

DOI: 10.37279/2309-7663-2020-6-4-129-138

УДК 556.55

Н. А. Мясникова | **Гранулометрический состав донных
отложений озера Анашкино (юго-западное
Прионежье)**

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,
ФИЦ «Карельский научный центр РАН»
г. Петрозаводск, Республика Карелия, Российская
Федерация
e-mail: nadezda_myasnikova@mail.ru

Аннотация. В статье приводится литостратиграфическое описание и гранулометрический состав донных отложений озера Анашкино (юго-западное Прионежье). Установлено, что в верхних более молодых отложениях преобладает фракции очень мелкого песка, далее наблюдается доминирование фракций грубого и среднего ила, а с глубины 10,03–10,16 м — фракции среднего и мелкого ила. Для самых древних донных отложений (10,19–10,20 м) характерно преобладание фракций очень грубого и грубого ила, ниже (10,30–10,31 м) преобладают фракции очень мелкого песка и очень грубого ила. Палеогидродинамические обстановки осадконакопления для древних донных отложений (9,96–10,31 м) характеризуются в основном условиями турбидитных потоков. Более молодые донные отложения (9,32–9,92 м) накапливались в условиях течений с низкими скоростями. В процессе формирования донных отложений озера Анашкино в период изменения нивального климата на гумидный произошло не менее пяти смен динамических режимов вод.

Ключевые слова: донные отложения, гранулометрический состав, коэффициент сортировки, фракции, Карелия.

Введение

Отложения, накапливаемые на дне водоемов, выступают важнейшим компонентом водных экосистем, являясь продуктом седиментации органического и неорганического материала. На процесс их формирования оказывают влияние такие факторы как климатические условия, растительный покров, гидрологический режим объекта, антропогенная деятельность. Палеолимнологические исследования являются единственным источником информации об изменениях водоемов в прошлом. Донные отложения позволяют получить не только детальную геохронологию внешнего наземного и атмосферного воздействия, но и биологическую запись отклика озерной экосистемы на природно-климатические изменения. Одним из методов получения палеоклиматических и палеогеографических данных является гранулометрический анализ донных осадков. Изменение гранулометрического состава отложений по колонке донных отложений связано с изменениями гидрологического режима, уровня воды и динамики вод озера [1].

Исследования донных отложений малых озер бассейна Онежского озера проводятся для изучения истории лимногенеза территории в послеледниковье и голоцене. Первые реконструкции были проведены Г. С. Бискэ [2],

И. Н. Демидовым [3], в настоящее время эта тема развивается в работах Д. А. Субетто [4], М. Б. Зобкова [5], М. С. Потахина [6]. Следует отметить, что территории, примыкающие к Онежскому озеру, непосредственно связаны с ним общей историей развития в течение четвертичного времени. Так, в конце позднеледниковья — начале послеледниковья, бассейн Онежского озера претерпевал катастрофические изменения окружающей среды, связанные с деградацией материкового оледенения и развитием приледникового водоема [7]. За тысячу лет (14,5–13,5 тыс. л. н.) озерная котловина освободилась от материкового льда, край ледника отступил в северо–западное Прионежье и Онежское приледниковое озеро (ОПО) достигло максимальных размеров (рис. 1). В дальнейшем последовал ряд трансгрессий, связанных с открытием порогов стока в котловину Белого моря (13,2 тыс. л. н.) и Ладожского озера (12,4 тыс. л. н. и 12,3 тыс. л. н.). Выполненные ГИС-реконструкции развития ОПО [5] воспроизводят события, происходящие на изучаемой территории. Они подтверждают существование в позднеледниковье в районе Ивинской низменности крупного залива приледникового водоема (рис. 1). С северо–востока залив отделялся от основного плеса Шокшинской грядой, представлявшей в тот период островное образование. На юге гряда омывалась широким проливом, приуроченным к долине р. Свирь, а на северо–западе — двумя узкими проливами (рис. 1А). В северной части гряды один из проливов приледникового водоема в настоящее время трассируется системой малых водоемов — оз. Регозеро, Черное, Анашкино, Ржаное, без названия (Ржаное) (рис. 1Б).

Цель работы: изучение гранулометрического состава донных отложений озера Анашкина для детализации процесса дегляциации в районе Шокшинской гряды.

Материалы и методы исследования

Объектом данного исследования являются донные отложения озера Анашкино.

Оз. Анашкино расположено в центральной части озерной группы (рис. 1Б). Площадь водной поверхности 0,8 км², высота над уровнем моря 73 м. Водоем овально-лопастной формы, вытянут в меридиональном направлении. Котловина слабо выражена, берега преимущественно низкие, заболоченные, за исключением западного берега, к которому примыкает гряда высотой до 20 м, образованная выходом коренных пород, со следами сейсмодислокаций. Рельеф дна сложный, максимальная глубина (9,7 м) отмечена в западной части озера, средняя глубина — 3,6 м [8].

Отбор колонки донных отложений проводился весной 2017 г. со льда с применением штангового торфяного бура. В ходе полевых работ была вскрыта одна скважина (61°25.788' с. ш., 34°55.220' в. д.), глубина озера в месте отбора проб 3,40 м. На месте было выполнено краткое литостратиграфическое описание донных отложений (табл. 1). Полученные образцы были герметично упакованы, доставлены в институт и помещены в депозитарий для их дальнейшего изучения.

Для определения механического состава донных отложений выбран лазерный метод. Анализ проводили на лазерном многофункциональном анализаторе частиц LS 13 320 (фирмы Beckman Coulter, США) в Центре

коллективного пользования КарНЦ РАН. Классификация фракций донных отложений по размерам частиц выполнена по Blott S. J., Pye K. [9].

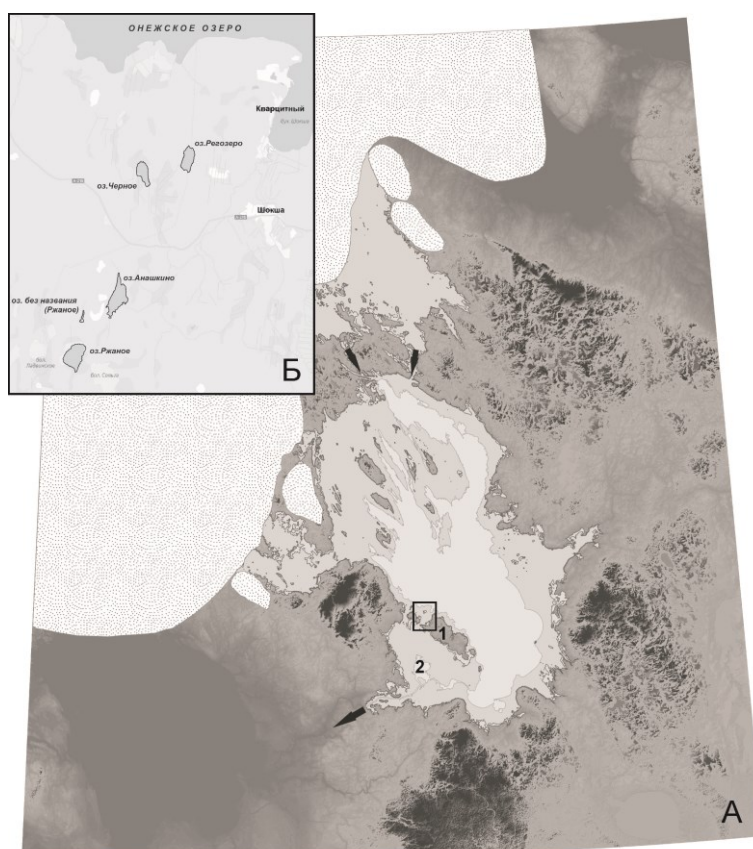


Рис. 1. А – Реконструкция максимальной стадии развития ОПО (13.3 тыс. л.н.) [6]. Район исследования, включающий Шокшинскую гряду (1) и Ивинский разлив (2).

Б – Объекты исследования — малые озера, в том числе оз. Анашкино
Составлено авторами

Для получения количественной оценки статистик практических распространений частиц по размерам использован метод квартилей, представленный П. Траском [10]. Для оценки гранулометрического спектра методом квартилей использовались коэффициенты M_d , S_0 и S_k (M_d — медиана; S_0 — коэффициент сортировки; S_k — коэффициент асимметрии).

Для построения кумулятивных кривых и расчета коэффициентов использована методика [11].

Результаты и обсуждение

Мощность керна донных отложений озера Анашкино составила семь метров. Визуально колонку донных отложений можно разделить на два интервала: (1) осадки в интервале 4–9 м, представленные бурым органическим сапропелем, накоплены в голоцене; (2) осадки в интервале 9–10,75 м отлагались в период изменения нивального климата на гумидный (таблица 1).

Более детально был изучен участок керна донных отложений 9,32–10,32 м. Гранулометрический анализ донных отложений оз. Анашкино был выполнен для

десяти проб. Процентное содержание фракций в каждой пробе приведено в таблице 2. Последовательность типов осадочных пород (глина – алеврит – песок) здесь обладает характерными чертами.

В интервале 9,32–9,66 м преобладает фракция очень мелкого песка, с глубиной происходит незначительный рост от 21% в интервале 9,32-9,33 м до 24% в интервале 9,65–9,66 м.

С глубины 9,91 м по 10,31 м происходит исчезновение фракций очень грубого и грубого песка, а фракция среднего песка составляет менее 0,1% и увеличивается доля фракций грубого и среднего ила. С глубины 10,03–10,16 м начинает преобладать фракция среднего и мелкого ила.

В интервалах 10,03–10,04 и 10,15–10,16 преобладает фракция среднего ила (23%), на глубине 10,19–10,20 м — фракция очень грубого ила (25%). В самом глубоком слое (10,30–10,31) преобладают очень мелкий песок (28%) и очень грубый ил (23%).

Содержание глинистой фракции с глубиной увеличивается: 0,94% в слое 9,32–9,33 м, 1,68% в слое 9,65–9,66 м, 3,71% в слое 9,91–9,92 м. Максимальное ее содержание наблюдается в интервалах 10,03–10,04 м и 10,15–10,16 м (13,36% и 14,52 % соответственно). Далее с глубиной происходит уменьшение содержания глинистой фракции до 6,71% в интервале 10,30–10,31 м.

Таблица 1

Описание кернов донных отложений оз. Анашкино

Глубина, м	Описание керна
4,00–9,00	Бурый органический сапропель.
9,00–10,75	9,00–9,32 — зелено-бурый сапропель; 9,32–9,60 — глинистый алеврит черного цвета, имеется органический запах и единичные включения желтого цвета, внизу интервала прослой черного цвета; 9,60–9,67 — глинистый алеврит оливково-серого цвета, контакт с нижней пачкой постепенный; 9,67 – граница между минеральными и органическими илами; 9,67–9,73 — глинистый алеврит светлого бежевого цвета, присутствует примесь тонкозернистого песка, граница контакта четкая; 9,73–9,77 — глинистый алеврит с прослоем органики (мощность прослоя 2 см), вверху и внизу интервала присутствуют следы ожелезнения (желтого цвета), контакт четкий; 9,77–9,93 — глинистый алеврит бежевый гомогенный, контакт четкий по органогенному прослою; 9,93–10,03 — бежевый глинистый алеврит с прослоями органогенного детрита, контакт постепенный; 10,03–10,19 — переслаивание коричнево-бежевого алеврита и тонкозернистого песка красно-бурого цвета, контакт постепенный; 10,19–10,32 — переслаивание песчанистого алеврита с тонкозернистым песком серого цвета; 10,32–10,36 — бежевый ил с черными промазками; 10,36–10,49 — бежевый алеврит; 10,49–10,75 — горизонт с красными прослоями песка; 10,54–10,61 — красный песчаный горизонт.

Составлено авторами

Гранулометрический состав донных отложений озера Анашкино (юго-западное Прионежье)

Таким образом, по гранулометрическому составу донных отложений озера Анашкино на интервале 9,32–10,31 м. можно выделить пять периодов (9,32–9,76 м, 9,76–9,97 м, 9,97–10,16 м, 10,16–10,20 м, 10,20–10,31 м), отличающихся режимом седиментации. Это указывает на изменение динамики и уровня воды в этот период истории озера.

Графическое представление гранулометрического состава исследованных проб изображено на диаграммах кривых распределения размерных фракций на рисунке 2 а и 2 б. Группировка фракций выполнена для лучшего представления общих закономерностей и выявления различий в графическом виде.

Таблица 2
Фракционный состав поверхностных проб донных отложений оз. Анашкино

Фракция	Размер фракции, мм	Содержание фракции, %									
		9,32–9,33	9,48–9,49	9,65–9,66	9,75–9,76	9,91–9,92	9,96–9,97	10,03–10,04	10,15–10,16	10,19–10,20	10,30–10,31
очень грубый песок	1–2	0,11	0,02	0,10	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
грубый песок	0,5–1	5,58	1,72	2,14	6,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
средний песок	0,25–0,5	17,68	10,37	9,60	9,78	0,01	0,01	0,00	0,00	0,09	0,02
мелкий песок	0,125–0,25	21,77	20,03	16,88	11,82	5,08	1,13	0,31	0,56	3,78	5,86
очень мелкий песок	0,063–0,125	21,30	25,61	23,78	17,63	17,27	10,06	5,26	6,25	17,29	27,65
очень грубый ил	0,031–0,063	13,64	17,25	18,29	16,66	22,19	19,83	9,51	8,60	24,70	22,83
грубый ил	0,016–0,031	9,84	12,77	14,05	14,78	22,99	25,09	15,82	16,25	19,16	14,10
средний ил	0,008–0,016	6,37	7,89	9,23	11,90	18,30	23,27	23,25	23,14	13,60	10,70
мелкий ил	0,004–0,008	2,16	2,56	3,23	5,18	7,60	11,03	19,63	18,16	8,00	7,10
очень мелкий ил	0,002–0,004	0,61	0,71	1,02	1,94	2,86	4,53	12,87	12,50	5,59	5,02
глина	<0,002	0,94	1,06	1,68	2,54	3,71	5,06	13,36	14,52	7,80	6,71

Составлено авторами

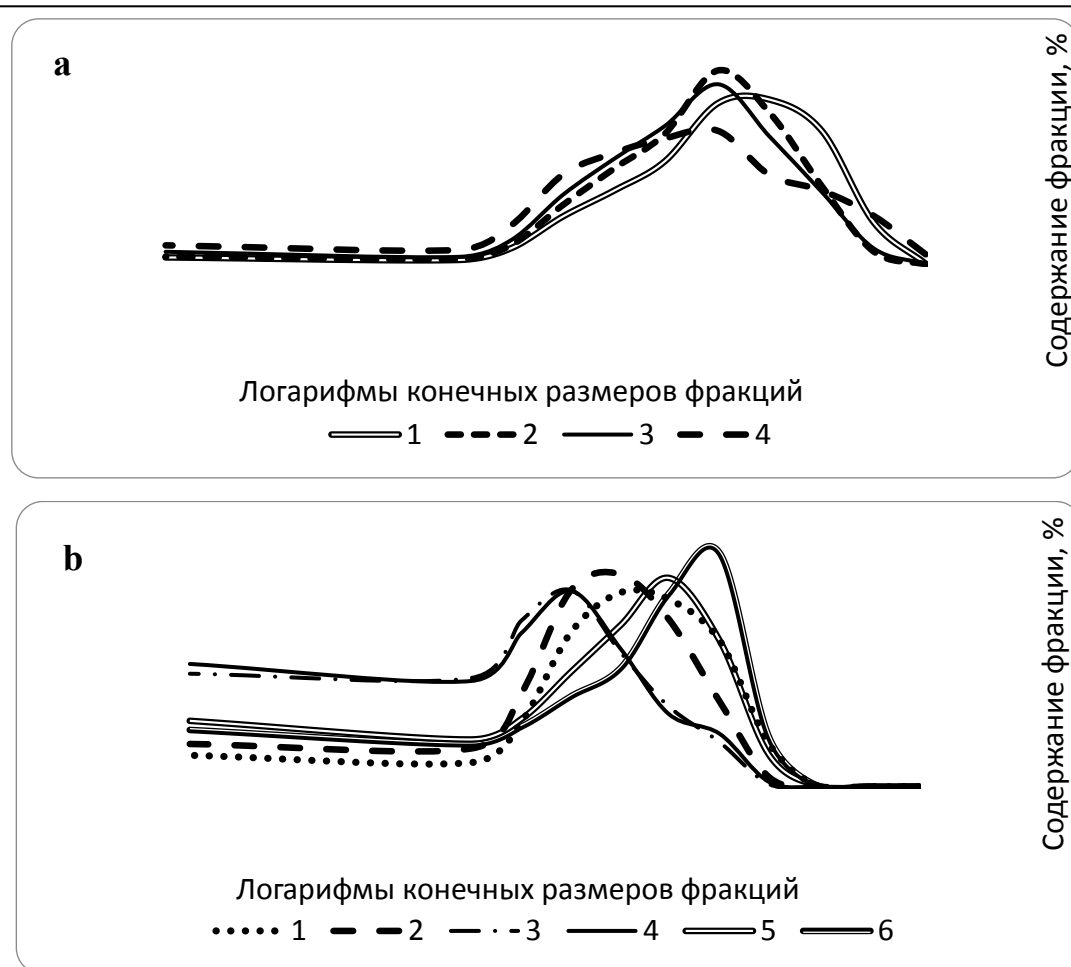


Рис.2. Диаграмма кривых распределения размерных фракций донных отложений:

а – интервал отбора, м

б– интервал отбора, м

1. 9,32–9,33

2. 9,48–9,49

3. 9,65–9,66

4. 9,75–9,76

1. 9,91–9,92

2. 9,96–9,97

3. 10,03–10,04

4. 10,15–10,16

5. 10,19–10,20

6. 10,30–10,31

Составлено авторами

Для расчета коэффициента сортировки (S_o), коэффициента асимметрии (S_k) и коэффициента крупности (K), были построены кумулятивные кривые (рис. 3).

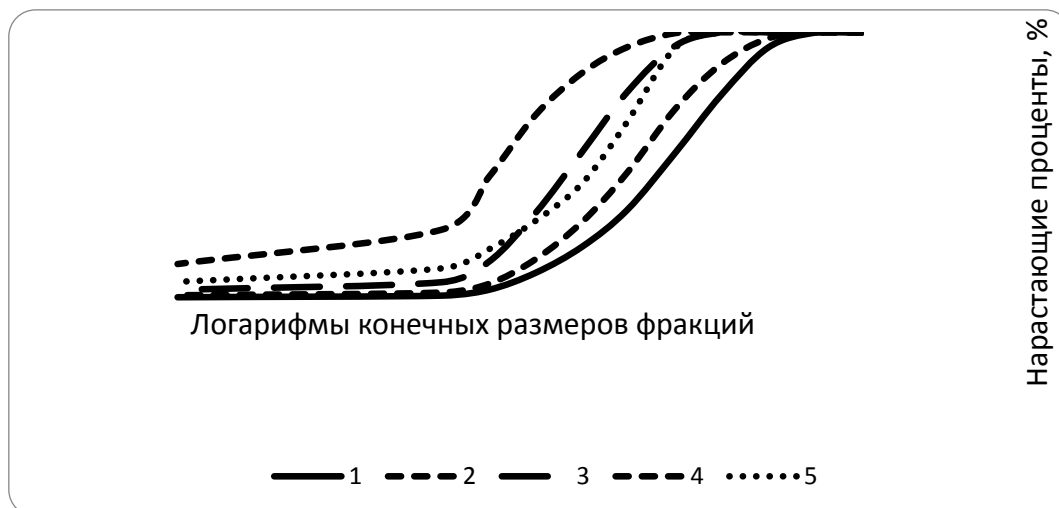


Рис.3. Диаграмма кумулятивных кривых образцов проб донных отложений оз. Анашкино: интервал отбора, м:
1. 9,32–9,33; 2. 9,65–9,66; 3. 9,91–9,92; 4. 10,03–10,04; 5. 10,30–10,31

Полученные результаты представлены на рисунке 4.
Составлено авторами

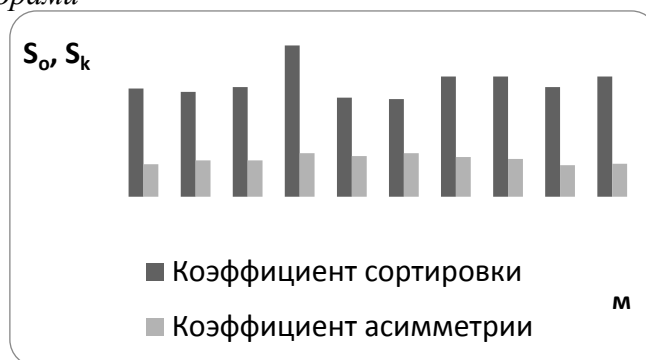


Рис.4. Динамика коэффициента сортировки и коэффициента асимметрии донных отложений оз. Анашкино

Составлено авторами

Изученные донные отложения (9,32–10,32 м) по классификации П. Траска [10], являются, в основном, плохо сортированными осадками (коэффициент сортировки S_0 изменяется от 2,19 до 3,16). Пробы донных отложений интервала 9,91–9,92 м ($S_0 = 2,07$) и 9,96–9,97 м ($S_0 = 2,04$) относятся к средне сортированным осадкам (рис. 4).

Все исследованные пробы характеризуются коэффициентом асимметрии меньше единицы, что свидетельствует о преобладании более крупной фракции в донных отложениях.

Согласно генетической диаграмме Р. Пассега [12] более древние осадки (9,96–10,31 м) отлагались в условиях турбидитных потоков (рис. 5). Для условий накопления более молодых донных отложений (9,32–9,92 м) характерны течения с низкими скоростями.

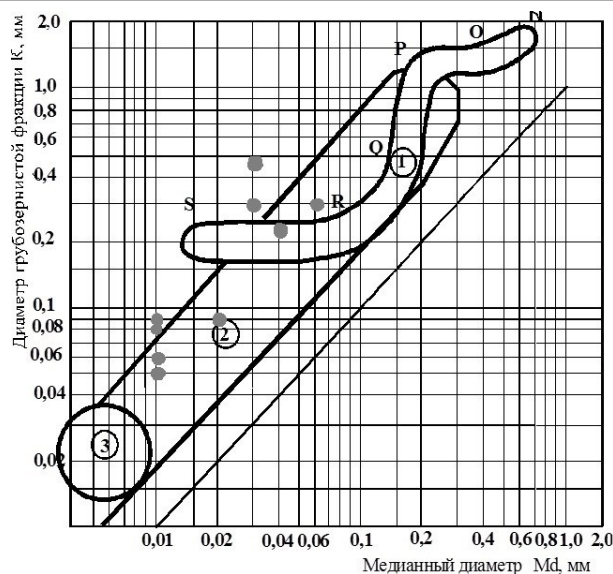


Рис.5. Распределение проб донных отложений озера Анашкина на генетической диаграмме Р. Пассеги

N/O – осадки перекачивания; O/P – осадки перекачивания с незначительным количеством осадков взвеси; P/Q – осадки взвеси с некоторым количеством осадков перекачивания (отложения течений с высокими скоростями); Q/R – отложения течений со средними скоростями; R/S – однородные осадки взвеси (отложения течений с низкими скоростями). 1. Отложения потоков; 2. Турбидитные отложения; 3. Осадки, отложенные из взвеси в спокойных водах.

Составлено авторами

Выводы

Изучение гранулометрического состава проб донных отложений оз. Анашкино выявило чередование слоев с разной крупностью осадка с глубиной залегания: в слое 9,32–9,76 м преобладает фракция очень мелкого песка, в слое 9,91–9,97 м — фракции грубого и среднего ила, на глубине 10,03–10,16 м — фракции среднего и мелкого ила, в интервале 10,19–10,20 м — очень грубый и грубый ил, в интервале 10,30–10,31 м — очень мелкий песок и очень грубый ил. Максимальное содержание глинистой фракции наблюдается в интервалах 10,03–10,04 м и 10,15–10,16 м.

Осадочный материал показал низкий уровень сортировки (S_0 от 2,19 до 3,16), исключая слои 9,91–9,92 м и 9,96–9,97 м.

В процессе формирования донных отложений озера Анашкино в период изменения нивального климата на гумидный произошло пять смен динамических режимов вод.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН).

Литература

1. Субетто Д. А., Прыткова М. Я. Донные отложения разнотипных водоемов. Методы изучения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2016. 89 с.

2. Бискэ Г. С. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск.: Государственное изд-во Карельской АССР, 1959 г. 321 с.
3. Демидов И. Н. Деградация поздневалдайского оледенения в бассейне Онежского озера. // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. С. 134–142.
4. Субетто Д. А., Потахин М. С., Зобков М. Б., Тарасов А. Ю., Шелехова Т. С., Гурбич В. А. Развитие Онежского озера в послеледниковье по результатам ГИС-моделирования // Геоморфология. 2019. № 3. С. 83–90.
5. Zobkov M., Potakhin M., Subetto D., Tarasov A. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations // Journal of Paleolimnology. 2019. 62 (1). P. 53–71.
6. Потахин М. С., Субетто Д. А., Зобков М. Б., Тарасов А. Ю., Гурбич В. А. Реконструкция развития Онежского озера в позднеледниковье ГИС-методами // Палеолимнология Северной Евразии. Опыт, методология, современное состояние. Труды международной конференции. 2016. С. 99–102.
7. Демидов И. Н., Шелехова Т. С. Диатомиты Карелии (особенности формирования, распространения, перспективы использования). Петрозаводск.: КарНЦ РАН, 2006. 9 с.
8. Потахин М. С. Новые данные по морфологии озер Шокшинской гряды (юго-восточное Прионежье) // География: развитие науки и образования. СПб., 2020. С. 152–156.
9. Blott S. J., Pye K. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments // Earth Surface Processes and Landforms. 2001. № 26. P. 1237–1248.
10. Trask P. D. Origin and environment of source sediment of petroleum. Houston, 1932. 281 p.
11. Коваль С. А., Войцеховский Г. В. Компьютерная обработка результатов гранулометрического анализа и их генетическая интерпретация. Воронеж, 2001. 35 с.
12. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits // Sedimentology, 1969, v. 13, N 3–4, P. 233–252.

N. A. Myasnikova | ***Sediment grain-size composition in Lake Anashkino (south-western Onego area)***

Northern Water Problems Institute of the Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences,
Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation
e-mail: nadezda_myasnikova@mail.ru

Abstract. *The lithostratigraphy and grain-size composition of sediments in Lake Anashkino (south-western Onego area) are described. The younger, upper sediment layers showed a prevalence of very fine sand. Further down the sediment, there dominate coarse and medium silt fractions, and down from the depth of 10.03–10.16 m — medium and fine silt. The oldest sediments (at 10.19–10.20 m) feature a prevalence of very coarse and coarse silt, and further below (10.30–10.31 m) there prevail very fine sand and very coarse silt fractions. The prevalent activity in the*

palaeo-hydrodynamic environments in which the ancient sediments (9.96–10.31 m) were deposited was turbidite flows. Younger sediments (9.32–9.92 m) were deposited in the environment of low-velocity flows. The sediment formation pattern in Lake Anashkino during the change from a nival to a humid climate suggests there happened five shifts in dynamic water regimes.

Keywords: *bottom sediments, grain-size distribution, sorting coefficient, fractions, Karelia.*

References

1. Subetto D. A., Prytkova M. YA. Donnye otlozheniya raznotipnyh vodoemov. Metody izucheniya – Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2016. 89 s. (in Russian)
2. Biske G. S. Chetvertichnye otlozheniya i geomorfologiya Karelii. Petrozavodsk.: Gosudarstvennoe izd vo Karel'skoj ASSR, 1959 g. 321 s. (in Russian)
3. Demidov I. N. Degradaciya pozdnevaldajskogo oledeneniya v bassejne Onezhskogo ozera. // Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii. Vyp. 8. Petrozavodsk: Karel'skij nauchnyj centr RAN, 2005. S. 134–142. (in Russian)
4. Subetto D. A., Potahin M. S., Zobkov M. B., Tarasov A. YU., SHElekhova T. S., Gurbich V. A. Razvitie Onezhskogo ozera v poslednikov'e po rezul'tatam GIS-modelirovaniya // Geomorfologiya. 2019. № 3. S. 83–90. (in Russian)
5. Zobkov M., Potahin M., Subetto D., Tarasov A. Reconstructing Lake Onego evolution during and after the Late Weichselian glaciation with special reference to water volume and area estimations // Journal of Paleolimnology. 2019. 62 (1). P. 53–71. (in English)
6. Potahin M. S., Subetto D. A., Zobkov M. B., Tarasov A. YU., Gurbich V. A. Rekonstrukciya razvitiya Onezhskogo ozera v pozdnelednikov'e GIS–metodami // Paleolimnologiya Severnoj Evrazii. Opyt, metodologiya, sovremennoe sostoyanie. Trudy mezhdunarodnoj konferencii. 2016. S. 99–102. (in Russian)
7. Demidov I. N., SHElekhova T. S. Diatomity Karelii (osobennosti formirovaniya, rasprostraneniya, perspektivy ispol'zovaniya). – Petrozavodsk.: KarNC RAN, 2006. 89 s. (in Russian)
8. Potahin M. S. Novye dannye po morfologii ozer SHokshinskoj gryady (yugovostochnoe Prionezh'e) // Geografiya: razvitie nauki i obrazovaniya. SPb., 2020. S. 152–156. (in Russian)
9. Blott S. J., Pye K. Gradistat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments // Earth Surface Processes and Landforms. 2001. № 26. P. 1237–1248. (in English)
10. Trask P. D. Origin and environment of source sediment of petroleum. Houston, 1932. 281 p. (in English)
11. Koval' S. A., Vojcekhovskij G. V. Komp'yuternaya obrabotka rezul'tatov granulometricheskogo analiza i ih geneticheskaya interpretaciya. Voronezh, 2001. 35 s. (in Russian)
12. Passega R., Byramjee R. Grain-size image of clastic deposits // Sedimentology, 1969, v.13, N 3–4, P. 233–252. (in English)

Поступила в редакцию 15.11.2020 г.