

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-314-317



РЕЛИКТОВЫЕ БЕРЕГОВЫЕ ФОРМЫ НА ДНЕ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ИХ СВЯЗЬ С ГОЛОЦЕНОВЫМИ РЕГРЕССИЯМИ

✉Аксенов А.О.^{1,2,3}, Рыбалко А.Е.^{2,4}, Федоров Г.Б.⁵, Сергеев А.Ю.¹, Московцев А.А.¹

¹ ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ ФГБУ «ААНИИ», Санкт-Петербург, Россия

⁴ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

⁵ Институт ботаники им. Тахтаджяна, АН РА, Ереван, Армения

✉aksenov2801@gmail.com

Настоящее исследование посвящено анализу сейсмоакустических данных с целью реконструкции положения береговых линий Ладожского озера в периоды, когда его уровень понижался ниже современного. В рамках этой работы использованы архивные данные геоэхолотирования, а также современные материалы акустического профилирования. Выделены формы, которые маркируют положение береговой линии на различных глубинах, такие как береговые валы, бары, террасы, речные дельты. Надежно устанавливаются древние береговые линии на глубинах 12-15 м и 20 м. Предполагается, что максимальная регрессия озера достигала 35-40 м глубины, что фиксируется по эрозионным горизонтам в кровле ледниково-озерных осадков и погребенным врезам, выполненным в ледниково-озерных отложениях.

Ключевые слова: *Ладожское озеро, голоцен, колебания уровня, акустическое профилирование, береговые формы*

Голоценовая история Ладожского озера характеризуется трансгрессивно-регрессивными циклами развития. Много работ посвящено исследованиям следов этих колебаний на побережье озера [Квасов и др., 1990]. Вопрос о регрессии Ладожского озера ниже современного уровня изучался не так интенсивно. Некоторые авторы предполагают, что в раннем и среднем голоцене уровень опускался до современных изобат от 45 до 55 м [Абрамова и др., 1967; Subetto et al., 1998]. В настоящей работе предпринята попытка определить положение древних береговых линий на дне озера на основе интерпретации акустических данных.

Для анализа использованы материалы геолокационного профилирования, собранные сотрудниками отдела геоэкологии и морской геологии ВСЕГЕИ с 1989 по 1994 годы. Центральная частота метода – 7500 Гц, вертикальное разрешение – 0,4-0,5 м, глубинность – 25 м. Геолокатор выполнен во ВСЕГЕИ. Данные акустического профилирования получены в рамках российско-германского проекта PLOT [Lebas et al., 2021]. Использовался профилограф Innomar SES-2000 с частотой сигнала от 2 до 22 кГц. Глубинность сигнала – 35 м, вертикальное разрешение – 10 см. Интерпретация данных выполнена с помощью Kingdom IHS Software. Глубины определены по времени двойного пробега акустического сигнала, учитывая, что скорость распространения упругих волн в воде равна 1500 м/с.

В результате в центральной и южной мелководных частях Ладожского озера выделены несколько береговых палеолиний. Наиболее отчетливо они определяются в открытой части бухты Петрокрепость, Волховской губе и Тайпаловском заливе. На 12-метровой изобате береговая линия выделяется по подводной террасе. Поверхность террасы абразионная, но осложнена небольшими аккумулятивными формами меньше 1 м высотой. Вероятно, эти формы имеют эоловый (реликтовые дюны) или озерный (подводные валы) генезис. У бровки террасы наблюдается аккумулятивная форма высотой около 3 м. Она имеет округлую морфологию, волновая картина представлена акустически

полупрозрачной записью с наклонными в сторону увеличения глубины параллельными рефлекторами. Мы предполагаем, что данная форма рельефа является береговым баром. Севернее от этого бара, на склоне террасы при переходе к следующему палеоуровню наблюдается серия гряд высотой меньше 1 м. Они имеют пологий мористый и крутой ближний к берегу склоны. Морфология этих гряд однозначно указывает на то, что это реликтовые береговые валы. Подобные формы широко наблюдаются по всему побережью Ладожского озера. В Волховской губе эта терраса прослеживается до несколько большей глубины, 15 м. Здесь она имеет цокольный характер и ограничивается от нижележащих поверхностей ярко выраженной бровкой.

У бровки 12-метровой террасы в Тайпаловском заливе выделяется аккумулятивная толща осадков с клиноформной дивергентной слоистостью. Мощность этой толщи составляет около 7 м. Ее кровля размыта и перекрыта маломощной толщей (меньше 1 м) с акустически прозрачной волновой картиной, что можно трактовать как песчаные отложения. Само аккумулятивное тело является речной дельтой. Данный объект подтверждает выводы о субэдральном происхождении наблюдаемых форм. Положение дельты в Тайпаловском заливе позволяет предположить, что она принадлежит Пра-Вуоксе, сток которой проходил по южной части Вуоксинской озерно-речной системы (озеро Суходольское, река Бурная).

Следующая терраса наблюдается только в открытой части бухты Петрокрепость. Ее поверхность абразионная. Глубина террасы составляет 20 м. У ее бровки наблюдается аккумулятивное тело с мощностью отложений около 1 м. От вышележащих береговых валов эта форма отличается большой шириной (около 1 км, ширина береговых валов – 400 м). Вероятно, данная форма также является береговым баром, хотя не стоит исключать и ее субаквальное происхождение.

Оценить глубину максимального уровня регрессии несколько сложнее. Абразионные поверхности наблюдаются на Ладожском озере повсеместно, но далеко не все являются следствием снижения уровня воды. Некоторые из них приурочены к склонам ледниковых гряд и являются следствием гравитационных и подводно-эрозийных процессов. Субаквальная денудация также может иметь место и на поверхностях с небольшим уклоном в связи с особенностями литодинамики Ладожского озера (транзит материала происходит из южной мелководной части котловины в северную переуглубленную). Тем не менее, мы полагаем, что уровень Ладожского озера мог опускаться до 35-40 м глубины, что подтверждает выводы Д.А. Субетто с соавторами [1998]. Доказательством этому являются речные долины, которые врезаются в толщи ледниково-озерных ленточных глин и погребены голоценовыми осадками. Они широко развиты в южной части озера, глубина врезания долин и следовательно, мощность заполняющих осадков составляют от 6-8 до 11 м. Максимальная глубина тальвегов этих врезаний составляет 35 м. Абразионный характер кровли ледниково-озерных отложений на пологих участках дна озера также фиксируется до 40 м глубины.

Таким образом, нами выделяются береговые линии на глубинах 12-15, 20 и 35-40 м. Они осложняются различными формами берегового и аллювиально-озерного происхождения. Вопрос возраста формирования этих палеолиний неоднозначен. Уровень на глубине 35-40 м, вероятно связан с раннеголоценовой регрессией. Террасы на 12-15 и 20 м могли возникнуть вследствие осцилляций уровня при его понижении. В качестве альтернативы, 12-15-метровый уровень может быть связан с среднеголоценовой регрессией. Известно, что возникновение реки Вуоксы, предопределившее начало Ладожской трансгрессии произошло 5200 л.н. [Delusin, Donner, 1995]. Если обнаруженная дельта действительно является дельтой Пра-Вуоксы, то уровень Ладожского озера мог опускаться до этих глубин. Тем не менее, принято считать, что уровень водоема в среднем голоцене не понижался ниже современного [Шумов, 2007]. Необходимы дальнейшие исследования для того, чтобы определить возраст этих палеолиний.

ЛИТЕРАТУРА

Абрамова С.А., Давыдова Н.Н., Квасов Д.Д. История Ладожского озера в голоцене по данным спорово-пыльцевого и диатомового анализов // История озер Северо-запада. Ленинград: Наука, 1967. С. 113–132.

Квасов Д.Д., Мартинсон Г.Г., Раукас А.В. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Ленинград: Наука, 1990. 280 с.

Шитов М.В. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера. Автореферат дис. ... кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.01. СПбГУ. Санкт-Петербург. 2007. 16 с.

Delusina I., Donner J. Additional evidence of the Holocene transgression in Lake Ladoga on the basis of an investigation of the beach deposits on the island Mantsinsaari // Bulletin of the Geological Society of Finland. 1995. Vol. 67. No. 2. P. 39–50. doi: 10.17741/bgsf/67.2.003

Lebas E., Gromig R., Krastel S., Wagner B., Fedorov G., Görz C., Avenes T., Subetto D., Naumenko M., Melles M. Pre-glacial and post-glacial history of the Scandinavian Ice Sheet in NW Russia – Evidence from Lake Ladoga // Quaternary Science Reviews. 2021. Vol. 251. P. 106637. doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106637

Subetto D.A., Davydova N.N., Rybalko A.E. Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 1998. Vol. 140. Is. 1-4. P. 113–119. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00032-7

RELICT COASTAL FORMS ON THE BOTTOM OF LAKE LADOGA AND THEIR CONNECTION WITH HOLOCENE REGRESSIONS

Aksenov A.O.^{1,2,3}, Rybalko A.E.^{2,4}, Fedorov G.B.⁵, Sergeev A.Yu.¹, Moskovtsev A.A.¹

¹ A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia

⁴ VNIIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

⁵ A.L. Takhtajyan Institute of Botany NAS RA, Yerevan, Armenia

This study is dedicated to the analysis of seismic acoustic data for the purpose of reconstructing the positions of Lake Ladoga shorelines during periods when its level was lower than present. Within the scope of this work, archive data from echo-sounding and modern materials of acoustic profiling have been used. Landforms that mark the position of the shoreline at various depths, such as coastal ridges, bars, terraces, and river deltas, have been identified. Paleoshorelines at depths of 12-15 m and 20 m have been reliably established. It is hypothesized that the maximum regression of the lake reached depths of 35-40 m, which is indicated by erosional truncations on the surface of glacial lacustrine sediments and buried erosional incisions made in glacial lacustrine deposits.

Keywords: *Lake Ladoga, the Holocene, water-level fluctuations, acoustic profiling, coastal forms*

REFERENCES

Abramova S.A., Davydova N.N., Kvasov D.D. History of Lake Ladoga in the Holocene according to spore-pollen and diatom analyses. History of Lakes of the North-West. Leningrad: Nauka, 1967. pp. 113–132.

Kvasov D.D., Martinson G.G., Raukas A.V. History of Ladoga, Onega, Pskov-Chudskoye lakes, Baikal and Khanka. Leningrad: Nauka, 1990. 280 p.

Shitov M.V. Holocene transgressions of Lake Ladoga. Abstract of thesis. ... candidate of geological and mineralogical sciences: 25.00.01. St. Petersburg State University. Saint Petersburg. 2007. 16 p.

Delusina I., Donner J. Additional evidence of the Holocene transgression in Lake Ladoga on the basis of an investigation of the beach deposits on the island Mantsinsaari // Bulletin of the Geological Society of Finland. 1995. Vol. 67. No. 2. P. 39–50. doi: 10.17741/bgsf/67.2.003

Lebas E., Gromig R., Krastel S., Wagner B., Fedorov G., Görz C., Avers T., Subetto D., Naumenko M., Melles M. Pre-glacial and post-glacial history of the Scandinavian Ice Sheet in NW Russia – Evidence from Lake Ladoga // *Quaternary Science Reviews*. 2021. Vol. 251. P. 106637. doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106637

Subetto D.A., Davydova N.N., Rybalko A.E. Contribution to the lithostratigraphy and history of Lake Ladoga // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1998. Vol. 140. Is. 1-4. P. 113–119. doi: 10.1016/S0031-0182(98)00032-7