

УДК 551.248+550.34.09+550.343.4

О НОВЕЙШИХ РАЗРЫВАХ И ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИЯХ В ОНЕЖСКОЙ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКОЙ СТРУКТУРЕ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА

А. А. Никонов¹, А. В. Полещук², Д. С. Зыков²

¹ Институт физики Земли РАН им. О. Ю. Шмидта, Москва

² Геологический институт РАН, Москва

В пределах Онежской структуры Фенноскандинавского (Балтийского) щита Восточно-Европейской платформы обнаружены специфические морфоструктуры, отражающие импульсные сейсмотектонические события. Анализ литературных данных показал, что подобные морфоструктуры выделялись российскими учеными в этих местах уже с XIX века. Изучение их эволюции, кинематики и соотношение морфоструктур с палеопротерозойской геологической структурой региона выявили ряд признаков аккомодации новейших тектонических движений к древней структуре. В частности, установлена приуроченность к ней поздне- и послеледниковых разрывов. Обосновывается отнесение большинства из выявленных морфоструктур к дислокациям, сформированным за счет мощных сейсмических воздействий на ряде участков. Подтверждается длительность эволюции палеопротерозойских интраконтинентальных морфоструктур и расширяется возможность уточнения оценок долговременной сейсмической опасности в области тектонической аккомодации Фенноскандинавского щита в пределах флексуры А. А. Полканова.

Ключевые слова: Восточно-Европейская платформа; Фенноскандинавский щит; Онежская структура; палеоземлетрясения; тектоническая аккомодация; неотектоника; палеосейсмодислокации.

A. A. Nikonov, A. V. Poleshchuk, D. S. Zikov. ON RECENT FAULTS AND PALEOSEISMIC FRACTURES IN THE PALAEOPROTEROZOIC ONEGA STRUCTURE OF THE FENNOSCANDIAN SHIELD

Specific morphological structures corresponding to impulsive seismotectonic events were identified within the Onega structure of the Fennoscandian (Baltic) shield of the East European platform. Analysis of data from the literature showed that similar morphological structures have been detected by Russian scientists in this area already since the 19th century. The study of evolution, kinematics, and the correlation of the morphostructures with the region's Palaeoproterozoic geological structure suggest that recent tectonic movements have been accommodated to the ancient structure. In particular, late- and postglacial faults were found to be associated to this structure. We prove that a majority of the identified morphostructures are dislocations caused by strong seismic impacts in a number of areas. The prolonged evolution of the Palaeoproterozoic intracontinental morphostructures is confirmed, and the possibilities for refining the estimates of long-term seismic hazard in the area of tectonic accommodation of the Fennoscandian shield in the central sector of the Polkanov flexure are expanded.

Key words: East European platform; Fennoscandian shield; Onega structure; palaeo-earthquakes; tectonic accommodation; neotectonics; paleoseismic dislocations.

*Светлой памяти Галины Сергеевны Бискэ,
Герсона Цалеловича Лака
и Анатолия Дмитриевича Лукашова*

Введение

Онежская структура (ОС) в восточной части Фенноскандинавского щита Восточно-Европейской платформы (ВЕП) – одна из крупнейших отрицательных поперечных морфоструктур Большой флексуры А. А. Полканова [Полканов, 1956; Светов, Свириденко, 2005]. На плитном этапе развития ВЕП тектоническая эволюция Большой флексуры охватывала поздний докембрий, палеозой и фрагментарно – мезозой и поздний плейстоцен. Реконструируемые направления сноса обломочного материала, положение береговых линий палеобассейнов седиментации, сокращение мощностей разрезов и насыщение их терригенным материалом в областях, прилежащих к Фенноскандинавскому щиту (ФЩ), свидетельствуют о том, что ФЩ является долгоживущим выступом фундамента, а флексура А. А. Полканова служила областью тектонической аккомодации¹ между этим крупнейшим выступом фундамента и Русской плитой ВЕП. Онежская структура, таким образом, является перспективным объектом для изучения разновозрастных тектонических движений.

В восточной части ФЩ, характеризующейся обширными выходами пород кристаллического фундамента, среди выровненных и полого-холмистых пространств распространены и линейные образования в виде скальных ступенчатых уступов, обрывов, крутых склонов, а также системы грабеновидных провалов на водоразделах. В последние десятилетия обнаруживаются все больше признаков тектонического обновления древних разрывных структур [Сыстра, 2010; Онежская..., 2011; и др.] и сейсмических воздействий в поздне- и послеледниковое время [Lukashov, 1995; Зыков, 1997; Никонов, Зыков, 2002; Николаева и др., 2007; Сыстра, Спунгин, 2008; Сыстра и др., 2009; Шварев и др., 2015; и др.]. Эти факты определяют необходимость изучения закономерностей в унаследованности проявления и аккомодации современных (послеледниковых) движений к древним докембрийским интерконтинентальным структурам, а также – дальнейшей разработки и использования палеосейсмогеологического метода

в целях уточнения долговременного сейсмического потенциала в пределах Карелии.

Геология района Онежской палеопротерозойской структуры

В восточной части ФЩ располагается древний Карельский кратон, нижний структурный этаж которого представлен гранито-гнейсовыми и гранит-зеленокаменными комплексами архейского фундамента. Верхний этаж сложен вулканогенно-осадочными и магматическими образованиями протоплатформенного чехла, которые с размывом и угловым несогласием залегают на глубоко эродированном фундаменте, выполняя ряд наложенных палеопротерозойских мульдообразных структур и линейных прогибов [Кратц, Лазарев, 1961; Онежская..., 2011; и др.]. Онежская структура – это сложно построенный палеопротерозойский прогиб, вмещающий и современную впадину Онежского озера, выполненный вулканогенно-осадочными отложениями палеопротерозоя. Стратиграфия, геолого-геофизическое строение, палеогеография и тектоника ОС отражены в ряде обобщающих работ [Глубинное строение..., 2004; Светов, Свириденко, 2005; Минц и др., 2010; Онежская..., 2011; Melezhik et al., 2013; и др.].

В северной части ОС располагается Северо-Онежский синклиний площадью около 17000 км², вмещающий северную часть впадины Онежского озера с заливами (рис. 1). Озеро, как образно описал Пришвин, на карте раскинулось «в виде громадного речного рака, с большой правой клешней и с маленькой левой... На севере, между клешнями рака, заключен громадный, весь изрезанный заливами полуостров Заонежье...» [Пришвин, 1907]. Западным ограничением синклинория служит субмеридиональная Гирвасско-Хаутоваарская зона [Кондаков и др., 1986] или Койкарско-Выгозерская зона [Онежская..., 2011] зоны складчато-разрывных дислокаций (СРД). Изгибаясь к СВ, в области северного замыкания синклинория эта зона сливается с субширотной Кумсинской зоной СРД, обрамляя, таким образом, с З, СЗ и СВ Уницкий купольный выступ фундамента. Синклиний имеет в целом изометричные очертания при линейно ориентированной структуре слагающих его толщ. Они представлены серией пологих синклиналей, разделенных узкими сжатыми антиклиналями, осложненными зонами СРД. При этом

¹ От лат. *accommodatio* – приспособление.

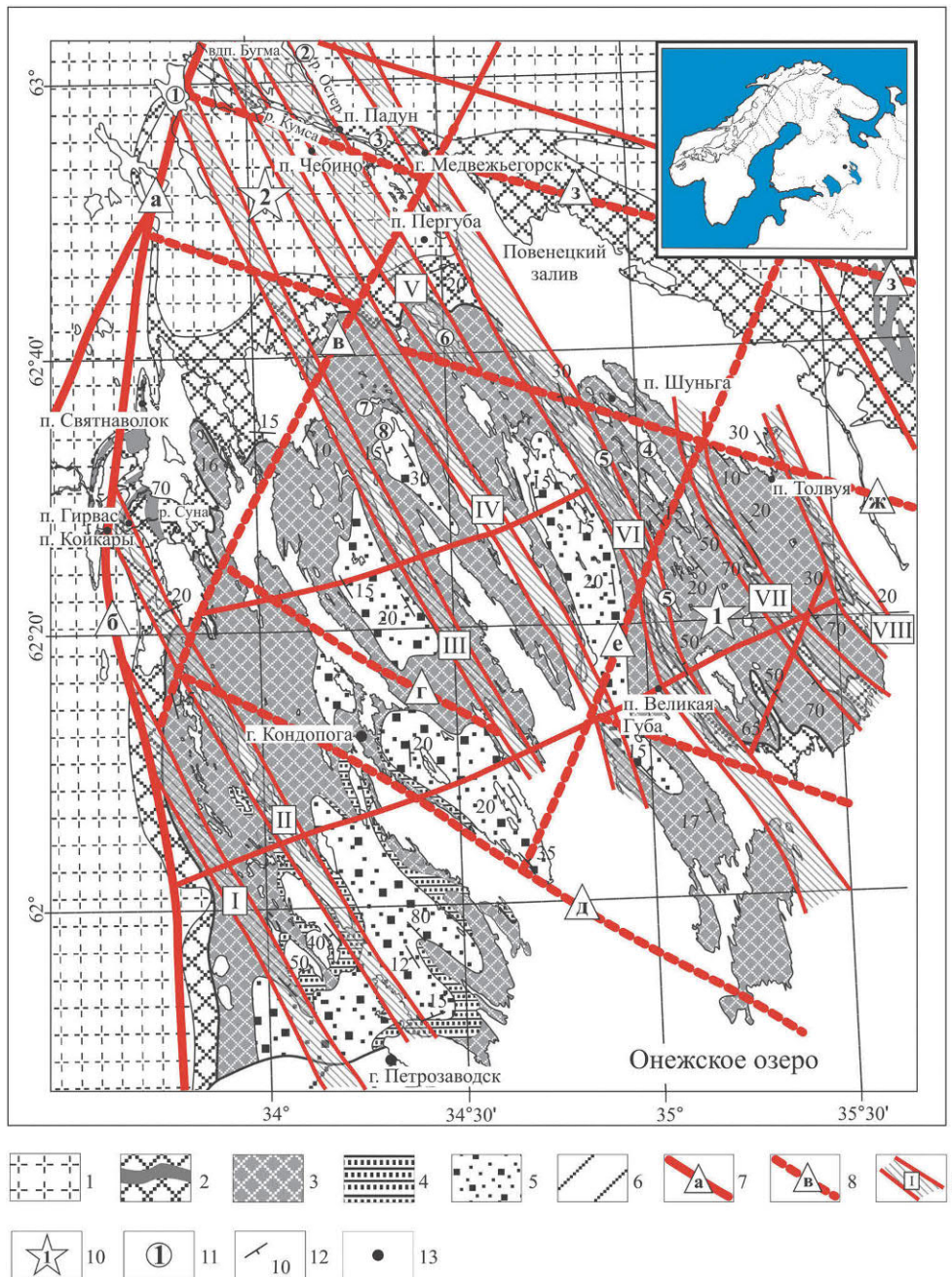


Рис. 1. Упрощенная схема геологического строения Северо-Онежского синклиория:

1 – гранито-гнейсы фундамента, сумийский и сариолийский надгоризонты палеопротерозоя. 2–6 – палеопротерозой: 2 – ятулийский надгоризонт, сегозерский горизонт и онежский горизонт с силлами метагаббро-долеритов; 3–4 – людиковийский надгоризонт: 3 – заонежский горизонт, 4 – суйсарский горизонт; 5 – калевийский надгоризонт; 6 – вепсийский надгоризонт. 7–9 – разрывные нарушения и зоны складчато-разрывных дислокаций по [Кондаков и др., 1986]: 7–8 – разрывные нарушения: 7 – межблоковые мантийные разломы (буквы в треугольниках: а – Хаутоваарский, б – Гирвасский); 8 – межблоковые коровые разломы (буквы в треугольниках: в – Григозерский, г – Сандальский, д – Кондопожский, е – Центральный, ж – Шуньгский, з – Кумсинско-Повенецкий); 9 – зоны складчато-разрывных дислокаций (цифры в квадратах: I – Укшезерско-Чалнинская, II – Логмозерско-Кончезерско-Койкарская, III – Кедрозерско-Лижемско-Кумчезерская, IV – Уницко-Кумсинская, V – Пигмозерско-Чебинская, VI – Космозерско-Медвежьегорская, VII – Тамбицко-Падмозерская, VIII – Кузаранда-Толвуйская). 10 – крупные объекты, упоминавшиеся в тексте (цифры в звездах: 1 – Заонежский п-ов, 2 – Уницкий купольный выступ фундамента). 11 – озера, упоминавшиеся в тексте (цифры в кружках): 1 – Кумчезеро, 2 – Остерозеро, 3 – Кольозеро, 4 – Путкозеро, 5 – губа Святуха, 6 – Верхнее Пигмозеро, 7 – Сев. Чапозеро, 8 – Викшезеро). 12 – элементы залегания. 13 – населенные пункты

рельеф здесь часто обращенный – синклинали образуют высокие гряды, а антиклинали, наоборот, узкие впадины с озерами [Афанасьева, 1997; Онежская..., 2011; и др.]. Далее к Ю и ЮЗ наиболее древние образования сумийского, сариолийского и ятулийского надгоризонтов палеопротерозоя, выходящие по периферии и в центральной части Северо-Онежского синклинория, надстраиваются людиковийским, калевийским и вепсийским горизонтами отложений палеопротерозоя. Основное развитие ОС происходило в период 2,3–1,65 млрд л. н., охватывая практически весь палеопротерозой, и сопровождалось основным и ультраосновным магматизмом [Светов, Свириденко, 2005; Онежская..., 2011; Рязанцев, Куликов, 2012; Hanski, 2013; Степанова и др., 2014; и др.].

На свекофенском этапе, 2,0–1,65 млрд л. н., область подверглась складчато-метаморфическим преобразованиям, которые и определили характер тектонического рисунка и разрывных нарушений ОС (рис. 1). Толщи верхнего структурного этажа с размывом и угловым несогласием перекрыты рифей-вендскими и фанерозойскими отложениями платформенного чехла ВЕП.

Ранее в районе по структурно-тектоническим признакам выделялись крупные разломные зоны в архейском фундаменте, такие как Койкарская и Кумсинская [Лак, Лукашов, 1967; Кондаков и др., 1986; Колодяжный и др., 2000; Глубинное строение..., 2004; Минц и др., 2010; и др.]. С геодинамической точки зрения важно выделение в кристаллическом фундаменте ОС серии зон дислокаций СРД [Кондаков и др., 1986; Афанасьева, 1997; Онежская..., 2011; и др.], детально разбуренных ФГУП «Невсгеология». В центральной части ОС они узкие, прямолинейные, имеют простирание СЗ 310–340° (рис. 1), представлены узкими гребневидными антиклиналями шириной по 2–4 км каждая и протяженностью более 100 км. Их ядра сложены метаморфизованными карбонатными породами ятулийского, а крылья и разделяющие их синклинали – сланцами и магматическими породами людиковийского и вепсийского надгоризонтов палеопротерозоя. Однако их распространение не ограничивается палеопротерозойскими комплексами – в СЗ направлении они пересекают Уницкий купольный выступ архейского фундамента (рис. 1), тогда как к ЮВ зоны СРД скрываются под водами Онежского озера.

Именно эти отлично выраженные в рельефе зоны определены по независимым данным специалистами по неотектонике как активные не только в новейшее время, но и в позднеледниковье. В их пределах сосредоточены также

крупные скальные сейсмодислокации и деформации в рыхлых отложениях того же возраста [Биске и др., 1971; Глубинное строение..., 2004]. В местах пересечения зон в фундаменте по участкам объемного катаклаза и брекчирования фиксируются ортогонально направленные разломы [Кондаков и др., 1986; и др.]. Две такие зоны пересекают ОС в ВСВ направлении. Важный факт наличия поперечных зон должен приниматься во внимание при анализе главных продольных сейсмогенерирующих зон (сейсмолинеаментов) в отношении степени их активизации по отдельным секторам.

К истории выявления молодых разрывов и сейсмодислокаций в Онежской структуре

Геологическая и геоморфологическая специфика района Заонежского полуострова ОС обратила на себя внимание уже более ста лет назад [Тимофеев, 1919; и др.]. «Демонстративным примером» геолог В. М. Тимофеев назвал чередование здесь прямолинейных скалистых кряжей (полуостровов) с узкими заливами и озерами, тянущимися на десятки верст. Последние он признал трещинами раскола, отметив, что по их направлению «в некоторых случаях происходили перемещения участков земной коры» [Тимофеев, 1919]. Но о кинематике, количественных показателях и о возрасте этих перемещений в то время сведений еще не было.

Одна из первых крупных работ по геологии ОС была выполнена во второй половине XIX века известным российским геологом А. А. Иностранцевым [1877]. В ней содержится обширный фактический материал в виде по-маршрутных описаний (рис. 2) как по геологии, так и по геоморфологии ОС. В труде А. А. Иностранцева, в частности, приводятся сведения о нарушениях залегания горных пород и описания древних тектонических разрывов, а также признаки морфоструктур, ныне определяемых как сейсмодислокации. Возможность обнаруживать геологические и морфологические следы крупных землетрясений прошлого была понята лишь к началу 60-х годов XX века, что положило начало научному направлению «палеосейсмогеология», связанному с именами Н. А. Флоренсова и В. П. Солоненко, с тех пор успешно развивающемуся как у нас в стране, так и за рубежом.

Без малого через столетие после пионерных наблюдений А. А. Иностранцева группой геологов Карелии под руководством Г. С. Бискэ [Бискэ и др., 1966а, б; Бискэ, Лак, 1967] на целом ряде участков ОС выявлена сильная

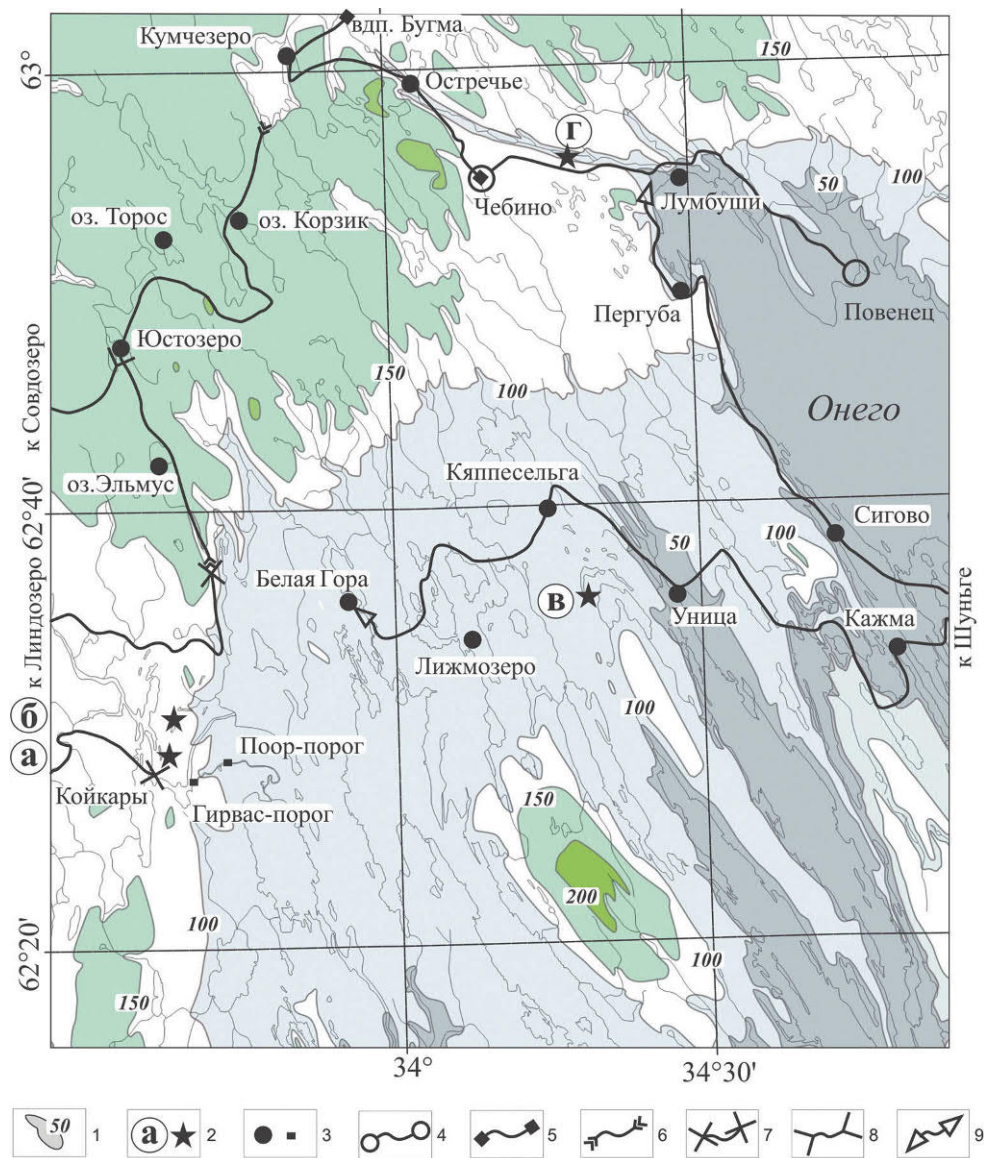


Рис. 2. Фрагмент орографической схемы северной части Северо-Онежского синклинали с реконструируемыми маршрутами А. А. Иностранцева и В. К. Златковского по материалам [Иностранцев, 1877]:

1 – контуры возвышенностей и впадин рельефа с соответствующими абсолютными отметками. 2 – буквенное обозначение объектов исследований и их положение на местности (звезды). а–б – п. Койкары, Койкарская зона складчато-разрывных дислокаций (СРД): а – окрестности оз. Питкилампи, б – окрестности оз. Яниш; в – Сев. Чапозеро, центральная часть Онежской структуры; г – Кольозеро, Кумсинская зона СРД. 3 – положение на местности озер, населенных пунктов (сферы) и порогов (прямоугольники). 4–9 – реконструируемые маршруты наблюдений А. А. Иностранцева и В. К. Златковского: 4 – г. Повенец – д. Лумбуши – п. Чебино; 5 – п. Чебино – д. Остречье – д. Кумчезеро – вдп. Бугма; 6 – Кумчезеро – оз. Корзик – д. Торосозеро – Юстозерский погост – Юстозеро – д. Святнаволок; 7 – д. Святнаволок – Линдозерский погост – д. Койкары, Гирвас-порог, Поор-порог; 8 – д. Святнаволок – д. Сельга-гора – Совдозеро – Поросозеро; 9 – д. Лумбуши – д. Пергуба – д. Сягово – д. Шуньга – Путкозеро – д. Фомина – п. Кажма – Важмагора – п. Уница – п. Каяпесельга – Лижмозеро – д. Белая Гора

раздробленность кристаллического фундамента и, соответственно, объяснен контрастный характер современного рельефа. Выделены блоковые структуры, расколы с вертикальными смещениями поздне- и послеледникового возраста с амплитудой в десятки метров. Хотя

детальных описаний тогда не приводилось, а о сейсмодислокациях речь не шла, именно в этих публикациях [Бискэ и др., 1966а, б] заложена основа палеосейсмогеологического подхода при изучении подобных объектов на ФШ. Уже полвека назад ведущим фактором

возникновения котловин как Онежского, так и Ладожского озер признавался тектонический фактор (а не ледниковая экзарация), и они рассматривались как унаследованные глыбовые структуры и «крупные грабены» [Бискэ, 1970; Бискэ и др., 1974]. Этими авторами уже тогда были определены и впоследствии на ряде участков детализированы главные черты рельефа, морфоструктуры и соотношения пликативных и разрывных, палеопротерозойских и новейших деформаций и существующих структурных элементов в пределах ОС. Тогда же особо отмечалась роль глубинных разломов в общей морфоструктуре региона. Авторы подчеркивали тесную связь «морфологии и истории развития крупных озерных котловин с тектоникой, в том числе и с новейшей» [Бискэ и др., 1974].

Район Кумсинской зоны СРД. С точки зрения обнаружения и доказательства существования дифференцированных разрывных (независимых от гляциоизостатических) тектонических движений в Карелии ключевыми стали наблюдения в долине р. Кумса (рис. 1). Эта долина, включая цепочку озер (Кольозеро и др.), расположена на Онего-Сегозерском водоразделе, имеет СЗ – ЮВ (с дальнейшим изменением на широтное) простирание и прослеживается до западной части Повенецкого залива Онежского озера. О возможности активизации Кумсинской глубинной зоны разломов архейского возраста ранее упоминали Г. Ц. Лак и А. Д. Лукашов [1967]. Они же обнаружили выходы позднеледниковых озерных глин к югу от долины р. Кумсы на абс. высоте 190 м, тогда как обычно в районе они находятся на высоте 125–150 м. Такое расхождение они объясняли дифференцированными блоковыми перемещениями на 30–50 м по Кумсинскому разлому в конце последнего оледенения.

На восточном, широтном, участке протяжения Кумсинской структуры геологи группы Г. С. Бискэ [Бискэ и др., 1966а, б; Лак, Лукашов, 1967] установили резкое, на величину 15–35 м, несоответствие высоты поздне- и послеледниковых террас на противоположных бортах долины р. Кумса. Невозможно объяснить такое различие иначе, как признав смещения по разлому (к которому приурочена долина реки) после дегляциации района. Еще одно не привлекавшее ранее внимания обстоятельство заключается в том, что поднятым является северное крыло Кумсинской структуры и разница в высотах террас от низких к высоким на разных бортах долины р. Кумса нарастает неравномерно. Отсюда логично заключить, что активизация разлома и вертикальное перемещение

блоков по нему происходило не постепенно, но «рывками», импульсно. Если так, то смещения, скорее всего, проявлялись как сейсмотектонические, вследствие мощных землетрясений, что подтверждается нашими наблюдениями на участке Кольозеро, хотя это требует дополнительных исследований.

В 60-х годах прошлого века геологи обнаружили в северном Заонежье целый ряд разрывов со смещениями, затрагивающих рыхлые, озерные и флювиогляциальные, отложения позднеледникового возраста, что указывало на рассечение территории разрывами в послеледниковое время [Венус и др., 1966; Бискэ и др., 1971]. Позднее, в основном в работах Г. Ц. Лака и А. Д. Лукашова, публиковались конкретные характеристики голоценовых разрывных и пликативных нарушений в пределах ОС, уже с указаниями их сейсмического происхождения и определениями возраста по радиоуглеродным и археологическим данным [Лукашов, 1993; Лукашов, Журавлев, 1996]. Этими исследователями в первый раз описаны деформации смятия и иные нарушения в рыхлых отложениях послеледникового возраста на Заонежском полуострове.

Район Заонежского полуострова. В этом районе, помимо наземных палеосейсмологических исследований на двух участках (в губе Святуха и в южной части впадины Путкозеро), проведено выделение литологических типов донных отложений и вертикальных зон нарушения в них коррелируемых горизонтов (молодых разрывов) [Lukashov, 1995]. Фиксируемые вертикальные смещения кровли алевритов среднеголоценового возраста оцениваются в 1–2 м, при вероятном смещении по главному разлому у ЮЗ борта – до 5 м. Здесь, таким образом, не только по геоморфологическим и геологическим признакам в скальных породах, но и по деформациям и разрывам в стратифицированных поздне- и послеледниковых водных отложениях обнаружены признаки недавних землетрясений. Интенсивность событий по совокупности вышеуказанных признаков составляет $I \geq VIII$, частично $I \geq IX$ баллов.

В дальнейшем А. Д. Лукашовым изучение палеосейсмодислокаций успешно продолжилось [Глубинное строение..., 2004]. В результате Карелия оказалась тогда на передовом рубеже разработки палеосейсмогеологических исследований.

Результаты исследований авторов

При проведении полевых исследований выявлены палеосейсмогенные структуры

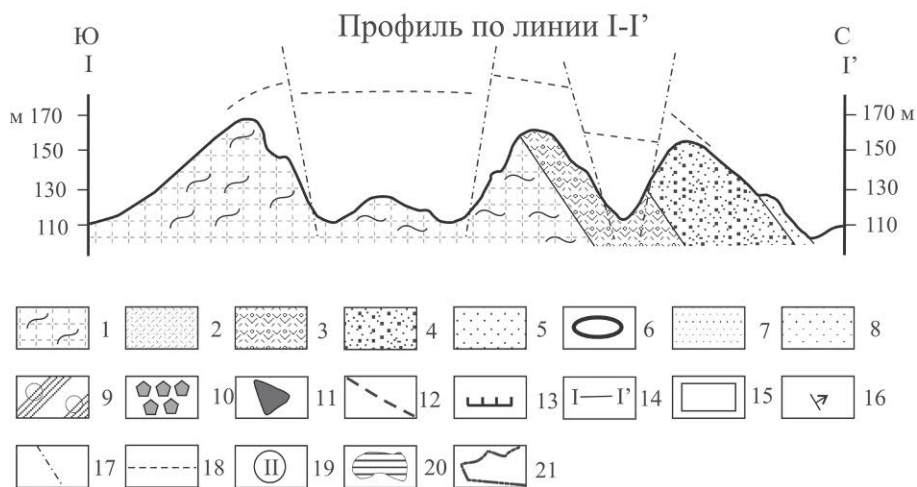
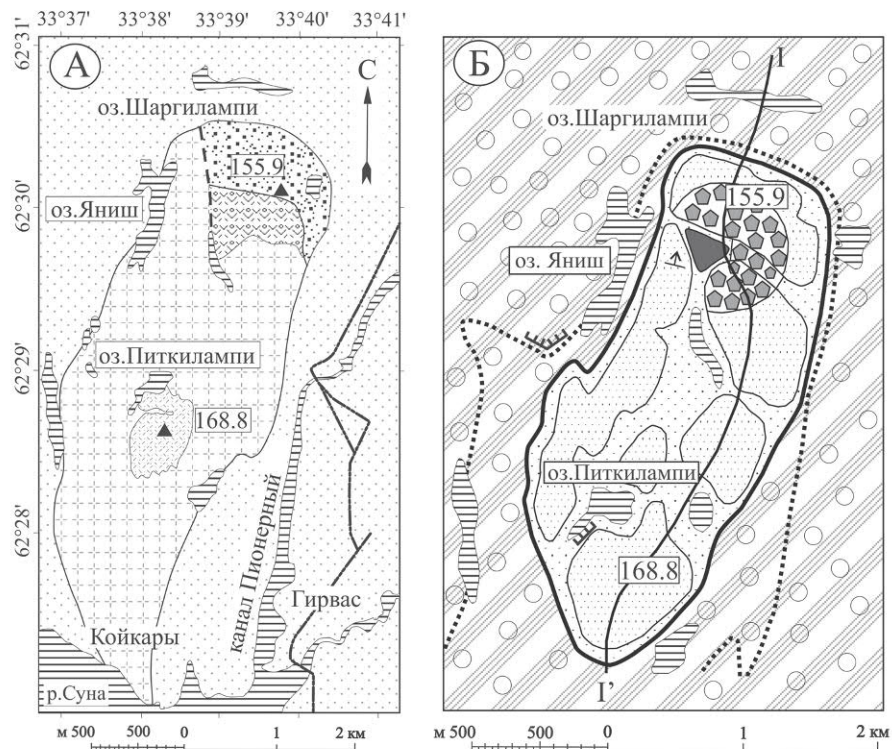


Рис. 3. Схемы строения Койкарского выступа:

А – геологическая схема с объектами исследований; Б – геоморфологическая схема с объектами исследований и геолого-геоморфологическим профилем по линии I-I'.

1–2 – архейский фундамент: 1 – нерасчлененные кристаллические породы фундамента, 2 – лавы коматитов. 3–5 – палеопротерозой: 3 – сумийский надгоризонт (лавы андезитобазальтов), 4 – сариолийский надгоризонт (полимиктовые глыбовые конгломератобрекчии), 5 – ятулийский надгоризонт (кварцито-песчаники и кварцевые конгломераты ятулия, подчеркивающие контуры древней куполовидной структуры, лавы основного состава, доломиты с силлами и лавы основного состава). 6 – контуры новейшей куполовидной морфоструктуры. 7 – возвышенности, отвечающие приподнятым в рельефе блокам. 8 – участки низменного рельефа, развитого по опущенным блокам. 9 – усадки холмисто-грядового рельефа, развитого по породам за пределами Койкарского выступа. 10 – глыбовые развалы на склонах. 11 – треугольная заболоченная депрессия у основания обвально-оползневых склонов. 12 – разрывные нарушения. 13 – приразрывные уступы рельефа. 14 – геолого-геоморфологический профиль. 15 – объекты, рассмотренные в тексте. 16 – направление на рис. 4. 17 – вероятное расположение рельефообразующих разрывов на разрезе. 18 – вероятная реконструкция положения поверхности новейшего купола. 19 – номера участков детальных исследований согласно тексту. 20 – озера. 21 – автодороги

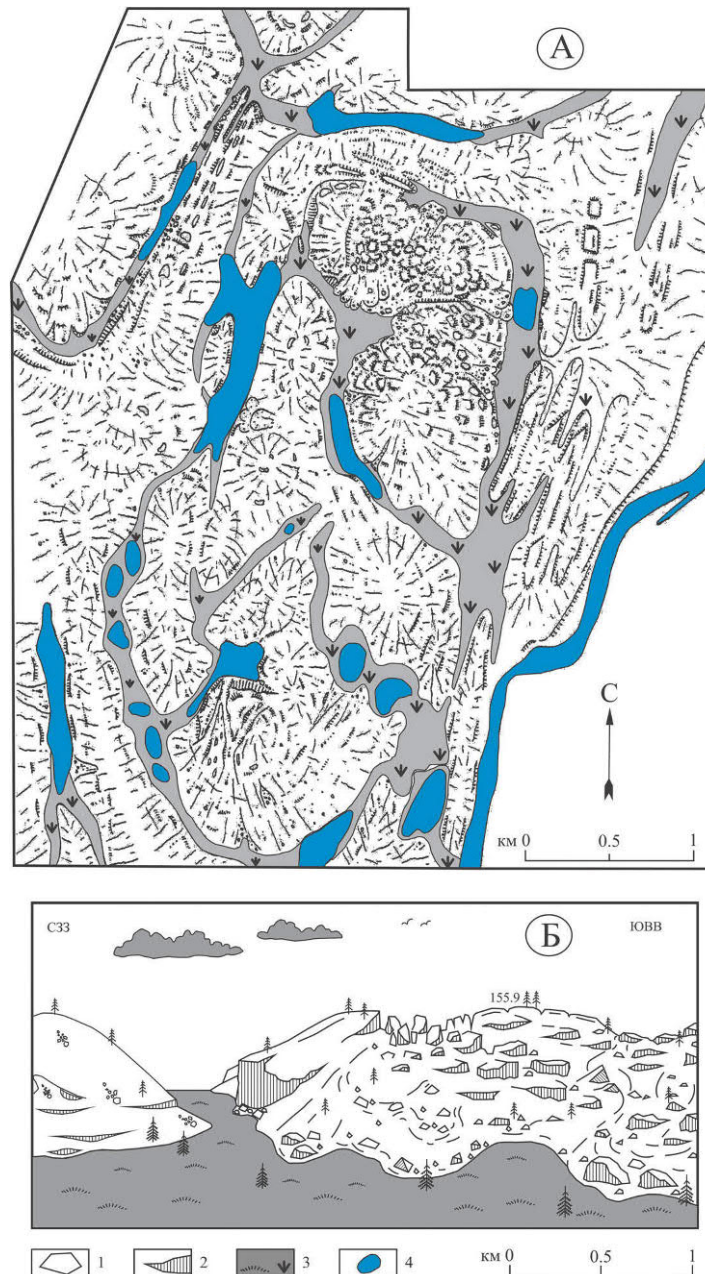


Рис. 4. Ландшафтные особенности Койкарской новейшей куполовидной морфоструктуры:

А – ландшафтно-геоморфологический образ Койкарского выступа (по материалам полевых наблюдений и анализу дистанционных материалов, снят густой лесной покров);

Б – глыбовые развалы на склонах возвышенности с отметкой 155,9 (реконструкция, искусственно снят густой лесной покров; вид на вершину с ЮЮЗ, см. рис. 3).

1 – глыбы; 2 – обрывистые стенки коренных пород в склонах возвышенностей и на обрамлении глыб; 3 – заболоченные депрессии в основании склонов в центральной части куполовидной морфоструктуры; 4 – озера

в пределах нескольких участков на западном обрамлении, в центральной и северной частях ОС.

Участок *Койкары* располагается в 80 км к СЗ от г. Петрозаводска, севернее пос. Койка-

ры, в пределах Койкарской зоны СРД (рис. 1). Центральную часть Койкарской зоны СРД занимает обнажающийся из-под пород палеопротерозойского чехла Койкарский выступ (КВ) архейского фундамента (рис. 2, объекты а, б;

рис. 3, 4). В рельефе КВ выражен компактной группой возвышенностей с абс. отметками до 160 м и с относительными превышениями десятков метров. В плане морфоструктура КВ образует неровный овал новейшего купола, который в целом наследует структуру кристаллических пород. Размеры купола около 6,5 × 4 км, длинная ось вытянута в ССВ направлении. Хорошая выраженность в рельефе КВ позволяет предполагать активизацию его развития в новейшее время в виде общего локального поднятия.

В ЮВ части возвышенности 168,8 вблизи оз. Питкилампи у подножия обрыва, под небольшим углом к нему, вытягиваются тела обвалов длиной от нескольких до первых десятков метров и шириной в пределах первых метров, распространившиеся до заболоченной поймы (рис. 5, А). Глыбы в обвалах имеют свежий облик, они остроугольны и практически не заросли мхом. Из трех обвальных тел два (центральное и СВ на схеме) – это типичные сейсмообвалы, распространявшиеся от стенки отрыва на расстояние более десяти метров, а третье (в ЮЗ части схемы) – результат дробления и развала коренных пород, оставшихся на месте, с незначительным отодвиганием глыб к СЗ. При этом участок обрыва субширотного простирания остается слабонарушенным, а весь развал смещен к З. Общая особенность всех трех объектов – это смещение обвальных тел с однонаправленным отклонением от направления наибольшего уклона склона. Причиной такого перемещения обвальных масс может быть только мощный, латерально направленный сейсмический толчок в СЗ направлении.

В северной части морфоструктуры КВ (рис. 2, объект б; рис. 3, Б; рис. 4, А, Б), к СВ от оз. Яниш, расположена возвышенность, в плане дугообразная, подчеркивающая форму северного замыкания купола. Длина ее более 1,5 км, ширина около 1 км. Отметка высоты вершины – 155,9 м. Сложена сариолийскими конгломерато-брекчиями палеопротерозоя. Морфология ее поверхности резко выделяется среди остальных возвышенностей в пределах новейшего купола и позволяет считать ее локальной геоморфологической аномалией (рис. 4). Вершина возвышенности монолитна, сглажена ледником, нарушена лишь отдельными грабеновидными провалами, что характерно для всех возвышенностей в округе. Склоны же, особенно обращенные к центру выступа, покрыты развалами крупных скальных глыб угловатой в плане формы и с крутыми стенками, высотой до 5–6 метров. Диаметр глыб – от нескольких до 10–30 м. Разделены

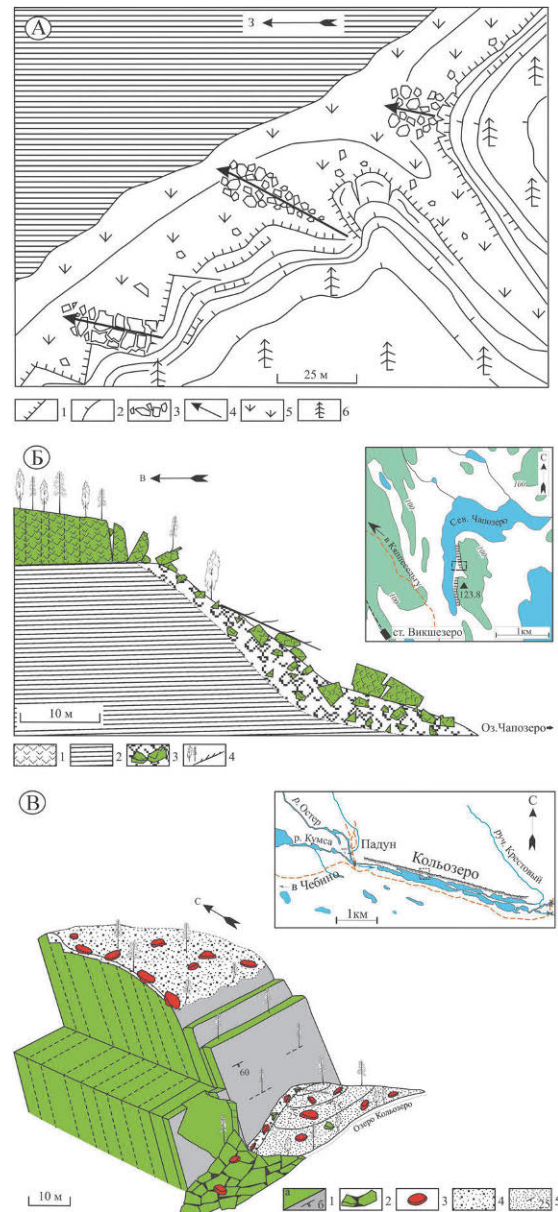


Рис. 5. Характер дислокационных структур скальных пород с признаками палеосейсмодислокаций:

А – повторяющееся однонаправленное отбрасывание обвалов под углом к общему обрыву (р-н п. Гирвас): 1 – скальные уступы; 2 – изогипсы рельефа; 3 – обвальные тела; 4 – направление падения обвалов; 5 – заболоченные участки; 6 – залесенные участки.

Б – схематичный широтный профиль возвышенности на восточном борту Сев. Чапозеро, отражающий морфологию обрыва «пьяный лес»: 1 – скальные обрывы палеопротерозойских метабазальтов; 2 – слоистые палеопротерозойские метаосадочные породы; 3 – склоновые обвально-оползневые накопления; 4 – растительность. На врезке прямоугольником показано положение района исследований. Заливка по горизонтали 100 м.

В – блок-схема, отражающая фрагмент строения обрывистого склона на северном берегу Кольозера: 1 – скальные обрывы палеопротерозойских метабазальтов; 2 – обвальные склоновые накопления глыб палеопротерозойских метабазальтов с зияющими пустотами; 3 – гранитные валуны; 4 – сцементированные моренные валунно-песчаные отложения; 5 – рыхлые песчаные отложения. На врезке прямоугольником показано положение района исследований

глыбы в привершинной части узкими трещинами, ниже по склону – расщелинами шириной 1–2 м, которые книзу превращаются в проемы в десятки метров шириной, образовавшиеся за счет раздвигания глыб при их смещении вниз к депрессии в центральной части купола. Последняя оказывается как бы окруженной шлейфами из смещенных блоков. Вид этого склона ЗЮЗ экспозиции, со снятым густым покровом леса, изображен на рисунке 4, Б. Вид на новейший купол сверху, также с искусственно снятым лесным покровом, показан на рисунке 4, А.

Возникновение такой геоморфологической аномалии необъяснимо ни за счет движения ледникового покрова (он двигался с СЗ на ЮВ), ни за счет литологии пород, и следовательно, здесь вероятно проявление тектонического фактора. Это могло быть или медленное развитие депрессии в верхней части новейшего купола в связи с его ростом, или, судя по яркой выраженности явления, проявление импульсной сейсмогенной подвижки, вызванной активизацией Койкарской морфоструктуры. Таким образом, в пределах КВ фундамента выявлена серия морфоструктур, соответствующих сейсмодислокациям.

Участок Чапозеро. В центральной части ОС (рис. 1, озеро 7; рис. 2, объект в; рис. 5, Б), в ЮЗ части котловины оз. Сев. Чапозеро располагается морфоструктура с признаками палеосейсмодислокаций. Структурно объект приурочен к СЗ крылу Викшезерской синклинали, включающей котловину одноименного озера и сложенной вулканогенно-осадочными толщами людиковийского и калевийского надгоризонтов палеопротерозоя. Вулканогенно-осадочные толщи с общим пологим падением к ВЮВ образуют здесь извилистый в плане холм с обрывистыми бортами и абс. отметкой вершины 123,8 м, западный склон которого обращен в сторону озера (рис. 5, Б). Верхняя часть холма сложена пластовым телом метабазальтов мощностью более 10 м, которые подстилаются углеродсодержащими сланцами мощностью свыше 25 м. Склон устлан обломками и глыбами метабазальтов и метаосадочных пород, имеет террасированный профиль, на котором выделяются задернованные, полого наклоненные к озеру сглаженные поверхности. Они разделяются крутыми (до 30–50°) участками склона, которые завалены глыбами и обломками тех же пород.

Метабазальты со столбчатой отдельностью вблизи обрывистого уступа в разрезе образуют развалы веерообразно отделенных от уступа, наклоненных вниз («пьяный лес») и лежащих по склону глыб высотой до 10 м (рис. 5, Б). Размеры обломков колеблются от 0,3–0,5 до

1–2 м (реже до 3 м). Обломки имеют острые ребра и грани и при этом залегают плащеобразно, покровом мощностью более 2 м с зияющими полостями и пустотами. Незначительность растительного покрова на глыбах развала указывает на недавний, послеледниковый возраст его образования, хотя имеются и признаки продолжающихся смещений глыб. Глыбы и обломки залегают без сортировки, покрывая склоны возвышенности на удалении до 30–40 м от обрыва, что в 2–3 раза превышает высоту самого обрыва. Это согласуется с наблюдениями палеосейсмодислокаций на Заонежском полуострове, где разброс блоков определен в 0,97–2,75 величины общей высоты уступа [Lukashov, 1995], и на Кольском полуострове [Николаева и др., 2007], тогда как при обычных гравитационных обвалах указанное соотношение составляет 0,7–0,9 [Ломтадзе, 1977].

Указанное распределение обломочных накоплений выше террасированных склонов может объясняться преимущественным разрушением пород вдоль активизированных линейных зон разрывных нарушений. Веерообразная морфология обрыва «пьяный лес», плохая сортировка, значительные пространства между острогранными глыбами и обломками, а также преобладание глыб и обломков небольших размеров наряду с крупными столбами метавулканитов, – все это резонно считать следствиями мощных сейсмических воздействий послеледникового возраста.

Участок Кольозеро. Объект с выявленными палеосейсмодислокациями располагается в 5 км к СЗ от г. Медвежьегорска в северной части ОС (рис. 1, озеро 3; рис. 2, объект г; рис. 5, В). А. А. Иностранцев при следовании вдоль р. Кумса (рис. 2, объект г) отмечал, что в 8 км по пути к дер. Чебино, на противоположном от дороги берегу озера обнажаются живописные скалы высотой около 60 м. По нашим наблюдениям, похожие скалы развиты в бортовых частях впадины, включающей котловину Кольозеро, которая приурочена к центральной части Кумсинской структуры. Последняя имеет сложное строение, будучи выполнена осадочно-вулканогенными породами палеопротерозоя, осложненными древними разрывными нарушениями, активизированными в позднеледниковое время [Биске и др., 1966а, б]. Котловина Кольозеро (рис. 5, В) представляет собой спрямленный, подпруженный участок русла р. Кумса. Южный и северный борта впадины сложены ятулийскими метабазальтами, образующими обрывистые кряжи с маломощным чехлом ледниковых отложений. С севера озеро ограничено высоким кряжем СЗ простирания,

южная часть которого ниспадает обрывом высотой около 60 м, на одних участках прямо к урезу воды, на других – к узкой прибрежной полосе шириной около 30 м, покрытой обвалами. Прослеживание этого обрыва в СЗ направлении, в окрестности пос. Падун, показало, что непосредственно на его продолжении располагается уступ высотой около 7 м с одноименным водопадом. Распределение обвальных накоплений вдоль обрыва в целом сходно с тем, что обнаружено на участке Чапозеро. Между остроугольными глыбами метабазальтов сохраняются зияющие пустоты, глыбы нагромождены хаотично, но при этом имеют общие площадки соприкосновения, что обуславливает общий компактный вид обвала. Меньшие глыбы в основном сосредоточены ближе к склону. Часть глыб покрыты мхом, часть лишены растительности, что может быть следствием дискретной активизации различных участков склона.

В верхней части обрывистого кряжа вулканиды покрыты маломощным (до 2 м) чехлом ледниковых отложений, насыщенных гранитными валунами. Среди глыб метабазальтов и поверх растительного покрова на этих глыбах также встречаются округлые гранитные валуны (рис. 5, В). От сглаженной вершины кряжа в сторону обрыва склон постепенно понижается, затем переходит в крутопадающий обрыв. Валуны встречаются выше и вдоль обрыва на пологом участке склона, а ниже, где склон становится более крутым, они отсутствуют. Процесс соскальзывания валунов и их последующее налегание поверх обвальных продуктов разрушения этого склона (а частично и поверх современного травяного покрова) может объясняться как сезонными факторами, так и новейшей активизацией обрывистого склона вследствие сейсмических воздействий. Возраст этой палеосейсмогенной морфоструктуры, судя по «свежести» скальных обрывов и зияниям между глыбами, явно послеледниковый – вероятно, позднеголоценовый.

У подножия обрыва, на высоте до 25–30 м от уреза воды, холмы высотой до 30 м сложены в верхней части глыбово-валунным, а в нижней части – слоистым песчаным хорошо сортированным материалом, что резко отличается от сцементированной валунной морены на вершине кряжа. Происхождение их может быть связано с переотложением песчаного материала в ледниковых трещинах, развивавшихся над разрывными нарушениями в метабазальтах ледникового ложа.

Таким образом, на исследованной территории выделяются локальные морфоструктуры с определенными признаками сильных

импульсных (местами неоднократных) воздействий, как вертикальных, так и, вероятно, имевших некоторую горизонтальную составляющую. К таковым относятся: веерообразная в разрезе морфология обрывистых склонов, «пьяный лес», следы отбрасывания основной обваливающейся массы от склона при одновременности обрушения вдоль всего склона, наличие зияний между глыбами, «компактный» облик обвалов, обусловленный сейсмическим «встряхиванием», «свежесть» стенок обрыва и т. п. Наиболее вероятной причиной образования подобных морфоструктур являются сильные землетрясения [Nikonov, Zykov, 1996; Никонов, 2003; и др.]. Также можно констатировать, что палеосейсмогенные морфоструктуры расположены в непосредственной близости к древним тектоническим зонам и разрывным нарушениям в них. В частности, они установлены в следующих местах: 1. В центральной и северной частях ОС, где соотносятся с разрывными нарушениями СЗ простираения (р-н Кольозеро), осложняющими центральную часть Кумсинской зоны СРД, а также в районе Чапозеро, где осложняют западный борт Викшезерской синклинали. 2. В западной части ОС, где они сопряжены с Койкарской зоной СРД.

В менее явном виде подобные признаки присущи многим другим схожим объектам, широко распространенным в пределах Карелии [Lukashov, 1995; Nikonov, Zykov, 1996; Никонов, Зыков, 2002; Никонов, 2003; Шварев, 2015; и др.] и Кольского полуострова [Николаева и др., 2007; и др.]. Их специальное изучение представляет собой одну из первостепенных задач в связи с инженерно-строительной и хозяйственной деятельностью в целях выяснения потенциальных опасностей и рисков.

Заключение

В развитие исследований по неотектонике и палеосейсмичности, проводившихся несколькими поколениями российских геологов, в Онежской структуре в пределах флексуры А. А. Полканова (крупной области аккомодации ФЩ и Русской плиты ВЕП) установлено наличие дислокационных морфоструктур в скальных породах с признаками палеосейсмодислокаций поздне- и послеледникового возраста. К таковым относятся: а) явления раскалывания вершин и уступов по краям возвышенностей; б) одинаковое отклонение направления отброса синхронных обвалов от направлений максимального уклона склона, указывающее на воздействие мощного горизонтального сейсмического импульса; в) строение обвальных тел,

когда глыбы и обломки залегают компактно, но без явной сортировки, так, что покрывают склоны возвышенностей на расстояния, в 2–3 раза превышающие высоту разбитых уступов; г) обвальные тела с морфологией «пьяного леса»; д) нахождение в обвальных телах помимо местных коренных пород ледниковых валунов, соскальзывавших или сбрасывавшихся с обрывов вследствие сейсмических импульсов. Столь крупные и локально сосредоточенные нарушения в скальных породах возникают в эпицентральных зонах мощных землетрясений, интенсивностью около VIII–IX баллов.

Предпринятые авторами исследования позволяют сделать выводы, что на некоторых участках ОС уверенно определяются, а на других только намечаются, во-первых, активные разломы с обновлением в поздне- и послеледниковое время и, во-вторых, эпицентральные и/или приэпицентральные области сильных землетрясений прошлого. Выявленные сейсмодислокации располагаются как на периферии ОС, так и в ее центральной части. Они соотносятся как с купольными (Койкарская), так и с синклинальными (Викшезерская, Кумсинская) палеопротерозойскими геологическими структурами, осложненными крупными разломами докембрийского заложения, активизированными в новейшее время, и зонами СРД.

Установленные закономерности строения палеопротерозойских интраконтинентальных геологических структур и морфоструктур, а также строение и кинематика выявленных в их пределах палеосейсмодислокаций свидетельствуют об аккомодации сейсмогенных морфоструктур к древним геологическим структурам, разломам и зонам СРД фундамента. Так подтверждается их унаследованное развитие и, в определенной мере, долгоживущее тектоническое развитие.

Работа выполнена в рамках программы госзадания (темы №№ 013520160012 и 0144-2014-0097), при поддержке грантов РФФИ № 14-0500149 и № 16-05-00727а и программы ОНЗ № 10.

Литература

Афанасьева Е. Н. Парагенезис гребневидной складчатости: стадии развития и рудоносность (на примере Онежского прогиба) // Структурные парагенезы и их ансамбли: тезисы докл. Тект. совещ. М.: ГЕОС, 1997. С. 6–8.

Бискэ Г. С. О природе послеледникового поднятия Балтийского щита // Изв. Всес. географ. общ-ва. 1970. № 1. С. 34–38.

Бискэ Г. С., Горюнова Н. Н., Лак Г. Ц. Новые данные о четвертичных отложениях и неотектонике Онего-Сегозерского водораздела // Вопросы геологии и закономерности размещения полезных ископаемых Карелии. Петрозаводск: Карел. кн. изд-во, 1966а. С. 375–382.

Бискэ Г. С., Лак Г. Ц., Лукашов А. Д. Береговые образования Онежского озера и их связь с неотектоникой // Развитие морских берегов в условиях колебательных движений земной коры. Таллин: Валгус, 1966б. С. 178–182.

Бискэ Г. С., Лак Г. Ц. О причинах послеледниковых колебаний береговых уровней на юго-восточной окраине Балтийского щита // Baltica. 1967. Т. 3. С. 203–213.

Бискэ Г. С., Лак Г. Ц., Лукашов А. Д., Горюнова П. Н., Ильин В. А. Строение и история котловины Онежского озера. Петрозаводск: Карелия, 1971. 73 с.

Бискэ Г. С., Лукашов А. Д., Экман И. М. О связи котловин крупнейших озер Северо-Запада СССР с тектоникой // Новейшие и современные движения земной коры восточной части Балтийского щита. Петрозаводск: КФ АН СССР, 1974. С. 35–42.

Венус Б. Г., Линьков А. Г., Тьрин А. К. Геолого-геоморфологическое строение дна Онежского озера по данным геоакустического зондирования // Вестник Ленинградского университета. Сер. геол. и геогр. 1966. № 24, вып. 4. С. 110–116.

Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления / Ред. Н. В. Шаров. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2004. 353 с.

Зыков Д. С. Об активных структурах и вероятных палеосейсмодетформациях в Карелии // Геоморфология, 1997. № 3. С. 58–62.

Иностранцев А. А. Геологический очерк Повенецкого уезда Олонецкой губернии и его рудных месторождений // Материалы по геол. России. 1877. Т. VII. СПб. 728 с.

Колодяжный С. Ю., Зыков Д. С., Леонов М. Г., Орлов С. Ю. Особенности эволюции купольно-сдвиговых структур Северо-Западного Прионежья // Российский журнал наук о Земле. 2000. Т. 2, № 2. С. 135–151.

Кондаков С. Н., Петров Ю. В., Булавин А. В., Пичугин В. А., Титов В. К. Блоковое и глубинное строение Онежского прогиба // В кн.: Блоковая тектоника и перспективы рудоносности северо-запада Русской платформы. Л., 1986. С. 68–75.

Кратц К. О., Лазарев Ю. И. Основные черты тектонических структур ятулия Карелии // Проблемы геол. Карелии и Кольского полуострова. Мурманск: Карельск. и Кольск. фил. АН СССР, 1961. С. 43–57.

Лак Г. Ц., Лукашов А. Д. Неотектоника в зоне докембрийских разломов Южной Карелии // В кн.: Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М.: Недра, 1967. С. 198–201.

Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. С. 340–354.

Лукашов А. Д. Палеосейсмодислокации Заонежья // Кижский вестник. Заонежье. 1993. № 2. Петрозаводск. С. 35–42.

Лукашов А. Д., Журавлев А. П. Древнее Пегремское землетрясение. Петрозаводск, 1996. 39 с.

Минц М. В., Сулейманов А. К., Бабаянц П. С., Белоусова Е. А., Блох Ю. И., Богина М. М., Буш В. А., Докунина К. А., Заможняя Н. Г., Злобин В. Л., Каулина Т. В., Конилов А. Н., Михайлов В. О., Натопов Л. М., Пийп В. Б., Ступак В. М., Тихоцкий С. А., Трусов А. А., Филиппова И. Б., Шур Д. Ю. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС. В 2 т. + компл. цв. прил. М.: Геокарт, Геос, 2010.

Николаева С. Б., Евзеров В. Я., Петров С. И. Сейсмические проявления в рельефе северо-запада Мурманской области // Кольск. науч. центр «Север 2007». 14 с. URL: http://www.kolasc.net.ru/russian/sever07_5.pdf (дата обращения: 24.02.2016).

Никонов А. А. Фенноскандия – недооцененная сейсмогенерирующая провинция // Геофизика XXI столетия. 2002 год: тезисы докл. IV геофиз. чтений им. В. В. Федынского. М.: Научный мир, 2003. С. 207–214.

Никонов А. А., Зыков Д. С. Палеосейсмодеформации в Карелии. Глубинное строение и геодинамика Фенноскандии, окраинных и внутриплатформенных транзитных зон: Матер. Восьмой междунар. конф. Петрозаводск, 2002. С. 178–179.

Онежская палеопротерозойская структура (геология, тектоника, глубинное строение и минерализация) / Отв. ред. Л. В. Глушанин, Н. В. Шаров, В. В. Щипцов. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. 431 с.

Полканов А. А. Геология хогландия-иотния Балтийского щита // Труды лаборатории геологии докембрия. Вып. 6. М.; Л.: АН СССР, 1956. 122 с.

Пришвин М. М. В краю непуганых птиц. Очерки Выговского края. СПб: Издание А. Ф. Девриена, 1907. 200 с.

Рязанцев П. А., Куликов В. С. Особенности строения восточной части Ропручейского силла и их изучение геофизическими методами // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 15. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2012. С. 125–130.

Светов А. П., Свириденко Л. П. Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита (Карельский регион). Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2005. 357 с.

Степанова А. В., Самсонов А. В., Ларионов А. Н. Заключительный эпизод магматизма среднего палеопротерозоя в Онежской структуре: данные по долеритам Заонежья // Труды КарНЦ РАН. 2014. № 1. С. 3–16.

Сыстра Ю. Й., Спунгин А. В. Некоторые типы послеледниковых сейсмодислокаций Республики Карелия (Россия) и Эстонии // Связь поверхностных структур с глубинными. Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2008. С. 245–249.

Сыстра Ю. Й. Тектоника зоны сочленения Русской плиты и Фенноскандинавского щита // Тектоника и геодинамика складчатых поясов и платформ фанерозоя: тезисы докл. XLIII тектонич. совещ. Т. 2. М.: Геос, 2010. С. 321–325.

Сыстра Ю. Й., Спунгин В. Г., Сыстра И. Ю. Сейсмичность Фенноскандинавского щита и изучение новейших движений по палеосейсмодислокациям // Геологические опасности: тезисы докл. XV Всерос. конф. Архангельск, 2009. С. 433–437.

Тимофеев В. М. Отчет о работах вдоль линии Мурманской железной дороги на участке Петрозаводск – Масельская // Изв. Геол. ком. Т. XXXIII, № 3, 1919. С. 279–288.

Шварев С. В. Структурная позиция, ледниковый и сейсмогенный рельеф г. Воттоваара (Средняя Карелия) // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: тезисы докл. Всерос. конф. VII Щукинские чтения. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 202–205.

Шварев С. В., Никонов А. А., Фроль В. В. Морфоструктура, тектоническая и сейсмическая активность в бассейне Белого моря: анализ на основе ЦМР, геологических и сейсмических данных // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике: тезисы докл. Всерос. конф. VII Щукинские чтения. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 199–202.

Hanski E. J. Evolution of the palaeoproterozoic (2.50–1.95 Ga) non-orogenic magmatism in the eastern part of the Fennoscandian shield // Reading the Archive of Earth's Oxygenation Volume 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Series: Frontiers in Earth Sciences / Eds. V. A. Melezhik, A. R. Prave, A. E. Fallick, L. R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E. J. Hanski. 2013. P. 179–245. doi: 10.1007/978-3-642-29682-6_6

Lukashov A. D. Paleoseismotectonics in the northern part of lake Onega (Zaonezhsky peninsula, Russian Karelia) // Geol. Survey of Finland. Nuclear Waste Disposal Research Report Yst-90. Espoo, 1995. 36 p.

Melezhik V. A., Medvedev P. V., Svetov S. A. The Onega basin // Reading the Archive of Earth's Oxygenation Volume 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Series: Frontiers in Earth Sciences / Eds. V. A. Melezhik, A. R. Prave, A. E. Fallick, L. R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E. J. Hanski. 2013. P. 387–490. doi: 10.1007/978-3-642-29682-6_9

Nikonov A. A., Zыkov D. S. Paleoseismodeformations in Eastern Fennoscandia // Seismology in Europe. XXV General Assembly. (Reykjavik, Iceland, 9–10 Sept., 1996). P. 122–127.

Поступила в редакцию 11.04.2016

References

Afanas'eva E. N. Paragenesis grebnevidnoi skladchatosti: stadii razvitiya i rudonosnost' (na primere Onezhskogo progiba) [Paragenesis of the comb-shaped folding: development stages and ore-bearing potential

(case of the Onega Trough)]. Strukturnye paragenезы i ikh ansambli: tezisy dokl. Tekt. Soveshch. [Structural Parageneses and their Assemblages: Abstracts of the Conf.]. Moscow: Geos, 1997. С. 6–8.

Biske G. S. O prirode poslednikovogo podnyatiya Baltiiskogo shchita [On the nature of postglacial uplift of the Baltic Shield]. *Izv. Vses. Geograf. obshch-va* [Proceed. of the All-Union Geogr. Society]. 1970. No. 1. P. 34–38.

Biske G. S., Goryunova N. N., Lak G. Ts. Novye dannye o chetvertichnykh otlozheniyakh i neotektonike Onego-Segozerskogo vodorazdela [New data on the Quaternary deposits and neotectonics of the Onego Segozersky watershed]. *Voprosy geologii i zakonomernosti razmeshcheniya poleznykh iskopaemykh Karelii* [Questions of Geology and Patterns of Min. Res. Distribution in Karelia]. Petrozavodsk: Karel. kn. izd-vo, 1966a. P. 375–382.

Biske G. S., Lak G. Ts., Lukashov A. D. Beregovye obrazovaniya Onezhskogo ozera i ikh svyaz' s neotektonikoi [Coastal formations of Lake Onega in relation to neotectonics]. *Razvitie morskikh beregov v usloviyakh kolebatel'nykh dvizhenii zemnoi kory* [Sea Shores Evolution under the Earth's Crust Warping]. Tallin: Valgus, 1966b. P. 178–182.

Biske G. S., Lak G. Ts. O prichinakh poslednikovoykh kolebaniy beregovykh urovnei na yugo-vostochnoi okraine Baltiiskogo shchita [On the reasons for post-glacial fluctuations of the coastal levels in the south-eastern edge of the Baltic Shield]. *Baltica*. 1967. Vol. 3. P. 203–213.

Biske G. S., Lak G. Ts., Lukashov A. D., Goryunova P. N., Il'in V. A. Stroenie i istoriya kotloviny Onezhskogo ozera [The structure and history of the Lake Onega depression]. Petrozavodsk: Kareliya, 1971. 73 p.

Biske G. S., Lukashov A. D., Ekman I. M. O svyazi kotlovin krupneishikh ozer Severo-Zapada SSSR s tektonikoi [On the relationship between the largest lakes depressions in the North-West of the USSR and tectonics]. *Noveishie i sovremennye dvizheniya zemnoi kory vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita* [Recent and Current Movements of the Earth's Crust in the Eastern Baltic Shield]. Petrozavodsk: KF AN SSSR, 1974. P. 35–42.

Glubinnoe stroenie i seismichnost' Karelskogo regiona i ego obramleniya [Deep structure and seismicity of the Karelian region and its margins]. Ed. N. V. Sharov. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2004. 353 p.

Inostrantsev A. A. Geologicheskii ocherk Povenetskogo uezda Olonetskoj gubernii i ego rudnykh mestorozhdenii [Geological description of the Povenets County of the Olonets province and its ore deposits]. *Materialy po geol. Rossii* [Mat. on the Geology of Russia]. 1877. Vol. VII. St. Petersburg. 728 p.

Kolodyazhnyi S. Yu., Zykov D. S., Leonov M. G., Orlov S. Yu. Osobennosti evolyutsii kupol'no-sdvigovykh struktur Severo-Zapadnogo Prionezh'ya [Features of dome- and shear-type structures evolution in the North-western Prionezhie]. *Rossiiskii zhurnal nauk o Zemle* [Russ. Journal of Earth Sci.]. 2000. Vol. 2, no. 2. P. 135–151.

Kondakov S. N., Petrov Yu. V., Bulavin A. B., Pichugin V. A., Titov V. K. Blokovoie i glubinnoe stroenie Onezhskogo progiba [Block and deep structures of the Onega Trough]. *Blokovaya tektonika i perspektivy rudonosnosti severo-zapada Russkoi platformy* [Block Tectonics and Ore-bearing Potential of the Northwestern Part of the Russian Platform]. Leningrad, 1986. P. 68–75.

Krats K. O., Lazarev Yu. I. Osnovnye cherty tektonicheskikh struktur yatuliiya Karelii [Main features of the Yatuliy tectonic structures in Karelia]. *Problemy geol. Karelii i Kol'skogo poluostrova* [Problems of Geology of Karelia and the Kola Peninsula]. Murmansk: Karel'sk. i Kol'sk. fil. AN SSSR, 1961. P. 43–57.

Lak G. Ts., Lukashov A. D. Neotektonika v zone dokembriiskikh razlomov Yuzhnoi Karelii [Neotectonics of the Precambrian faults in the South Karelia]. *Tektonicheskie dvizheniya i noveishie struktury zemnoi kory* [Tectonic Movements and the Newest Structures of the Earth's Crust]. Moscow: Nedra, 1967. P. 198–201.

Lomtatze V. D. Inzhenernaya geologiya. Inzhenernaya geodinamika [Engineering geology. Engineering geodynamics]. Leningrad: Nedra, 1977. P. 340–354.

Lukashov A. D. Paleoseismodislokatsii Zaonezh'ya [Paleoseismodislocations of the Zaonezhie]. *Kizhskii vestnik. Zaonezh'e* [The Kizhi Museum Bulletin. Zaonezhie]. 1993. No. 2. P. 35–42.

Lukashov A. D., Zhuravlev A. P. Drevnee Pegremskoe zemletryasenie [Ancient earthquake of Pegrema]. Petrozavodsk, 1996. 39 p.

Mints M. V., Suleimanov A. K., Babayants P. S., Belousova E. A., Blokh Yu. I., Bogina M. M., Bush V. A., Dokukina K. A., Zamozhnyaya N. G., Zlobin V. L., Kaulina T. V., Konilov A. N., Mikhailov V. O., Natapov L. M., Pijp V. B., Stupak V. M., Tikhotskii S. A., Trusov A. A., Filippova I. B., Shur D. Yu. Glubinnoe stroenie, evolyutsiya i poleznye iskopaemye rannedokembriiskogo fundamenta Vostochno-Evropeskoj platformy: Interpretatsiya materialov po opornomu profilu 1-EV, profilyam 4V i TATSEIS [Deep structure, evolution and mineral resources of the Early Precambrian basement of the East European Platform: Interpretation of materials in accordance with the reference profile 1-EV, profile 4V and TATSEIS]. In 2 Vol. + Set of Coloured Appendices. Moscow: Geokart; Geos, 2010.

Nikolaeva S. B., Evzerov V. Ya., Petrov S. I. Seismicheskie proyavleniya v rel'efe severo-zapada Murmanskoi oblasti [Seismic manifestations in the relief of the north-western Murmansk region]. *Kol'sk. nauch. tsentr "Sever 2007"* [Kola Scientific Center "Sever 2007"]. 14 p. URL: http://www.kolasc.net.ru/russian/sever07_5.pdf (accessed: 24.02.2016).

Nikonov A. A. Fennoskandiya – nedootsenennaya seismogeneriruyushchaya provintsiya [Fennoscandia – an underestimated seismogenic province]. *Geofizika XXI stoletiya*. 2002 god: tezisy dokl. IV geofiz. chtenii im. V. V. Fedynskogo [Geophysics of the XXI Cent. 2002: Abstracts of IV Geophysical Readings named in honour of V. V. Fedynsky]. Moscow: Nauchnyi mir, 2003. P. 207–214.

Nikonov A. A., Zykov D. S. Paleoseismodeformatsii v Karelii. Glubinnoe stroenie i geodinamika Fennoskandii, okrainnykh i vnutriplatformennykh tranzitnykh zon [Paleoseismic deformations in Karelia. Deep structure and geodynamics in Fennoscandia, marginal and intra-platform transit zones]: Mater. Vos'moi medzhdunar. konf. Petrozavodsk, 2002. P. 178–179.

Onezhskaya paleoproterozoiskaya struktura (geologiya, tektonika, glubinnoe stroenie i minerageniya) [Palaeoproterozoic Onega structure (geology, tectonics, deep structure and minerageny)]. Eds. L. V. Glushanin,

N. V. Sharov, V. V. Shchiptsov. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2011. 431 p.

Polkanov A. A. Geologiya khoglandiya-iotniya Baltiskogo shchita [Geology of the Hogland-Jotnian of the Baltic Shield]. Trudy laboratorii geologii dokembriya [Proceed. of the Precambrian Geology Lab.]. Iss. 6. Moscow; Leningrad: AN SSSR, 1956. 122 p.

Prishvin M. M. V krayu nepuganykh ptits. Ocherki Vygovskogo kraja [In the land of unfrightened birds. Essays on the Vygovsky region]. St. Petersburg: Izdanie A. F. Devriena, 1907. 200 p.

Ryazantsev P. A., Kulikov V. S. Osobennosti stroeniya vostochnoi chasti Roprucheiskogo silla i ikh izucheniye geofizicheskimi metodami [Structural features of the eastern part of the Ropruchey sill and their study with geophysical methods]. Geologiya i poleznye iskopaemye Karelii [Geology and Min. Resources of Karelia]. Iss. 15. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2012. P. 125–130.

Svetov A. P., Sviridenko L. P. Tsentry endogennoi magmaticheskoi aktivnosti i rudoobrazovaniya Fennoskandinavskogo shchita (Karel'skii region) [Centers of the endogenous magmatic activity and mineralization of the Fennoscandian Shield (Karelian region)]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2005. 357 p.

Stepanova A. V., Samsonov A. V., Larionov A. N. Zaklyuchitel'nyi epizod magmatizma srednego paleoproterozoya v Onezhskoi strukture: dannye po doleritam Zaonezh'ya [The final magmatism episode of the Middle Paleoproterozoic Onega structure: data on dolerites in Zaonezhie]. Trudy KarNTs RAN [Trans. KarRC of RAS]. 2014. No. 1. P. 3–16.

Systra Yu. I., Spungin A. V. Nekotorye tipy poslednikovykh seismodislokatsii Respubliki Kareliya (Rossiya) i Estonii [Some types of post-glacial seismic dislocations of the Republic of Karelia (Russia) and Estonia]. Svyaz' poverkhnostnykh struktur s glubinnymi [Relation between Surface and Deep Structures]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2008. P. 245–249.

Systra Yu. I. Tektonika zony sochleneniya Russkoi plity i Fennoskandinavskogo shchita [Tectonics of the junction zone of the Russian plate and the Fennoscandian Shield]. Tektonika i geodinamika skladchatykh poyasov i platform fanerozoya: tezisy dokl. XLIII tektonich. soveshch. [Tectonics and Geodynamics of Fold Belts and Platforms of the Phanerozoic Period: Abstracts of XLIII Meeting on Tect.]. Vol. 2. Moscow: Geos, 2010. P. 321–325.

Systra Yu. I., Spungin V. G., Systra I. Yu. Seismichnost' Fennoskandinavskogo shchita i izucheniye noveisshikh dvizhenii po paleoseismodislokatsiyam [Seismicity of the Fennoscandian Shield and study of recent movements along the paleoseismic dislocations]. Geologicheskie opasnosti: tezisy dokl. XV Vseros. konf. [Geologic Hazards: Abstracts of XV All-Russian Conf.]. Arkhangel'sk, 2009. P. 433–437.

Timofeev V. M. Otchet o rabotakh vdol' linii Murmanskoi zheleznoi dorogi na uchastke Petrozavodsk – Masel'skaya [Report on the works along the lines of the Murmansk railroad at the site between Petrozavodsk and Maselskaya]. Izv. geol. kom. [Proceed. of the Geol. Comm.]. Vol. XXXIII, no. 3, 1919. P. 279–288.

Shvarev S. V. Strukturnaya pozitsiya, lednikovyi i seismogennyi rel'ef g. Vottovaara (Srednyaya Kareliya)

[Structural position, glacial and seismogenic relief of Vottovaara (Central Karelia)]. Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaya bezopasnost': ot teorii k praktike: tezisy dokl. Vseros. konf. VII Shchukinskie chteniya [Geomorphological Resources and Geomorphological Security from Theory to Practice: Abstracts of the All-Russian Shchukin Readings]. Moscow: MAKS Press, 2015. P. 202–205.

Shvarev S. V., Nikonov A. A., Frolov V. V. Morfostruktura, tektonicheskaya i seismicheskaya aktivnost' v basseine Belogo morya: analiz na osnove TsMR, geologicheskikh i seismicheskikh dannyykh [Morphological structure, tectonic and seismic activity in the White Sea basin: analysis based on DEM, geological and seismic data]. Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaya bezopasnost': ot teorii k praktike: tezisy dokl. Vseros. konf. VII Shchukinskie chteniya [Geomorphological Resources and Geomorphological Security from Theory to Practice: Abstracts of the All-Russian Shchukin Readings]. Moscow: MAKS Press, 2015. P. 199–202.

Venus B. G., Lin'kov A. G., Tyrin A. K. Geologo-geomorfologicheskoe stroeniye dna Onezhskogo ozera po dannym geoakusticheskogo zondirovaniya [Geological and geomorphological structure of the Lake Onega bottom according to geoaoustic sounding]. Vestnik Leningradskogo universiteta. Ser. Geol. i geogr. [Vestnik of Leningrad. Univ. Geology and Geography Series]. 1966. No. 24. Iss. 4. P. 110–116.

Zykov D. S. Ob aktivnykh strukturakh i veroyatnykh paleoseismodeformatsiyakh v Karelii [On active structures and probable paleoseismic deformations in Karelia]. Geomorfologiya [Geomorphology]. 1997. No. 3. P. 58–62.

Hanski E. J. Evolution of the palaeoproterozoic (2.50–1.95 Ga) non-orogenic magmatism in the eastern part of the Fennoscandian shield. Reading the Archive of Earth's Oxygenation Volume 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Series: Frontiers in Earth Sciences. Eds. V. A. Melezhik, A. R. Prave, A. E. Fallick, L. R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E. J. Hanski. 2013. P. 179–245. doi: 10.1007/978-3-642-29682-6_6

Lukashov A. D. Paleoseismotectonics in the northern part of lake Onega (Zaonezhsky peninsula, Russian Karelia). Geol. Survey of Finland. Nuclear Waste Disposal Research Report Yst-90. Espoo, 1995. 36 p.

Melezhik V. A., Medvedev P. V., Svetov S. A. The Onega basin. Reading the Archive of Earth's Oxygenation Volume 1: The Palaeoproterozoic of Fennoscandia as Context for the Fennoscandian Arctic Russia – Drilling Early Earth Project. Series: Frontiers in Earth Sciences. Eds. V. A. Melezhik, A. R. Prave, A. E. Fallick, L. R. Kump, H. Strauss, A. Lepland, E. J. Hanski. 2013. P. 387–490. doi: 10.1007/978-3-642-29682-6_9

Nikonov A. A., Zykov D. S. Paleoseismodeformations in Eastern Fennoscandia. Seismology in Europe. XXV General Assembly (Reykjavik, Iceland, 9–10 Sept., 1996). P. 122–127.

Received April 11, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Никонов Андрей Алексеевич

главный научный сотрудник, д. г.-м. н.
Институт физики Земли РАН
Большая Грузинская ул., 10, стр. 1, Москва,
Россия, 123242
эл. почта: nikonov@ifz.ru
тел.: (499) 2549081

Полещук Антон Владимирович

старший научный сотрудник, к. г.-м. н.
Геологический институт РАН
Пыжевский пер., 7, Москва, Россия, 119017
эл. почта: anton302@mail.ru
тел.: (495) 9591726

Зыков Дмитрий Сергеевич

старший научный сотрудник, к. г.-м. н.
Геологический институт РАН
Пыжевский пер., 7, Москва, 119017
эл. почта: zikov58@yandex.ru
тел.: (495) 9518346

CONTRIBUTORS:

Nikonov, Andrey

Schmidt Institute of Physics of the Earth,
Russian Academy of Sciences
10-1 Bol'shaya Gruzinskaya St., 123242 Moscow, Russia
e-mail: nikonov@ifz.ru
tel.: (499) 2549081

Poleshchuk, Anton

Geological Institute, Russian Academy of Sciences
7 Pyzhevsky Lane, 119017 Moscow, Russia
e-mail: anton302@mail.ru
tel.: (495) 9591726

Zykov, Dmitry

Geological Institute, Russian Academy of Sciences
7 Pyzhevsky Lane, 119017 Moscow, Russia
e-mail: zikov58@yandex.ru
tel.: (495) 9518346