

doi: 10.24412/2687-1092-2023-10-142-152



ЛЕДНИКОВО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ОСТРОВОВ БОЛЬШОЙ СОЛОВЕЦКИЙ И БОЛЬШАЯ МУКСАЛМА

✉Корсакова О.П.^{1,2,3}, Репкина Т.Ю.^{3,4}, Вашков А.А.^{1,3}, Зарецкая Н.Е.^{3,4}, Вяткин Е.Д.⁵, Яковлева А.П.⁴

¹Геологический институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

²Мурманский арктический университет, Филиал МАУ в г. Апатиты, Апатиты, Россия

³ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, Россия

⁴Институт географии РАН, Москва, Россия

⁵МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

✉o.korsakova@ksc.ru

Полевые работы, проведенные в 2022-2023 годах на островах Бол. Соловецкий и Бол. Муксалма, были направлены на исследование ледниковых и парагенетически связанных с ними образований. После предварительного дешифрирования дистанционных материалов были проведены литолого-стратиграфическое изучение обнажений в карьерах и в береговом обрыве, а также в шурфах. Установлено, что преобладают ледниковые формы, сопряженные с водно-ледниковыми и ледниково-озерными образованиями. Они сформировались в шовной зоне двух ледниковых лопастей в основном в невскую стадию дегляциации. Сложный гляциоморфологический комплекс образуют угловой массив на о. Бол. Соловецкий и осцилляторную краевую зону на о. Бол. Муксалма.

Ключевые слова: *Соловецкий архипелаг, дегляциация, грядовый рельеф, угловой массив, ледниковые отложения, литолого-стратиграфическое изучение*

Введение. Соловецкий архипелаг разделяет мелководный Онежский залив и глубоководный Бассейн Белого моря. Он находится на контакте Русской плиты и Фенноскандинавского кристаллического щита. В неотектоническом структурном плане архипелаг Соловецких островов представляет северо-западное периклинальное окончание Онежской зоны неотектонических поднятий, разделяющей Онежский и Кандалакшский прогибы и включающей кроме Соловецкого поднятия Западно-Онежское, Восточно-Онежское и Обозерское поднятия [Макаров и др., 2007]. Соловецкий архипелаг в целом испытывает современное поднятие, которое не превышает 1.5 мм/год [Асминг и др., 2022]. Его географическое и структурное положение отразилось на истории развития во время последнего гляциоседиментационного цикла, особенно на стадии последнего оледенения и его деградации. Существующие представления о позиции Соловецких островов в палеогляциологической картине Беломорья предполагают, что это так называемый угловой массив или ледораздельная возвышенность. Она формировалась на стыке двух ледниковых лопастей, одна из которых продвигалась по депрессии Онежского залива, а вторая по юго-восточному продолжению Кандалакшского грабена в Двинском заливе, что отмечено в Отчете о проведении поисков песчано-гравийного материала и песка на Соловецких островах в Приморском районе Архангельской области, представленном А.В. Мелитицким и др. в 1987. Этот вывод сделан на основе анализа состава пород валунного материала в ледниковых отложениях архипелага. В этой работе и в более поздних публикациях [Ekman, Ilyin, 1991; Demidov et al., 2006; Svendsen et al., 2004] ледниковые образования Соловецких островов сопоставлены с краевыми образованиями невской фазы деградации Скандинавского ледникового покрова. В некоторых других работах [Astakhov et al., 2016; Stroeven et al., 2016] Соловецкий архипелаг вообще не учитывался в схемах краевых образований, по-видимому, из-за масштабности представленных в них обобщений. Несмотря на результаты упомянутых выше поисковых работ, предполагающих тщательные геоморфологические и геологические исследования,

включающие и литолого-стратиграфический, и петрографический, и минералогический, и гранулометрический анализы, на итоговой Геологической карте четвертичных образований Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000000 [Астафьев и др., 2012 а, б] обширные ареалы ледниковых образований осташковского возраста показаны в основном на прилегающем шельфе; на большей же части Соловецкого архипелага показаны ареалы ледниково-озерных отложений, болотных и морских. В соответствии с упомянутой картой ледниковые образования основной морена присутствуют только на северо-востоке о. Бол. Соловецкий и на востоке о. Бол. Муксалма.

В настоящее время представлены два мнения о составе осадков, слагающих поверхность архипелага. Одно из них предполагает, что большая часть поверхности Соловецких островов сложена водноледниковыми осадками, а собственно ледниковые занимают подчиненное положение [Астафьев и др., 2012а, б]. Второе мнение, основанное на по данным упомянутого выше отчета о проведении поисков работ на Соловецких островах, подразумевает, что в составе ледникового комплекса преобладают морены, а ледниково-флювиальные и ледниково-озерные отложения имеют значительно меньшее распространение. Решение этого небольшого противоречия имеет значение для реконструкции истории дегляциации Соловецкого архипелага и определения его позиции в системе краевых гряд. Для этого были проведены полевые работы в 2022 и 2023 года (рис. 1) и предварительное дешифрирование дистанционных материалов и топокарт.



Рис. 1. Строения рельефа о Бол. Соловецкий и о Бол. Муксалма и точки наблюдения (А), положение района исследования (Б)

Условными обозначениями показано: (А) – 1 и 2 положение разрезов (желтая цифра указывает номер точки наблюдения), 3 и 4 – геоморфологические границы типов рельефа и подтипов рельефа (показаны белыми цифрами: 1 – ледниковый, грядовый на высотах более 50 м н.у.м., 2 – ледниковый и гляцио-флювиальный холмистый и грядово-холмистый на высотах 23-50 м н.у.м., 3а – ледниковый и флювиогляциальный, переработанный прибрежно-морскими процессами на высотах менее 23 м, полого-холмистый и полого-грядовый, 3б – то же, преимущественно пологоволнистый), 5 – ледниковые и ледниково-флювиальные гряды; (Б) район исследования показан желтым квадратом, штриховкой показаны (по [Астафьев и др., 2012 а, б]): отложения осташковского оледенения (коричневой квадратной – прямой на суше и косой на прилегающем шельфе), ледниково-озерные (голубой косой), морские осадки (синей косой), болотные образования (белой квадратной), лиловой точечной линией показана граница поздней невисской фазы дегляциации. Картографическая основа: (А) - космический снимок Google Earth [<https://www.google.ru/intl/ru/earth/>], (Б) – по [Никифоров и др., 2015].

Методика исследований включала в себя морфометрическое и морфологическое изучение рельефа (анализ поля высот и геоморфологическое дешифрирование космических снимков (КС)), литолого-стратиграфическое изучение имеющихся обнажений и шурфов. Геоморфологические исследования базировались на анализе данных о топографии с использованием топографических картах масштабов 1:200000 - 1:100000 и опубликованных данных о геологическом строении [Астафьев и др., 2012 а,б; Зоренко и др., 1999; Никишин, 1984]. Возможность дешифрирования космических и аэрофотоснимков ограничена густым лесным покровом, поэтому для интерпретации строения рельефа использовались ASTER GDEM с пространственным разрешением 15 м и космические снимки высокого и сверхвысокого разрешения, размещенные на Google Earth (<https://www.google.ru/intl/ru/earth/>). Результаты представлены на рис. 1 А.

Литолого-стратиграфическое изучение разрезов в шурфах и обнажениях выполнялось по общепринятым методикам. При этом послойно описывалась структура и текстура осадков, их цвет с использованием колориметрической системы *Munsell Soil Color Charts*, проводились массовые (50–100) замеры плоскостных (плоскости сланцеватости, границы слоистости) и линейных (длинные оси галек и валунов) элементов в ледниковых отложениях [Аболтиньш, 1989; Методическое руководство..., 1987]. Обработка замеров и построение структурных диаграмм на нижней полусфере равноплощадной сетки Шмидта проводилась при помощи программы OpenStereo 0.1.2. На диаграммах выявлялась плоскость S_1 , соответствующая максимуму на диаграмме полюсов сланцеватости морен. Эта плоскость указывает главное направление движения ледника [Аболтиньш, 1989].

Результаты. В задачи полевых работ входило изучение литолого-стратиграфического строения разрезов, вскрывающих главным образом грядовый рельеф. Было изучено более 20 разрезов в шурфах и обнажениях (см. рис. 1А). К наиболее интересным из них относятся объекты на о. Б. Соловецкий о. Б. Муксулма, которые описаны ниже.

Геологическое строение субмеридиональных гряд в западной части о. Большой Соловецкий (54-22 на рис. 1 а). Гряда ориентирована по азимуту 195°, ее западный склон террасирован, крутизной от 15° до 30°, крутизна восточного склона - около 20°. В стенке, вскрывшей фронтальную часть гряды, почти на всю глубину вскрыт диамиктон, представленный разнотекстурным оливково-серым алевритистым песком с гравием, галькой, валунами до 2 м в диаметре, а также с линзами и карманами оливково-коричневого глинистого разнотекстурного песка с гравием и галькой (рис. 2). Диамиктон имеет неотчетливую плитчатую текстуру. На глубину до 0.9 м под современной почвой в диамиктоне плитчатые текстуры отсутствуют. На восточном склоне гряды к диамиктону прислоняется слой мелко-среднезернистого песка, с пятнистыми текстурами, проявленными за счет цвета от бледно-коричневого до коричневатого-желтого. Мощность песка в нижней части склона достигает 0.9 м. По неровному извилистому нижнему контакту этот песок содержит окатанные гальки и редкие мелкие валуны, по-видимому, представляя поверхность размыва (см. рис. 2).

В диамиктоне А.А. Вашковым были проведены замеры падения полюсов сланцеватости и длинных осей галек и мелких валунов. Их анализ показал, что при формировании гряды слагающей ее материал испытывал давления с запада на восток (см. рис. 2).

Шурф (65°07'07.0"с.ш., 35°41'43.5"в.д.) на вершинной поверхности субширотной гряды в районе наивысшей точки о. Бол. Соловецкий (80.7 м н.у.м.) (21-23 на рис. 1а). Гряда ориентирована по азимуту 260°, на ее поверхность представлен бугристый микрорельеф и террасированные склоны. Северный склон имеет крутизну около 30°, крутизна южного склона – около 20°.

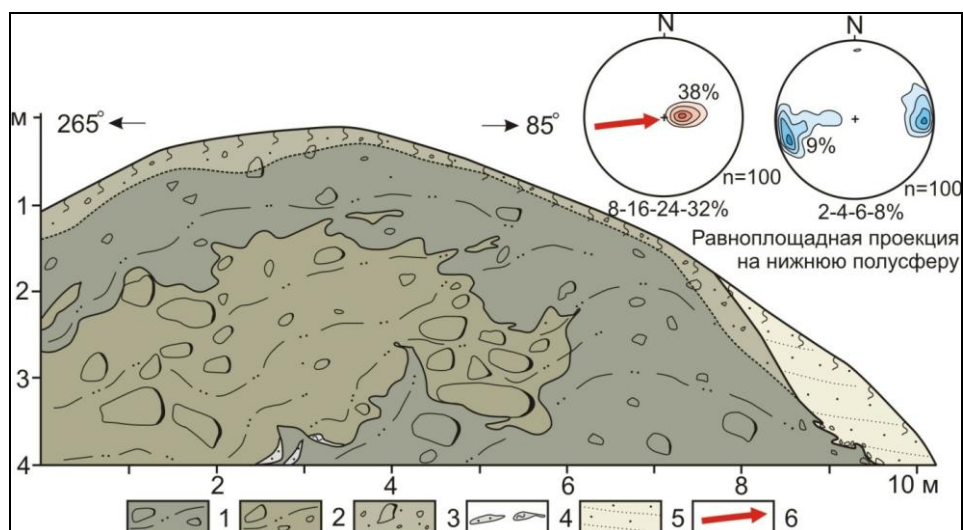


Рис. 2. Строение гряды в западной части острова Соловецкий (составлен Вашковым А.А.).
Условные знаки: 1 – разномерный песок оливково-серый; 2 – то же оливково-коричневый в линзах; 3 – песок бледно-коричневого до коричнево-желтого без сланцеватых текстур; 4 – мелкие линзы песка и алевроита в диамиктоне; 5 – песок мелко-среднезернистые с пятнистыми текстурами; 6 – направление давления ледника.

На глубину 1.4 м вскрыт диамиктон (рис. 3а), представленный оливково-серым мелко-тонкозернистым песком с примесью крупнозернистого песка, с гравием, галькой и валунами, плотный, с тонкой неясной слоистостью. Окатанность грубозернистых частиц, гальки и валунов разная, встречена даже идеально окатанная крупная галька. В верхней части расчистки под дерниной представлен слой песка светло-серого, промытого, мощностью 10-15 см. Под ним до глубины 70 см залегает слой песка, обогащенного гравием, галькой, валунами, в верхней части он серо-коричневый цементированный, мощность цементированной части около 10 см. Глубже 70 см через постепенный переход залегает диамиктон, в котором представлены неотчетливые мелкоплитчатые текстуры.

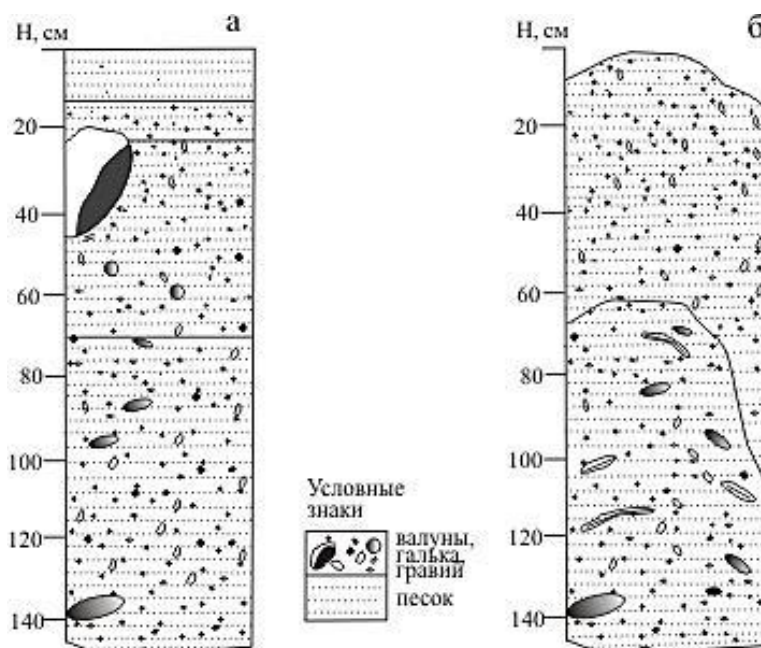


Рис. 3. Строение осадочных последовательностей, слагающих субширотные гряды в центральной (а) и в северо-восточной (б) частях о. Бол. Соловецкий (представлено схематически).

В шурфе, расположенном в 880 м юго-западнее ($65^{\circ}06'49.8''$ с.ш., $35^{\circ}40'59.0''$) на поверхности субмеридиональной гряды (20-23 на рис. 1А), вскрыты аналогичные отложения. Падение сланцеватости в диамиктоне, слагающем эту гряду, указывает, что при формировании гряды ледник оказывал давление предположительно в северо-восточном направлении.

Шурф ($65^{\circ}07'12.4''$ с.ш., $35^{\circ}47'46.6''$ в.д.) на вершинной поверхности гряды в северо-восточной части о. Бол. Соловецкий (52-22 на рис. 1А). Гряда ориентирована по азимуту 220° и входит в состав сложного геоморфологического комплекса, состоящего из нескольких прислоненных друг к другу или разделенных ложбинами коротких гряд разной высоты со ступенчатыми склонами. В межгрядовых понижениях представлен мелкохолмистый рельеф. Относительная высота гряды над дном сопряженной долины 25-30 м, абсолютная высота узкого (от 2 до 8 м) гребня гряды 40-41 м н.у.м. Все эти формы находятся на одном общем основании. Морфологически этот комплекс похож на грядово-кольцевой рельеф абляционной морены, но кольцевые формы здесь проявлены нечетко.

В шурфе на гребне наиболее высокой гряды сверху вниз (рис. 3б) вскрыты желто-коричневый песок разномерный, преимущественно среднезернистый, с многочисленным гравием, галькой и валунами преимущественно хорошо окатанными, плотный, массивный. Нижняя граница неровная, волнистая, с падением в восточной части шурфа под углом 32° по азимуту 110° . Здесь же отмечается и наибольшая мощность слоя, составляющая 1.1 м. Мощность уменьшается до 0.6 м в западной части шурфа. Ниже залегает оливково-серый разномерный, преимущественно мелкозернистый песок с примесью алеврита, с большим количеством гравия, гальки и валунов. Окатанность их ниже, чем в вышележащем слое. Песок нижнего слоя плотный, в верхней части местами сцементированный до состояния конгломерата, по кровле ожелезнен. Ясно выраженных плитчатых текстур не отмечено, местами присутствуют карманы и линзы (мощностью до 2 см) рыхлого светло-оливково-серого песка. Гряда, с поверхности вскрытая шурфом до глубины 1.5 м, предположительно представляет собой асимметричную антиклинальную складку, сформированную при давлении льда с северо-запада на юго-восток.

Обнажение в береговом обрыве в районе мыса Печак в южной части о. Большой Соловецкий (49-22 на рис. 1 А). Обнажение на мысе вскрывает выраженные в рельефе гряды, к которым прилегает вложенная терраса, с террасой гряды сливаются и на севере (по своему простираю). На поверхности террас представлены четко выраженные береговые валы, сложенные галечно-валунным материалом (рис. 4).

В обнажении сделано две расчистки. Расчисткой 1 ($64^{\circ}57'21.0''$ с.ш., $35^{\circ}45'27.2''$ в.д.) вскрыты отложения, формирующие гряду, которая на севере сливается с морской террасой. Снизу вверх гряду слагают (см. рис. 4): - светло-коричневато-серый песок крупнозернистый с примесью гравия и единичной мелкой галькой, с линзами мелкого гравия и галькой, песок хорошо промыт; вскрытая мощность – до 0.4 м; верхняя граница отчетливая, имеет выраженное падение на юго-запад (см. рис. 4, слой 3); - песок разномерный, преимущественно крупнозернистый, с гравием, галькой и валунами (диаметром до 0.6 м), а также с небольшим количеством алеврито-глинистых частиц, которые образуют тонкие корки на крупных обломках, цвет песка оливково-коричневый до темно-серо-коричневого, выраженных текстур не наблюдается; верхняя граница отчетливая, неровная, мощность слоя – 1.25 м (см. рис. 4, слой 2); - валунник с галечно-гравийно-песчаным заполнителем желто-коричневым, валуны преимущественно хорошо окатанные, мощность – около 1.3 м (см. рис. 4, слой 2).

Расчистка 2 ($64^{\circ}57'18''$ с.ш., $35^{\circ}45'05''$ в.д.) вскрывает, по-видимому, осадки, заполняющие гляциодепрессию. Здесь снизу вверх вскрыты:

- объединенные в толщу Б (см. рис. 4): (1) светло-коричневато-серый песок разномерный 0.6-0.7 м мощностью; залегает пачками мощностью от нескольких

сантиметров до 10-12 см, в которых преобладает песок от мелко-среднезернистого до крупнозернистого с гравием.

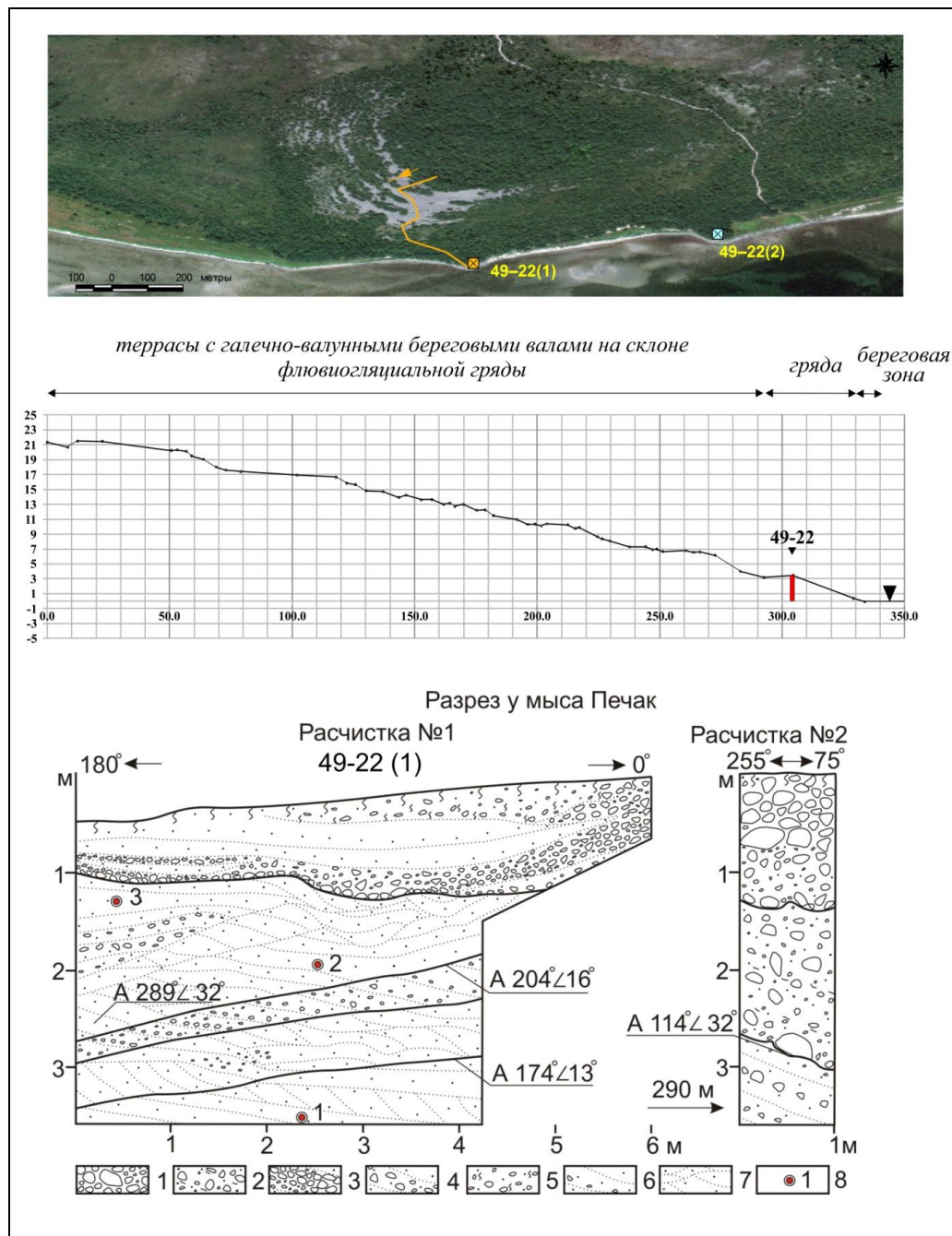


Рис. 4. Строение абразионного берега на юге о. Бол. Соловецкий в районе мыса Печак. Условные обозначения для разрезов: 1–гравийный галечник с валунами и с песчаным заполнителем; 2–песок крупнозернистый с гравием, галькой, валунами и примесью глинистых частиц; 3–переслаивание песков разной зернистости с прослоями гравия и гальки; 4–песок разнозернистый, слоистый, с прослоями песка гравелистого с галькой; 5–песок разнозернистый, с гравием, галькой и органическими остатками; 6 – песок слоистый, с отдельными зернами гравия и гальки; 7–песок мелко- и среднезернистый, слоистый; 8–место отбора образцов на ОСЛ датирование. На космическом снимке Google Earth и тахеометрическом профиле показаны береговые валы.

Песок хорошо промытый, в пачках местами слоистый, слоистость косая перекрестная с падением в западных румбах. Верхняя граница неровная, отбивается по цвету и

грансоставу, падает на запад; (2) бледно-коричневый и коричневый, местами светло-коричневато-серый песок разномзернистый, преимущественно средне-крупнозернистый с гравием галькой и валунами, мощность составляет 1.3-1.5 м. Песок слоистый, слоистость косая перекрестная, линзовидная за счет крупных линз песка крупнозернистого желто-коричневого, с гравием, а также редких линз гравия с мелкой галькой. В нижней части слоя отмечаются линзы песка разномзернистого, преимущественно крупнозернистого, глинистого, коричневого, уплотненного, с тонкими прослойками песков тонко- и мелкозернистого. На границах линз отмечается ожелезнение. Слоистость внутри линз от субпараллельной горизонтальной до косой с падением на границах линз в южных и юго-западных румбах, внутри линз - в западных румбах. Верхняя граница четкая, очень неровная, отбивается по грансоставу и текстурным изменениям, подчеркнута скоплением крупнообломочного материала;

- составляющий толщу Б гравийный галечник с валунами и с песчаным заполнителем (песок коричневый разномзернистый), мощностью до 1.1 м, плотный. В верхних 0.5 м отмечаются включения растительного детрита черного цвета. Выражена линзовидная слоистость за счет линз песка с гравием и гравия. В средней части слоя представлена крупная линза мелко-среднезернистого песка с примесью крупнозернистого песка и единичного гравия; в линзе песок горизонтально слоистый; линза выклинивается по простиранию на расстоянии около 15 м в обе стороны. Валунуны средне и хорошо окатаны, многие уплощены и расположены длиной стороной субгоризонтально.

Строение осадков, выполняющих ложбину в северной части массива Фавор, расположенного в восточной части о. Бол. Муксалма. Долина пересекает массив Фавор и сливается с обширной депрессией, пересекающей остров с севера на юг. Ширина долины – около 35-40 м, днище ее плоское, заболоченное. Борты долины имеют крутизну до 20°(западный) и до 30-35° (восточный). В висячем уступе этой долины (65°02'42" с.ш.; 36°00'53" в.д.) (15-23 на рис. 1 А), открывающейся в сторону моря, сверху вниз выявлены следующие отложения. До глубины 1.70 м под плотной дерниной залегает разномзернистый плотный песок с неупорядоченной текстурой, которая проявляется за счет грансостава и по цвету. Это невыдержанные по мощности и простиранию прослойки с неотчетливыми границами, линзы, карманы. Состав песка преимущественно мелкозернистый, в линзах и карманах – преимущественно средне- или крупнозернистый, содержит большое количество гальки разного размера и валунов разной формы до 50 см в диаметре, окатанность их от неокатанных (в виде плит) до хорошо окатанных. Ориентировка галек и валунов разная, но чаще, особенно в верхней части слоя до глубины 0.9 м, встречаются гальки и валуны, ориентированные длинными осями по азимуту 2–17°. Здесь же отмечается и падение слоев, слоёв и линз, слагающих толщу, вниз по склону под углом 22° (падение склона под углом 25°). Ниже по разрезу падение исчезает и залегание песка становится субгоризонтальным. Цвет песка на глубине 0.27–0.42 м во фронтальной стенке серый из-за оподзоливания, на глубине 0.42-0.60 появляется коричневый оттенок, но местами есть серые пятна и линзы, на глубине 0.6–0.92 цвет становится коричневым, серого меньше, есть пятна коричневого гравийного разномзернистого песка. На глубине 0.92–1.10 появляется линза серого песка, в этой линзе, которая в основном вскрывается в восточной стенке расчистки, песок преимущественно крупнозернистый с гравием, мелкой галькой. На глубине 1.10–1.60 преимущественно мелкозернистый песок с гравием, галькой, уплощенными мелкими валунами опять становится коричневым, оливково-коричневым, появляются карманы и мелкие линзы темно-серого, почти черного мелкозернистого песка с алевритом и органикой. На глубине 1.6–1.67 цвет становится оливково-серым, здесь же отмечаются карманы коричневого гравийного песка с тонкими прослойками серого тонко- мелкозернистого песка, проявляется неясная тонкая слоистость, встречаются единичные мелкие плохо окатанные гальки и крупный гравий. Нижняя граница неровная, отчетливая, по размытой кровле нижележащей органики. По нижней границе прослежена вытянутая линза или прослой

песка с органикой, который в коренном залегании находится в нижележащем слое и фрагменты присутствует в осадках, начиная с глубины 1.40 м от поверхности. По структурно-текстурным признаками это потоковые образования.

На глубины 1.7–1.75 залегает мелкозернистый песок, перенасыщенный органикой, почти черного цвета, с видимыми останками водорослей, который по простиранию выклинивается в восточной стенке расчистки из-за налегания наклонной линзы вышележащего с/з серого песка. В западной стенке заметно расслоение черного песка с органикой и его включения в вышележащие отложения. Здесь же заметно падение слоистости в северном направлении под углом 10°. Нижняя граница отчетливая, отбивается по цвету, слегка размытая, неровная, облекает нижележащие отложения, подчеркнута нижележащим скоплением валунов. Возможно это бассейновые образования.

На глубине 1.77–1.95 (2.00) залегает оливково-серый мелкозернистый песок, плотный, с валунами до 70 см в диаметре, галькой, гравием, очень плотный, мокрый, водоносный (уровень грунтовых вод находится на глубине примерно 2.0 м). Возможно это ледниковый диамиктон.

В неглубоких (до 0.8 м глубиной) закопушках на вершинных поверхностях гряд и вытянутых холмов, составляющих массив Фавор (10-23, 12-23, 13-23 на рис. 1А), установлен плотный диамиктон основной морены, представленный разнозернистым песком и гравием, галькой и валунами, который формировался в условиях ареальной дегляциации.

Обсуждение и выводы. Приведенные полевые данные показывают, что ледниковые образования на о. Бол. Соловецкий распространены гораздо шире, чем это представлено на Государственной геологической карте Российской Федерации [Астафьев и др., 2012а, б]. Здесь они в парагенетической связи с ледниково-озерными и ледниково-флювиальными отложениями морфологически выражены выше уровня верхней морской террасы (20-25 м н.у.м.), что установлено по результатам дешифрирования и на что указано в Отчете о проведении поисков песчано-гравийного материала и песка на Соловецких островах в Приморском районе Архангельской области, представленном А.В. Мелитицким и др. в 1987 г. В составе ледникового комплекса преобладают морены, ледниково-флювиальные и ледниково-озерные отложения имеют значительно меньшее распространение. Ледниковые образования в виде в основном песчанистой морены представлены в центральной части о. Бол. Соловецкий, а также по данным упомянутого отчета на о. Анзерский и о. Бол. Муксалма.

Мощность льда в период максимального развития (18 000 лет назад) в районе Соловецких островов составляла 1200–1300 м, на современном восточном побережье (Онежский полуостров, Двинский и Онежский заливы) – 1000 м, на Карельском берегу – 1500 м [Величко, 1979]. Рецессия ледника началась в древнем дриасе, когда в верховьях Онежского и Двинского заливов образовывались ленточные глины. На Соловецком архипелаге дегляциация сопоставлена с невской фазой, осуществлялась в шовной зоне путем отмирания краевой части лопастей, отделения массивов льда и имела признаки ареальной с второстепенными подвижками и активизацией ледникового края. В результате здесь сформировался угловой массив, представляющий собой гляциоморфологический комплекс, состоящий из ледниковых и водноледниковых гряд разной ориентировки. Они сложены отложениями, содержащими материал из двух источников и испытывавшими динамическое воздействие ледника в двух направлениях. Субширотные гряды в западной части о. Бол. Соловецкий сложены материалом, подвергавшемся давлению с северо-запада на юго-восток, которое могла оказывать лопасть, двигавшаяся по юго-восточному продолжению Кандалакшского грабена в Двинском заливе. В строении субмеридиональных гряд в восточной части о. Бол. Соловецкий присутствуют структуры, которые указывают на динамическое воздействие, направленное на восток и север-восток. Его могла оказывать лопасть ледника, продвигавшегося по депрессии Онежского залива. В понижениях гляциодепрессий поверх

мертвого льда формировались ледниково-флювиальные осадки и ледниково-озерные отложения, способствуя задержанной дегляциации и образованию многочисленных современных озер на месте погребенного мертвого льда.

Приведенные полевые данные по строению ледниковых и водно-ледниковых формирований последнего оледенения показывают, что на о. Бол. Муксалма представлен рельеф, соответствующий отмиранию одного из второстепенных потоков ледниковой лопасти Скандинавского ледника, продвигавшейся по юго-восточному продолжению Кандалакшского грабена в Двинском заливе, на невской стадии скачкообразной дегляциации с кратковременными положительными осцилляциями ледникового края вблизи межлопастной зоны. Во время осцилляций здесь образовались ансамбли ледникового и флювиогляциального холмистого и грядово-холмистого рельефа на высотах 23–50 м н.у.м. Они группируются в более или менее выраженные гирлянды краевых форм, которые пересекаются ложбинами стока талых вод и разделенные гляциодепрессиями. Таким дистальным образованием является массив Фавор, который сформировался на месте отмершего массива льда в краевой зоне. Процесс его таяния сопровождался местным стоком талой воды в приледниковый, или внутрiledниковый, водоем, осадки которого вскрыты в береговом обрыве. Эти осадки частично прикрывают ледниковые образования (диамиктон на глубине 1.77–2.00) массива Фавор.

Ледниковые холмистые и грядово-холмистые морены в современном рельефе не искажены другими процессами, в частности флювиальными, но несут на себе следы преобразования абразионной и аккумулятивной деятельности моря. Это типично для рельефа островов [*Победоносцев, 1972*], в том числе и Соловецких. Грядово-холмистая морена гипсометрически находится выше первой морской террасы, т.е. примерно выше 20–25 м, в среднем 23 м н.у.м., однако ее можно проследить и ниже.

Благодарности Авторы благодарят П.Ю. Беляева и А.Г. Сердюкова, которые взяли на себя тяжелый труд по подготовке расчисток и шурфованию, за неоценимую помощь в полевых изысканиях. Работа выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ №22-17-00081, частично соответствует госзаданию по теме ГИ КНЦ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

Аболтиньш О.П. Гляциоструктура и ледниковый морфогенез. Рига: Зинатне, 1989. 284 с.

Асминг В.Э., Афонин Н.Ю., Бакунович Л.И., Балувев А.С. и др. Строение и динамика литосферы Беломорья / отв. ред. Н.В. Шаров. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2022. 239 с. doi:1017076/lithows2022

Астафьев Б.Ю., Богданов Ю.Б., Воинова О.А., и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-37–Архангельск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012 а. 302 с.

Астафьев Б.Ю., Богданов Ю.Б., Воинова О.А., и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-(35), 36 – Апатиты. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012 б. 436 с.

Величко А.А. Проблемы реконструкции позднеплейстоценовых ледниковых покровов на территории СССР // Известия АН СССР. Сер. геогр. 1979. № 6. С. 21–37.

Зоренко Т.Н., Черемхина Г.М., Корепанов В.С. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Онежская, листы Q-37- XXV, XXVI / Ред. Ю.Г. Старицкий. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 51 с.

Макаров И.И., Шукин Ю.К., Юдахин Ф.Н. Позиция Соловецких островов в неотектонической структуре Беломорья, их природа и современная геодинамика // Литосфера. 2007. № 3. С. 86-94.

Методическое руководство по изучению и геологической съемке четвертичных отложений / под редакцией Г.С. Ганешина. Л.: Недра, 1987. 308 с.

Никифоров С.Л., Кошель С.М., Фроль В.В. и др. О методах построения цифровых моделей рельефа дна (на примере Белого моря) // *Океанология*. 2015. Т. 55. № 2. С. 326–336. doi: 10.7868/S0030157415020136

Никушин Н.А. Особенности развития Соловецких островов в голоцене // *Вестник МГУ. Сер. 5. География*. 1984. № 5. С. 55–57.

Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation // *Quaternary International*. 2016. Vol. 420. P. 4–14. doi: 10.1016/j.quaint.2015.09.024

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjær K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas*. 2006. Vol.35. P. 425–443. doi: 10.1080/03009480600781883

Ekman I., Iljin V. Deglaciations, the Younger Dryas End Moraines and their correlation in Russian Karelian and adjacent areas. Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines / Eds. H. Rainio, M. Saarnisto. GSF: Espoo, 1991. P. 73–101

Stroeven A.P., Hätterstrand C., Kleman J. et al. Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews*. 2016. Vol. 147. P. 91–121. doi:10.1016/j.quascirev.2015.09.016

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V. et al. Late Quaternary Ice Sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews*. 2004. Vol. 23, № 11–13. P. 1229–1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008

GLACIAL ACCUMULATIVE FORMATIONS OF BOLSHOY SOLOVETSKY AND BOLSHAYA MUKSALMA ISLANDS

Korsakova O.P.^{1,2,3}, Repkina T.Yu.^{3,4}, Vashkov A.A.^{1,3}, Zaretskaya N.E.^{3,4}, Vyatkin E.D.⁵, Yakovleva A.P.⁴

¹Geological Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

²Murmansk Arctic University, Branch of the MAU in Apatity, Apatity, Russia

³VNIOkeangeologia, St. Petersburg, Russia

⁴Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

⁵Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Field work carried out in 2022–2023 on the islands Bolshoy Solovetsky and Bolshaya Muksalma, was aimed to the study of glacial and meltwater-glacial formations. After preliminary decoding of distance materials, lithological and stratigraphic studies of outcrops in quarries and in the coastal cliff, as well as in pits, were carried out. It has been established that glacial landforms associated with water-glacial and glacial-lake formations prevail. They formed in the suture zone of two glacial lobes mainly during the Neva stage of deglaciation. A glaciomorphological complex forms an angular massif on the Island Bolshoy Solovetsky and the oscillatory marginal moraine zone on the Island Bolshaya Muksalma.

Keywords: *Solovetsky Archipelago, deglaciation, ridge relief, angular massif, glacial deposits, lithological and stratigraphic study*

REFERENCES

Aboltinsh O.P. Glaciostructure and glacial morphogenesis. Riga: Zinatne, 1989. 284 p.

Asming V.E., Afonin N.Yu., Bakunovich L.I., Baluev A.S. and others. Structure and dynamics of the lithosphere of the White Sea / ed. ed. N.V. Sharov. Petrozavodsk: Karelian Research Center RAS, 2022. 239 p. doi:1017076/lithows2022

Astafiev B.Yu., Bogdanov Yu.B., Voinova O.A., et al. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Baltic series. Sheet Q-37–Arkhangelsk. Explanatory letter. SPb.: VSEGEI Cartographic Factory, 2012 a. 302 pp.

Astafiev B.Yu., Bogdanov Yu.B., Voinova O.A., et al. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Baltic series. Sheet Q-(35), 36 – Apatity. Explanatory letter. SPb.: VSEGEI Cartographic Factory, 2012 b. 436 pp.

Velichko A.A. Problems of reconstruction of Late Pleistocene ice sheets on the territory of the USSR // *Izvestia of the USSR Academy of Sciences. Ser. geogr.* 1979. No. 6. pp. 21–37.

Zorenko T.N., Cheremkhina G.M., Korepanov V.S. and others. State geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000. Second edition. Onega series, sheets Q-37-XXV,XXVI / Ed. SOUTH. Staritsky. St. Petersburg: VSEGEI, 1999. 51 p.

Makarov I.I., Shchukin Yu.K., Yudakhin F.N. Position of the Solovetsky Islands in the neotectonic structure of the White Sea region, their nature and modern geodynamics // *Lithosphere.* 2007. No. 3. P. 86-94.

Methodological guide to the study and geological survey of Quaternary deposits / edited by G.S. Ganeshina. L.: Nedra, 1987. 308 p.

Nikiforov S.L., Levchenko O.V., Koshel S.M., Frol V.V., Popov O.E. On The Methods For The Construction Of Seabed Digital Elevation Models (Using The Example Of The White Sea) // *Oceanology.* 2015. Vol. 55. № 2. P. 296-305. doi: 10.7868/S0030157415020136

Nikishin N.A. Features of the development of the Solovetsky Islands in the Holocene // *Bulletin of Moscow State University. Ser. 5. Geography.* 1984. No. 5. P. 55-57.

Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation // *Quaternary International.* 2016. Vol. 420. P. 4–14. doi: 10.1016/j.quaint.2015.09.024

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjær K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas.* 2006. Vol.35. P. 425–443. doi: 10.1080/03009480600781883

Ekman I., Iljin V. Deglaciations, the Younger Dryas End Moraines and their correlation in Russian Karelian and adjacent areas. Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines / Eds. H. Rainio, M. Saarnisto. GSF: Espoo, 1991. P. 73–101

Stroeven A.P., Hätterstrand C., Kleman J.et al. Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews.* 2016. Vol. 147. P. 91–121. doi:10.1016/j.quascirev.2015.09.016

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V. et al. Late Quaternary Ice Sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Science Reviews.* 2004. Vol. 23, № 11–13. P. 1229–1271. doi: 10.1016/j.quascirev.2003.12.008