

## Новая схема корреляции краевых образований последнего ледникового покрова в Кольском регионе

**Вашков А.А., Носова О.Ю.**

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

**Аннотация.** Краевые ледниковые образования в Кольском регионе изучались с применением комплекса геологических и геоморфологических методов. Во время работ на геологических разрезах применялись структурные методы исследования гляциодислокаций, производилось опробование грубообломочной фракции морен на петрографический состав. Уточнение возраста краевых образований производилось с помощью палеогеографической информации по изучению осадков приледниковых водоёмов. Анализ современных космических снимков и цифровой модели рельефа позволил провести корреляцию краевых образований. Было установлено 7 основных фаз, которые приурочены к интервалам стабилизации края активного ледникового покрова с 16.2 по 11.6 тыс. лет назад (калиброванных). Каждая из фаз сопровождалась несколькими осцилляторными подвижками ледникового края. В восточной части региона краевым образованиям крестецкой, лужской фаз соответствует комплекс гряд Терских Кейв. Субмеридиональная полоса краевых образований региона, включая Мунозерскую возвышенность, была сопоставлена с невскими фазами и фазой древнего дриаса. Краевые образования фаз Салпауселья I и II были установлены только в западной части региона. В новой схеме краевых образований учитывается значительное сокращение площади ледникового покрова в бёллинге и аллерёде, во время которых были освобождены ото льда котловины Белого и Баренцева морей.

**Ключевые слова:** позднеледниковье, бёллинг, аллеред, гляциодислокации, моренная гряда, холмистая морена, дегляциация, Фенноскандия.

## New correlation scheme of ice marginal formations of the last glaciation in the Kola region

**Vashkov A.A., Nosova O.Yu.**

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

**Abstract.** Ice marginal formations in the Kola region were studied using geological and geomorphological methods. During the work on outcrops, structural methods were used to study glacioidislocations. Coarse clastic fraction of tills was sampled to determine the petrographic composition. The age of the ice marginal formations was specified using paleogeographic information from the study of sediments from proglacial lakes. The analysis of modern satellite images and digital elevation model made it possible to correlate the ice marginal formations. In the Kola region, 7 main stages were established, which are confined to stabilization intervals of the active glacier margin from 16.2 to 11.6 ka BP. Each of the stages was accompanied by multiple oscillatory readvances of the glacier margin. In the eastern part of the region, the marginal formations of the Krestsy and Luga Stages correspond to the ridge complex the Terskie Keivy. The submeridional band of the marginal formations of the region, including the Munozero Upland, was compared with the Neva Stages and the Older Dryas Stadial. Marginal formations of the Salpausselka I and II Stages were found only in the western part of the region. The new scheme of marginal formations takes into account the significant reduction in the area of the ice cover in the Bølling and Allerød, during which the basins of the White and Barents Seas were freed from ice.

**Keywords:** Late Glacial, Bølling, Allerød, glacioidislocations, moraine ridge, hummocky moraine, deglaciation, Fennoscandia

### **Введение**

Реконструкция структуры и динамики последнего ледникового покрова в Кольском регионе ведется на протяжении последних 70 лет. Одна из первых реконструкций была основана на существовании активного ледникового покрова в центральной части Кольского полуострова (Лаврова, 1960). При этом формирование конечно-моренного пояса Терских Кейв на юге полуострова подразумевалось на южном фланге ледникового покрова в стадию Салпауселья I. Такая точка зрения поддерживалась не всеми исследователями, которые считали, что проникновение льдов в стадию

Салпаусселькя происходило только в юго-западной части региона (Арманд и др., 1969). На основе масштабных полевых работ 1960–70 годов были построены схемы, на которых продвижение активного ледникового покрова зафиксировано в несколько фаз продвижения ледника по котловине Белого моря (Карта..., 1971). Более подробная схема была разработана геологами Кольского научного центра. В ней краевые образования региона были увязаны с тремя фазами деградации ледникового покрова (Стрелков и др., 1976). Формирование краевых образований Терских Кейв было связано с ледораздельной зоной скандинавского покрова, продвигавшегося по котловине Белого моря, и ледниковым покровом в центре Кольского полуострова. Этот локальный ледниковый покров был назван Кейвско-Понойским (позже для его обозначения установилось название Понойский). Две цепи краевых образований были обозначены в субмеридиональном направлении, причем без отчетливой временной привязки фаз. Также на этой схеме была обозначена связь главного морфологического ледораздела с поднятиями дочетвертичной поверхности по линии Сальные Тундры – Главный хребет – Хибины – Ловозерский массив.

За 1980-е годы была произведена корреляция этой схемы с прилегающими территориями Норвегии, Карелии и европейской части России. В уточненной схеме было отражено формирование краевых образований Кольского региона в пять фаз сокращения ледникового покрова (Ekman, Puin, 1991). В последующие годы данная схема легла в основу различных корреляций краевых образований Фенноскандии (Rainio et al, 1995; Stroeven et al, 2015; Hughes et al, 2015). В 1990-е годы на основе накопленного фактического материала в ГИ КНЦ РАН была построена новая оригинальная схема краевых образований (Евзеров, Николаева, 2000). Краевые образования были объединены в четыре пояса, каждый из которых состоит из цепочки гряд насыпных и напорных морен. Каждый из поясов сопоставлялся с климатическим циклом межстадиального потепления и сменяющего его похолодания. Цепи насыпных моренных гряд формировались в межстадиальные потепления. В периоды относительных похолоданий происходили краткосрочные продвижения ледникового покрова с формированием напорных краевых гряд на удалении в 50–150 км от насыпных (Евзеров, Николаева, 2000). С учетом того, что краевые образования пояса IV были выделены исключительно в котловине Баренцева моря, то на суше было выделено по три цепочки напорных и насыпных краевых гряд. В этой схеме также уделялась важная роль существованию Понойского ледникового покрова. Разработанная схема уточнялась и в последующем использовалась в комплексе исследований четвертичного покрова Кольского региона (Kolka et al, 2008; Евзеров, Николаева, 2010; Колька и др., 2013).

Основные идеи, выделенные в ходе исследования краевых образований региона, находили отражение на современных государственных геологических картах четвертичных отложений. Так, на вариантах карты масштаба 1:1000000 как второго, так и третьего поколения, на территории Кольского региона выделяется самостоятельный Понойский ледниковый покров, а продвижение ледника в стадию Салпаусселькя фиксируется в котловине Белого моря. Всего было выделено не менее пяти фаз сокращения ледникового покрова (Геологическая карта..., 2003; Геологическая карта..., 2012).

### ***Актуальность работы и постановка проблемы***

Уточнение схемы корреляции краевых образований остается актуальным, поскольку построенные ранее схемы не учитывают новый фактический материал, полученный как в Кольском, так и в соседних регионах. К таким данным относятся:

– обобщенная информация абсолютного датирования отложений последнего оледенения и позднеледникового методами  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{C}$ , OSL в восточном секторе скандинавского ледникового покрова. Уточнение времени последнего ледникового максимума (17 калиброванных тысяч лет назад, (кал. тыс. л.н.)), времени потеплений бёллинг и аллерёд (14.7–12.7 кал. тыс. л.н.) (Hughes et al, 2015; Stroeven et al, 2015; Величко и др., 2017);

– палеогеографическая информация о возрасте осадков в озерных котловинах вблизи побережья Белого моря и бассейна Имандры (Колька и др., 2013; Корсакова и др., 2016; Толстоброва и др., 2016; Lenz et al, 2020; Korsakova et al, 2021);

– информация о данных дешифрирования космических снимков и цифровых моделей рельефа (Hätterstrand, Clark, 2006; Winsborrow et al, 2010; Boyes et al, 2021);

– новые данные о геологии ледниковых отложений и рельефа, а также данные о петрографическом составе грубообломочной фракции отложений (Kolka et al, 2008; Lunkka et al, 2018; Вашков, Носова, 2019, 2021; Носова, Вашков, 2021).

К наиболее важным проблемам корреляции ледниковых краевых образований Кольского региона можно отнести:

– геологическое строение и возраст системы гряд Терских Кейв (Hätterstrand et al, 2007);

– максимальная граница продвижения последнего ледникового покрова в фазу позднего дриаса (12.7–11.5 кал. тыс. л.н.) (Ekman, Pyin, 1991; Rainio, 1995; Hätterstrand et al, 2007);

– основные характеристики, динамика и рельефообразующая роль Понойского ледникового покрова;

– корреляция краевых образований крестецкой, лужской и невской фаз сокращения, выделенных на территории европейской части России и юго-востоке Фенноскандии с краевыми формами в Кольском регионе (Геологическая карта., 2012; Kalm, 2012; Hughes et al, 2015; Astakhov et al, 2016).

### **Методика работ**

В ходе работ использовался комплекс методов. Определение характеристик рельефа было определено по цифровой модели ArcticDEM разрешением 2 метра (Porter et al, 2018), а также благодаря анализу космических снимков, предоставленных Научным центром оперативного мониторинга Земли АО «Российские космические системы». Рельеф был классифицирован на останцовые, ледниково-экзарационные и аккумулятивные формы рельефа. Останцовые формы выражены в основном за счет неровностей поверхности кристаллических пород Балтийского щита и разностей в их геологическом строении. Останцовый рельеф представлен средними и крупными холмами, платообразными формами с расчлененными склонами и массивами низких гор. Такие формы имеют обычно крупные размеры, от 3–5 до 25–50 км в диаметре. Ледниково-экзарационные формы характеризуются закономерной линейной упорядоченностью на отдельных площадях. К таким формам относятся отдельные друмлины и поля друмлинов длиной до 5 км, крупные и средние холмы с экзарационными шлейфами (диаметром до 6–8 км), ледниково-экзарационные ложбины. В пределах низких гор к ним могут быть отнесены линейно упорядоченные формы на склонах массивов. Аккумулятивные формы отличаются наименьшими размерами, от первых десятков метров до 2–4 км. Они чаще всего представлены грядами (иногда – протяженными, длиной свыше 10 км), цепями гряд, массивами грядово-холмистого рельефа, холмисто-моренным и грядово-кольцевым рельефом. К аккумулятивным формам также относятся достаточно крупные формы рельефа: морские и озерные террасы, а также отдельные элементы речных долин. С учетом того, что возраст таких форм обычно позднеледниковый – голоценовый, такие формы не учитывались при проведении исследования.

В ходе полевых работ проводилось определение длины, высоты, крутизны склонов, ориентировки, ширины вершинной части и гребней гряд, составляющих аккумулятивный ледниковый рельеф. Нивелирные ходы проходились в большинстве случаев при помощи нивелирной рейки, рулетки длиной 30 м и компаса, в отдельных случаях при помощи теодолита. Производилась оценка соответствия установленных в поле характеристик рельефа и его изображения на цифровой модели рельефа ArcticDEM разрешением 2 м (Porter et al, 2018). Это позволило произвести корреляцию аккумулятивных форм с помощью анализа морфометрических показателей рельефа. На отдельных ключевых участках площадью до 2000 км<sup>2</sup> на каждый 1 км<sup>2</sup> площади определялось количество отдельных вершин, средняя высота склона и средняя длина склона. По этим показателям были вычислены средняя крутизна склонов и коэффициент вертикального расчленения рельефа (отношение крутизны склона к его высоте) (Кайрюкштис и др, 1983). Созданная на ключевых участках база данных морфометрических характеристик позволила классифицировать формы рельефа и проводить корреляцию аккумулятивных форм на всей площади Кольского региона.

Геологическое строение аккумулятивных форм рельефа было установлено на ключевых участках в более чем 35 разрезов. Структурно-текстурные особенности ледниковых и водно-ледниковых осадков изучались в карьерах, расчистках и шурфах. С помощью набора стандартных сит диаметром 1–10 мм проводился гранулометрический анализ. Цвет отложений определялся при помощи колориметрической системы Munsell Soil Color Charts. Детальное исследование текстуры ледниковых отложений производилось с помощью массовых замеров плоскостных (плоскости сланцеватости, границы слоистости) и линейных (длинные оси галек и валунов) элементов (Аболтиньш, 1989; Benn, 2013). Выполнялось по 50–100 замеров азимутов и углов падения полюсов сланцеватости и линейных элементов (длинных осей галек). При исследовании разрезов, вскрывающих сложные гляциоструктуры, замеры производились в разных частях этих структур.

Петрографический анализ валунной фракции (> 100 мм) заключался в сборе всех валунов (до 350 штук) с глубины до 0.35 м с площадок 5×5 м на поверхности гребней гряд. Валунуны по визуальным определяемым признакам разделялись на группы пород, из которых выбирались наиболее представительные образцы для изготовления шлифов. Петрографический состав галечной (10–100 мм) и крупногравийной (5–10 мм) фракций тиллов изучался на выборках из обнажений и шурфов. Производился отбор проб весом в 20–25 кг, которые на ситах разделялись по фракциям. Дальнейшее лабораторное определение петрографического состава галечной и крупногравийной фракции проводилось с использованием стереоскопического микроскопа (бинокля). Выделенные группы сопоставлялись не только с коренными породами района исследования, но и всего Кольского региона с целью выявления источников сноса материала (Геологическая карта..., 2001).

### ***Результаты и обсуждение***

Краевые образования соответствуют в рельефе отдельным моренным грядам, цепочкам моренных гряд, полосам грядово-холмистого и грядово-кольцевого рельефа с упорядоченной структурой (Вашков, Носова, 2019). Также в краевые зоны включались участки развития маргинальных озов и флювиогляциальные дельты на окончании озовых гряд (Вашков, Носова, 2021; Носова, Вашков, 2021). Специфика Кольского региона состоит в том, что здесь практически отсутствуют крупные маргинальные макроформы ледникового рельефа. Исключением является крупная Мунозерская возвышенность, которая ранее была определена либо как островная ледораздельная (Колька, 1998), либо как краевая (Ekman, Puyn, 1991; Геологическая карта..., 2012). Структура ледникового рельефа этой возвышенности представлена крупным чешуйчато-надвиговым комплексами, отдельными моренными грядами и площадями с грядово-кольцевым моренным рельефом (Колька, 1998; Вашков, Носова, 2021).

Три наиболее древние фазы на новой схеме краевых образований сопоставляются с крестецкой, лужской фазами и фазой отепя в европейской части России и Прибалтике (Kalm, 2012; Astakhov et al, 2015). Возраст этих фаз может быть установлен в пределах 16.7–14.6 кал. тыс. л.н. (Hughes et al, 2015; Величко и др., 2017). Этим трем фазам (1–3 на рис. 1) соответствует система гряд Терских Кейв в южной и фрагментарные моренные гряды в северной части Кольского региона. Краевые образования трех упомянутых фаз в целом огибают относительно высокую центральную и восточную части Кольского полуострова. Также здесь отсутствует покров основной морены, поэтому существование Понойского ледникового покрова нами не отрицается (Niemela et al, 1993; Геологическая карта..., 2012). Этот ледниковый покров характеризовался неравномерной мощностью льда (до 250 м) и был преимущественно пассивным, с многочисленными нунатаками над поверхностью. Активный скандинавский ледник в крестецкую и лужскую фазы частично мог перекрывать этот покров.

В интервал относительного потепления бёллинг (14.7–14.1 кал. тыс. л.н.) началось быстрое сокращение объема ледника в котловине Белого моря. В интервале 14.4–14.2 кал. тыс. л. н. происходила как минимум одна фаза стабилизации ледникового края с формированием краевых образований в центральной части региона (4 на рис. 1). Эта фаза коррелирует с невской фазой сокращения ледникового покрова. Следующая фаза (5 на рис. 1) стабилизации ледникового края была приурочена к похолоданию древнего дриаса (14.1–13.9 кал. тыс. л.н.) и может быть сопоставлена с фа-

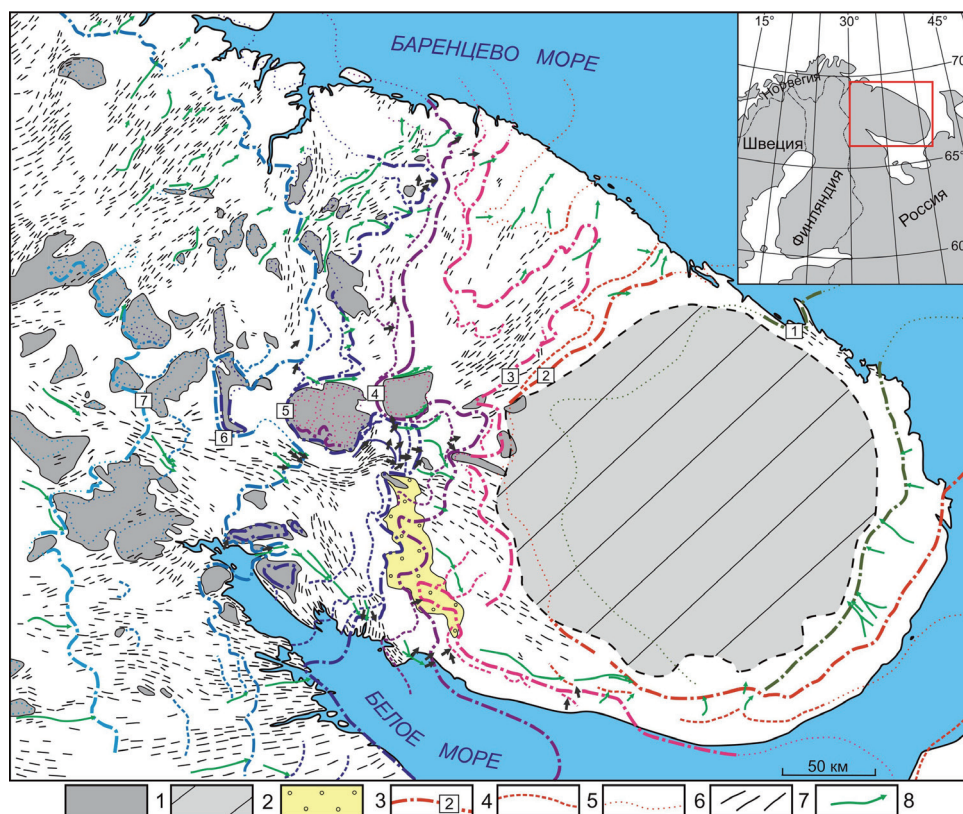


Рис. 1. Схема краевых ледниковых образований последнего оледенения в Кольском регионе.

1 – поднятия дочетвертичной поверхности; 2 – локальный Понойский ледниковый покров; 3 – Мунозерская островная возвышенность (по Колька, 1998); границы: 4 – фаз сокращения, 5 – осцилляций ледникового покрова, 6 – то же, предполагаемые; 7 – линейно ориентированные формы; 8 – каналы стока талых вод.

Fig. 1. Scheme of the marginal glacial formation of the last glaciation in the Kola region. Symbols: 1 – uplifts of the pre-Quaternary surface; 2 – local Ponoy ice-sheet; 3 – Munozero Insular Upland (after Kolka, 1998); boundaries: 4 – reduction stages, 5 – ice cover oscillations, 6 – the same, assumed; 7 – glacial lineations; 8 – meltwater channels.

зой паливере в Эстонии (Kalm, 2012). Наличие в центральной части региона двух систем краевых образований невисской фазы (Нева I и II) отмечалось и ранее (Ekman, Puin, 1991; Геологическая карта..., 2012). В западной части региона краевые образования представлены ледниковыми грядами похолодания позднего дриаса (12.7–11.2 кал. тыс. л.н.). В настоящий момент выделено не меньше двух генераций краевых образований, соответствующих фазам Салпаусселька I и II (6 и 7 на рис. 1). На предлагаемой схеме границы распространения льдов показаны значительно западнее от ранее признанных рубежей (Ekman, Puin, 1991; Евзеров, Николаева, 2000; Геологическая карта..., 2012). В последнее время установлен целый ряд разрезов с осадками приледниковых пресных и солоноватых бассейнов аллерёда и позднего дриаса на территории, которую ранее относили к области фазы продвижения ледникового покрова фазы Салпаусселька I (Korsakova et al., 2016; Lenz et al., 2020; Korsakova et al., 2021).

Новая схема краевых образований Кольского региона на данный момент является рабочим вариантом и предусматривает постоянные дополнения по мере поступления нового фактического материала. К наиболее важным направлениям следующих работ стоит отнести:

- исследование геологического строения ледникового рельефа Терских Кейв;
- исследование геологического строения и корреляция ледникового рельефа в западной части Кольского региона;
- отбор осадков, пригодных для абсолютного OSL-датирования;
- исследование осадков приледниковых пресных и морских водоемов;
- создание базы данных результатов абсолютного датирования водно-ледниковых, озерно-ледниковых, морских и озерных отложений.

Работа выполнена в рамках темы НИР АААА-А19-119100290145-3 лаборатории № 43 ГИ КНЦ РАН

### Литература

1. Аболтиньш О.П. Гляциоструктура и ледниковый морфогенез. Рига. Изд-во: Зинатне. 1989. 284 с.
2. Арманд А.Д., Гунова В.С., Лебедева Р.М. Стадия Салпаусселькя и позднеледниковые морские проливы на юго-западе Мурманской области // Основные проблемы геоморфологии и стратиграфии антропогена Кольского полуострова. Л. Изд-во: Наука. 1969. С. 86–97.
3. Вашков А.А., Носова О.Ю. Строение грядового рельефа и особенности дегляциации в районе озера Мартимьявр (Кольский полуостров) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2019. № 2. С. 26–35. <https://doi.org/10.17308/geology.2019.2/1753>.
4. Вашков А.А., Носова О.Ю. Краевые ледниковые образования в районе пос. Умба (юго-запад Кольского полуострова) // Геоморфология. 2021. Т. 52. № 2. С. 39–51. <https://doi.org/10.31857/S0435428121020103>.
5. Величко А.А., Фаустова М.А., Писарева В.В., Карпухина Н.В. История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена // Лёд и снег. 2017. Т. 57. № 3. С. 391–416. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-3-391-416>.
6. Геологическая карта Кольского региона. Масштаб 1: 1 000 000 / Гл. ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты: ГИ КНЦ РАН. 2001.
7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (второе поколение). Серия Балтийская. Лист Q–(35), 36 (Апатиты). Схема стадий отступления ледников последнего оледенения и основные направления движения льдов / Ред. Е.П. Заррина. СПб. Изд-во: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2003.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q–(35), 36 (Апатиты). Объяснительная записка / Гл. ред. Ю.Б. Богданов. СПб. Изд-во: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2012. 456 с.
9. Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Пояса краевых образований Кольского региона // Геоморфология. 2000. № 1. С. 61–73.
10. Евзеров В.Я., Николаева С.Б. Реконструкция поверхности поздневалдайского ледникового покрова в области Хибинских и Ловозерских гор на Кольском полуострове // Докл. Академии наук. 2010. Т. 430. № 2. С. 254–256.
11. Кайрюкшис Л.А., Басаликас А.Б., Микалаускас А.П., Милюс И.В., Чеснулявичус А.А. Оценка расчлененности рельефа Литвы для целей моделирования регионального развития // Труды АН Литовской ССР. 1983. Серия Б. Т. 5 (138). С. 85–93.
12. Карта четвертичных отложений Европейской части СССР и прилегающих территорий. Ред. И.И. Краснов. Л. Изд-во: ВСЕГЕИ. 1971.
13. Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Корнер Г.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене – голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 1. С. 73–88.
14. Колька В.В. Мунозерская островная возвышенность // Вестник Мурманского государственного технического университета. 1998. Т. 1. № 3. С. 79–88.
15. Корсакова О.П., Колька В.В., Толстоброва А.Н., Лаврова Н.Б., Толстобров Д.С., Шелехова Т.С. Литология и поздне- постледниковая стратиграфия донных отложений из котловин изолированных бассейнов побережья Белого моря (на примере малого озера из района поселка Чула, северная Карелия) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2016. Т. 24. № 3. С. 81–101. <https://doi.org/10.7868/S0869592X16030042>.
16. Лаврова М.А. Четвертичная геология Кольского полуострова. М.–Л. Изд-во: Наука. 1960. 233 с.
17. Стрелков С.А., Евзеров В.Я., Кошечкин Б.И., Рубинраут Г.С., Афанасьев А.П., Лебедева Р.М., Каган Л.Я. История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского щита. Л. Изд-во: Наука. 1976. 164 с.
18. Толстоброва А.Н., Толстобров Д.С., Колька В.В., Корсакова О.П. История развития озера Осинового (Кольский регион) в поздне- и постледниковое время по материалам диатомового анализа донных отложений // Труды КНЦ РАН. 2016. № 5. С. 106–116. <https://doi.org/10.17076/lim305>.
19. Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation // Quaternary International. 2016. № 420. P. 4–14. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.09.024>.
20. Benn D.I. Till fabric analysis. In: Encyclopedia of Quaternary Science. Glacial Landforms, Sediments. 2nd Ed. Elsevier, 2013. P. 76–80. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53643-3.00087-x>.

21. Boyes B.M., Linch L.D., Pearce D.M., Kolka V.V., Nash D.J. The Kola Peninsula and Russian Lapland: A review of Late Weichselian glaciations // *Quaternary Science Reviews*. 2021. V. 267. P. 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2021.107087>.
22. Ekman I., Iljin V. Deglaciations the Younger Dryas End Moraines and their Correlation in Karelian A.S.S.R. and adjacent Areas. In: *Eastern Fennoscandian Younger Dryas End Moraines*. Rainio H., Saarnisto M. (eds.). Guide 32. 1991. P. 73–99.
23. 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>.
24. Hättestrand C., Kolka V., Stroeven A. The Keiva marginal zone on the Kola Peninsula, northwest Russia: A Key Component for reconstructing the palaeoglaciology of the northeastern Fennoscandian ice sheet // *Boreas*. 2007. V. 36. № 4. P. 352–370. <https://doi.org/10.1080/03009480701317488>.
25. Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., Mangerud J., Svendsen J.I. The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED–1 // *Boreas*. 2015. V. 45 (1). P. 1–45. doi:10.1111/bor.12142.
26. Kolka V., Korsakova O., Nikolayeva S., Yevzerov V., 2008. The Late Pleistocene interglacial, late glacial landforms and Holocene neotectonics of the Kola Peninsula. Geological Institute of KSC RAS. ICG excursion. № 34. August 14–23. Apatity.
27. Kalm V. Ice-flow pattern and extent of the last Scandinavian Ice Sheet southeast of the Baltic Sea // *Quaternary Science Reviews*. 2012. V. 44. P. 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.01.019>.
28. Korsakova O., Tolstobrov D., Nikolaeva S., Kolka V., Tolstobrova A. Lake Imandra depression in the Late Glacial and early Holocene (Kola Peninsula, north-western Russia) // *Baltica*. 2020. V. 3(2). P. 177–190. <https://doi.org/10.5200/baltica.2020.2.5>.
29. Lenz M., Savelieva L., Frolova L., Cherezova A., Moros M., Baumer M.M., Gromig R., Kostromina N., Nigmatullin N., Kolka V., Wagner B., Fedorov G., Melles M. Lateglacial and Holocene environment history of the central Kola region, northwestern Russia revealed by sediment succession from Lake Imandra // *Boreas*. 2020. V. 50(1). P. 76–100. <https://doi.org/10.1111/bor.12465>.
30. Lunkka J.P., Kaparulina E., Putkinen N., Saarnisto M. Late Pleistocene palaeoenvironments and the last deglaciation on the Kola Peninsula, Russia // *Arctos. The Journal of Arctic Geosciences*. 2018. V. 4. I. 1. P. 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41063-018-0053-z>.
31. 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.
32. Porter C., Morin, P., Howat, I., et al. ArcticDEM, Harvard Dataverse. 2018. V1. [Date Accessed: 09.02.2022]. <https://doi.org/10.7910/DVN/OHHUKH>.
33. Rainio H., Saarnisto M., Ekman I. Younger Dryas end moraines in Finland and NW Russia // *Quaternary International*. 1995. V. 28. P. 179–192.
34. Stroeven A.P., Hättestrand C., Kleman J., et al. Deglaciation of Fennoscandia // *Quaternary Science Reviews*. 2016. V. 147. P. 91–121. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.09.016>.
35. 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. №. 29. P. 424–442. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.10.001>.