

Строение ребристых морен в юго-западной части Кольского региона

Вашков А. А.^{1,2}, Корсакова О. П.^{1,2}, Толстобров Д. С.¹, Коваленко Н. А.^{1,3}, Сергиенко Д. Д.^{1,3}

¹ Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, a.vashkov@ksc.ru

² ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург

³ Апатитский филиал МАУ, Апатиты

Аннотация. В юго-западной части Кольского региона и северной Карелии широко развит параллельно-грядовый рельеф ребристых морен. Анализ цифровых моделей рельефа и космических изображений в последнее время позволил установить, что эти формы сосредоточены на четырех участках. В данной работе были получены первые результаты о геологическом строении ребристых морен Кольского региона. Их формообразующая толща представлена диамиктоном серого и оливково-серого цвета, с характерной сланцеватой и слоистой текстурой. На дистальном склоне отдельных гряд установлены деформированные осадки водно-ледникового генезиса. Анализ ориентировки слоистости и длинных осей крупнообломочного материала в диамиктоне позволил реконструировать направления давления ледника при формировании гряд. Образование комплексов параллельно-грядового рельефа происходило во время фаз деградации последнего оледенения, в субгляциальных условиях прикраевой зоны небольших ледниковых лопастей и языков. Топография местности в районе современного Кандалакшского залива Белого моря обусловила здесь схождение нескольких ледниковых лопастей. Деформация рыхлых осадков ледникового ложа в условиях торможения отдельных ледниковых лопастей привела к формированию гляциодислокаций в виде чешуй и надвигов. Простирание этих гляциоструктур направлено перпендикулярно движению ледника. Во время последующей дегляциации в позднеледниковье, а также в голоцене сформированный параллельно-грядовый рельеф ребристых морен был частично преобразован процессами морской абразии.

Ключевые слова: Кольский полуостров, Белое море, роген-морены, диамиктон, моренная гряда, последний ледниковый покров.

Structure of ribbed moraines in the southwestern part of the Kola region

Vashkov A. A.^{1,2}, Korsakova O. P.^{1,2}, Tolstobrov D. S.¹, Kovalenko N. A.^{1,3}, Sergienko D. D.^{1,3}

¹ Geological Institute, KSC RAS, Apatity, a.vashkov@ksc.ru

² FSBI «VNIIOkeangeologia», St. Petersburg

³ Apatity branch of MAU, Apatity

Abstract. In the southwestern part of the Kola region and northern Karelia, the parallel-ridge relief of ribbed moraines is widespread. Analysis of digital elevation models and satellite images has revealed that these forms are concentrated in four areas. In this work, the first results were obtained on the geological composition of the ribbed moraines in the Kola region. Their land-forming deposits are represented by diamicton of grey and olive-grey colour, with a characteristic foliated and bedded texture. On the distal slope of individual ridges, deformed sediments of glaciofluvial origin are found. Analysis of the orientation of bedding and the long axes of coarse material in diamicton made it possible to reconstruct the directions of glacier pressure during the formation of the ridges. The formation of parallel-ridge relief complexes occurred during the degradation phases of the last glaciation, in the subglacial conditions of the marginal zone of small glacial lobes and tongues. The topography of the area of the modern Kandalaksha Bay of the White Sea determined the convergence of several glacial lobes here. Deformation of loose deposits of the glacial bed under conditions of braking of individual glacial lobes led to the formation of glaciotectionic deformations in the form of stacks and thrusts. These glaciostructures were striked transversely to the glacier movement. During the subsequent deglaciation in the Late Glacial and Holocene, the parallel-ridge relief of ribbed moraines was partly changed with marine erosion.

Key words: Kola Peninsula, White Sea, Rogen moraines, diamicton, moraine ridge, last glaciation.

Введение

Для определения динамики распространения и деградации ледниковых покровов необходимо изучение всех разновидностей ледникового ландшафта, развитого в регионе. Направления дви-

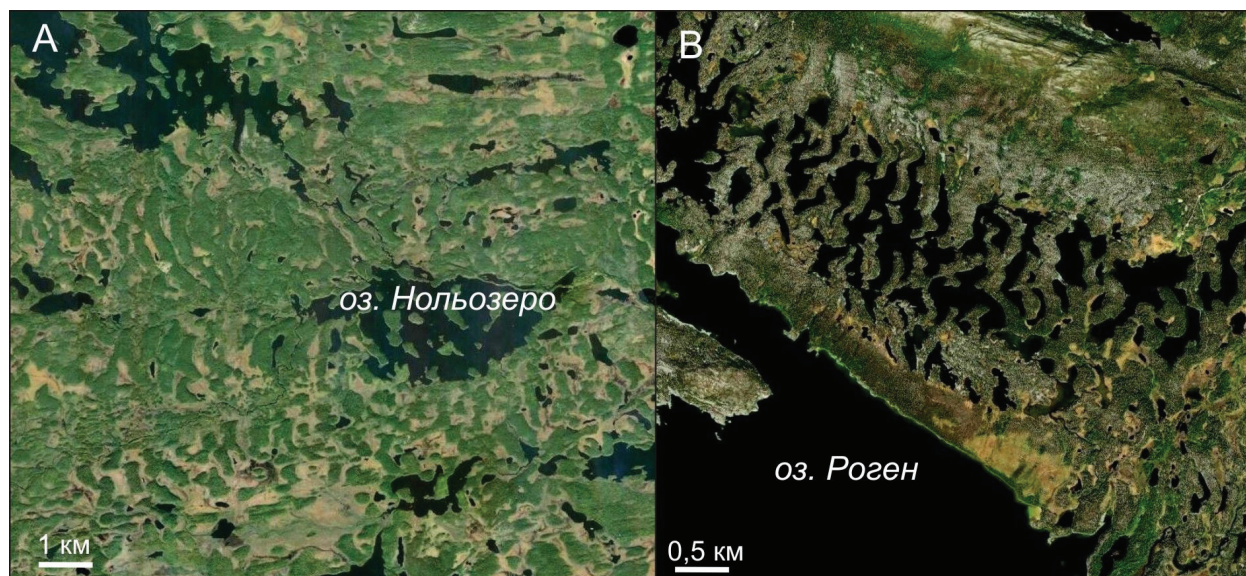


Рис. 1. Роген-морены в районе оз. Нольозеро, Северная Карелия (А) и в районе оз. Роген, северо-западная Швеция (В).

Fig. 1. Rogen-moraines in the area of lake Nol'ozero, North Karelia (A) and in the area of lake Rogen, northwestern Sweden (B).

жения покровных ледников в Кольском регионе традиционно реконструируются по ориентировке субгляциальных ледниково-экзарационных и аккумулятивных форм (Стрелков и др., 1976; Евзеров, Кошечкин, 1980; Евзеров, Николаева, 2000; Hätterstrand, Clark, 2006; Wishborrow et al., 2010; Boyes et al., 2021). В Кольском регионе среди субгляциальных аккумулятивных форм ранее были выделены друмлины, холмистые морены, флютинг-морены и роген-морены (Дедков и др., 1989). Наиболее надежной информацией для реконструкции движения льдов является направление простираения друмлинов и их полей. Также особого внимания заслуживают области распространения ребристых морен, представленных грядами роген-морены или моренами Де-Геера (Лаврушин, 1976; Möller, 1987, 2006; Benn, Evans, 1998). Характерный параллельно-грядовый рельеф ребристых морен ориентирован, в отличие от друмлинов, перпендикулярно направлению течения льда (рис. 1). В строении ребристых морен ранее были установлены преимущественно ледниковые отложения, но механизм их формирования продолжает вызывать дискуссии (Aario, Forsström, 1979; Каплянская, Тарноградский, 1993; Möller, 2006).

В настоящее время использование космических изображений и цифровых моделей рельефа (ЦМР) высокого разрешения позволило значительно уточнить распространение этих форм рельефа в регионе (Hätterstrand, Clark, 2006; Boyes et al., 2021). В то же время в Кольском регионе ранее не были известны особенности геологического строения этих форм. В результате этого отдельные участки развития ребристой морены разными авторами соотносятся с краевыми моренами (Niemelä et al., 1993), холмистой мореной (Дедков и др., 1989) или полями камов (Государственная..., 2021).

Методы исследования

Сбор материалов для настоящего исследования проводился во время полевых работ в 2017, 2022 и 2023 гг. В пределах распространения ребристых морен было изучено 8 разрезов, обнаруженных в стенках заброшенных карьеров и придорожных выемках (1–8 на рис. 2). В разрезах исследовались особенности структуры и текстуры ледниковых и водно-ледниковых отложений. Цвет отложений определялся при помощи колориметрической системы *Munsell Soil Color Charts*. Детальное изучение текстуры ледниковых отложений производилось с помощью массовых замеров азимутов и углов падения плоскостных (плоскости сланцеватости, границы слоистости) и линейных (длинные оси галек и валунов) элементов (Аболтиный, 1989). Выполнялось по 25–100 заме-

ров в слое. Обработка полученных данных проводилась при помощи программы OpenStereo 0.1.2, структурные диаграммы строились на нижней полусфере равноплощадной сетки Шмидта.

Гранулометрический анализ проводился в лабораторных условиях на ситах рассеивающей машины Retsch AS Control 300. Использовались сита диаметром 10, 5, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.1, 0.05 и 0.025 мм. Ледниковые отложения (диамиктон) просеивались при подаче воды с вымыванием фракции менее 0.025 мм.

Петрографический анализ галечной фракции (10–100 мм) диамиктона проводился на материале, отобранном непосредственно из обнажений (вес пробы до 20 кг). При помощи мокрого ситового отсева извлекались обломки галечной размерности. Затем, используя стереоскопический микроскоп (бинокуляр), обломки были разделены на группы пород и подсчитано их процентное соотношение. Выделенные группы сопоставлялись с коренными породами района исследования и близлежащих территорий.

В полевых условиях в результате нивелирования склонов и гребней гряд были получены гипсометрические профили грядового рельефа. Также производились замеры крутизны склонов гряд, определялось положение террасовидных площадок, бровки и тылового шва. Данные по длине, ширине, высоте и ориентировке гряд были получены с помощью анализа ЦМР ArcticDEM разрешением 2 м (Porter et al., 2018).

Результаты

В юго-западной части Кольского региона и северной Карелии ребристые морены развиты на компактных участках различных размеров (табл. 1). Данные участки формируют три основных площади: Вересельга-Колвицкую (I на рис. 2), Кандалакшскую (II) и Северо-Карельскую (III). В пределах каждой площади выделено от 2 до 4 участков, а также встречаются отдельные гряды и небольшие группы гряд (рис. 2). Основные характеристики участков приведены в таблице 1.

Таблица 1. Участки распространения ребристой морены в Кольском регионе (положение на рис. 2)
Table 1. Areas of distribution of ribbed moraine in the Kola region (position in Fig. 2)

Участок	Площадь, км ²	Число цепей гряд (шт.)	Высота, м н.у.м.	Ориентировка гребней и цепочек гряд
Вересельга-Колвицкая площадь (I)				
Вересельгский (а)	268	90	25–75	45–225°
Колвицкий (b)	72	35	20–85	10–190°
Кандалакшская площадь (II)				
Лупче-Савинский (а)	41	90	20–145	40–220°
Ульяшевский (b)	12	15	15–60	20–200°
Кандинский (с)	67	25	5–115	10–190°
Волейский (d)	13	15	5–60	15–195°
Северо-Карельская площадь (III)				
Нольозерский (а)	163	60	40–80	345–165°
Каменный (b)	20	20	35–60	350–170°

В пределах каждого участка развит комплекс параллельно-грядового рельефа и разделяющих гряды котловин, иногда занятых озерами. Гряды обычно имеют длину 0.5–1.6 км, ширину 0.12–0.25 км и высоту 5–14 м, отдельные крупные гряды достигают высоты до 20 м. В плане гряды слабоизвилистые, чаще спрямленные. Гребень уплощенный, шириной до 50 м. Гряды часто выстраиваются в цепи из 2–8 гряд. Эти параллельные друг другу цепи располагаются на расстоянии 0.2–0.6 км друг от друга. Ориентировка как цепей гряд, так и гребней отдельных гряд в пределах участков в целом выдержана в одном направлении (табл. 1). Характерной особенностью всех участков является расположение на высотных отметках от первых метров до 100 м над уровнем моря (н.у.м.). Только в пределах Кандинского и Лупче-Савинского участков отдельные гряды располагаются на высотах до 145 м н.у.м.

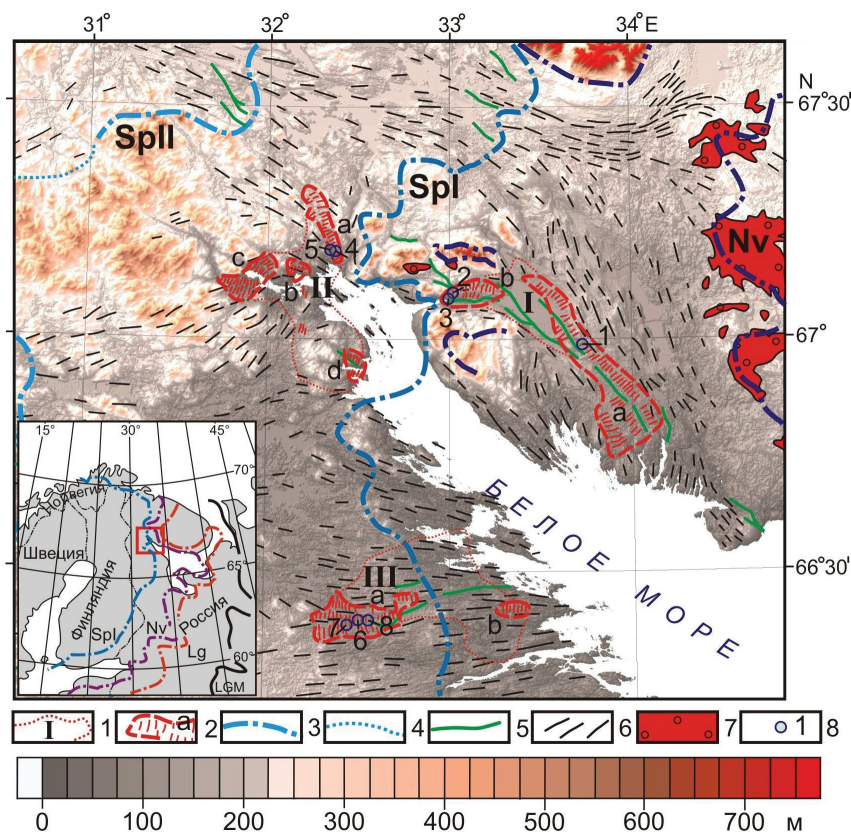


Рис. 2. Распространение ребристой морены в юго-западной части Кольского региона.

1 – площади распространения (I – Вересельга-Колвицкая, II – Кандалакшская, III – Северо-Карельская), 2 – участки в пределах площадей и направления простираения гряд, 3 – границы фаз сокращения ледникового покрова, 4 – то же, предполагаемые, 5 – озы, 6 – линейно ориентированный субгляциальный рельеф (включая друмлины), 7 – участки холмистой морены, 8 – пункты исследования и их номера. Буквами на врезке обозначены фазы сокращения последнего ледникового покрова: LGM – максимум последнего оледенения, Lg – Лужская фаза, Nv – Невская фаза, SpI – фаза Салпаусселька I, SpII – фаза Салпаусселька II.

Fig. 2. Distribution of the ribbed moraine relief in the southwestern part of the Kola region.

1 – area of distribution (I – Vereselga-Kolvitsa, II – Kandalaksha, III – North Karelian), 2 – locations within the areas and direction of strike of the ridges, 3 – boundaries of phases of ice cover reduction, 4 – the same, supposed, 5 – eskers, 6 – subglacial lineations (including drumlins), 7 – hummocky moraine areas, 8 – research points and their numbers. The letters in the inset indicate the stages of reduction of the last ice sheet: LGM – maximum of the last glaciation, Lg – Luga Stage, Nv – Neva Stage, SpI – Salpausselka I Stage, SpII – Salpausselka II Stage.

Строение параллельно-грядового рельефа исследовалось на Вересельгском, Колвицком, Лупче-Савинском и Нользерском участках (рис. 2). В строении всех изученных гряд был обнаружен диамиктон с характерной слоистой и сланцеватой текстурой. Склоны гряд в отдельных случаях перекрыты разнозернистыми песками с прослоями алевроитов, иногда с разрывными и складчатыми деформациями.

Так, в строении гряды в пределах Вересельгского участка (1 на рис. 2, N 66°59'11.4", E 33°43'51.1") участвует толща диамиктона мощностью 2.8 м, залегающая на песках серых, мелкозернистых м.з. Диамиктон представлен в основном песком разнозернистым р.з. оливково-серым, с большим количеством гравия, гальки и валунов. Крупные гальки и валуны имеют плохую степень окатанности и представлены почти исключительно выветрелыми роговообманковыми перидотитами комплекса Застейд, которые выходят на дочетвертичную поверхность вблизи юго-восточного берега Колвицкого озера (Геологическая., 2001). В интервале 1.25–2.15 м от подошвы слоя в диамиктоне наблюдается большое число линз песка серого тонкозернистого т.з. и светло-серого м.з. Линзы песков иногда содержат тонкие прослои алевроитов. Толщина линз достигает 8–10 см, для них характерна извилистая форма, иногда отмечается субвертикальное залегание.

ние. В интервалах 0.35–1.25 и 2.15–2.8 м от подошвы диамиктон не имеет упорядоченной текстуры и обогащен крупной галькой и валунами. Интервал до 0.35 м от подошвы представляет собой асси-миляционную зону диамиктона по нижележащим пескам серым, м.з. и т.з. В нижележащих серых песках отмечается субгоризонтальная слоистость с многочисленными складчатыми и флексу-рообразными нарушениями малой амплитуды. Также в этих песках отмечаются линзы и прослои песка серого, м.з., с гравием, галькой и валунами, в основном представленными выветрелыми роговооб-манковыми перидотитами. Контакт диамиктона и нижележащих песков в разрезе неровный, волни-стый, с выраженным падением по азимуту 16° под углом 12° , а ненарушенная слоистость в песках имеет падение по азимуту 176° под углом 10° .

Во внутреннем строении моренной гряды в составе Колвицкой площади (2 на рис. 2, N $67^\circ 06' 20.4''$, E $33^\circ 01' 47.1''$) установлен диамиктон мощностью свыше 2.4 м. Диамиктон оливково-серый, в основном представлен песком м.з., с гравием, галькой, валунами. В нем отме-чается слоистая и сланцеватая текстура за счет тонких прослоек (от 1–2 мм до 2–3 см) песка м.з. и с.з. бледно-желтого и песка светло-коричнево-серого к.з., с гравием. Прослои неровные, извили-стые, образуют текстуру течения с изгибами вокруг крупных галек и валунов. В верхней части слоя прослои песков деформированы в виде микро-складок. Верхний интервал диамиктона мощностью от 0.4 до 0.7 м имеет светло-оливково-серую и желто-коричневую окраску. В верхней части (0.2 м от кровли) рыхлый, ниже (до 0.7 м от кровли) уплотненный и слабо сцементированный, пред-ставлен в основном глинистым песком с большим количеством гравия, гальки и валунов, содержа-ние которых по слою неравномерное.

Строение параллельно-грядового рельефа в пределах Лупче-Савинского участка было иссле-довано в крупном карьере (4 на рис. 2, N $67^\circ 11' 48.3''$, E $32^\circ 21' 36.2''$). Карьер вскрывает строе-ние гряды высотой до 12 м, с гребнем, ориентированным по азимуту 20–200°. С поверхности гря-ды на отметках около 70 м н.у.м. отмечается валунная мостовая из обломков диаметром 0.5–1.2 м. Ниже отметок 60 м н. у. м. склоны гряды террасированы. На разных бортах карьера было заложено 7 расчисток. Наиболее высокая часть гряды вскрыта в расчистке 1 (P1 на рис. 3). Здесь до глуби-ны 5 м вскрыт диамиктон с переслаиванием песка т.з. и м.з., глинистого, серого и песка р.з., преи-мущественно с.з., оливково-серого. В толще наблюдается большое количество гравия, гальки и ва-лунов. Диамиктон обладает слоистой текстурой за счет тонких прослоев и линз песка волнистой, извилистой формы толщиной до 3 см. Линзы и прослои в целом ориентированы субгоризонтально, вблизи валунов диаметром более 0.3 м образуют складкообразные структуры. Материал в линзах представлен песком светло-оливково-коричневым р.з., преимущественно м.з., плотным, с гравием. В интервалах диамиктона 1.2–2 м и 3.7–4.5 м от поверхности производились замеры ориентировки падения длинных осей галек. На обеих диаграммах видно два отчетливых максимума, с ориентиров-кой, близкой к простираанию гребня гряды (рис. 3).

В нижней части карьера, в интервале до 6 м выше дна карьера в расчистке 6 вскрыт диамик-тон оливково-серый, с преобладанием в составе песка с.з. и м.з., с относительно большим, чем в рас-чистке 1, содержанием крупнообломочной фракции. Длинные оси галек и валунов в этой части раз-реза ориентированы поперек простираанию гряды и имеют один отчетливый максимум по азимуту $115\text{--}125^\circ$.

На северо-западном склоне гряды кровля диамиктона, аналогичного вскрытому в расчистке 1, залегает на глубине 2 м (P2 на рис. 3). Над ним залегают пески светло-коричневато-серые, р.з., пре-имущественно с.з., с гравием, слоистые за счет прослоев и линз песка к.з., гравелистого. Прослои и линзы толщиной до 12 см, падают по азимуту 167° под углом 16° . Кровля этих песков ровная, го-ризонтальная. Над ними залегает алевроит оливковый, с неоднородным содержанием примесей песка т.з. и м.з. В алевроите встречаются отдельные обломки гравия, гальки и валунов (до 0.7 м в диаметре). В интервале 0.25–0.35 м выше подошвы слоя в алевроите наблюдаются прослои с большим количе-ством обломков морских раковин фиолетового цвета. Толщина таких прослоев – до 5 см. Верхняя часть слоя алевроитов наиболее опесчанена, бледно-оливковой окраски. Мощность алевроитов до 0.8 м. Над ними залегает песок светло-коричневато-серый, р.з., преимущественно м.з., слоистый за счет

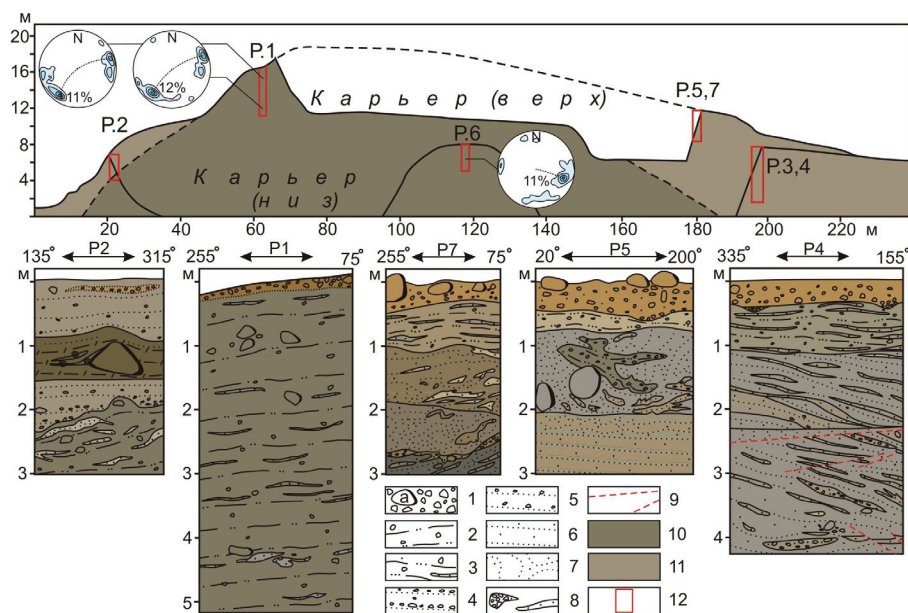


Рис. 3. Строение моренной гряды вблизи пос. Лупче-Савино.

Общая схема карьера (сверху) и схемы расчисток 2, 1, 7, 5 и 4.

1 – гравийно-галечный материал с валунами (а – отдельные валуны более 0.5 м в диаметре), 2 – диамиктон, 3 – песок глинистый, с гравием и галькой, слоистый, 4 – песок р.з., с прослоями гравия и гальки, 5 – песок р.з., с включениями гравия, 6 – песок с.з. и м.з., слоистый, 7 – песок м.з. и т.з., с деформированной слоистостью, 8 – линзы, 9 – разрывные нарушения (сдвиги, сбросы); обозначения на схеме карьера: 10 – диамиктон, 11 – песчаные отложения, 12 – расчистки и их номера. Диаграммы ориентировки длинных осей крупнообломочного материала построены на нижней полусфере сетки Шмидта. Изолинии плотности проведены через 2.5–5–7.5–10 %.

Fig. 3. The structure of the moraine ridge near Lupche-Savino Settlement.

General scheme of the quarry (top) and outcrops 2, 1, 7, 5 and 4.

1 – gravel-pebble material with boulders (a – individual boulders more than 0.5 m in diameter), 2 – diamicton, 3 – clayey sand, with gravel and pebbles, bedded, 4 – sand fine-to coarse grained, with layers of gravel and pebbles, 5 – sand fine-to coarse grained, with gravel inclusions, 6 – sand medium- and fine-grained, bedded, 7 – sand fine-grained, with deformed bedding, 8 – lenses, 9 – shears and faults; symbols on the quarry scheme: 10 – diamicton, 11 – sand, 12 – outcrops and their numbers. Diagrams of the orientation of the long axes of coarse material are plotted on the lower hemisphere of the Schmidt net. Isolines of density are drawn through 2.5–5–7.5–10 %.

смены окраски на желто-коричневую и за счет прослоев песка с примесью гравия и гальки. В верхней части слоя отмечаются линзы песка р.з., преимущественно к.з., коричнево-желтого, с гравием, галькой и небольшими валунами. Мощность толщи песков над алевритом – до 1 м.

На юго-восточном склоне гряды, пересеченной карьером, диамиктон в основании разреза не был вскрыт. В нижней части расчисток 3 и 4 (P4 на рис. 3) наблюдается переслаивание двух разностей песка. Первая разность представлена песком оливково-серым, м.з. и т.з., плохо сортированным, с неоднородным содержанием глинистых частиц, слоистым. Слоистость выражена за счет тонких прослоев песка м.з. и с.з., серого, с отдельными зернами гравия. Иногда в песок включены галька и валуны. Вторая разность представлена песком светло-коричневато-серым, светло-желто-коричневым, р.з., преимущественно с.з. Отдельные прослои имеют бледно-желтую окраску. Песок слоистый за счет прослоев песка к.з., гравелистого, с отдельными гальками. Слоистость субпараллельная, в линзах – косая, с падением по азимуту 170° под углом до 38°. Пески этой разности встречаются в слое преимущественно в виде крупных линз и прослоев толщиной до 0.3 м и длиной по простиранию свыше 2 м. Падение линз выдержано по азимуту 140° под углом 18–22°. Описанная толща нарушена системой пологих разрывных нарушений в виде сбросов и сдвигов с амплитудой смещения до 0.3 м. Падение сместителей сдвигов отмечается по азимуту 260° под углом 9°. Сбросы с амплитудой смещения до 0.1 м наклонены в нескольких направлениях, по азимутам 22° и 122° под углами 37–44°. Отдельные небольшие сбросы с амплитудой смещения не более 2 см

наклонены по азимуту 325° под углом 55° . Общая мощность этой толщи песков – свыше 4.5 м. Данная толща перекрыта пылеватым песком светло-оливково-серым, т.з. и м.з., глинистым, с гравием, галькой и единичными валунами. Песок слоистый за счет прослоев песка светло-серого и светло-коричневато-серого, р.з., в основном с.з., гравелистого. Толщина прослоев до 2–3 см, слоистость волнистая, наклонена по азимуту 158° под углом 26° . Пылеватый песок, в свою очередь, перекрыт с поверхности песком коричнево-желтым к.з. с большим содержанием гравия, гальки и валунов, не сортированным, не слоистым, толщиной до 0.3 м.

Подобное строение было также вскрыто в расчистках 3, 5 и 7. В расчистках 3 и 5 отмечаются складчатые деформации толщи песков, залегающей непосредственно под пылеватым оливково-серым песком. В расчистке 5 в деформированных песках выявлена крупная линза сложной формы из диамиктона оливково-серого, с гравием, галькой и валунами. Эта линза падает по азимуту 177° под углом 28° . Также в этой расчистке в песках встречаются отдельные валуны диаметром до 0.5 м.

Грядовый моренный рельеф Нользерского участка Северо-Карельской площади был исследован в трех пунктах (Ша на рис. 2). В строении одной из гряд (6 на рис. 2 и 4, N $66^\circ 24' 03.5''$, E $32^\circ 28' 12.1''$) вскрыты (сверху вниз):

1. Песок светло-оливково-коричневый, р.з., с незначительным содержанием алеврита, с большим количеством гравия, гальки и валунов средне и плохо окатанных. Содержание гальки и валунов возрастает в нижней части склона гряды. Текстура неупорядоченная, массивная. Подошва слоя выражена нечетко, неровная. Мощность слоя от 0.4 м до 0.7 м.

2. Диамиктон с преобладанием песка серого, с оливковым оттенком, р.з., преимущественно м.з. с гравием, галькой и валунами. Крупные обломки в основном плохо и реже средне окатанные. Диамиктон слоистый за счет прослоев и линз песка уплотненного, темно-серого и оливково-серого, с относительно большим содержанием глинистых частиц. Также в диамиктоне присутствуют линзы изометричной формы песка серого, мелкозернистого, с зернами гравия и гальки. Толщина прослоев и линз от 1–3 мм до 10–12 см. Прослои в разрезе извилистые, иногда падают под большим углом

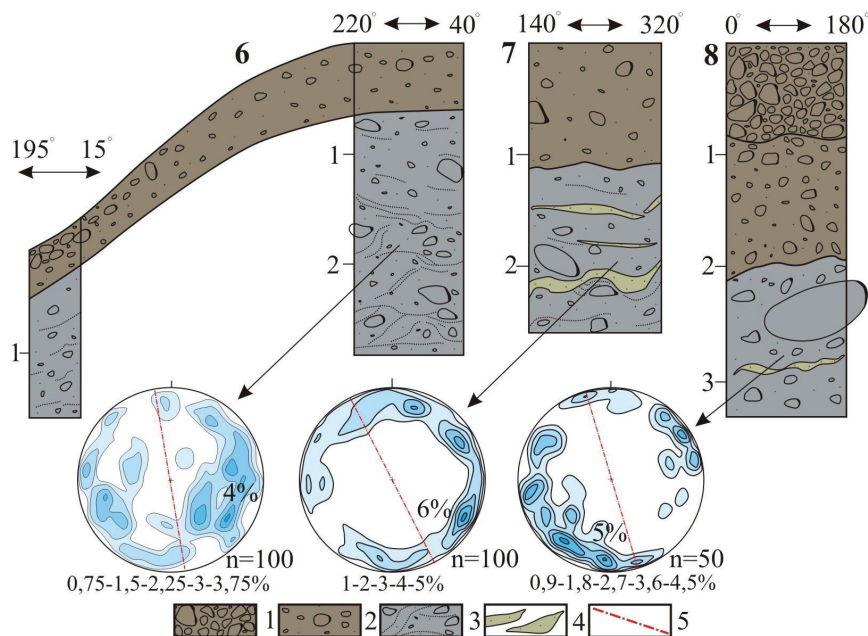


Рис. 4. Геологическое строение гряд в районе котловины оз. Нользеро (положение гряд на рис. 2). 1 – галька с гравием, 2 – песок р.з. с гравием и галькой, 3 – диамиктон с тонкими прослоями и линзами песка, 4 – линзы песка в диамиктоне, 5 – проекция простирания гребней гряд на структурную диаграмму. Структурные диаграммы выполнены на равноплощадной проекции, нижней полусфере.

Fig. 4. Geological structure of the ridges near Nöl'zero Lake (the position of the ridges in fig. 2). 1 – pebbles with gravel, 2 – sand fine-to coarse grained with gravel and pebbles, 3 – diamicton with thin layers and lenses of sand, 4 – lenses of sand in diamicton, 5 – projection of the strike of the ridge crests onto a structural diagram. Structural diagrams are made on an equal area projection, the lower hemisphere.

(до 36–50°). Контакты слойков в диамиктоне иногда подчеркиваются ожелезнением. Слоистость образует подобие текстуры течения. Мощность диамиктона более 1.95 м (6 на рис. 4).

Подобное строение зафиксировано в других разрезах вблизи котловины оз. Нольозеро (IIIa на рис. 2). Покрышка из песков р.з., несортированных и неслоистых может достигать мощности 2.1 м. В пески могут быть включены прослои гравия с большим числом гальки и примесью валунов, с песками р.з. светло-коричневыми. В ядрах гряд также установлены диамиктоны с прослоями песков м.з., серых, бледно-коричневых, толщиной 0.2–0.25 м, а также песков с.з., с примесью к.з. и гравия. Прослои песков извилистые, иногда залегают в виде небольших складок, слоистость внутри них волнистая и перекрестно-линзовидная. Падение границ прослоев установлено в двух основных направлениях: по азимутам 45 и 177°, под углами 13–27° (7 и 8 на рис. 4).

Обсуждение результатов и выводы

Было установлено, что для всех изученных гряд формообразующими отложениями является диамиктон серый, темно-серый или оливково-серый, мощностью до 18 м. Во всех разрезах наблюдается линзовидная слоистость, линзы иногда имеют сложную форму. Падение слоистости в диамиктонах всегда направлено перпендикулярно простираению самой гряды. Похожим образом ориентированы и длинные оси галек и валунов. В грядах Вересельгского, Колвицкого и Нольозерского участков падение длинных осей галек и валунов фиксируется, как правило, в двух основных направлениях, которые на 65–90° отличаются от направления простираения гребня гряды. В целом это согласуется с прежними представлениями о строении ребристых морен (Лаврушин, 1976; Каплинская, Тарноградский, 1993; Möller, 2006). Совпадение максимумов ориентировки длинных осей галек и валунов с направлением падения линз в диамиктоне позволяет достаточно надежно установить направление давления ледника при формировании гряд (Аболтиньш, 1989). Так, в пределах Вересельгского участка ледник продвигался с северо-запада на юго-восток, для Колвицкого участка характерно давление льда в восточных и юго-восточных румбах, а для Нольозерского участка – в северо-восточных. Исключение составляют гряды в пределах Лупче-Савинского участка, где направление ориентировки длинных осей галек и валунов, перпендикулярное простираению гребня гряды, зафиксировано только для диамиктона в нижней части разреза карьера (P6 на рис. 3). В верхней части толщи длинные оси, напротив, ориентированы строго параллельно гребню гряды (P1 на рис. 3). Гранулометрический состав диамиктона характеризуется преобладанием песков м.з. и т.з. (свыше 40 %) и содержанием глинистых частиц до 10 %, а также высокой долей фракций обломков свыше 5 мм – до 15–20 %. Гранулометрический состав диамиктонов в целом соответствуют показателям, характерным для основных морен последнего ледникового покрова в Кольском регионе (Евзеров, 2017).

Отложения, перекрывающие морену, были вскрыты только на склонах некоторых гряд на Лупче-Савинском участке (рис. 3). Пески и алевроиты с линзами, насыщенными обломками раковин, на северо-западном склоне одной из гряд можно сопоставить с морскими осадками раннего голоцена (Система Белого моря, 2017). К признакам морской переработки поверхности также можно отнести валунные мостовые, которые на одном гипсометрическом уровне обрамляют гребень вскрытой карьером гряды. При этом на юго-восточном склоне этой гряды толща песков р.з. имеет другое строение. В толще песков здесь выявлена наклонная линзовидная слоистость, причем материал в линзах имеет разную степень сортировки и зачастую обогащен глинистыми частицами (до 5 %). В расчистке 5 в песках залегают крупная линза диамиктона сложной формы, причем материал линзы в целом соответствует отложениям, вскрытым в ядре гряды. В расчистках 3 и 4 толща песков разбита системой надвигов и сбросов постседиментационного характера. Указанные особенности строения не позволяют соотнести эту толщу с осадками раннего голоцена. Эти отложения могли быть сформированы до формирования чешуй морен на месте будущих гряд, а разрывные деформации могут свидетельствовать о наличии разнонаправленной системы напряжений и связанных с ней деформаций осадков в результате давления льда (Аболтиньш, 1989).

Формирование ребристых морен в рассматриваемом регионе могло происходить в субгляциальных условиях во время заключительных фаз сокращения последнего ледникового покрова: Невской и Салпаусселька I (Korsakova et al., 2023). Область формирования могла быть приурочена к внешней зоне мерзлого подледникового субстрата на относительно небольшом удалении от краевой зоны оледенения (Каплянская, Тарноградский, 1993; Benn, Evans, 1998). Условия для формирования серии чешуй из насыщенного дебрисом льда могли возникать в результате деформации ранее сформированных ледниковых отложений, а также в результате постепенного торможения активных ледниковых лопастей и языков в пределах понижений ледникового субстрата (Aario, Forsström, 1979; Möller, 2006). Такие условия могли возникать в обстановке схождения нескольких ледниковых лопастей или языков, когда одна лопасть являлась упором для другой (Каплянская, Тарноградский, 1993). Наиболее подходящие условия для такого процесса могли существовать в фазу Салпаусселька I в пределах Кандалакшской площади (II на рис. 2). Здесь к современной кутовой части Кандалакшского залива Белого моря с разных направлений могло сходиться не менее 3 ледниковых лопастей (Boyes et al., 2023). Роген-морены Колвицко-Вересельгской и Северо-Карельской площадей образовались раньше, во время нескольких осцилляций края ледника в Невскую фазу. В это время также отмечалось схождение нескольких ледниковых лопастей к котловине современного Белого моря: с северо-запада лед продвигался со стороны Кольского региона, а с запада и юго-запад-запада – со стороны северной Карелии (Wishborrow et al., 2010; Boyes et al., 2023).

Таким образом, установленные морфологические черты, условия размещения и особенности геологического строения позволяют надежно сопоставить рассмотренный параллельно-грядовый рельеф с ребристыми моренами, или роген-моренам. Впервые для Кольского региона представлено подробное описание внутреннего строения ребристых морен на нескольких участках. В строении гряд выявлены блоки и чешуи морен, а в отдельных грядах на их дистальном склоне установлены деформированные водно-ледниковые отложения. Морфология и внутренне строение ребристых морен свидетельствуют об их образовании на периферии ледникового покрова на разных фазах его сокращения. Рассмотренный рельеф образовался в субгляциальных условиях и не фиксирует промежуточное положение краевой зоны ледникового покрова. В то же время полученные результаты позволяют сопоставить участки развития ребристых морен с едиными ледниковыми лопастями и языками и установить направления их движения. Это значительно уточняет особенности структуры и динамики последнего ледникового покрова в регионе.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников ГИ КНЦ РАН О. Ю. Носову, В. Л. Ильченко, П. А. Маурчева, а также студентов АФ МАУ (МГТУ) и СПбГУ В. Старицына, А. Суворову, Е. Косинову, А. Тайдулова и Т. Земскову за помощь в проведении полевых работ.

Работа выполнена в рамках темы лаборатории № 43 ГИ КНЦ РАН FMEZ-2024-0007 и при поддержке гранта РНФ №22-17-00081.

Литература

1. Аболтиньш О. П. Гляциоструктура и ледниковый морфогенез. Рига: Зинатне, 1989. 284 с.
2. Геологическая карта Кольского региона. Масштаб 1: 1 000 000 / Гл. ред. Ф. П. Митрофанов. Апатиты: ГИ КНЦ РАН. 2001.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Серия Карельская. Лист Q–36–XV, XVI (Лоухи). Объяснительная записка (Электронный ресурс) / М. А. Корсакова, Н. М. Иванов, Г. А. Дударева; Минприроды России, Роснедра, СЗРГЦ, ГПП «Севзапгеология». Электрон. текстовые дан. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2021.
4. Дедков Н. С., Ильин В. А., Горбунов Е. О. Карта четвертичных отложений с элементами геоморфологии Мурманской области / Ред. Евзеров В. Я. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 1989.
5. Евзеров В. Я. Литология морены поздневалдайского оледенения западной части Кольского полуострова // Вестник МГТУ. 2017. Т. 20. № 1/1. С. 48–59. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2017-20-1/1-48-59>.
6. Евзеров В. Я., Кошечкин Б. И. Палеогеография плейстоцена западной части Кольского полуострова. Л.: Наука, 1980. 104 с.

7. Евзеров В. Я., Николаева С. Б. Пояса краевых образований Кольского региона // Геоморфология. 2000. № 1. С. 61–73.
8. Каплянская Ф. А., Тарноградский В. Д. Гляциальная геология: Методическое пособие по изучению ледниковых образований при геологической съемке крупного масштаба. СПб.: Недра, 1993. 328 с.
9. Лаврушин Ю. А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений. М.: Наука, 1976. 237 с.
10. Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история / Отв. ред. А. П. Лисицын. М.: Научный мир, 2017. 1030 с.
11. Стрелков С. А., Евзеров В. Я., Кошечкин Б. И. и др. История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1976. 164 с.
12. Aario R., Forsström L. Glacial stratigraphy of Koillismaa and North Kainuu, Finland // *Fennia*. 1979. V. 157. No. 2. P. 1–49.
13. Benn D. I., Evans D. J. A. *Glaciers and Glaciation*. London: Arnold, 1998. 734 p.
14. Boyes B. M., Linch L. D., Pearce D. M., Nash D. J. The last Fennoscandian Ice Sheet glaciation on the Kola Peninsula and Russian Lapland (Part 1): Ice flow configuration// *Quaternary Science Reviews*. 2023. No. 300. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107871>.
15. Boyes B. M., Pearce D. M., Linch L. D. Glacial geomorphology of the Kola Peninsula and Russian Lapland // *Journal of Maps*. 2021. V. 17:2. P. 497–515. <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1970036>.
16. Hättestrand C., Clark C. D. The glacial geomorphology of Kola Peninsula and adjacent in the Murmansk Region, Russia // *Journal of Maps*. 2006. V. 2:1. P. 30–42. <https://doi.org/10.4113/jom.2006.41>.
17. Korsakova O., Vashkov A., Nosova O. European Russia: glacial landforms from the Bølling-Allerød Interstadial. In: *European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation*. Palacios D., Hughes P. D., Garcia-Ruiz J. M., Andres N. (eds.). Elsevier, 2023. P. 305–310. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00014-0>.
18. Möller P. Moraine morphology, till genesis, and deglaciation pattern in the Asnen Area, south-central Småland, Sweden // *Lundqua thesis*. 1987. V. 20. 146 p.
19. Möller P. Rogen moraine: an example of glacial reshaping of pre-existing landforms // *Quaternary Science Reviews*. 2006. No. 25. P. 362–389. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.01.011>.
20. Niemelä J., Lukashov A., Ekman I., Kurkinen I., Mäkinen K., Sahala L., Tikkanen J., Dedkov N., Gutaeva L., Iljin V., Yevzerov V. The map of Quaternary deposits of Finland and northwestern part of Russian Federation and their Resources. 1:1000000. 1993. Geological Survey of Finland.
21. Porter C., Morin P., Howat I., Noh M.-J., Bates B., Peterman K., Keesey S., Schlenk M., Gardiner J., Tomko K., Willis M., Kelleher C., Cloutier M., Husby E., Foga S., Nakamura H., Platson M., Wethington M. Jr., Williamson C., Bauer G., Enos J., Arnold G., Kramer W., Becker P., Doshi A., D'Souza C., Cummins P., Laurier F., Bojesen M., 2018. ArcticDEM. Harvard Dataverse. V. 1. (Date Accessed: 14.09.2021). <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH>.
22. Winsborrow M. C. M., Andreassen K., Corner G. D., Laberg J. S. Deglaciation of a marine-based ice sheet: Late Weichselian palaeo-ice dynamics and retreat in the southern Barents Sea reconstructed from onshore and offshore glacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews*. 2010. No. 29. P. 424–442. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.10.001>.