

СПЕЦИФИКА ФОРМИРОВАНИЯ МАРГИНАЛЬНЫХ ГРЯД ПОЗДНЕВАЛДАЙСКОГО ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОГО КЛИМАТА

В позднем валдае скандинавский ледниковый покров, достигший максимального распространения около 20 тыс. лет назад, занимал обширную территорию Северной Европы. Он простирался примерно от широты Варшавы далеко за пределы Полярного круга. Уже из этого обстоятельства следует, что количественные показатели теплообмена между атмосферой и ледником не могли быть одинаковыми по всему занимаемому льдом региону. При деградации ледника, очевидно, имелась возможность реализации двух полярных вариантов теплообмена.

В первом варианте внешнего тепла было достаточно для обеспечения отступления края активного льда. Во время остановок или реактиваций ледника, вызванных похолоданием, переходом ледника из "холодного" состояния в "теплое" или какими-либо другими причинами, последовательно формировались все более молодые маргинальные гряды. Между каждой из полос краевых гряд и краем ледникового покрова практически повсеместно возникали приледниковые водоемы, изучение отложений которых, представленных ленточными глинами, позволило восстановить историю деградации ледника во многих регионах. По такому сценарию происходила, например, дегляциация Эстонии и южной Швеции, где разница в возрасте соседних маргинальных гряд зачастую меньше продолжительности межстадиальных периодов [1–3]. Конечно, под влиянием рельефа местности небольшие участки могли отчленяться от основного массива льда и затем стаивать в неподвижном состоянии. Однако не этот процесс был определяющим в ходе дегляциации указанных территорий.

Во втором варианте атмосферного тепла не хватало для сколько-нибудь существенного влияния на положение края активного льда. В областях, где осуществлялся этот вариант теплообмена, неизбежно должно было происходить региональное омертвление периферических массивов льда. Одной из таких областей является Кольский полуостров, дегляциация которого происходила в суровых климатических условиях. В настоящее время примерно на половине его территории развита островная многолетняя мерзлота и в низких горах обнаружены небольшие ледники. Среднегодовая температура воздуха только вблизи большей части побережий Баренцева и Белого морей превышает нулевую, а в ряде внутренних районов опускается до -2°C . В позднем валдае, на протяжении которого климат в окрестностях ледникового покрова повсеместно был холоднее современного [2, 4–6], на Кольском полуострове он, очевидно, отвечал наименее суровому арктическому. Таким образом, указанный регион является репрезентативным для рассмотрения вопроса, сформулированного в названии статьи.

На Кольском полуострове обнаружены три пояса маргинальных гряд, отвечающих трем заключительным этапам эволюции поздневалдайского ледникового покрова. Однако лишь один из них детально изучен. На его характеристике и сконцентрируем внимание. Этот пояс пересекает Кольский полуостров в субмеридиональном направлении, подходя с севера и юга к Ловозерским тундрам, и продолжается в виде гряд субширотной ориентировки на юго-восточном побережье полуострова и в Беломорской котловине. Наиболее полно краевые образования пояса изучены на Кольском полуострове. Имеются сведения об их распространении, внутреннем строении и ориентировочные оценки времени формирования [7–10]. Н.И. Апухтин [7] и А.А. Никонов [8] полагают, что маргинальные гряды ограничивают область максимального распространения поздневалдайского ледникового покрова. По представлению В.Я. Евзерова с соавторами [9], гряды сформировались в молодом дриасе. И. Экман и В. Ильин [10]

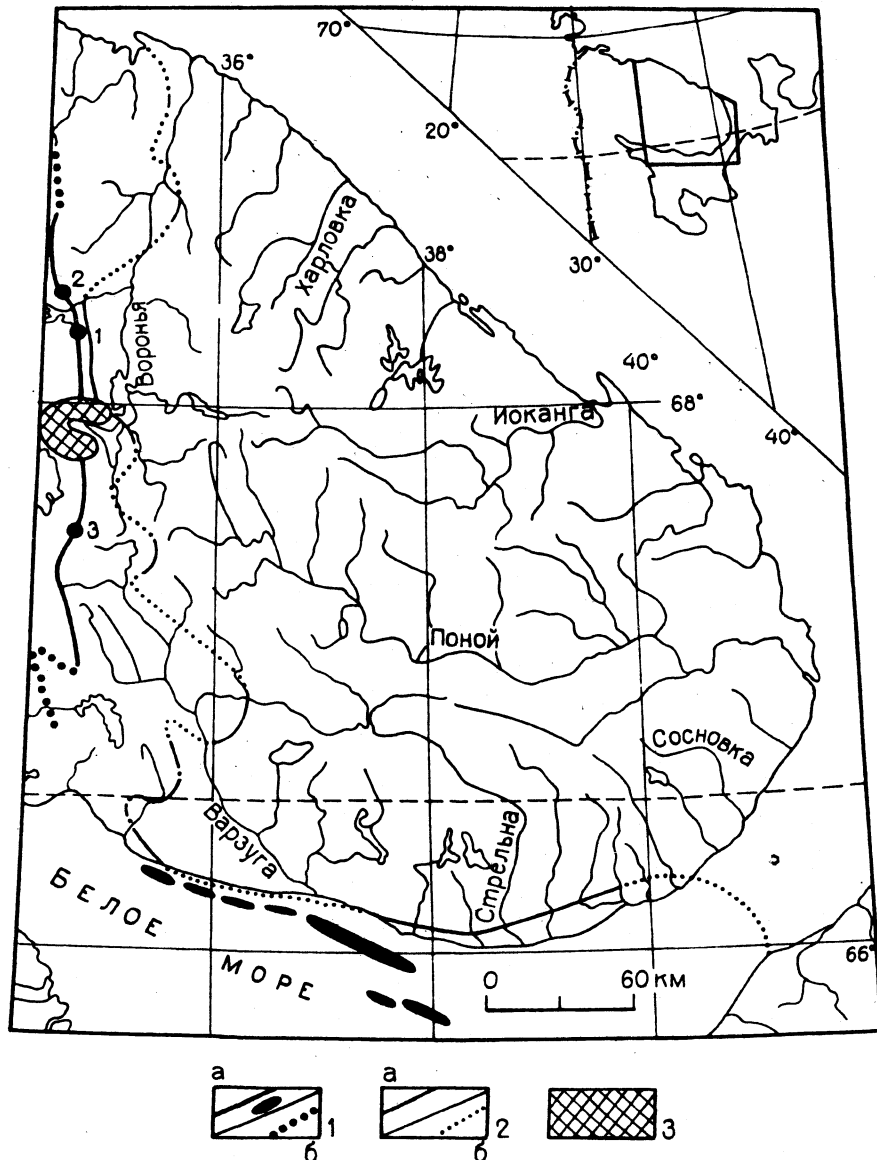


Рис. 1. Схема распространения маргинальных образований одного из этапов поздневалдайского оледенения на Кольском полуострове и в северной части Беломорской котловины

1 – граница развития ранней фазы оледенения: а – установленная по краевым образованиям, б – предполагаемая; 2 – то же поздней фазы; 3 – Ловозерские тундры (низкоротный островной массив). Гряды (северной части Беломорской котловины) нанесены по данным работы [10] с уточнениями. Пронумерованными черными кружками на схеме показаны местоположения аэрофотоснимков и рисунка, приведенных в той же последовательности (рис. 2–4)

придерживаются того же мнения относительно гряд, развитых севернее Ловозерских тундр, а гряды, находящиеся южнее горного массива, относят к невской стадии последнего оледенения. Исследования, проведенные автором в 1994 г., позволили впервые выделить этот маргинальный пояс как единое образование и установить, что он состоит из внутренней и внешней полос краевых гряд, сформированных в один этап оледенения (рис. 1). Попутно отметим, что по предварительным данным двучленное

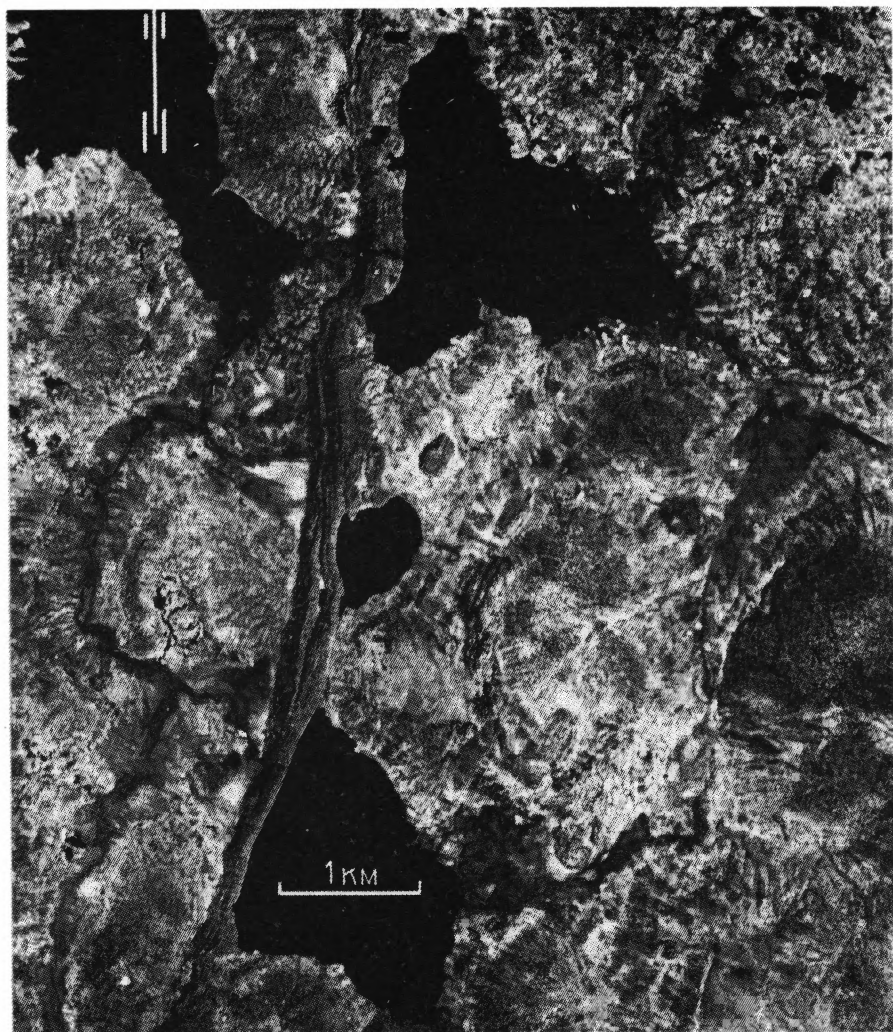


Рис. 2. Плановый аэрофотоснимок фрагмента слабдеформированного маргинального оза. Местами отчетливо видны разветвления оза

строение характерно и для двух других маргинальных поясов Кольского полуострова. Однако для окончательного решения этого вопроса требуются дополнительные исследования.

Внутренняя полоса представлена фрагментарно развитым маргинальным озом, к которому с проксимальной стороны местами тяготеет гряда напорной морены. Его фрагменты обнаружены только в замкнутых депрессиях различного масштаба и совершенно отсутствуют на возвышенностях и поверхностях, наклоненных в сторону Баренцева и Белого морей. Местами оз раздваивается. Его восточная ветвь обычно выше западной, которая либо примыкает к восточной, либо отстоит от нее на расстоянии от 50 до 500 м. На Кольском полуострове оз в разной степени деформирован. Сравнительно слабо деформации проявились на протяжении 30 км к северу от Ловозерских тундр (рис. 2). На остальной территории оз дислоцирован весьма интенсивно. Данные о внутреннем строении оза в пределах Беломорской котловины отсутствуют. В районах слабого проявления деформаций наблюдаются в основном

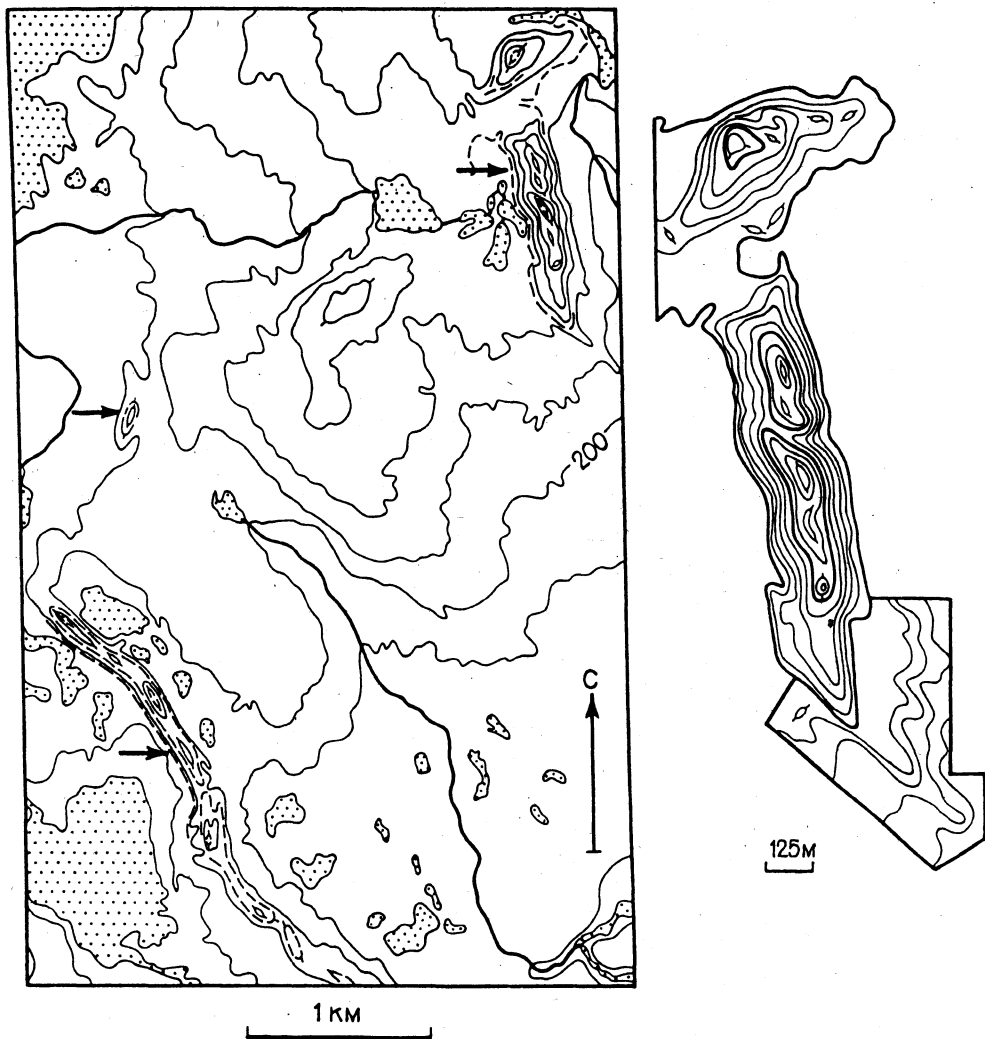


Рис. 3. Рельеф участка распространения отторженцев маргинального оза и самого северного отторженца (соответственно левый и правый рисунки).

На каждый отторженец указывает стрелка. Пунктирные горизонтали проведены через 5 м, сплошные – на левом и правом рисунках соответственно через 10 и 5 м. Крапом показаны озера

незначительные смещения отдельных участков оза в восточном направлении. Поверхность оза пологоволнистая; проксимальный склон обычно круче дистального. Ширина этой насыпной гряды или ее ветвей от 60 до 300 м, высота – 10–18 м, а длина фрагментов варьирует от 300 м до 15 км. Гряды состоят плохо дифференцированные по крупности песчано-гравийно-галечные осадки с валунами. Однако на стенках карьеров видно, что в разрезе толщи слои обогащенного галькой и валунами обломочного материала, падающие под небольшими углами в восточных румбах, разделены прослоями крупнозернистого слабопромытого песка с галькой. Замеры ориентировки длинных осей галек показали, что сгужение обломков происходило поперек нынешнего простираия гряды [9].

В районах интенсивных дислокаций оз местами разорван со смещением отторженцев в восточных румбах как минимум на сотни метров – первые километры (рис. 3).



Рис. 4. Плановый аэрофотоснимок участка сильно деформированного маргинального оза

Отторженцы в длину достигают 4 км при ширине 100–300 м и высоте от 10 до 45 м. По внешнему облику они сходны с фрагментами слабдеформированной гряды. Только в крайнем северном отторженце отчетливо видны следы сдвиговых деформаций. Кроме того, один его блок переориентирован и в настоящее время вытянут в северо-восточном направлении (рис. 3). Оз, оставшийся на месте первоначального залегания или в непосредственной близости к нему, имеет ширину 60–500 м, высоту 8–25 м, редко 45 м, и представлен фрагментами длиной 1–4 км. Его поверхность гофрированная или ребристая с небольшими всхолмлениями. Один из таких фрагментов приведен на рис. 4. В ряде районов, в том числе и показанном на рис. 4, гряда была вскрыта глубокими шурфами при опоисковании территории на строительные материалы. Полученные данные свидетельствуют о том, что в ее строении принимают участие песчано-гравийногалечные отложения, перекрывающие морену и в свою очередь местами перекрытые толщей морены мощностью 1–1,5 м. К сожалению, при проходке шурфов детально не изучались условия залегания осадочных толщ, слагающих гряду. Однако по характеру ее поверхности можно предположить, что при деформировании оза обломочный материал сминался в складки, формировались тектонические чешуи и проявлялся диапиризм. Сделанное предположение косвенно подтверждается тем, что аналогичные процессы протекали при образовании напорной моренной гряды, которая, как отмечалось, примыкает к проксимальному склону маргинального оза. В разрезе одной из таких гряд высотой 3–4 м отчетливо выде-

ляются две тектонические чешуи. Нижняя чешуя представлена мореной, а верхняя — как мореной, так и флювиогляциальными песчано-галечно-валунными отложениями. Верхняя чешуя характеризуется сложным строением. Слагающие ее породы сначала были смяты в складки, а затем рассечены трещинами скола нескольких генераций [9]. Направление главных нормальных напряжений, восстановленное по методу М.В. Гзовского [11], показало, что ось сжатия была ориентирована субгоризонтально, а ось растяжения — субвертикально. После образования трещин скола по части из них произошло нагнетание песка, суглинка и морены. Следует отметить, что формирование напорной гряды и деформирование маргинального оза были вызваны одной причиной — реактивацией ледника — и происходили в одно и то же время.

Изложенный материал позволяет реконструировать обстановку, в которой образовался и был деформирован маргинальный оз. В один из этапов эволюции поздне-валдайского ледникового покрова его край занял положение, отвечающее позиции внутренней полосы маргинального пояса на рис. 1. Скорее всего это произошло в период межстадиального потепления. Однако климат оставался суровым, и в зоне абляции, очевидно, поддерживался баланс масс, близкий к нулевому. Вместе с тем в замкнутых депрессиях, где местами располагался край ледника, постепенно накапливались талые ледниковые воды, образуя озера. Судя по характеру рельефа, наиболее крупные приледниковые водоемы располагались в районе развития отторженцев, показанных на рис. 3, и в Беломорской котловине, частично занятой ледниковой лопастью. Все эти озера, являющиеся хорошим аккумулятором атмосферного тепла, в летние периоды существенно активизировали таяние льда в краевой зоне ледника.

Плохая сортировка отложений, слагающих маргинальный оз, показывает, что обломочный материал сползал по ледяному склону, претерпевая незначительную водную переработку. Ледяной склон, очевидно, был крутым, поскольку на современных ледниках только на таких склонах создаются благоприятные условия для накопления насыпных образований [12]. Вполне вероятно, что в крупные озера поступал и хорошо дифференцированный по крупности обломочный материал, поставляемый потоками талых вод по подледным тоннелям, и в связи с этим в водоемах могли накапливаться глины. Через некоторый промежуток времени, определить продолжительность которого пока не представляется возможным, произошла реактивация ледника. В итоге ледник, продвинувшись к востоку, сформировал перед маргинальным озем напорную моренную грядку, деформировал сам оз и местами перекрыл его маломощной мореной. Не исключено, что перемещению отторженцев способствовало наличие глин в озерной депрессии, лежащей на пути перемещения ледника.

Новую границу распространения ледника маркирует внешняя полоса краевых образований. Ее субмеридиональный отрезок представлен напорными моренами грядами высотой 3–15 м при ширине 6–75 м, которые образуют главным образом изолированные дуги, обращенные выпуклостью к северо- и юго-востоку. Очевидно, гряды в основном окаймляли фронтальные части ледниковых языков. Обращает на себя внимание тот факт, что гряды внешней полосы удалены от слабодислоцированного маргинального оза на 2–7 км, тогда как расстояние между ними и интенсивно дислоцированным озем измеряется десятками километров. В строении субширотного отрезка, расположенного на юго-восточном побережье Кольского полуострова, помимо напорных гряд принимают участие ложбины стока талых ледниковых вод, субпараллельные краю ледника, флювиогляциальные дельты и чешуйчатый массив, образованный в результате тектонического преобразования ледником отложений более древней флювиогляциальной дельты [13].

В 10 км к югу от основного ансамбля форм внешней полосы маргинального пояса развита напорная моренная гряда, вытянутая вдоль берега Белого моря. Она сформировалась, вероятно, вследствие повторной, более слабой реактивации ледника на границе мертвого и активного льда. Следы этой реактивации установлены и в ряде других мест.

Различие в строении субмеридионального и субширотного отрезков внешней полосы маргинального пояса объясняется особенностями рельефа местности, расположенной перед краем ледника. Так, перед концами ледниковых языков, выдвинувшихся в северо- и юго-восточном направлениях, простиралась слаборасчлененная поверхность, дававшая возможность талым ледниковым водам выносить обломочный материал за пределы ледяного массива и формировать флювиогляциальные дельты в водоемах на удалении от краевых гряд. Таким водоемом на севере являлось Баренцево море, а на юге – обширное приледниковое озеро, охватывавшее район нижнего течения рек Оленица, Варзуга и Чаваньга. Что же касается юго-восточного побережья Кольского полуострова, то здесь поверхность наклонена навстречу движению льда, в связи с чем после подвижки льда перед его краем, преимущественно в речных долинах, возникли приледниковые озера. Сформировавшиеся в этих озерах флювиогляциальные дельты оказались приуроченными к внешней полосе маргинального пояса.

Вскоре после заключительной реактивации ледника периферическая часть покрова утратила динамическую связь с основным массивом льда. Последующая дегляциация территории, заключенной между краевыми грядами внешней полосы и расположенным западнее (за границей рис. 1) маргинальным поясом следующей стадии поздневалдайского оледенения, осуществлялась посредством постепенного стаивания мертвого льда на протяжении всего периода межстадиального потепления. О дегляциации путем таяния мертвого льда свидетельствует отсутствие ленточных глин на всей упоминавшейся площади. Эти осадки не были обнаружены ни в одной из большого количества разбуренных озерных котловин и ни в одном естественном обнажении. Иная картина, как отмечалось, наблюдается при дегляциации территорий вследствие отступления края активного льда: ленточные глины широко распространены между полосами маргинальных образований. Отметим, что Д. Шо, который детально изучил ледниковые отложения обширного района Центральной Швеции, пришел к выводу, что дегляциация района, протекавшая в суровых климатических условиях, осуществлялась посредством таяния мертвого льда [14].

Несколько слов о возрасте гряд внешней полосы маргинального пояса, показанного на рис. 1. Судя по результатам палеомагнитного изучения ленточных глин, распространенных в предкраевой области, гряды сформировались в невскую стадию последнего оледенения [13]. Сделанное заключение хорошо согласуется с данными Е.Н. Невесского, В.С. Медведева и В.В. Калининко, установившими, что в аллереде по периферии Беломорской котловины существовали разрозненные пресноводные бассейны [15]. На Кольском полуострове эту стадию предлагается именовать ревдозерской, поскольку вблизи оз. Ревдозеро, расположенного у северных предгорий Ловозерских тундр, полно представлены и впервые детально изучены гряды рассмотренного маргинального комплекса.

Приближенную оценку времени образования маргинального пояса, видимо, можно получить также, определив радиоуглеродным методом возраст начального этапа накопления органики в озерах предфронтальной области или в озерах, расположенных в непосредственной близости к внешней полосе маргинальных гряд с проксимальной стороны. Аналогичные датировки осадков озер остальной территории зафронтальной области, составившие на площади бывшего распространения лопасти невской стадии оледенения около 10,3 тыс. лет [16], в связи с особенностями дегляциации этой территории позволяют оценить время формирования краевых гряд более молодой стадии, которая имела место в молодом дриасе.

Проведенные исследования дают основание полагать, что маргинальные пояса, состоящие из двух полос краевых ледниковых гряд, из которых внешняя полоса моложе внутренней, формировались при деградации континентального ледникового покрова в суровых климатических условиях. Дегляциация территорий в такой обстановке происходила посредством омертвления и последующего постепенного таяния огромных массивов льда в периоды межстадиальных потеплений.

1. *Raukas A.* Ice marginal formations of the Palivere zone in the eastern Baltic // *Sveriges Geol. Underskning*. 1992. Ser. Ca. 1. P. 277–284.
2. *Berglund B.E.* The deglaciation of southern Sweden 13,500–10,000 B.P. // *Boreas*. 1979. V. 8. № 2. P. 89–118.
3. *Sorensen R.* Late Weichselian deglaciation in the Oslofiord area, south Norway // *Boreas*. 1979. V. 8. № 2. P. 241–246.
4. *Alm T.* Ovre Erasvatn-palynostratigraphy of a 22000 to 10000 BP lacustrine record on Andoya, northern Norway // *Boreas*. 1993. V. 22. P. 171–188.
5. *Behre K.-E., Lade U.* Eine Folge von Eem und 4 Weichsel-Interstadialen in Oerel/Niedersachsen und ihr Vegetationsablauf // *Eiszeitalter und Gegenwart*. 1986. T. 36. S. 11–36.
6. *Mojżski J.E.* Geologie of Poland. V. 1. P. 3b. Warsaw. 1985. 248 p.
7. *Анухтин Н.И.* Стратиграфия четвертичных отложений Кольского полуострова и Северной Карелии по новейшим исследованиям // *Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Запада СССР*. Т. 1. Л.: Госгеолтехиздат, 1957. С. 68–82.
8. *Никонов А.А.* Краевые образования северной Фенноскандии и их соотношение с краевыми образованиями остальной Фенноскандии // *Краевые образования материкового оледенения*. Вильнюс: Минтис, 1965. С. 33–44.
9. *Евзеров В.Я., Горбунов Е.О., Колька В.В.* Краевые ледниковые образования позднего дриаса в северной и центральной частях Кольского полуострова // *Четвертичные отложения и новейшая тектоника ледниковых областей Восточной Европы*. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 1993. С. 26–38.
10. *Rainio H., Saarnisto M., eds.* Eastern Fennoscandian Younger Dryas end moraines (north Karelia, Finland and Karelian ASSR). Espoo, 1991. 149 p.
11. *Гзовский М.В.* Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
12. *Лаврушин Ю.А., Гентнер А.Р., Голубев Ю.К.* Ледовый тип седименто- и литогенеза. М.: Наука, 1986. 156 с.
13. *Бахмутов В.Г., Евзеров В.Я., Загний Г.Ф. и др.* Условия формирования и возраст краевых образований последнего ледникового покрова на юго-востоке Кольского полуострова // *Геоморфология*. 1991. № 2. С. 52–59.
14. *Shaw J.* Genesis of the Sveg tills and Rogen moraines of central Sweden // *Boreas*. 1979. V. 8. № 4. P. 409–426.
15. *Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.
16. *Yevzerov V.* Eastern Fennoscandian Younger Dryas and moraines and deglaciation (Kola Peninsula). Apatity, 1993. 66 p.

Геологический институт
Кольского научного центра РАН

Поступила в редакцию
11.04.95

FEATURES PECULIAR TO MARGINAL RIDGES FORMATION OF THE LATE VALDAI ICE SHEET UNDER CONDITIONS OF ARCTIC CLIMATE

V. Ya. EVZEROV

S u m m a r y

When the Late Valdai ice sheet receded within Arctic regions, the heat supply appeared insufficient to ensure an active retreat of the ice margin. As shown using the Kola Peninsula as a case study, such conditions resulted in marginal belts formation consisting of two ridges. The inner ridge developed under condition of stationary ice margin, while the younger outer ridge was built by reactivated ice sheet. After an episode of reactivation, the peripheral parts of the ice sheet lost their connection with the main ice body and melted as dead ice blocks.