признаки блоковых тектонических движений раннего, среднего голоцена на низких террасах в центральной части котловины оз. Бабинская Имандра [8] и развитие разрывных нарушений сдвиговой кинематики с признаками активизации в голоцене (смещение голоценовых ландшафтных комплексов, озовых гряд и пр.);
- аналогичные нарушения в озерных отложениях, возникавшие в результате известных исторических и современных землетрясений [2, 3].

Можно предположить, что эпицентр землетрясения мог быть в тектонической зоне под дном оз. Имандра или в центре Хибин — одном из наиболее сейсмоактивных узлов Кольского региона. Поскольку в настоящее время мы не располагаем достаточно представительной базой по палеосейсмическим проявлениям аналогичного возраста и не можем оценить площадь распространения сейсмических сотрясений, то наиболее вероятно отнести это событие к локальным проявлениям сейсмичности. Есть лишь единичные наблюдения о среднеголоценовых палеосейсмодеформациях в Кольском регионе. Например, в 50 км к западу от исследуемого участка в отложениях оз. Ковдор отмечены размыв и привнос “чужого” материала в виде гальки, гравия, дре-

весных остатков, образование которых связывают с сейсмическими сотрясениями [9]. Возраст события ориентировочно 6.5 ± 0.2 т.л.н. Многочисленные сейсмодислокации обнаружены в Хибинском горном массиве и других районах Имандровской депрессии [6, 7, 10] и не исключено, что отдельные из них имели среднеголоценовый возраст, пока не установленный.

На сопредельных территориях Финляндии, Норвегии, Швеции, Карелии также были зарегистрированы среднеголоценовые сейсмические события. Среди них наиболее известны региональное сейсмическое событие около 5700 лет назад в области Billingen с магнитудой $M 6-7$ и в области Hudiksvall (Швеция) с магнитудой $M > 8$ и временем проявления 6100 т.л.н. [11].

Таким образом, полученные нами данные и исследования последних десятилетий показывают, что восточная часть Фенноскандинавского щита подвергалась сильным землетрясениям с интенсивностью $I > VIII-IX$ баллов не только в позднеледниковье и раннем голоцене [11, 12], но и в более позднее время — периоды среднего, позднего голоцена, вплоть до тысячелетий и даже столетий. Сейсмотектонические проявления в среднем голоцене были, вероятно, менее сильными, чем во время дегляциации, но они свидетельствуют о более значительной роли тектонической компоненты в затухающем процессе релаксации земной коры на снятие нагрузки последнего ледникового покрова, чем принято было считать ранее.

Авторы благодарны Д.С. Толстоброву, Д.А. Максиму, А.П. Николаеву за оказанную помощь в проведении полевых работ, Х.А. Арсланову за выполнение радиоуглеродного анализа, В.Я. Евзерову за обсуждение материалов и полезные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Мурманской области и РФФИ (проект № 14-05-98806 p_север_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lukashov A.D.* Nuclear Waste Disposal Research Report Yst-90. Espoo: Geol. Surv. Finland, 1995. 36 p.
2. *Arnaud F., Lignier V., Revel M., et al.* // Terra Nova. 2002. V. 14. P. 225–232.
3. *Nomade J., Chapron E., Reyss J-L., et al.* // Terra Nova. 2005. V. 17. P. 350–357.
4. *Heifetz E., Agnon A., Marco S.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. V. 236. P. 497–504.
5. *Smith D.E., Foster I.D.L., Long D., Shi S.* // Sediment. Geol. 2007. V. 200. P. 362–371.
6. *Николаева С.Б.* // Геоморфология. 2001. № 4. С. 66–74.
7. *Николаева С.Б., Никонов А.А., Шварев С.В.* Геоморфология и палеогеография полярных регионов: Материалы совместной международной конференции “Геоморфология и палеогеография полярных регионов”, симпозиума “Леопольдина” и совещания рабочей группы INQVA Peribaltic. 9–17 сентября 2012. Санкт-Петербург. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 161–163.
8. *Шварев С.В.* // Геоморфология. 2003. № 4. С. 97–104.
9. *Никонов А.А.* // Природа. 2007. № 1. С. 35–38.
10. *Авенариус И.Г.* // Геоморфология. 1989. № 2. С. 52–56.
11. *Morner N.-A.* // Tectonophysics. 2005. V. 408. P. 265–307.
12. *Никонов А.А.* В кн.: Геофизика XXI столетия. 2002 год. Сб. тр. IV геофиз. чтений им. В.В. Федынского. М.: Науч. мир, 2003. С. 207–214.