

УДК 550.34 + 550.248.2 (470.21)

С.Б. Николаева

Складчатые деформации в позднеплейстоценовых отложениях Хибин (центральная часть Кольского полуострова): морфология и генезис

S.B. Nikolaeva

Fold deformations in the Late Pleistocene deposits of the Khibiny (the central part of the Kola Peninsula): Morphology and genesis

Аннотация. Впервые описаны складчатые деформации в озерно-ледниковых отложениях (юго-восточная часть Хибинского горного массива), формирование которых связано с оползневыми процессами, обусловленными сеймотектоническими подвижками вдоль новейшего сброса на северном склоне горы Коашва. Цикличность проявления деформационных горизонтов в разрезах свидетельствует о нескольких, возможно сближенных сейсмических событиях, которые происходили в конце позднего плейстоцена. Полученные данные хорошо согласуются с имеющимися сведениями о палеосеймодеформациях в кристаллических породах и свидетельствуют о сильных сейсмических событиях в период деградации последнего Валдайского оледенения.

Abstract. Fold deformations of the Late Pleistocene glaciolacustrine deposits in the south-eastern part of the Khibiny Mountain Massif have been described for the first time. Their formation is connected with the seismogravitational sliding taking place due to seismotectonic movements along the normal fault on the northern slope of the Koashva Mountain. The cyclic occurrence of the deformation horizons in faults testifies to several, presumably close, seismic events that took place in the end of the Late Pleistocene. The obtained data correspond with the information on the palaeoseismic deformations in crystalline rocks and reflect the high seismic potential of the studied area during deglaciation the Late Valdaian (Weichselian).

Ключевые слова: сеймодеформации, палеосейсмичность, землетрясения, озерно-ледниковые отложения, поздний плейстоцен, Хибин, Кольский полуостров

Key words: seismic deformations, paleoseismicity, earthquakes, glaciolacustrine deposits, Late Pleistocene, Khibiny, the Kola Peninsula

1. Введение

В разрезах рыхлых отложений нередко встречаются различные нарушения и деформации, возникающие в неуплотненных и водонасыщенных осадках. В Кольском регионе на территории, неоднократно подвергавшейся оледенениям, наиболее широко представлена группа нарушений гляцигенного генезиса. Другая большая группа нарушений, не связанная с воздействием ледников – литогенная, вызвана условиями седиментации, существовавшими в определенных обстановках, в том числе и спонтанным разжижением и изменением объема осадка при сейсмических воздействиях. В этой группе особое место занимают подводно-оползневые деформации, образование которых, наряду с кластическими дайками и мутьевыми потоками, часто связывают с повышенной сейсмичностью во время осадконакопления (*Верзилин, Окнова, 1977; Moretti, Sabato, 2007*). По классификации С. Монтената их относят к группе гравитационных явлений, индуцированных землетрясениями (*Montenat et al., 2007*). Подобные деформации в последнее время отмечены в четвертичных отложениях Канады, Фенноскандии, СЗ России, в том числе и на СЗ Кольского региона (*Никонов и др., 2001; Mörner, 2004; Николаева, 2009; Бискэ и др., 2009*). Однако при повышенном интересе к изучению таких деформаций это направление еще недостаточно хорошо разработано и до настоящего времени их генезис вызывает острые дискуссии. В каждом отдельном случае набор формируемых текстур зависит от целого ряда факторов: мощности и особенностей строения чехла рыхлых отложений, условий их формирования, гранулометрического состава отложений, геолого-тектонической обстановки и пр.

Одним из новых районов обнаружения сеймодеформаций в рыхлых отложениях является территория Хибинского горного массива, расположенного в центральной части Кольского региона (рис. 1). Несмотря на благоприятные предпосылки для образования таких деформаций в этом районе (относительно высокая сейсмичность самого массива, широкое развитие рыхлых толщ озерного, озерно-болотного и аллювиального генезиса, соответствующий гранулометрический состав и строение), в течение долгого времени задачи по выявлению подобных текстур здесь, в силу различных причин, не ставились и не решались. Поэтому целью данной работы является изучение деформационных складчатых текстур в рыхлых отложениях юго-восточной части Хибинского массива и обсуждение возможности их сейсмогенного генезиса.

2. Район исследований

Хибинский массив выражен в рельефе горами средней высоты, максимальные высотные отметки которых достигают 1100-1190 м. В геологическом отношении это концентрически зональная полифазная интрузия, сложенная преимущественно нефелиновыми сиенитами и приуроченная к трансрегиональной северо-восточной зоне, протягивающейся от Мурманского побережья на севере, через центральную часть Кольского региона и далее в Финляндию (Металлогения восточной..., 1980). Характерной чертой зоны являются долгоживущие глубинные разломы, к участкам пересечения которых с разломами других направлений тяготеют интрузии щелочно-ультраосновных пород и нефелиновых сиенитов.

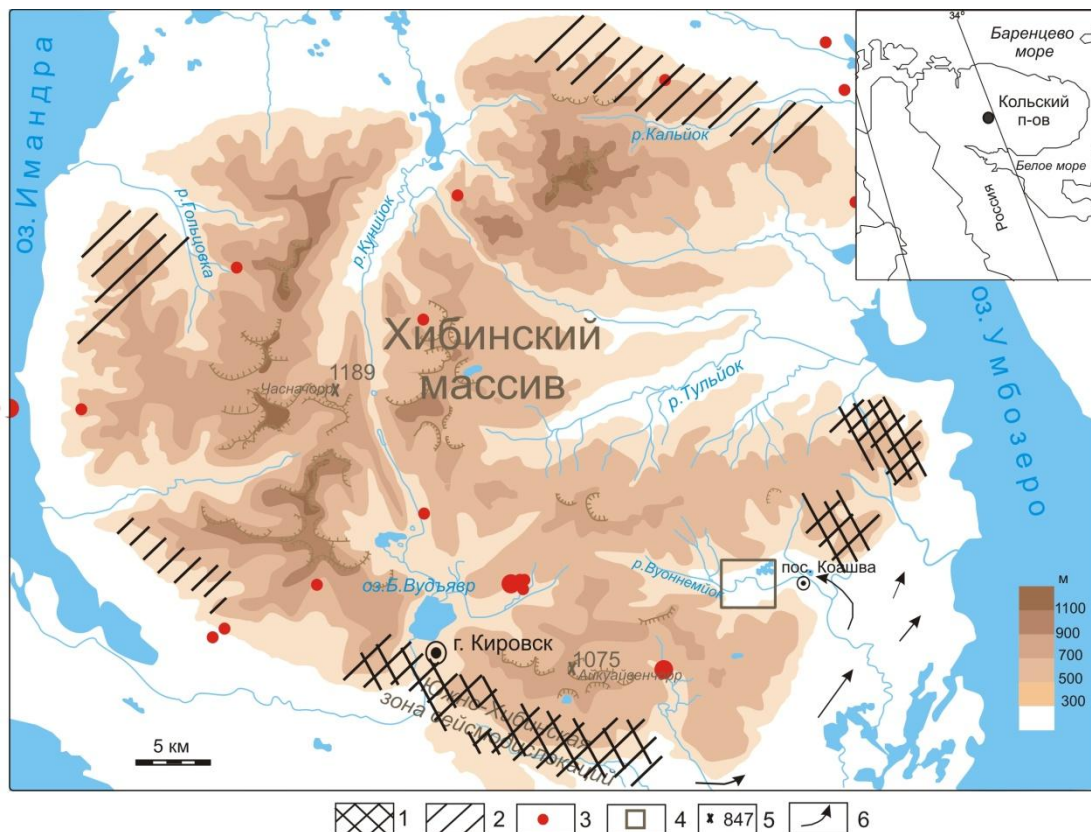


Рис. 1. Расположение районов развития палеосейсμοдеформаций и эпицентров современных землетрясений Хибинского массива.

Районы развития палеосейсμοдеформаций: 1 – установленные по (Авенариус, 1989; Николаева, 2003; Романенко и др., 2004); 2 – предполагаемые (по данным дешифрирования аэрофото- и космоматериалов); 3 – эпицентры землетрясений (по данным инструментальных наблюдений КФ ГС РАН с магнитудами (М) 0.19-2.8); 4 – участок исследований; 5 – высотные отметки рельефа в м; 6 – направление движения ледника в период стадияльного похолодания позднего дриаса

С неотектонических позиций Хибинские горы рассматривают как морфоструктуру 2-го порядка с высокой интенсивностью поднятия, сформированную в результате новейших тектонических движений (Стрелков, 1973). Предгорные равнины, окружающие массив, являются зоной новейшего компенсационного опускания. В результате его тектонического поднятия, происходившего с различной скоростью в разные отрезки геологического времени, выведения кровли массива на километровую высоту, образовалась многочисленная сеть крупных и мелких разрывных нарушений различной ориентировки, возраста и кинематики, часть из которых является новообразованными или активизированными на неотектоническом этапе развития. Активность разрывных нарушений и разломных зон подчеркивает современная сейсмичность массива и обнаруженные в последние годы следы древних землетрясений (палеосейсμοдеформации).

3. Сейсмичность

Район Хибинского массива относится к одному из наиболее сейсмоактивных узлов Кольского региона. Землетрясения с интенсивностью в 4-5 баллов по шкале MSK-64 стали фиксироваться в

Хибинах с 1948 г. (Панасенко, 1969). С этого времени они происходят небольшими группами (по 2-3) с интервалом в 5-10 лет. В последние годы установлено, что основная группа землетрясений спровоцирована ведением крупномасштабных горных работ, нарушивших естественное равновесное состояние в приповерхностной части земной коры (техногенные землетрясения и взрывы) (Годзиковская и др., 2010). Естественное тектоническое происхождение имеют события 1948 и 1955 гг. с глубиной очагов в 15-20 км и еще около 15 событий в 1980-е и 1990-е гг.

Первое упоминание о возможности древних землетрясений в Хибинах, следы которых можно изучать только геологическими и палеосейсмологическими методами, относится к 1967 г. (Николаев, 1967). В своей работе профессор Московского университета Н.И. Николаев предположил, что в пределах Восточно-Европейской платформы, в том числе и в Хибинах на Кольском полуострове, несколько тысяч лет назад происходили сильные сейсмические события с интенсивностью до 10 баллов. Эти предположения получили свое подтверждение только спустя 20 лет, с развитием широкомасштабных палеосейсмических исследований на всем Фенноскандинавском щите (Никонов, 2003; Mörner, 2004).

К настоящему времени наиболее выразительной и изученной в Хибинах является Южно-Хибинская зона сейсмодислокаций, протягивающаяся в субширотном направлении на 15 км (рис. 1) (Авенариус, 1989; Николаева, 2003). Она пересекает южные отроги Хибинских гор и состоит из системы микрогорстов и микрограбенов и диагональных к ним сдвигов, расположенных на наклонной террасовидной ступени рельефа, высота которой колеблется от 400 до 600-650 м. В рельефе дислокации выражены правоступенчатой системой взаимопереходящих друг в друга ущелий, уступов и их комбинаций. Южно-Хибинские дислокации являются частью крупного линейamenta, ограничивающего с севера имандра-варзугскую структурно-фациальную зону, омоложенную системой разрывных нарушений, по которым сформировались все вышеупомянутые морфологические элементы. Образовавшиеся ущелья и уступы не только пересекают элементы рельефа, но и образуют совершенно самостоятельную структурно обособленную зону сбросо-раздвиговых деформаций, представляющих собой сеймотектоническое образование.

Формирование Южно-Хибинской сеймотектонической зоны происходило в несколько этапов: в позднем плейстоцене, позднеледниковье-раннем голоцене и в позднем голоцене. Это означает, что на протяжении позднего плейстоцена и в голоцене Хибинский массив испытывал неоднократные сейсмические толчки, максимальная интенсивность которых в эпицентре могла достигать XI-XII баллов по шкале MSK-64 (Николаева, 2003). Аналогичные зоны новейших дислокаций отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках и ярко проявлены в рельефе северо-западных (например, расщелина Аку-Аку, и более протяженная система ущелий на выс. отм. 600-700 м) и северо-восточных предгорий Хибин. Комплекс предполагаемых сейсмогенных нарушений рельефа более мелких порядков обнаружен и на восточных склонах массива в районе отрогов гор Коашкар, Чиврнюн, Ньюрпахк и пр. (Романенко и др., 2004).

4. Строение рыхлого покрова

В строении рыхлого покрова массива принимают участие различные генетические типы отложений. Основные сведения о них содержатся в работах А.Д. Арманда (1960) и М.А. Лавровой (1960). Время формирования осадков охватывает доледниковую эпоху, ледниковое время и послеледниковье. Доледниковые образования представлены линейными корами выветривания и элювиально-делювиальными отложениями. Среди осадков ледникового парагенетического ряда широкое распространение получили морены, флювиогляциальные и озерно-ледниковые. К послеледниковым образованиям относят элювиально-делювиальные, коллювиальные, аллювиальные, озерные и биогенные.

Участок работ расположен на юго-востоке Хибин, в районе горной долины реки Вуоннемйок (рис. 1). В настоящее время эту территорию занимает карьер "Коашва", в котором ведется добыча апатито-нефелиновых руд. В плане карьер имеет вытянутую форму, длинная ось которой составляет более 2 км, а короткая – около 800 м. Глубина его постоянно увеличивается и к настоящему времени составляет около 200 м, а мощность четвертичных отложений варьируется от 0 до 65-70 м. Карьером вскрыта напорно-насыпная гряда, которая сразу после своего образования перегораживала долину реки, а затем была размыва у ее северного борта (рис. 2). Длина гряды перед вскрытием её карьером достигала 1 км, ширина – 0.5 км, а высота составляла около 40 м. Гряда относится к поясу краевых ледниковых образований, формирование которого отвечает климатическому циклу аллерёд-поздний дриас (Евзеров, Николаева, 2000). По строению она аналогична Кировской напорно-насыпной гряде, расположенной к югу от оз. Б. Вудъявр.

Состав отложений участка довольно разнообразен – от торфа и аллювиальных песков до крупнообломочного делювия и коллювия (рис. 2). В течение нескольких полевых сезонов в пределах исследуемого участка было проведено детальное изучение разрезов четвертичных отложений, вскрытых

карьером на разных горизонтах (220, 235, 250 м). В их строении отчетливо выделяются V толщ, различающихся по составу и условиям формирования осадков (рис. 3).

Толща I представлена мореной последнего покровного оледенения. В ее состав входит несортированный разнотернистый и пылеватый песок с галькой и валунами, содержание которых составляет 15-25 %. Анализ петрографического состава крупнообломочного материала показал, что от 87 % до 96 % галек и валунов состоят из эффузивно-осадочных пород имандра-варзугского комплекса и архейских гнейсов и гнейсо-гранитов. Многочисленные гляциодислокации, нарушающие морену, представлены гигантскими "чешуями", диапирами или складками. Мощность морены в разных участках карьера варьируется от 1-2 до 10-20 м.

Толща II, мощностью от 4 до 6 м, является отложениями флювиогляциальной дельты, сложенной песчано-гравийно-галечными осадками с единичными валунами. Пески мелко-среднетернистые, чередуются с галечными прослоями, образуя типичные для дельтовых осадков "косые серии" с азимутами падения слоев в западных и юго-западных румбах и свидетельствующие о направлении перемещения ледникового языка вверх по долине реки Вуоннемйок. Петрографический состав галечного материала толщи отражает значительное преобладание кислых и основных пород фундамента над щелочными. Эти осадки часто образуют линзы разного размера мощностью до 2,5 м.

Толща III состоит из субгоризонтально-слоистых средне- и тонкотернистых песков, обладающих признаками обломочных потоков (Евзеров, 2007). Толщина прослоев среднетернистых песков от 0.5 до 2 см, мелкозернистых прослоев – 0.2-1.5 см. На отдельных участках слоистость прерывистая, неотчетливая. Граница с нижележащей толщей суглинков и глин ровная, субгоризонтальная. Средняя мощность толщи – 7-8 м.

Толща IV – ледниково-озерные отложения, состоящие из ленточных суглинков, супесей, глин с прослоями песка. Толщина лент варьируется от 2-4 мм до 1.1 см. Суглинки, от серого до темно-серого цвета, тонко переслаиваются со светло-серыми супесями и глинистыми коричневатыми прослойками. Отдельные горизонты суглинистых отложений деформированы и смяты в складки. Залегание всех слоев этой толщи субгоризонтальное, исключение составляют прибортовые участки карьера. Состав и строение осадков позволяет отнести их к отложениям мутьевых потоков. Ориентировочный подсчет лент показал, что осадки были сформированы в течение 800-1000 лет. Толща ленточных осадков, мощностью 5-6 м, простирается на расстояние 1.5 км.

Толща V представлена мореной горного ледника, о чем свидетельствует петрографический состав галечных проб, состоящий на 96-99 % из нефелиновых сиенитов Хибинского массива.

Таким образом, под мореной поздневалдайского покровного оледенения вскрываются осадки флювиогляциальной дельты, отложения приледникового озера и морена горного ледника, в образовании которых принимали участие гидродинамические, турбидитные и обломочные потоки.

На протяжении более чем 800 м в толще IV наблюдается серия разнообразных складок, образующих три отчетливо выраженных горизонта, разделенных ненарушенными отложениями (рис. 3).

Деформации нижнего горизонта (Г1), мощность которого варьируется от 1.1 м на севере до 0.5-0.6 м в центральном и юго-восточном участках карьера, представлены складками разной формы и размеров. По наклону осевой поверхности и крыльев выделяются прямые, наклонные, иногда ныряющие или лежащие (рис. 4). На отдельных участках это могут быть синформные и антиформные складки, с осложненными флексурами крыльями, грибовидные, с деформированными гребнями. Амплитуда их колеблется в достаточно широких пределах – от первых десятков сантиметров до 1-1.5 м. В обнажениях хорошо видно, что в смятие было вовлечено несколько слоев ленточных осадков, залегающих между ненарушенными отложениями, что свидетельствует об образовании их одновременно или вскоре после осадконакопления. Наряду с пликвативными деформациями в этом горизонте наблюдаются и разрывные нарушения. Они представлены сложной системой микрогорстов и микрограбен с вертикальными амплитудами смещения 7-8 см. Структурные наблюдения за складчатостью показывают, что в северной части карьера перемещение материала шло с ССВ на ЮЮЗ, т.е. от склона Хибин, а ближе к центру ясно выраженной вергентности складок не обнаруживается (рис. 4в).

Деформации верхних горизонтов Г2 и Г3 отличаются от деформаций нижнего как по размерам, так и по форме складок. Это миниатюрные складочки с амплитудой волны, не превышающей 5-10 см, похожие на конволютную слоистость (рис. 5). Они развиты в горизонтах мощностью в 10-20 см и прослежены на расстояния до 0.5 км. Морфология складок различна: наряду с прямыми и наклонными синформами и антиформами, встречаются веерообразные и коробчатые, а также текстуры типа "язычков пламени" (рис. 5Б, а). В отдельных пунктах деформированные горизонты представлены участками только наклонных или лежащих складок (рис. 5Б, б).

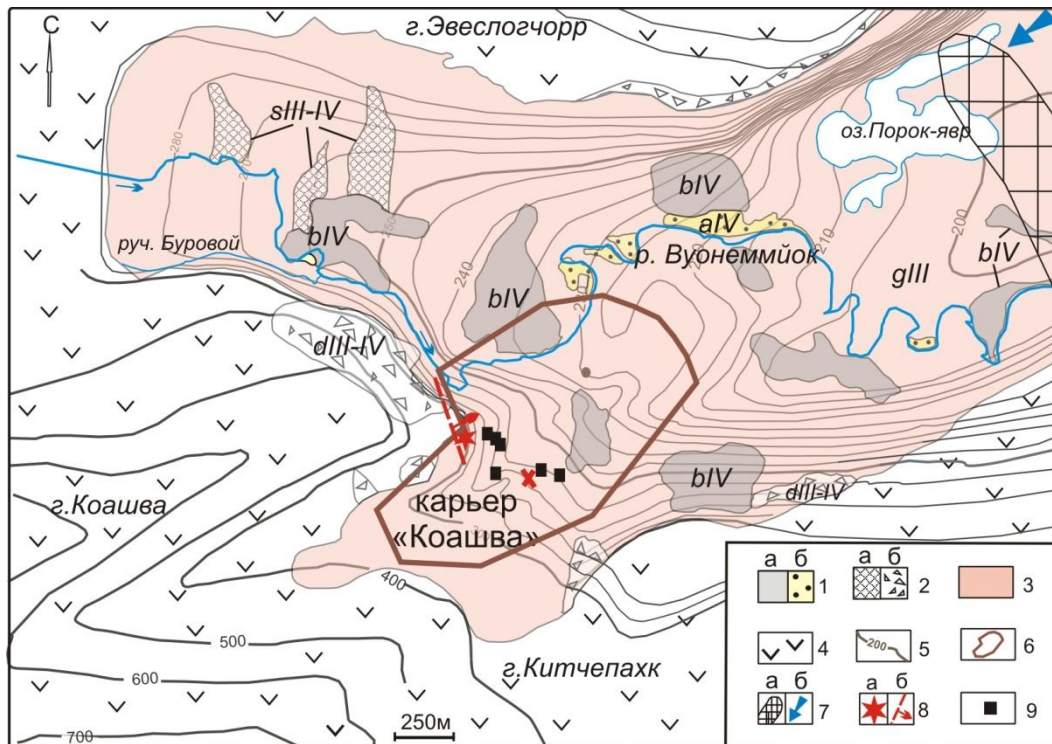


Рис. 2. Распространение рыхлых отложений в долине реки Вуонемйок и местоположение изученных разрезов.

Отложения: 1 – биогенные (а), аллювиальные (б); 2 – конусов выноса временных потоков и снежных лавин (а), делювиальные и коллювиальные (б); 3 – ледниковые (морена); 4 – ийолиты, ювиты, уртиты Хибинского массива; 5 – изолинии подошвы четвертичных отложений проведены через 5 м (до отм. 250), через 10 м (до отм. 290); 6 – граница карьера; 7 – напорно-насыпная гряда (а), направление движения ледника (б); 8 – положение зеркала скольжения (а), новейшее разрывное нарушение (б); 9 – местоположение изученных разрезов. Крестиком показано местоположение разреза, показанного на рис. 3

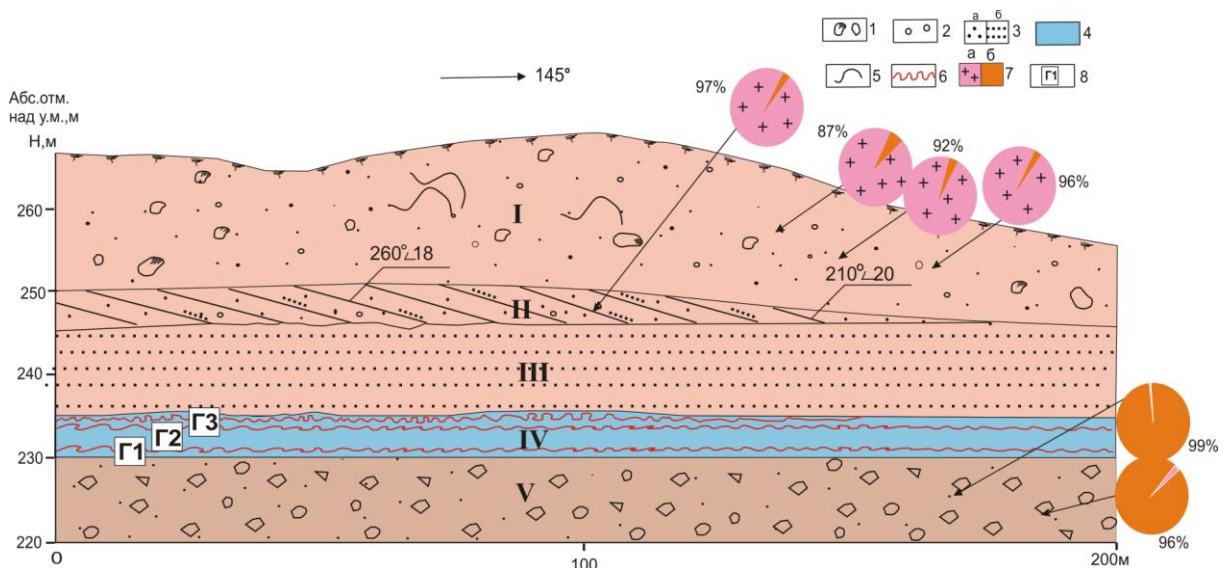


Рис. 3. Сводный разрез строения позднеплейстоценовых осадков в долине реки Вуонемйок: 1 – валуны; 2 – галька; 3 – гравий (а), песок (б); 4 – ленточные супеси, суглинки и глины. Деформации: 5 – гляцигенные; 6 – сейсмогравитационные; 7 – содержание обломков пород в галечной фракции на круговых диаграммах: кислых и основных (а), нефелиновых сиенитов Хибинского массива (б); 8 – номера горизонтов складчатых деформаций. Римскими цифрами обозначены номера толщ, упоминающихся в тексте

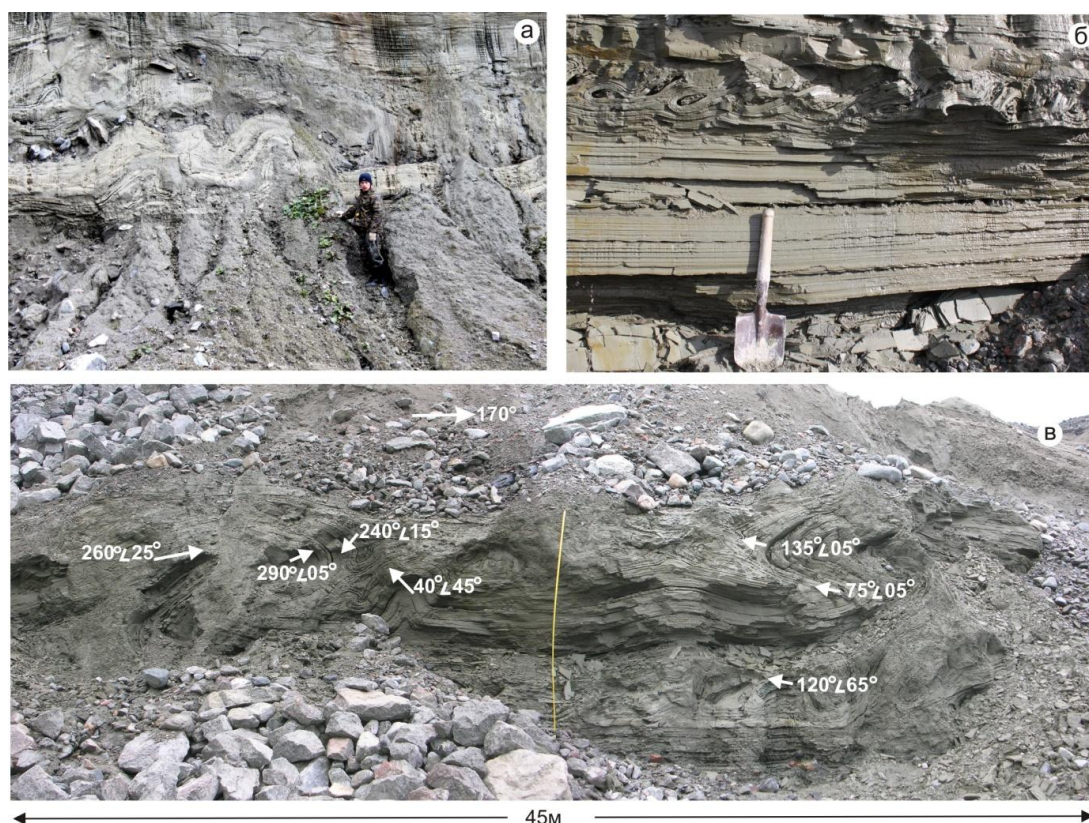


Рис. 4. Складчатые деформации горизонта Г1: а – в северном; б – центральном (длина лопатки 65 см); в – юго-восточном (длина линейки 1.1 м) участках карьера

5. Генезис и механизм образования складчатых деформаций

Ленточный характер и состав отложений, в которых развивались складчатые деформации, свидетельствуют о формировании их на дне позднеледникового палеоводоёма. Для складчатых горизонтов общими являются следующие признаки: пластичность осадков и их способность к разжижению, залегание деформированных горизонтов между осадками, обладающими ненарушенной первичной слоистостью; цикличность проявления в разрезе. Горизонтальное (субгоризонтальное) залегание суглинков, подстилающих и перекрывающих деформированные горизонты свидетельствует о том, что деформациям подвергались первоначально горизонтальные или слабо наклонные слои. Присутствие в одном разрезе нескольких уровней деформированных горизонтов, разделённых ненарушенными отложениями, морфология и размеры не позволяют отнести складчатые деформации к гляциотектоническим структурам. Можно исключить криогенный и солифлюкционный механизмы образования складок, поскольку невозможно представить формирование криогенных текстур на дне водоёма, а солифлюкция – субаэральный процесс. Наиболее достоверным объяснением формирования складок горизонта Г1 является подводное оползание осадков, накопленных на наклонном участке ложа приледникового озера, которое могло произойти в результате нарушения их критической точки равновесия. Характер и морфология складок горизонтов Г2 и Г3, выдержанность этих горизонтов по простиранию свидетельствуют и о возможном смещении и деформации слоев в результате динамических воздействий. Кроме того, генезис лежащих складок в конволютной слоистости еще не получил удовлетворительного объяснения. Ряд авторов считают, что такие текстуры образуются под действием трения потока, текущего над осадком, оживленным сейсмическим сотрясением (Allen, Banks, 1972).

Обследование северного отрога горы Коашва, от коренного склона которого начинаются складки в озерно-ледниковых отложениях, позволило выявить здесь новейший сброс с аз. пад. плоскости сместителя 80° и углом падения 18° (рис. 6). Зеркало скольжения сброса не успело выветриться, что указывает на его молодость. Складчатые деформации расположены в лежащем опущенном крыле разлома. Наиболее вероятным спусковым механизмом оползания влагонасыщенного материала с образованием складок послужили неоднократные (в нашем случае три) тектонические (сеймотектонические) подвижки, имевшие место во время осадконакопления суглинистой толщи, сопровождающие движения вдоль сброса. В пользу сейсмогравитационного генезиса складок

свидетельствуют следующие факты: хорошо выраженное геологически и геоморфологически разрывное нарушение; приуроченность разреза к району Хибинского массива, характеризующегося интенсивными неотектоническими блоковыми движениями; повышенным, по сравнению с другими районами Кольского региона, уровнем современной сейсмической активности Хибин; обнаружением в районе молодых разрывов и палеосейсмодеформаций, которые интерпретируются как отражения сильных сейсмических событий. Кроме того, цикличность проявления горизонтов с деформациями указывает, с одной стороны, на дискретность, а с другой – на повторяемость процессов их формирования, что и следует ожидать в сейсмоактивных зонах, характеризующихся чередованием периодов сейсмического затишья и сейсмической активизации.

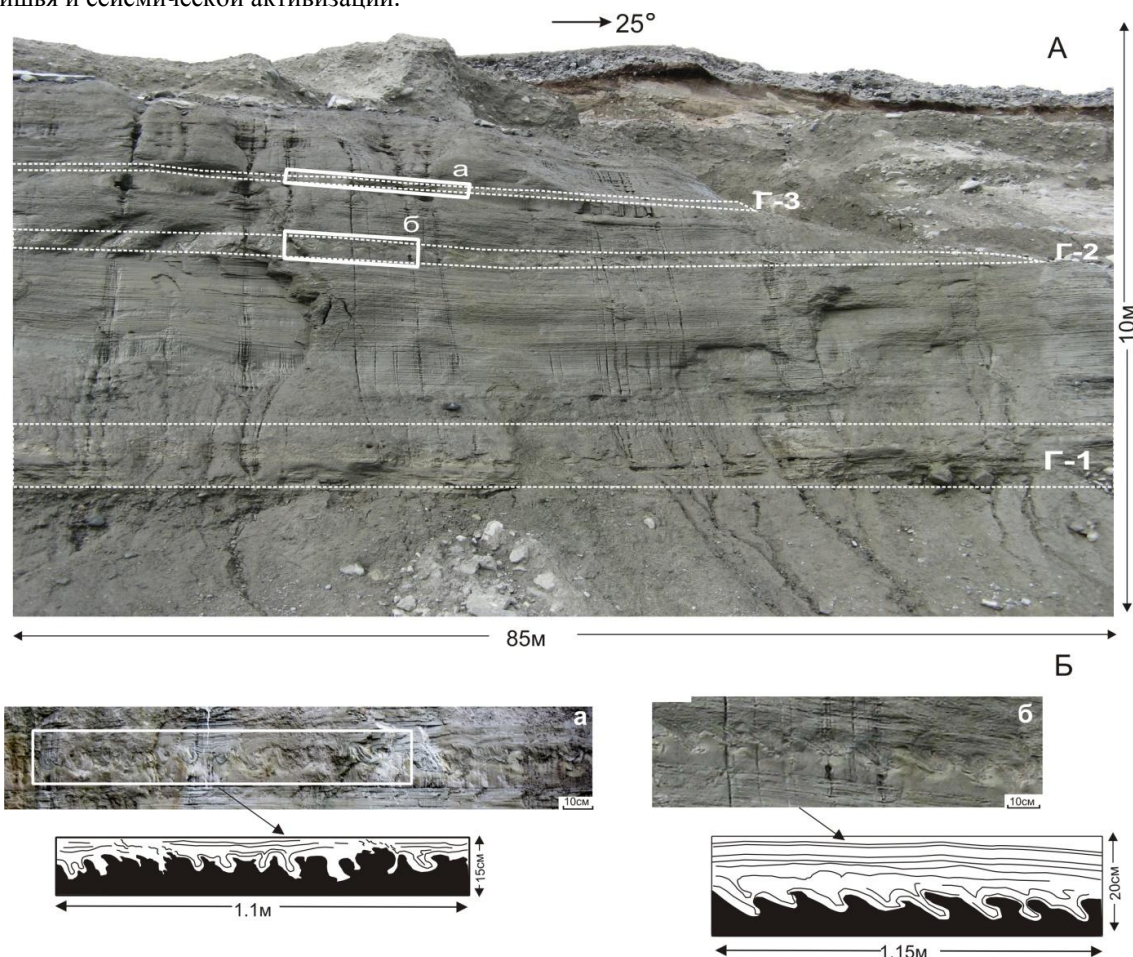


Рис. 5. Циклическое повторение деформированных горизонтов в ленточных суглинках северного борта карьера Коашва (А). Б – характер и морфология складок в горизонтах Г-2 и Г-3: а – без явно выраженной вергентности, часто в виде "язычков пламени" (Г3); б – вергентные (Г3)

Использование варвохронологического метода определения времени осадконакопления в ленточных отложениях показало, что ненарушенная толща осадков между горизонтами Г1 и Г2 содержит около 300 годовых лент, а между горизонтами Г2 и Г3 – 150 годовых лент. Это может свидетельствовать о сближенных сейсмических толчках в Хибинах, интервал между которыми составлял от 150 до 300 лет.

Возраст сейсмических событий можно определить пока лишь приблизительно. Сама напорно-насыпная гряда в долине реки Вуоннемейок сформировалась в период деградации поздневалдайского оледенения около 10.3-11.8 радиоуглеродных лет назад (Евзеров, Николаева, 2000). Образование приледникового озерного водоема и накопление в нем осадков могло произойти несколько ранее, в период потепления климата, возможно, в аллерёде, около 11.8 тыс. лет назад. Вероятно, к этому рубежу или несколько ранее следует отнести и время образования деформаций.

Различные нарушения и деформации, в том числе и складчатые, наблюдались и в других разрезах рыхлых отложений Хибин. Так, к западу от исследуемого района, в долине реки Белая А.Д. Арманд отметил развитие волновых текстур с длиной волн порядка 10-18 см и амплитудой до 3 см в озерно-ледниковых алевритах Кировской гряды, а также внедрение алевритов в виде языков в

перекрывающие осадки и отторженцы тонкослоистых песков, смятых в лежачую складку (Арманд, 1960). В районе южнее мыса Голкинского (восточные предгорья Хибин) наблюдаются складки в глинах, залегающих под флювиогляциальными песками. Из нижней части песков в одной из линз был отобран образец на радиотермолюминесцентный (РТЛ) анализ для определения возраста, который составил 8800 ± 1900 (РТЛ-МГУ-963) (Романенко и др., 2004), т.е. глины были сформированы несколько ранее этой даты. Микроскладчатость наблюдалась и в ленточных глинах, сформировавшихся в приледниковом водоеме в цирке Снежном (Ананьев, 1998). По данным РТЛ-анализа, возраст их составляет 14000 ± 4500 лет (по определениям О.А. Куликова) (Ананьев, 1998). Данные РТЛ-анализов в совокупности с результатами палеогеографических и геологических исследований свидетельствуют о формировании упомянутых выше деформаций и нарушений, также как и складок в Коашве в позднеледниковье или же в самом начале голоцена.

Деформации более позднего возраста, представленные нарушениями и изгибами торфа, известны в восточной части Хибин (Романенко и др., 2004). Они развиты в сильно увлажненных понижениях озерной котловины Умбозеро, где на песках с гравием залегают диатомовые илы и сапропели, перекрытые торфяниками. Сапропели начали откладываться примерно с 9270 ± 250 л.н. (ГИН-11776), а торфяники формировались во временном интервале от 6770 ± 70 (ГИН-11777) до 1470 ± 50 (ГИН-11185).

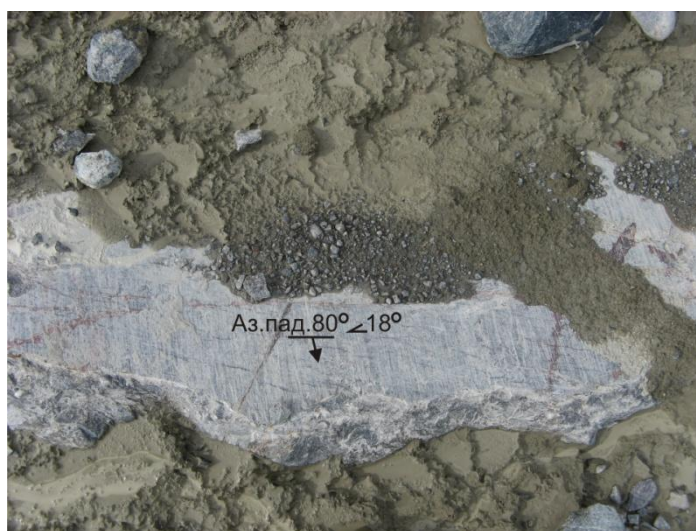


Рис. 6. Зеркало скольжения сброса на северном отроге горы Коашва (местоположение показано на рис. 2)

Большинство исследователей, изучавших рыхлые отложения Хибин и прилегающей к ним равнины, связывали образование этих деформаций исключительно с гляциотектоническими или криогенными процессами (Арманд, 1960; Лаврова, 1960). Однако вполне вероятно, что часть нарушений (в том числе и наземные оползни, оплывины, грязекаменные потоки и пр., широко развитые в Хибинах) спровоцирована неоднократными сейсмическими событиями, которые имели место в пределах массива в период с позднего плейстоцена и до настоящего времени.

6. Заключение

В юго-восточной части Хибин впервые описаны складчатые деформации, формирование которых связано с оползневыми процессами, обусловленными сейсмотектоническими подвижками вдоль новейшего разрывного нарушения на северном отроге горы Коашва, а также с динамическим воздействием на массив. Цикличность проявления нарушенных горизонтов в разрезах свидетельствует о трех сближенных сейсмических событиях, которые происходили в конце позднего плейстоцена. Полученные данные хорошо согласуются с имеющимися сведениями о палеосейсмодеформациях в кристаллических породах и отражают относительно высокую сейсмическую активность Хибин в период деградации последнего Валдайского оледенения. Высокие горизонтальные напряжения, непрерывное поднятие массива, дифференцированные блоковые движения, а также смена погружений и поднятий, вызванная гляциоизостатическим эффектом, создавали благоприятные условия для новообразования и/или активизации разломных зон и разрядке напряжений в виде многочисленных землетрясений. Нам представляется, что приведенные данные определяют важность специального изучения

сейсмодетформаций в четвертичных отложениях Фенноскандии, поскольку их локализация и возрастные привязки являются благоприятными объектами для оценки сейсмического режима территорий, а также индикаторами выявления зон активных разломов и узлов их пересечения.

Благодарности. Автор выражает признательность главному геологу рудника "Восточный" А.П. Николаеву за предоставленную возможность проведения работ в карьере, студентам АФ МГТУ Е.С. Козловой, Р.В. Семенову, Е.В. Криворучко за помощь при проведении полевых работ, вед. науч. сотруднику, д.г.-м.н. ГИ КНЦ РАН В.Я. Евзерову, гл. науч. сотруднику, д.г.-м.н., профессору Института физики Земли РАН А.А. Никонову за внимательное прочтение рукописи и критические замечания.

Исследования поддержаны Правительством Мурманской области в рамках государственной программы "Развитие экономического потенциала и формирование благоприятного предпринимательского климата" и РФФИ, проект № 14-05-98806 р_север_а.

Литература

- Allen J.R.L., Banks N.L.** An interpretation and analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding. *Sedimentology*, v. 19, p. 257-283, 1972.
- Montenat C., Barrier P., d'Estevou P.O., Hibsich C.** Seismites: An attempt at critical analysis and classification. *Sedimentary Geology*, v. 196, p. 5-30, 2007.
- Moretti M., Sabato L.** Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant-Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, v. 196, p. 31-45, 2007.
- Mörner N.-A.** Active faults and paleoseismicity in Fennoscandia, especially Sweden. Primary structures and secondary effects. *Tectonophysics*, v. 380, p. 139-157, 2004.
- Авенариус И.Г.** Морфоструктурный анализ зоны новейших дислокаций на южном склоне Хибин. *Геоморфология*, № 2, с. 52-56, 1989.
- Ананьев Г.С.** Условия рельефообразования. В кн.: *Кольский полуостров. Ред. Т.М. Красовская. Смоленск, Универсум*, с. 30-39, 1998.
- Арманд А.Д.** Очерк формирования рельефа и четвертичных отложений Хибинских тундр. *Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Апатиты, КФАН СССР*, с. 32-80, 1960.
- Бискэ Ю.С., Сумарева И.В., Шитов М.В.** Позднеголоценовое сейсмическое событие в юго-восточном Приладожье. I. Принципы исследования и деформационные текстуры. *Вестн. СПбГУ*, сер. 7, вып. 1, с. 3-25, 2009.
- Верзилин Н.Н., Окнова Н.С.** Следы древних землетрясений в осадочных толщах. *Проблемы современной литологии и осадочных полезных ископаемых. Наука, Сибирское отделение. Новосибирск*, с. 30-37, 1977.
- Годзиковская А.А., Асминг В.Э., Виноградов Ю.А.** Ретроспективный анализ первичных материалов о сейсмических событиях, зарегистрированных на Кольском полуострове и прилегающей территории в XXI веке. М., *Ваш полиграфический партнер*, 130 с., 2010.
- Евзеров В.Я.** Породные парагенезисы флювиогляциальных дельт (на примере крайнего северо-запада России). *Литология и полезные ископаемые*, № 6, с. 563-574, 2007.
- Евзеров В.Я., Николаева С.Б.** Пояса краевых ледниковых образований Кольского региона. *Геоморфология*, № 1, с. 61-73, 2000.
- Лаврова М.А.** Четвертичная геология Кольского полуострова. М.-Л., *АН СССР*, 233 с., 1960.
- Металлогения восточной части Балтийского щита. Ред. Т.В. Билибина. Л., *Недра*, 247 с., 1980.
- Николаев Н.И.** Неотектоника и сейсмичность Восточно-Европейской платформы. *Изв. АН СССР*, сер. геогр., № 2, с. 13-27, 1967.
- Николаева С.Б.** Палеосейсмодислокации в Хибинском массиве (северо-восточная часть Балтийского щита, Кольский полуостров). *Напряженно-деформированное состояние и сейсмичность литосферы. Труды Всерос. совещ., Иркутск, 26-29 авг. Новосибирск, СО РАН, филиал "Гео"*, с. 409-412, 2003.
- Николаева С.Б.** Сейсмичность в позднеплейстоцен-голоценовых осадках северо-запада Кольского региона (северная часть Балтийского щита). *Геология и геофизика*, т. 50, № 7, с. 830-839, 2009.
- Никонов А.А., Белоусов Т.П., Денисова Е.А., Зыков Д.С., Сергеев А.П.** Деформационные структуры в позднеледниковых отложениях на Карельском перешейке: морфология, кинематика, генезис.

Тектоника неогей: общие и региональные аспекты. Т. 2. Мат. XXXIV Тектонического совещания. М., ГЕОС, с. 83-86, 2001.

- Никонов А.А.** Фенноскандия – недооцененная сейсмогенерирующая провинция. *Геофизика XXI столетия. 2002 год: сб. трудов IV геофизических чтений им. В.В. Федынского. М., Научный мир, с. 207-214, 2003.*
- Панасенко Г.Д.** Сейсмические особенности северо-востока Балтийского щита. *Л., Наука, 184 с., 1969.*
- Романенко Ф.А., Лукашов А.А., Шеремецкая Е.Д. и др.** Формирование рельефа и рыхлых отложений Восточных Хибин в конце позднего плейстоцена и в голоцене. *Изотопно-геохимические и палеогеографические исследования на севере России. М., МГУ, с. 82-167, 2004.*
- Стрелков С.А.** Морфоструктуры северо-восточной части Балтийского щита и основные закономерности их формирования. Палеогеография и морфоструктуры Кольского полуострова. *Л., Наука, с. 5-80, 1973.*

References

- Allen J.R.L., Banks N.L.** An interpretation and analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding. *Sedimentology*, v. 19, p. 257-283, 1972.
- Montenat C., Barrier P., d'Estevou P.O., Hibsich C.** Seismites: An attempt at critical analysis and classification. *Sedimentary Geology*, v. 196, p. 5-30, 2007.
- Moretti M., Sabato L.** Recognition of trigger mechanisms for soft-sediment deformation in the Pleistocene lacustrine deposits of the Sant-Arcangelo Basin (Southern Italy): Seismic shock vs. overloading. *Sedimentary Geology*, v. 196, p. 31-45, 2007.
- Mörner N.-A.** Active faults and paleoseismicity in Fennoscandia, especially Sweden. Primary structures and secondary effects. *Tectonophysics*, v. 380, p. 139-157, 2004.
- Avenarius I.G.** Морфоструктурный анализ зоны новейших дислокаций на южном склоне Хибин [Morphostructural analysis of the zone of neotectonic dislocations on the Khibiny southern slope]. *Геоморфология*, N 2, p. 52-56, 1989.
- Anan'ev G.S.** Usloviya relefoobrazovaniya [Conditions of relief formation]. V kn.: Kolskiy poluostrov. Red. T.M. Krasovskaya. Smolensk, Universum, p. 30-39, 1998.
- Armand A.D.** Oчерк формирования рельефа и четвертичных отложений Хибинских тундр [On the formation of topography and Quaternary deposits of the Khibiny Tundra]. *Voprosy geomorfologii i geologii osadochnogo pokrova Kolskogo poluostrova. Apatity, KFAN SSSR, p. 32-80, 1960.*
- Biske Yu.S., Sumareva I.V., Shitov M.V.** Pozdnegolotsenovoe seismicheskoe sobyitie v yugo-vostochnom Priladozhe. I. Printsipy issledovaniya i deformatsionnyie tekstury [Late Holocene paleoseismic event at southeastern coast of Lake Ladoga. I. Principles of research and deformation structures]. *Vestn. SPbGU, ser. 7, vyp. 1, p. 3-25, 2009.*
- Verzilin N.N., Oknova N.S.** Sledy drevnih zemletryaseniy v osadochnyih tolschah [Traces of ancient earthquakes in sedimentary series]. *Problemyi sovremennoy litologii i osadochnyih poleznyih iskopaemyih. Nauka, Sibirskoe otdelenie. Novosibirsk, p. 30-37, 1977.*
- Godzikovskaya A.A., Asming V.E., Vinogradov Yu.A.** Retrospektivnyiy analiz pervichnyih materialov o seismicheskikh sobyitiyah, zaregistririvannyih na Kolskom poluostrove i prilegayuschey territorii v XXI veke [Retrospective analysis of primary data on the Kola Peninsula and adjacent territory seismicity in the XX century]. М., Vash poligraficheskiy partner, 130 p., 2010.
- Evzerov V.Ya.** Porodnyie paragenezisy flyuvioglyatsialnyih del't (na primere kraynego severo-zapada Rossii) [Natural paragenesis of glaciofluvial deltas (on the example of marginal northwest of Russia)]. *Litologiya i poleznye iskopaemyie*, N 6, p. 563-574, 2007.
- Evzerov V.Ya., Nikolaeva S.B.** Poyasa kraevyih lednikovyih obrazovaniy Kolskogo regiona [Belts of marginal glacial formations of the Kola region]. *Геоморфология*, N 1, p.61-73, 2000.
- Lavrova M.A.** Четвертичная геология Кольского полуострова [Quaternary geology of the Kola Peninsula]. М.-Л., AN SSSR, 233 p., 1960.
- Metallogeniya vostochnoy chasti Baltiyskogo schita [Metallogeny of eastern part of the Baltic Shield]. Red. T.V. Bilibina. L., Nedra, 247 p., 1980.*
- Nikolaev N.I.** Neotektonika i seismichnost Vostochno-Evropeyskoy platformy [Neotectonics and seismicity of the Eastern European platform]. *Izv. AN SSSR, ser. geogr., N 2, p. 13-27, 1967.*
- Nikolaeva S.B.** Paleoseismodislotsatsii v Hibinskom massive (severo-vostochnaya chast Baltiyskogo schita, Kolskiy poluostrov) [Paleoseismic dislocations in the Khibiny massif (north-eastern part of the Baltic Shield, Kola Peninsula)]. *Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie i seismichnost litosferyi. Trudyi Vseros. sovesch., g. Irkutsk, Novosibirsk, SO RAN, filial "Geo", p. 409-412, 2003.*

- Nikolaeva S.B.** Seysmitiy v pozdnepleystotsen-golotsenovyih osadkah severo-zapada Kolskogo regiona (severnaya chast Baltiyskogo schita) [Seismites in Late Pleistocene and Holocene deposits of the northwestern Kola region (northern Baltic Shield)]. *Geologiya i geofizika*, t. 50, N 7, p. 830-839, 2009.
- Nikonov A.A., Belousov T.P., Denisova E.A., Zyikov D.S., Sergeev A.P.** Deformatsionnyie strukturyi v pozdnelednikovyih otlozheniyah na Karelskom peresheyke: morfologiya, kinematika, genezis [Deformational structures of lateglacial deposits on Karelian isthmus: morphology, kinematic and genesis]. *Tektonika neogeya: obshchie i regionalnyie aspektyi*. T. 2. *Mat. XXXIV Tektonicheskogo soveschaniya*. M., GEOS, p. 83-86, 2001.
- Nikonov A.A.** Fennoskandiya – nedootsenennaya seysmogeneriruyuschaya provintsiya [Fennoscandia – underestimated seismogenic province]. *Geofizika XXI stoletiya*. 2002 god: sb. trudov IV geofizicheskikh chteniy im. V.V. Fedyinskogo. M., Nauchnyiy mir, p. 207-214, 2003.
- Panasenko G.D.** Seysmicheskie osobennosti severo-vostoka Baltiyskogo schita [Seismic features of north-eastern of the Baltic Shield]. L., Nauka, 184 p., 1969.
- Romanenko F.A., Lukashov A.A., Sheremetskaya E.D. i dr.** Formirovanie relefa i ryihlyih otlozheniy Vostochnyih Hibir v kontse pozdnego pleystotsena i v golotsene [Relief and sediments formation of the Eastern Khibiny mountains in the end of Late Pleistocene and Holocene]. *Izotopno-geohimicheskie i paleogeograficheskie issledovaniya na severe Rossii*. M., MGU, p. 82-167, 2004.
- Strelkov S.A.** Morfostrukturyi severo-vostochnoy chasti Baltiyskogo schita i osnovnyie zakonomernosti ih formirovaniya. *Paleogeografiya i morfostrukturyi Kolskogo poluostrova* [Morphostructures of north-eastern part of the Baltic Shield and basic features of its formation]. L., Nauka, p. 5-80, 1973.

Информация об авторе

Николаева Светлана Борисовна – Геологический институт КНЦ РАН, канд. геол.-мин. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru

Nikolaeva S.B. – Geological Institute KSC RAS, Cand. of Geol. & Miner. Sci., Senior Researcher, e-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru