

УДК 551.312(282.247.211)

**СТРАТИГРАФИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕЛИКТОВЫХ ВОДОЕМОВ
ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА (НА ПРИМЕРЕ ОЗ. ПОЛЕВСКОЕ)**

Виктор Анатольевич Гурбич,

victorgurbich@gmail.com

Максим Сергеевич Потахин,

mpotakhin@mail.ru

Дмитрий Александрович Субетто

subetto@mail.ru

**Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН,
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия**

Онежское озеро, Заонежский полуостров, донные отложения, реликтовое озеро, послеледниковье, голоцен, база данных.

В статье приводится литостратиграфическое описание колонки донных отложений оз. Полевское (Заонежский полуостров, Республика Карелия), реликтового водоема Онежского приледникового озера. В разрезе донных отложений представлены все стадии эволюции реликтового озера: прогляциальная, перигляциальная и стадия изолированного водоема. Данные, полученные в ходе анализа колонки, дополнили палеогеографическую базу данных "PALEOONEGO" и будут использованы для реконструкции развития Онежского озера в позднеледниковье и голоцене.

**STRATIGRAPHY SEDIMENT OF THE RELICT RESERVOIRS OF LAKE ONEGA (FOR
EXAMPLE POLEVSKOE LAKE)**

Victor Gurbich,

Maksim Potakhin,

Dmitry Subetto

Institute of water problems of the North Karelian scientific Center RAS

Lake Onego, Zaonezhsky Peninsula, bottom sediments, relict lake, postglacial, Holocene, data base.

The article presents a lithostratigraphic description of the column of bottom sediments of the Polevskoye lake (Zaonezhsky Peninsula, Republic of Karelia), relict basin of Onego proglacial lake. All stages of the evolution relict lake are represented in the section of bottom sediments: proglacial, periglacial and isolated basin. The data added to the paleogeographic database "PALEOONEGO" was obtained during the analysis of the column and will be used to reconstruct the evolution of lake Onego in late glaciation and holocene.

Введение

Онежское озеро - второй по величине пресноводный водоем Европы. Площадь зеркала озера составляет 9720 км², из которых 250 км² приходится на 1500 островов. Протяженность озера с севера на юг - 248 км. с запада на восток - 96 км. [17]. Вытянутое в меридиональном направлении, оно в центральной и южной частях представляет собой единую слабо расчлененную акваторию, а в северной – систему заливов-губ, крупнейшими из которых являются Заонежский и продолжающий его Повенецкий заливы, заливы Малое и Большое Онего и Кондопожская губа. Котловина Онежского озера представляет собой сложный грабен, протяженностью 240 км, при ширине до 75 м и максимальной глубине современного озера 130 м. Северная его часть располагается на границе юго-восточной части Фенно-скандинавского кристаллического щита, сложенного глубокометаморфизованными

вулканогенными и осадочными породами нижнего протерозоя, а южная часть расположена уже в пределах Русской платформы.

В четвертичное время весь бассейн Онежского озера неоднократно перекрывался ледниковыми покровами. Рельеф и геологическое строение котловины озера в значительной степени определяли динамику и скорость движения ледника, особенности его развития и типы дегляциации. Бассейн Онежского озера на завершающих этапах позднеледниковья и в начале послеледниковья претерпевал значительные изменения, связанные с деградацией ледника и развитием приледникового водоема [8]. За тысячу лет (14,5-13,5 тыс. л.н.) котловина озера освободилась от материкового льда, край ледника отступил в северо-западное Прионежье и приледниковое озеро достигло максимальных размеров около 13,3 тыс. л.н. (Рис. 1). В дальнейшем последовал ряд регрессий и трансгрессий, связанных с открытием порогов стока в котловину Белого моря (13,2 тыс. л.н.) и Ладожского озера (12,4 тыс. л.н. – 12,3 тыс. л.н.), которые завершились в начале молодого дриаса (~10,7 тыс. л. н.), когда край ледника стадии сальпаусселькя I отступил в западную Карелию и окончательно сформировался сток через долину современной реки Свирь [7].

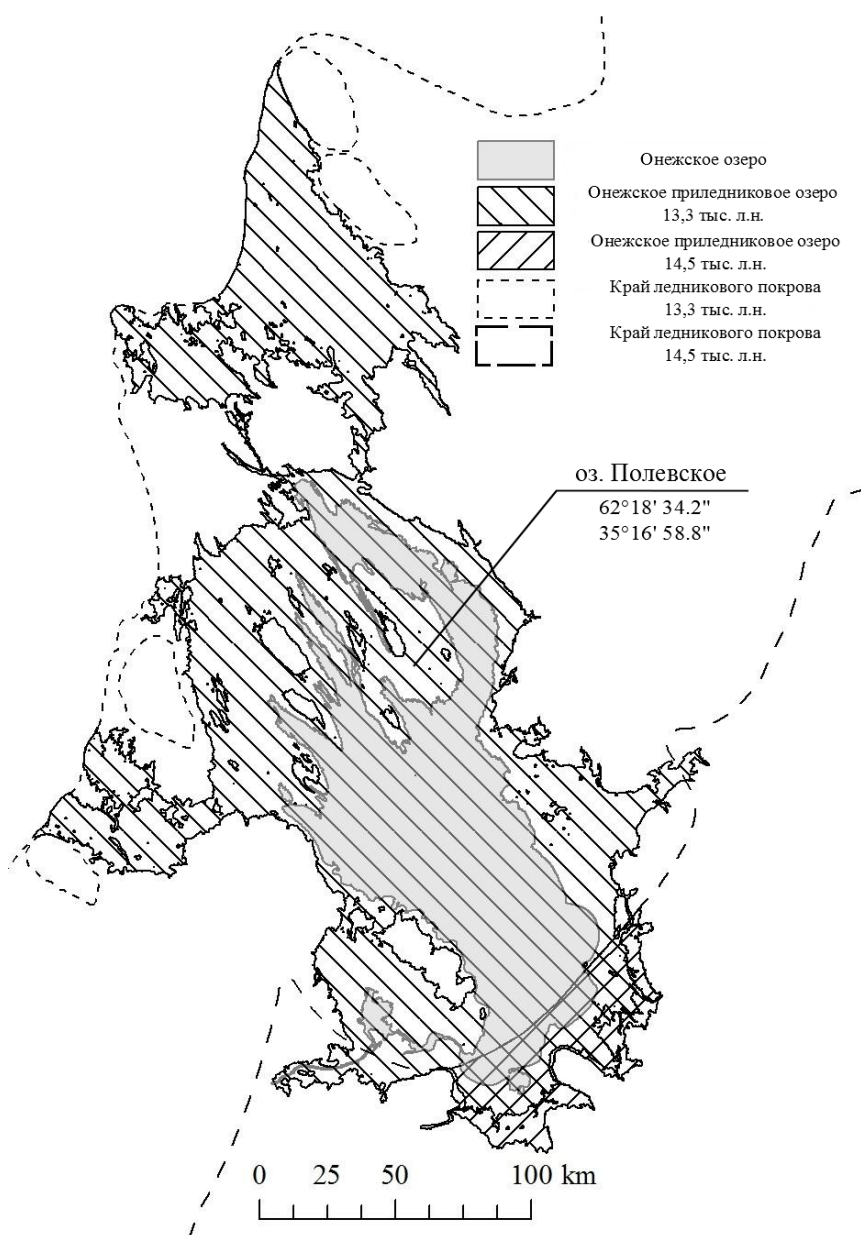


Рис.1. Минимальная и максимальная стадии Онежского приледникового озера [30].

История изученности

Исследование Онежского озера привлекало внимание многих ученых с конца XIX века. А. Иностранцев [12] объяснял возникновение рельефа Прионежья и котловины Онежского озера ледниковым выпахиванием. Г. Де Геер [22] выдвинул точку зрения о существовании в доанциловое время ледникового (Йольдиевого) моря. В. Рамзай [23], изучавший северное побережье Онежского озера, описал террасу ледникового моря, через которое якобы осуществлялось Беломорско-Балтийское соединение [24]. Следующий этап исследований связан с изучением террас и приуроченных к ним неолитических стоянок Б.Ф. Земляковым [11]. Г.С. Бискэ с коллегами [2], на основании колебаний положения известных им наиболее высоких береговых линий Онежского приледникового озера (ОПО) или контактов морены с вышележащими по разрезу водными отложениями, пришли к выводу о резко дифференцированном поднятии побережий, отражающем сложную блоковую структуру кристаллического фундамента рассматриваемого района. Ими же была предложена модель формирования Онежского водоема в поздне- и послеледниковье, где главная роль отводилась именно сложно дифференцированным и весьма масштабным тектоническим движениям, в ходе которых формировались изолированные друг от друга водоемы в северной и южной частях котловины Онежского озера. Девятовой изучены спорово-пыльцевые спектры поздне- и послеледниковых отложений различных террасовых уровней [6]. Важные материалы получены при изучении донных отложений Онежского озера. Изучен их литологический состав [15], проведен спорово-пыльцевой [20] и диатомовый [4] анализы. Было установлено, что на всем протяжении своей поздне- и послеледниковой истории Онежское озеро было глубоким пресным водоемом [18]. Давыдовой Н.Н. было установлено, что глубоководные впадины образовались только в начале голоцена – до этого они были заняты мертвым льдом [5]. Квасовым Д.Д. была составлена схема развития Онежского озера [13]. В последние годы получено много новых данных по строению донных и береговых образований Онежского озера (Бахмутов и др., [1]; Елина и др., [10]; Демидов и др., [7], [8], [9]; Saarnisto et al., [25], [26]), палеоэкологическим условиям позднеледниковья (Елина и др., [10]; Лаврова, [16]; Wohlfarth et al., [27], [28], [29]), которые позволили установить особенности развития Онежского озера в позднеледниковье.

Донные отложения

На завершающих этапах позднеледниковья и в начале послеледниковья в бассейне Онежского озера быстро происходили масштабные изменения окружающей среды. За тысячу лет его котловина освободилась от материкового льда, и около 11 тыс. л.н. край ледника отступил в северо-западное Прионежье. В это время ОПО достигло максимальных размеров, но вскоре его уровень начал быстро падать. Частые глобальные изменения климата на рубеже поздне- и послеледниковья отразились в быстрой смене ландшафтов [21].

Следовательно в строении четвертичного покрова Онежского озера преобладают отложения последнего оледенения. На дне озера залегают позднеледниковые и раннеголоценовые ленточные и неслоистые глины, которые перекрыты алеврито-пелитовыми, алевритовыми и песчаными отложениями поздне- и среднеголоценового возраста. Толща озерно-ледниковых и озерных отложений обычно подстилается моренными отложениями.

В северной, глубоководной части Онежского озера (в губах, в Малом Онего, в Повенецком заливе), где рельеф дна носит денудационно-грядовой характер, на вершинах гряд иногда полностью отсутствуют четвертичные отложения и обнажаются породы кристаллического фундамента. В депрессиях между грядами общая мощность позднеплейстоценовых и голоценовых отложений достигает 20 м, при этом максимальная

мощность илов – 3 м. От центральной к южной части озера слабохолмистый рельеф дна сменяется плоским. На юге мощность ленточных глин возрастает, по данным геоакустического зондирования, до 20 м и более; одновременно мощность голоценовых озерных осадков уменьшается до нескольких сантиметров, а местами – до нуля.

В южной части озера наиболее распространены пески различной крупности, иногда заиленные или с примесью гравия. Пески встречаются и в других районах озера вблизи берегов. Валунно-галечные отложения наблюдаются на отдельных прибрежных участках, преимущественно в северной части озера, где берега сложены кристаллическими породами, выходящими к урезу воды. Основная часть дна озера (глубоководная область Центрального Онего, Большое Онего с примыкающими к нему губами и заливами, Повенецкий залив) покрыта тонкими алеврито-пелитовыми органо-минеральными отложениями – илами.

Толща ленточных глин, обычно бежевого, бежево-серого или серого цвета сформировалась в позднеледниковое время. Мощность пары слоев варв (лент) – уменьшается от 15 – 20 мм в нижней части разреза до 1–2 мм в верхней. По гранулометрическому составу глины преимущественно пелитовые. Минеральный состав пелитовой фракции ленточных глин (так же как и гомогенных глин и илов) преимущественно представлен: гидрослюдой, каолинитом, хлоритом, полевыми шпатами, и кварцем. Помимо этого, присутствуют хлорит-монтморилоитовые (вермикулитовые) образования. Ленточные глины обеднены органическим веществом. Потери при прокаливании (ППП) не превышают 1%.

Вверх по разрезу ленточные глины постепенно сменяются неслоистыми (гомогенными) глинами раннеголоценового возраста мощностью от 10 – 20 см до 2,5 – 3 м. Обычно мягкие, вязкие, они часто имеют черные гидротроилитовые прослои в верхних горизонтах, которые вверх по разрезу приобретают буровато-охристую окраску. Минеральный состав гомогенных глин аналогичен минеральному составу ленточных глин, но в них возрастает содержание органического вещества (ППП до 1-2%) и биогенных элементов.

Выше по разрезу гомогенные глины перекрыты средне- и позднеголоценовыми илами, имеющими жидкую, полужидкую или мягкую консистенцию. Структура илов обычно комковатая, «творожистая». Окраска верхней части илов изменяется от охристой, желто-коричневой до зеленовато-бурой, а нижней – от зеленовато-серой до серой. Характерны черные гидротроилитовые прослои. По гранулометрическому составу илы в основном алеврит-пелитовые и пелит-алевритовые. Набор глинистых и обломочных минералов тот же, что и в глинах. В илах в несколько раз возрастает содержание органического вещества, количество которого растет вверх по разрезу. На контакте илов и глин местами отмечается песчано-алевритовая прослойка небольшой мощности (несколько сантиметров) [14].

Полевые исследования донных отложений

Лабораторией палеолимнологии Института водных проблем Севера КарНЦ РАН в рамках проекта РНФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние» проведены многочисленные экспедиционные выезды в исследуемые районы, в частности исследовался Заонежский полуостров. Основной целью исследований являлось изучение строения донных отложений озера Полевского (Рис.2), которое ранее было частью крупного ОПО, существовавшего на разных этапах отступления ледника с изучаемой территории. Исследовались озерные отложения большой мощности, проводилось бурение с помощью торфяного бура. Отбор колонки донных отложений осуществлялся с применением штангового торфяного бура в зимнее время со льда. В ходе полевых работ были вскрыты донные отложения мощностью 11 метров.

озеро Полевское 62°18' 34.2" с.ш.
В.Н.У.М. = 54,7м. 35°16' 58.8" в.д.

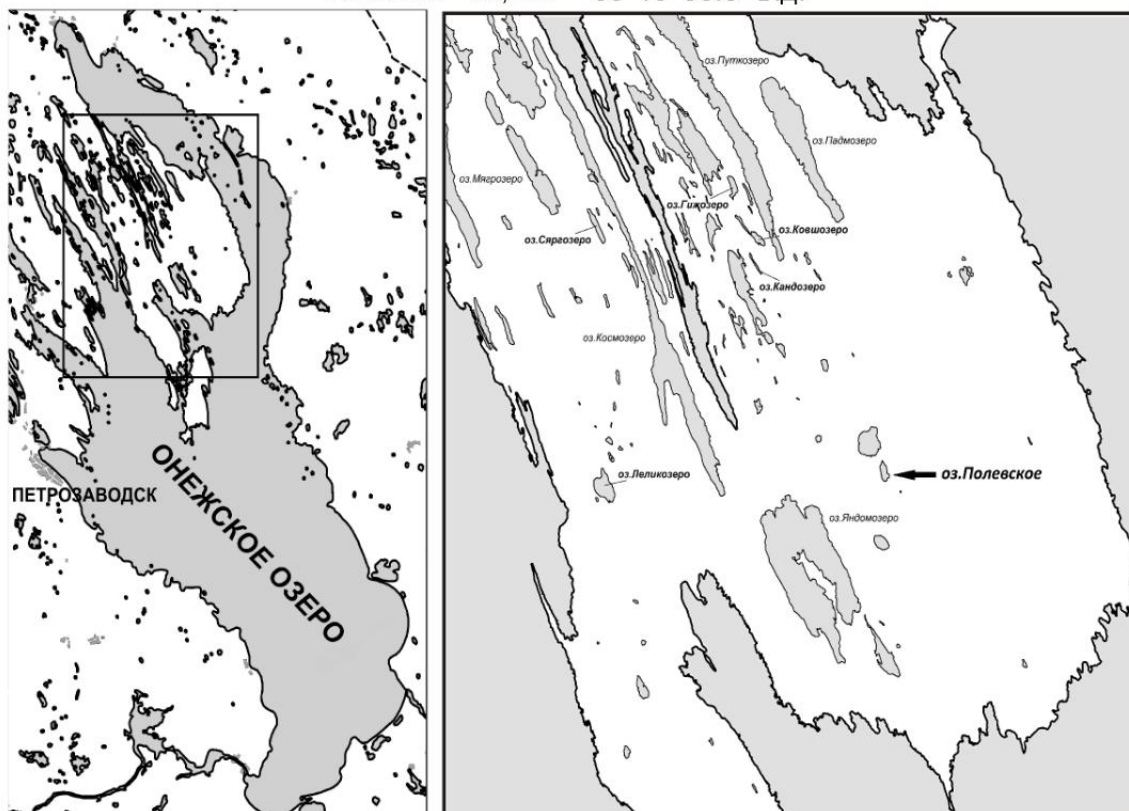


Рис. 2. Положение оз. Полевское

Поднятая со дна колонка отложений описывалась непосредственно после извлечения из бура. В первую очередь измерялась длина монолита, зачищалась поверхность, проводилась фотодокументация. Проводилось детальное описание, в котором указаны характер осадка, границы между генетическими горизонтами, цвет, структура, текстурные особенности, включения. Выполнено стратиграфическое описание колонки донных отложений (Рис.3).

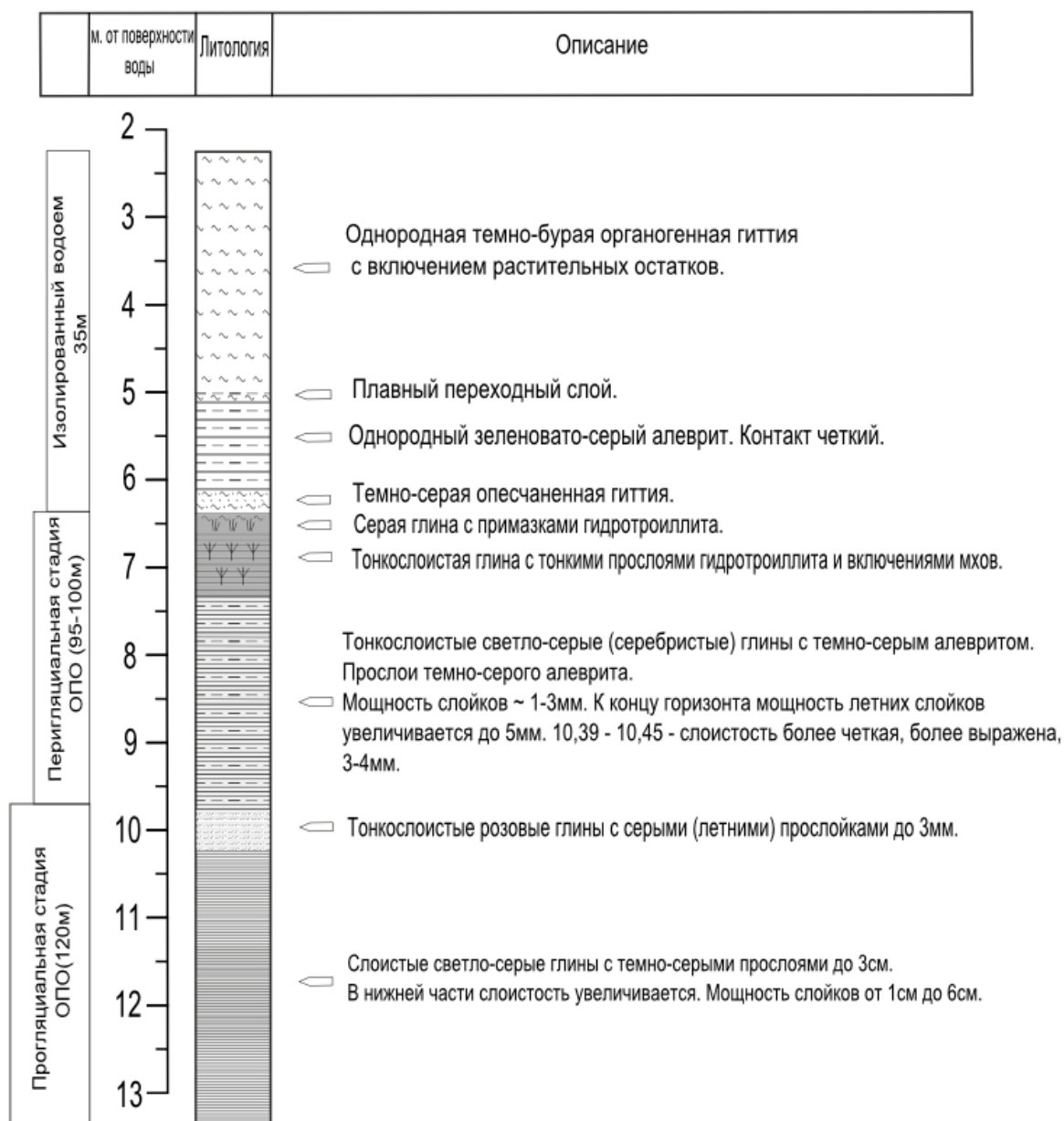


Рис. 3. Литостратиграфическое описание разреза донных отложений оз. Полевского

Верхняя часть разреза сложена сапропелем. Отложения представляют собой коллоидную мягкую и жирную массу коричневого, иногда почти черного или оливкового цвета, содержащую в природных условиях 70-90% воды и не менее 15-30% органического вещества.

Вниз по разрезу сапропели сменяются гомогенным серым песчано-глинистым алевритом, плотным, с неясной горизонтальной слоистостью, с включениями стяжений гидроксидов железа.

Толща ленточных глин обычно бежевого, бежевато-серого или серого цвета сформировалась в позднеледниковое время. На примере озера Полевское ленточные глины светло-серого (серебристого) цвета. Мощность пары слойков - варв (лент) - уменьшается от 10-15 мм в нижней части разреза до 1-2 мм в верхней. По гранулометрическому составу глины преимущественно пелитовые. Минеральный состав глинистой фракции ленточных глин (так же как и гомогенных глин и илов) имеет следующий набор основных компонентов: гидрослюда, каолинит, хлорит, полевые шпаты, кварц. Кроме того, присутствуют хлорит-монтморилоитовые (вермикулитовые) образования. Ленточные глины обеднены

органическими веществам [14]. Формирование розового горизонта можно объяснить близостью края ледникового покрова и соответственно, значительным поступлением терригенного песчаного материала.

На сегодняшний день множество полученных знаний об озерах хранится на бумажных носителях, что затрудняет оперативный и структурированный поиск информации. Современные технологии и работа технических средств расширяют информационное поле знаний. В постоянно возрастающем объеме и потоке информации исследователю необходимо адаптироваться к правильному её восприятию, сбору, записи, передаче, обработке, хранению, поиску и выдаче. На данном этапе в палеогеографии происходит интеграция накопленных данных в системы мультимедиа. Накопленная палеогеографическая информация трансформируется в многофункциональные системы ГИС, имеющиеся известные и не известные ранее характеристики водных объектов совершают переход в логически структурированные базы данных. Полученные в последние годы, необходимые сведения для исследований с озера Полевского, а так же других водоемов реликтового генезиса, проходят процесс преобразования с исходных печатных ресурсов в упорядоченную систему цифровых данных. С их помощью исследователь имеет возможность более четко моделировать поставленные цели и задачи, изучить стратиграфию, литологический состав, имеющиеся датировки и др. Собранные в одном месте различные характеристики изучаемых водоемов дают возможность более детально подойти к изучению конкретных геологических событий и эпохи прошлого.

База данных

В целях упорядочивания, систематизации данных и создания картографических материалов в рамках нашего исследования была создана палеогеографическая база данных (БД) «PaleoOnego». Особое внимание уделено публикациям, имеющим детальное описание озерных отложений. Основными источниками информации являются четвертичные отложения: донные осадки озер, торфяные залежи. База палеогеографических данных «PaleoOnego» представляет собой открытую структуру для хранения данных по региону исследования и управления ими.

БД представляет собой справочную систему по донным осадкам озер, торфяным залежам на территориях, которые имеют отношение к Онежскому приледниковому озеру в позднеледниковье. БД создана в формате MS Excel, что удобно для дальнейшей обработки данных и отображения в различных ГИС-оболочках [19]. Состоит из 22 столбцов, все столбцы нормализованы и содержат информацию строго определенного содержания. Главной в системе является столбец «Name» (название объекта), который содержит названия 60 озер. В столбцах «X_DEG», «Y_DEG», «ALT_M», «AR_SQKM», «AVDEP_M», «MAXDEP_M» приведены координаты широты, долготы центра озера в десятичных градусах, высоты над уровнем моря, площадь озера, средние и максимальные глубины. В столбцах «XCOR_DEG», «YCOR_DEG», «DEPCOR_M», «LCOR_CM», «STRAT», ячейки содержат информацию о широте, долготе точки отбора образцов, глубине отбора керна, мощности колонки, а так же стратиграфическое описание. В остальных столбцах отражена информация о проведенных анализах над образцом (диатомовый, споро-пыльцевой, гидрохимический анализы, варвохронология, датирование) и используемая для составления БД литература. Для наполнения использованы данные из работ Демидова И.Н.; Лавровой Н.Б; Шелеховой Т.С., и др. Ввиду различной степени изученности объектов исследований не для каждого из них выполнены все виды анализов, имеющихся для других объектов. Тем не менее, БД развивается и пополняется как новыми результатами аналитических исследований уже изученных природных комплексов, так и новыми объектами исследований. Все результаты исследований отображаются в БД в ячейках, которые позволяют представлять всю информацию по каждому исследуемому объекту. Данные в БД логически структурированы (систематизированы) с целью обеспечения возможности их эффективного

поиска и обработки. БД содержит на текущий момент 60 объектов, имеющих информацию о возрасте формирования четвертичных осадков в регионе исследования (Рис.4).

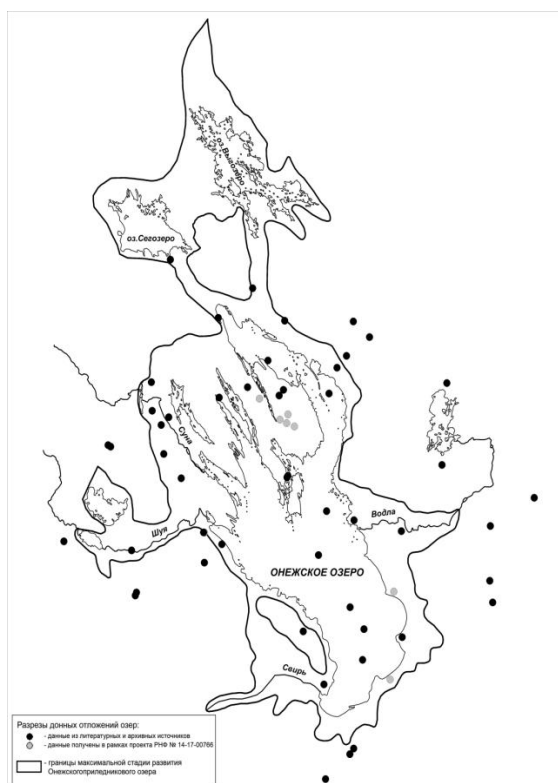


Рис.4. Схема расположения объектов БД “PaleoOnego”

По имеющимся данным с помощью SQL-запросов пользователь может создать выборку сведений, характеризующих этапы и особенности возникновения четвертичных отложений на территории Онежского озера, его водосбора, близлежащих озер начиная с позднеледникового до настоящего времени. Выборка информации может быть организована по возрасту, высоте над уровнем моря, географическим координатам и прочим параметрам объектов, заложенным в БД “PaleoOnego” [3].

Выводы

На основе стратиграфического анализа в осадочной последовательности донных отложений озера Полевского предварительно выделены:

- 1) донные отложения позднеледникового
- 2) отложения приледникового озера,
- 3) отложения переходной зоны от приледникового озера к обособленному водоему,
- 4) современные озёрные отложения.

Данные, полученные при стратиграфии образцов донных отложений озера Полевское (Рис. 3) демонстрируют колебания толщины годовых слоев ленточных глин по профилю разреза, и могут свидетельствовать о колебаниях уровня озера, проксимальном или дистальном направлении продвижении ледника, продуктивности водоёма и, соответственно, климатических условий и палеогеографических обстановок. Исследуемый разрез является типичным для озер реликтового генезиса, соответственно данную колонку донных отложений можно рассматривать как презентативную.

Впоследствии данные, полученные при изучении кернов донных отложений озер исследуемого региона, собираются в единую базу данных “PaleoOnego”. Она обеспечивает структурированное хранение, статистическую обработку, графическое представление данных, разработку сценариев развития палеоэкологической ситуации, реконструкцию

палеогеографических условий окружающей среды в голоцене, создание региональных временных геохронологических шкал. Интерпретация характеристик донных отложений предоставляет возможность производить оценочное прогнозирование вариаций изменений климата в будущем и рассчитывать антропогенную нагрузку на экосистему. База палеогеографических данных «PaleoOnego» представляет собой открытую структуру для хранения данных по региону исследования и управления ими. К ней прилагаются литературные источники в формате *.pdf или *.djvu. База данных может применяться при палеогеографических исследованиях Онежского озера. По содержащимся в базе данным можно воссоздать динамику возникновения органических четвертичных отложений Онежского озера начиная с позднеледниковья. В настоящее время в результате анализа литературных и архивных материалов в базе данных обобщены сведения о 60 разрезах донных отложений водоемов. Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история геологического развития, освоение человеком и современное состояние»

Литература

1. Бахмутов В.Г., Загний Г.Ф., Эжман И.М. Палеомагнитные исследования и возможности стратиграфического расчленения, дальних корреляций и абсолютного датирования ленточных глин (на примере Карелии) // Природа и хозяйство Севера. № 14. Мурманск, 1986. С. 14–20.
2. Бискэ Г.С., Лак Г.Ц., Лукашов А.Д. и др. Строение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск, 1971. 74 с.
3. Гурбич В.А., Потахин М.С., Белкина Н.А., Субетто Д.А. Разработка палеолимнологической базы данных «PaleoOnego». В сборнике: Палеолимнология Северной Евразии. Опыт, методология, современное состояние Proceedings of the International Conference. North-Eastern Federal University, Russian Academy of Sciences. 2016. С. 171-174.
4. Давыдова Н.Н. Комплекс диатомей в донных отложениях Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 130–158.
5. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
6. Девятова Э.И. Природная среда и ее изменения в голоцене. Петрозаводск, 1986. 109 с.
7. Демидов И.Н. Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 207–218.
8. Демидов И.Н. Деграция поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134-142.
9. Демидов И.Н. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменении его уровня и гляциостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2006. С. 171-182.
10. Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии. Петрозаводск, 2000. 241 с.
11. Земляков Б.Ф. Четвертичная геология Карелии. Петрозаводск, 1936. 103 с.
12. Иностранцев А.А. Геологический очерк Повенецкого уезда Олонецкой губернии и его рудных месторождений // Материалы для геологии России. Т. 7. СПб., 1877. 728 с.
13. Квасов Д.Д. Происхождение котловины Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 7–40.
14. Квасов Д.Д. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки / Д. Д. Квасов, Г. Г. Мартинсон, А. В. Раукас (ред.). – Л., 1990. – 280 с.;
15. Курочкина А.А. Литология и хемостратиграфия донных отложений Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 74–127.
16. Лаврова Н.Б. Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134-142.
17. Онежское озеро. Атлас. / Отв. ред. Н.Н. Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 151 с.
18. Палеолимнология Онежского озера. Институт озероведения (Академия наук СССР). Наука, Л., 1976
19. Потахин М.С., Зобков М.Б., Гурбич В.А. Разработка и применение цифровой модели рельефа котловины и водосбора Онежского озера // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды VI международной научно-практической конференции. Т. 1: Гидро- и геодинамические процессы. Пермь: ПГНИУ, 2017. С. 140-145.

20. Хомутова В.И. Геохронология донных отложений по результатам палинологического анализа // Палеолимнология Онежского озера. Л., 1976. С. 41–67.
21. Шелехова Т.С., Васько О.В., Демидов И.Н. Палеоэкологические условия развития северо-западного Прионежья в позднеледниковье и голоцене // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 149-157.
22. De Geer G. 1894. Om quartära nivåförändringarna vid Finska viken. G. F. F., Bd. 16
23. Ramsay W. 1898. Über die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in de Quartärzeit. Fennia, Bd. 16, N 1
24. Ramsay W. 1904-1905. Quartärgeologisches aus Onega-Karelien. Fennia, Bd. 22, N 1
25. Saarnisto M., Saarinen T. Deglaciation chronology of the Scandinavian Ice Sheet from the lake Onega basin to the Salpausselkyä End Moraine // Global and Planetary Changes. 31. Elsevier Science. 2001. P. 333-405.
26. Saarnisto M., Gronlund T., Ekman I. Lateglacial of Lake Onega — contribution to the history of the eastern Baltic basin // Quaternary International. 1995. Vol. 27. P. 111-120.
27. Wohlfarth B., Bennike O., Brunberg L. et al. AMS 14C measurement and macrofossil analyses of a varved sequence near Pudozh, eastern Karelia, NW Russia // BOREAS. Vol. 29. Oslo, 1999. P. 575-586.
28. Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O. et al. Late-Glacial and Early Holocene Environmental and Climatic Change at Lake Tambichozero, Southeastern Russian Karelia // Quaternary Research. 2002. Vol. 58. P. 261-272.
29. Wohlfarth B., Schwark L., Bennike O. et al. Unstable early-Holocene climatic and environmental conditions in northwestern Russia derived from multidisciplinary study of a lake-sediment sequence from Pichozero, southeastern Russian Karelia // The Holocene. 2004. 14, 5. P. 732-746.
30. Zobkov M., Tarasov A., Subetto D., Potakhin M. GIS-modeling of Lake Onego shoreline in the Holocene and Late Pleistocene // Environment. Technology. Resources. Proceedings of the 11th International Scientific and Practical Conference. Vol. I. Rezekne, 2017. Pp. 316-319.