

# ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И СМЕЖНЫЕ НАУКИ: НАПРАВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

PHYSICAL GEOGRAPHY AND RELATED SCIENCES: DIRECTIONS  
AND METHODS OF RESEARCH

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

В.М. Анохин<sup>123</sup>, Д.С. Дудакова<sup>2</sup>, А.О. Аксенов<sup>45</sup>, М.О. Дудаков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург,

<sup>2</sup>Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург,

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский научный центр РАН, г. Санкт-Петербург, vladanokhin@yandex.ru

<sup>4</sup>ФБГУ ААНИИ, г. Санкт-Петербург,

<sup>5</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург

## DISTRIBUTION OF SURFACE BOTTOM SEDIMENTS IN THE NORTHERN PART OF THE LADOGA LAKE

V.M. Anokhin<sup>123</sup>, D.S. Dudakova<sup>2</sup>, A.O. Aksenov<sup>45</sup>, M.O. Dudakov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg,

<sup>2</sup>Limnology Institute RAS, St. Petersburg,

<sup>3</sup>St. Petersburg Research Centre RAS, St. Petersburg

<sup>4</sup>Arctic and Antarctic research Institute, St. Petersburg,

<sup>5</sup>St. Petersburg State University, St. Petersburg

Аннотация. Проведено изучение распространения донных отложений в северной части Ладожского озера, включавшее донный пробоотбор по субрегулярной сети станций и подводную фотовидеосъемку на ряде полигонов. По результатам этого изучения составлена схематическая карта распространения донных отложений северной части Ладожского озера. При составлении карты использовались цифровые модели рельефа дна озера и построения предшественников. Выявлен ряд особенностей распространения приповерхностных осадков в этом районе.

*Ключевые слова:* донные отложения, Ладожское озеро, донный пробоотбор, рельеф, песок, алеврит, пелит.

### Введение

Распространение донных отложений Ладожского озера изучается длительное время. Исследования проводились многими организациями, в частности, ВСЕГЕИ, Севзапгеология, ВНИИОкеангеология, ИНОЗ РАН, Институт водных проблем РАН и многие другие.

В числе наиболее значимых обобщающих публикаций по данной тематике можно упомянуть работы Н.И. Семеновича [11], С.В. Калесника [7], А.В. Амантова и М.Г. Амантовой [1], сборник ВНИИОкеангеология «Геоэкология Ладожского озера», монографии и атласы ИНОЗ РАН [8, 9, 10], карту донных осадков из комплекта ГГК-1000 [5], и другие работы, в частности [12]. Авторы также имеют несколько публикаций, относящихся к данной теме [2, 3, 4, 14].

С течением времени совершенствуются методики изучения донных осадков, появляются новые инструменты исследования, такие, как подводная фотовидеосъемка, спутниковая привязка и другие, позволяющие существенно актуализировать существующие литологические построения. В течение нескольких последних лет сотрудники ИНОЗ РАН проводили изучение донных отложений Ладожского озера, в частности, в 2019 г. были осуществлены площадные работы в северной части озера (при участии сотрудников ААНИИ – СПбГУ). Данная публикация в существенной степени является развитием статьи 2020 г. [2], в которой давались предварительные результаты обработки данных донного пробоотбора 2019 г.

### **Методика**

Исследования проводились с борта научно-исследовательского судна «Посейдон» водоизмещением 100 т, специализированного для научных исследований на акваториях. Отбор проб производился прямоточной трубкой Лаури-Ниесте по субрегулярной сети станций, примерно через 4 км вдоль ряда субпараллельных профилей ВСВ простирания, расположенных примерно через 5-6 км. В районах с однородными осадками сеть разрежалась до 8-12 км.

На 20-ти станциях производилось визуальное изучение дна с помощью подводных аппаратов «Limnoscout», созданных в ИНОЗ РАН. Все станции и точки пробоотбора сопровождалось эхолотным промером с помощью судового эхолота и привязкой с помощью GPS-навигатора GARMIN GPSmap78. [2].

При составлении схематической карты распространения донных отложений в северной части Ладожского озера использовались следующие методические приемы. Известно, что распространение донных осадков тесно связано с рельефом дна. Поэтому данные пробоотбора и подводной фотовидеосъемки, нанесенные на схему северной части Ладожского озера, сопоставлялись с наиболее подробными из существующих батиметрических основ, составленных на основании цифровых моделей рельефа М.А. Науменко [13] и С.Н. Юдина, Д.С. Дудаковой. При построении границ распространения разных типов донных отложений учитывались формы рельефа, дальность от вероятных районов сноса, уклоны склонов и воздействие связанных с ними склоновых процессов и пр. Также учитывались построения предшественников – в основном схемы донных отложений Н.И. Семеновича [11] и карта донных осадков из комплекта ГГК-1000 [5].

Следует учитывать, что в данной карте используются визуальные определения и описания донных отложений. Это довольно точные описания, вполне однозначно выделяющие основные типы осадков – крупнообломочные отложения, пески, алевролиты и пелиты, их цвет и текстуру. Однако в дальнейшем предполагается проведение гранулометрического анализа проб для выделения более точных и дробных градаций типов осадков, что может привести к существенной коррекции карты.

## Результаты и обсуждение

На рисунке 1 изображена схематическая карта распространения донных отложений в северной части Ладожского озера. На ней отчетливо видна основная структура распространения различных типов осадков.

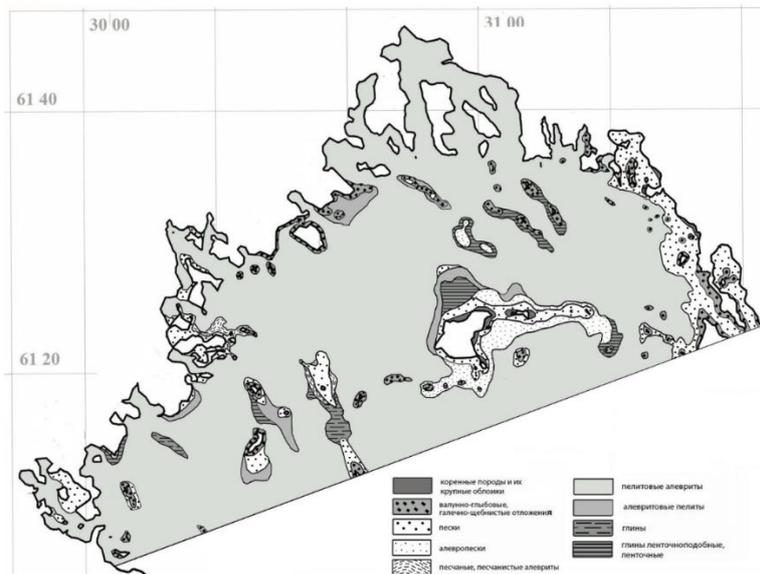


Рис. 1. Схематическая карта распространения донных отложений в северной части Ладожского озера.

Основную площадь занимает обширное поле пелитовых алевритов, обычно бежево-серого цвета, распространяющееся на весь диапазон глубин от самых глубоких впадин глубиной более 200 м севернее о. Валаам до прибрежных зон фиардов, где эти осадки были обнаружены на глубине 8м. Это – современные отложения, покрывающие собой большую часть ладожского дна, там, где условия осадконакопления позволяют накапливаться обычно довольно рыхлым и обводненным осадкам.

Донные отложения других типов распространяются в основном ближе к берегам озера и его островов. Алевритовые пелиты (обычно светло-серого цвета), занимая в разрезе предположительно более глубокое положение, чем вышеописанные пелитовые алевриты, выходят на поверхность дна на бортах котловин, ограничиваемых грядами. Это может говорить об особенностях более глубокого строения осадочного чехла, при котором котловины заполнены современными пелитовыми алевритами, а борта этих котловин сложены более древними осадками – светло-серыми алевритовыми пелитами и подстилающими их ленточноподобными и ленточными глинами (возможно, верхней частью отложений Балтийского ледникового озера позднелейстоценового возраста).

На дне Ладожского озера проявляется также обычная для крупных водоемов с коренными берегами глубинная зональность распространения донных отложений: коренные породы – крупнообломочные – среднеобломочные – мелкообломочные – тонкообломочные. Однако в ряде районов эта зональность осложняется гляциальными отложениями последнего валдайского оледенения, что хорошо видно на примере северо-восточной

прибрежной зоны, где явно ледниковые валунно-глыбовые отложения распространены на больших глубинах и на значительном удалении от береговой линии.

Интересно положение донных осадков на крупном уступе северного подводного склона о. Валаам. Сам уступ по данным пробоотбора сложен ленточноподобными и ленточными глинами, а в его подножии обнаружены светло-серые пелиты и пески, которые в разрезе должны занимать более высокое положение, чем глины. Это явление можно объяснить склоновыми процессами, в частности, гравитационным сползанием более мобильных осадков с верхней части уступа к его подножию.

В дальнейшем планируется составить карту донных отложений на все Ладожское озеро с выделением псефитовых и тонкозернистых типов осадков гранулометрическим анализом.

### **Выводы**

Проводимые специалистами ИНОЗ РАН исследования распространения донных отложений Ладожского озера уже на раннем этапе привели к значимым результатам, в частности, к построению схематической карты распространения донных отложений в северной части Ладожского озера.

Подтверждены, а в ряде случаев впервые выявлены такие особенности строения верхней части донных отложений Ладоги, как: - заполнение современными пелито-алевритовыми отложениями мелководных зон во фиардах северного побережья озера без существенного накопления прибрежных осадков; - довольно широкое распространение светло-серых пелитовых осадков и подстилающих их ленточноподобных и ленточных глин на бортах котловин; - распространение валунно-глыбовых отложений у северо-восточных берегов озера на значительные глубины и расстояние от береговой линии, что объясняется ледниковым переносом; - уступ на северном подводном склоне Валаамского архипелага по-видимому сложен в основном ленточными глинами, а его подножие – светло-серыми пелитами с участками песков, которые здесь нарушают последовательность смены отложений по разрезу, что может быть объяснено склоновыми процессами.

Донный пробоотбор по предложенной методике предполагается продолжить до полного покрытия сетью станций всей акватории озера. После этого планируется создание карты донных осадков всего Ладожского озера.

Публикация составлена при поддержке Гостемы ИНОЗ РАН № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов» № госрегистрации АААА-А19-119031890106-5.

А также Гостемы СПбНЦ РАН 82.1 ФНИ «Разработка теории трансформации научно-инновационного пространства Санкт-Петербурга в контексте развития российской экономики с учетом теоретико-методологических основ устойчивого технологического развития региона на основе инновационно-инвестиционной деятельности и воспроизводства и формирования научно-образовательного потенциала Санкт-Петербурга».

## Литература

- [1] *Амантов А.В., Амантова М.Г.* Развитие котловины Ладожского озера с позиций ледниковой теории // Региональная геология и металлогения, № 59, 2014. С. 5-14.
- [2] *Анохин В.М., Дудакова Д.С.* Предварительные результаты изучения поверхностных донных отложений в северной части Ладожского озера в 2019 году. / География: развитие науки и образования. СПб.: 2020. С. 80-85.
- [3] *Анохин В.М., Дудакова Д.С., Дудаков М.О.* Геоморфология и типизация берегов Ладожского озера по данным съемки беспилотного летательного аппарата // Геоморфология. 2019. № 1. С. 25-38.
- [4] *Анохин В.М., Дудакова Д.С., Дудаков М.О., Рыбакин В.Н.* Результаты геолого-геоморфологических исследований дна и берегов Ладожского озера в 2015 – 2019 гг. // Мат. Межд. конф. (Школы) морской геол. М., ИОРАН, 2019.
- [5] Государственная геологическая карта РФ м-ба 1:1 000 000 листы Р-35,36. Литологическая карта поверхности дна акваторий. Третье поколение. Балтийская серия. МПР РФ Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2015.
- [6] История озер СССР. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Д.Д. Квасов, Г.Г. Мартинсон, А.В. Раукас. Л.: Наука, 1990. 280 с.
- [7] *Калесник С.В.* Ладожское Озеро. Гидрометеиздат. Л., 1968. Система Великих озер Европы. Бассейн Ладожского озера. 149 с.
- [8] Ладога / Ред. В.А. Румянцев, С.А. Кондратьев. СПб.: Нестор-История, 2013. 468 с.
- [9] Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / В.А. Румянцев, А.И. Сорокин, Н.А. Нестеров. СПб.: Нестор-История, 2015. 199 с.
- [10] *Поздняков Ш.Р.* Проблемы расчета и измерения характеристик наносов в водных объектах. С-Пб., ЛЕМА. 2012. 226 с.
- [11] *Семенович Н.И.* Донные отложения Ладожского озера. М – Л-д., Наука, 1966. 124 с.
- [12] *Lebas E., R. Gromig, S. Krastel et. al.* Pre-glacial and post-glacial history of the Scandinavian Ice Sheet in NW Russia - Evidence from Lake Ladoga. Quaternary Science Reviews 251 (2021) 106637. P. 1-17.
- [13] *Naumenko M.A.* Lake Ladoga digital bathymetric models: development approaches and insight for limnological investigations. Limnological Review 20 (2). – 2020. – P. 65-80.
- [14] *Anokhin V., Dina Dudakova, Mikhael Dudakov, Vladimir Rybakin, Mikhael Naumenko, and Vladimir Ulitchev.* The results of geological and geomorphological studies of the bottom and shores of Lake Ladoga 2015-18 years // Geophysical Research Abstracts Vol. 21, EGU 2019-2198-1, 2019 EGU General Assembly 2019.

**S u m m a r y.** Researchers from INOZ RAS carried out a study of the distribution of bottom sediments in the northern part of Lake Ladoga, which included bottom sampling from a subregular network of stations and underwater photo and video filming at a number of polygons. Based on the results of this study, a schematic map of the distribution of bottom sediments in the northern part of Lake Ladoga was created. When creating the map, digital models of the relief of the lake bottom and the construction of predecessors were used.