

УДК 551.248.2+550.348.436(470.21)

РЫХЛЫЙ ПОКРОВ И НОВЕЙШАЯ ГЕОДИНАМИКА КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА (ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ)

В. Я. Евзеров¹, С. Б. Николаева¹, Т. С. Шелехова²

¹ФГБУН Геологического института КНЦ РАН

²ФГБУН Институт геологии КарНЦ РАН

Аннотация

Анализ материалов по геологическому строению и тектонике района Кольского залива Баренцева моря показывает, что эта депрессия сформировалась на пересечении разломов субмеридионального и северо-восточного простирания. Вероятнее всего, она образовалась на рубеже позднего миоцена — плиоцена, когда после регрессивного развития континентальной окраины началось погружение шельфа. Первично-тектоническая депрессия Кольского залива к настоящему времени значительно трансформирована экзогенными процессами. В четвертичное время это было воздействие главным образом ледников. В формировании осадочного покрова залива, наряду с ледниками и их талыми водами, принимали участие морские трансгрессии и современные флювиальные и приливно-отливные процессы. Новейшие гляциоизостатические и собственно тектонические перемещения привели к возникновению напряжений, разрядка которых обусловила высокую сейсмическую активность Кольского залива и его окрестностей.

Ключевые слова:

Кольский залив, Мурманское побережье, рыхлый покров, сейсмическая активность, землетрясения, голоцен, Балтийский щит.

LOOSE COVER AND NEWEST GEODYNAMICS OF THE KOLA BAY (FIRST RESULTS AND PROSPECTS FOR FURTHER RESEARCHES)

Vladimir Ya. Evzerov¹, Svetlana B. Nikolaeva¹, Tatyana S. Shelekhova²

¹Geological Institute of the KSC of the RAS

²Institute of Geology of the Karelian Science Centre of the RAS

Abstract

Analysis of geological structure and tectonics in the area of the Kola Bay of the Barents Sea shows that this depression was formed at the intersection of faults of near-N-S and N-E strike. Most likely it was formed at the turn of the Late Miocene — Pliocene, when after the regression of the continental margin, the shelf immersion began. Primary tectonic depression of the Kola Bay was significantly transformed by exogenous processes by now. In the Quaternary, it was mainly the impact of glaciers. Marine transgressions and modern fluvial and tidal processes participated in the formation of the Bay sedimentary cover along with glaciers and their meltwater. The loose cover partially filling the bay depression has been studied lithologically within the southern limb. The sediments include slope deposits, the moraine of Valdai glaciation, glacial-marine and marine sediments. Glacial-marine sediments represented by sands of different size formed during marine transgression caused by the increase in the ice load during the Young Drias. Marine sediments accumulated, probably, during the Holocene transgression, caused by the World Ocean level rise. The section is crowned by marine sands of small thickness formed during the Holocene regression. Currently siltstone and clay

sediments accumulate at the bottom of the Bay in depressions. The latest glacioisostatic and the proper tectonic movements have led to the emergence of stresses, which relief caused high seismic activity of the Kola Bay and the surrounding area.

Keywords:

Kola Bay, Murmansk coast, loose cover, seismic activity, paleoearthquakes, Holocene, Baltic shield.



Кольский залив Баренцева моря расположен на мурманском побережье Кольского п-ова и по геоморфологической классификации относится к краевым бассейнам фьордового типа. Его восточный берег скалистый обрывистый, западный — относительно пологий. Одной из характерных особенностей акватории залива является его форма,

которую в соответствии с изгибами подразделяют на три участка: I — северное (субмеридиональное) колено, II — среднее (с ориентацией СВ-ЮЗ) и III — южное (субмеридиональное) колена (рис. 1). Общая протяженность залива составляет 58,7 км, а глубины у входа составляют 200–300 м. Ширина залива постепенно уменьшается от 3–3,5 км в северном колене до 1,5–2,5 в среднем и 1,0–1,5 км в южном.



Рис. 1. Схема новейших разломов и палеосейсмических проявлений в районе Кольского фиорда:
 1 — разрывные нарушения (линеаменты); 2 — активные разломы; 3 — палеосейсмодиформации и их возраст по ^{14}C ; 4 — границы частей Кольского залива и их номера (римскими цифрами);
 5 — участок с изученными осадками озер

История исследований геологического строения и современное состояние изученности Кольского залива подробно рассмотрены в статье Э. В. Шпилова и Е. А. Ковальчук [1]. Залив, судя по плановому рисунку, сформировался по системе разломов субмеридионального и северо-восточного простирания. Рыхлый покров, частично заполняющий депрессию залива, изучен литологически и только в пределах южного колена. Здесь на коренных отложениях, по данным [1], залегают ледниковые образования (комплекс I из трех слоев — 1, 2а и 2б) (рис. 2).

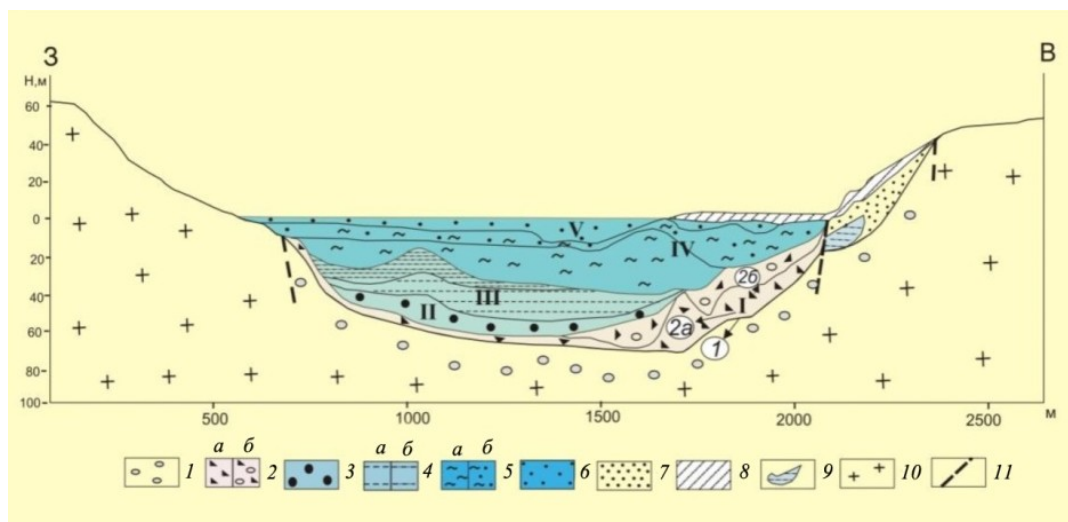


Рис. 2. Разрез отложений южного колена Кольского фиорда по данным инженерно-геологического бурения (по [1] с дополнениями авторов).

Ледниковые отложения, комплекс I (морена): 1 — с преобладанием валунов и песчаным заполнителем, 2а — щебенистые отложения с песчаным заполнителем, 2б — гравийные отложения с галькой, щебнем; комплекс II (ледниково-морские отложения): 3 — пески; комплекс III: 4а — алевриты; 4б — алевриты с прослоями илов; комплекс IV (морские отложения): 5а и б — илы супесчаные и суглинистые соответственно; комплекс V: 6 — морские пески, 7 — аллювиальные пески, 8 — техногенные отложения, 9 — линза алеврита с частыми прослоями илов, 10 — породы кристаллического фундамента, 11 — предполагаемые разломы

Авторы иначе трактуют генезис осадков. Слой 1 из данного комплекса, лежащий на кристаллических породах, по литологическим признакам — присутствию в составе 10–15 % крупного щебня и дресвы и слишком высокому содержанию валунов (50–55 %) — ближе к склоновым образованиям, претерпевшим переработку в водной среде, чем к морене. «Щебенистый» слой 2а имеет максимальную мощность у восточного борта и выклинивается к западу. Это — и по условиям залегания, и по составу — типичные склоновые отложения. Только слой 2б комплекса I, судя по литологической характеристике, близок к морене покровного оледенения. Е. А. Ковальчук и Э. В. Шпилов предположили, что морена сформирована поздневалдайским ледниковым покровом [1]. Сделанное предположение не лишено оснований, поскольку ориентировка колен близка к направлениям перемещения ледниковых масс в период поздневалдайского оледенения. Это означает, что потоки льда продвигались вдоль колен депрессии и, соответственно, экзарационное воздействие ледника на породы ложа было весьма значительным, подобно тому, как это имеет место в Восточной Антарктиде [2]. Однако по мере приближения к краевой зоне ледника, выделенной в работе [3], интенсивность экзарации убывала в северном направлении. Если в южном колене ледник

ассимилировал почти все более древние осадки, то в северном колене залива, особенно в его северной части, они могли сохраниться с существенно большей полнотой. Косвенным свидетельством этого является мощность рыхлого покрова, которая в южном колене составляет порядка 65–70 м, а на выходе из северного колена превышает 200 м [1]. Следует отметить, что разрез отложений северного колена не изучен до сих пор. В южном колене комплекс I покрывают ледниково-морские осадки, представленные песками различной крупности с часто наблюдающейся косой слоистостью. Они могли сформироваться только во время морской трансгрессии, вызванной возрастанием ледниковой нагрузки в период позднего дриаса [4].

На морене залегают алевроиты и алевроиты с прослоями илов (комплекс III, 4a и 4b на рис. 2). Поскольку алевроиты не характерны для ледниково-морских образований, логичнее рассматривать их как морские осадки. Вверх по разрезу алевроиты сменяются морскими же суглинистыми и супесчаными илами с обломками ракушки и редкими включениями гравия, максимальная мощность которых достигает 36 м [1]. Морские отложения накопились в период голоценовой трансгрессии, вызванной повышением уровня Мирового океана [5]. Венчают разрез морские пески небольшой мощности [1], сформировавшиеся в период голоценовой регрессии при гляциоизостатическом поднятии региона. В настоящее время на дне залива во впадинах отлагаются алевроитовые и глинистые осадки [6].

Ригель, обнаруженный в устье Кольского залива [7], является, по-видимому, генетическим аналогом ригелей в заливах Шпицбергена, возникших в заключительную стадию (позднеюрмскую?) деградации покровного оледенения [8]. Подобные ледниковые гряды обнаружены и на суше. Это напорно-насыпные морены поздневалдайского оледенения, перегораживающие с юга Вудъяврскую и с востока Сейдозерскую котловины в Хибинском и Ловозерском горных массивах соответственно [9, 10]. Однако ригель в Кольском заливе сформировался в одну из стадий деградации более раннего оледенения, во время которой ледниковый покров вторгнулся в регион с севера. Материалы, свидетельствующие о функционировании такого ледника, имеются в работах А. А. Никонова [11] и П. Ёханссена [12].

Из изложенного следует, что пока нет данных, которые позволили бы установить конкретное время образования депрессии залива. Авторам наиболее приближенной к действительности представляется гипотеза, согласно которой формирование котловины произошло тогда же, когда окончательно оформился контур Кольского п-ова вследствие перехода от регрессивного развития континентальной окраины к трансгрессивному шельфовому погружению на рубеже позднего миоцена-плиоцена [13].

Первично-тектоническая депрессия Кольского залива к настоящему времени значительно трансформирована экзогенными процессами. В четвертичное время это было, главным образом, воздействие ледников.

Признаки активизации движений в голоцене установлены по разлому, ограничивающему северное колено залива с востока. Этот разлом прослеживается и южнее в районе озер Домашнего, Щукозера и далее к югу. Его местоположение показано на рис. 3 в работе [14], в которой приведены конкретные признаки того, что перемещение по разлому имело место после трансгрессии, вызванной увеличением ледниковой нагрузки на континент в период похолодания позднего дриаса. Кроме того, предполагается, что в голоцене активизировались и разломы северо-восточного простирания. Вероятным подтверждением этого является прямолинейное, протяженное и достаточно глубокое продолжение реки Туломы в пределах Кольского залива.

О новейшей активизации разломов свидетельствуют аномальная орографическая раздробленность кристаллических пород, особенно на северо-западном борту Кольского залива, отражающая мелкблоковое строение, а также древние и современные землетрясения. Резкая расчлененность рельефа с перепадами высот в десятки метров и более связана с повышенной, по крайней мере на порядок, трещиноватостью скальных пород в прибрежной полосе и наличием здесь разрывов молодых, более склонных к смещениям, особенно при внешних воздействиях.

Следы древних землетрясений (палеосейсмодеформаций) развиты в пределах 65-километровой зоны, которая примыкает к Кольскому заливу — одному из сейсмоактивных узлов на побережье Мурмана [15, 16]. Они выявлены как в скальном субстрате, так и в рыхлых осадках. В рельефе это свежие трещины с остроугольными обломками, рвы расседания, в заложении которых практически не наблюдается воздействия экзогенных процессов, зоны повышенной трещиноватости и дробления, отвесные уступы, с крупными обвалами в основании. Вдоль западного борта Кольского залива к настоящему времени, по меньшей мере в четырех пунктах, известны разрезы рыхлых отложений с сейсмически индуцированными структурами, возникшими в результате сильных ($I \geq VIII$) сейсмических воздействий. Их возраст укладывается в интервал 7,8–11,0 тыс. лет назад (тыс. л. н.) [16, 17]. В рыхлых песчано-глинистых отложениях сейсмичность представлена различными типами деформаций, в том числе и проявлениями вертикально направленных воздействий (рис. 3). Это можно рассматривать как признак подъема песчаного материала в вышележащие отложения, т. е. спонтанного разжижения песков, как это часто случается при сильных сейсмических сотрясениях [18].



Рис. 3. Пример сейсмически индуцированных структур в песчано-алевритистых осадках Сайда-губы (западный борт Кольского залива):

a — столбчатые; *б, в* — конволюции; *г* — явления разжижения, нарушающие горизонтальную слоистость песков

Возраст образования палеосейсмодеформаций указывает на то, что сейсмотектоническая активность территории проявлялась на протяжении почти всего голоцена. Наибольшее количество событий относится к периоду последних стадий позднеледниковья — начала голоцена (11–9 тыс. л. н.) и свидетельствует о повышенной сейсмоактивности региона в период дегляциации и промежутки времени, последовавший за исчезновением последнего оледенения.

Из исторических землетрясений в Мурманской зоне, как выяснилось при тщательном рассмотрении первичных сообщений, повышенной интенсивностью отличались события 1772 г. ($M = 4,6$, $I \sim 6$) и 1873 г. с эпицентрами в районе Колы ($M = 4,1$, $I \sim 6$) [19, 20]. Из более поздних, инструментально зарегистрированных, известны события 1968 г. ($M = 4,2 \pm 0,5$, $I = 4 \pm 0,5$) и 1990 г. с эпицентрами близ Колы и в междуречье рек Колы и Медвежьей ($M = 4$) [20].

Анализ современной сейсмичности, по данным Кольского филиала ФИЦ ЕГС РАН, отражает низкий уровень сейсмической энергии (не более 1012 Дж) за период 1902–2015 гг., что, скорее всего, связано с тем, что в тектоническом режиме в последнее тысячелетие и настоящее время ведущая роль перешла от вертикально направленных сил гляциоизостазии к горизонтально сжимающим напряжениям.

Новейшие перемещения по разломам носили характер сдвигов небольшой амплитуды и определены по геоморфологическим данным. Сдвиг по субмеридиональному разлому является, очевидно, одним из тех новейших сдвигов указанной ориентировки, о которых сообщил Э. А. Шипилов [1]. При перемещении блоков в районе залива, помимо горизонтальной, была, вероятно, и вертикальная составляющая. Однако конкретные данные имеются только по блоку, ограничивающему северное колено Кольского залива с запада. В пределах этого блока, в районе г. Полярного, Дж. Корнером, В. В. Колькой, В. Я. Евзеровым и др. исследованы отложения девяти озерных котловин, вследствие гляциоизостатического поднятия территории изолировавшихся от моря [21]. Кроме того, нами изучены отложения одной из озерных котловин (озеро 10), отделившейся от моря при поднятии (рис. 4). Порог стока из этой котловины расположен на высоте 51,5 м над ур. м. Для сопоставления представляют интерес озера 1 и 2, радиоуглеродный возраст изоляции которых от моря составляет 9100 ± 55 и 9165 ± 65 лет до настоящего времени (н. в.) соответственно. Порог стока из озера 1 находится на отметке около 57 м, из озера 2 — 48,5 м.

В озерной котловине 10, расположенной в 7,5 км к югу-юго-западу от озер 1 и 2, вскрыты разрезы, имеющие двучленное строение и состоящие из алевроитов с включениями щебня и гальки, сменяющиеся вверх по разрезу гиттией (рис. 4, б). Диатомовый анализ образца алевроитов в нижней части разреза (глубина 540–538 см) указывает на развитие морской диатомовой флоры, состоящей на 60 % из поли- и мезогалобов и на 24 % — галофилов. Пресноводные индифференты составили 16,4 %. Такой состав позволяет сделать вывод о формировании диатомового комплекса в морских условиях. Основными доминантами на данной глубине являлись полигалобы *Grammatophora angulosa var. islandica* и мезогалобы *Cocconeis scutellum*, *Diploneis subcincta*, *Diploneis interrupta*. Галофильный комплекс более разнообразен, среди него главными доминантами выступали *Rhoico-sphaenia curvata*, *Diploneis smithi*. Пресноводная флора представлена в большинстве своем многочисленными единичными створками разных родов: *Amphora*, *Cymbella*, *Eunotia*, *Fragilaria*, *Gomphonema*,

содержание галофилов (30,8 %) и минимальное, в виде единичных экземпляров (2,8 %) — мезо- и полигалобов. В опесчаненной гиттии среди галофилов выделяются *Fragilaria pinnata*, *Fragilaria virescens* var. *subsalina*, *Cyclotella kuetzingiana*, *C. kuetzingiana* var. *schumanii*, *C. kuetzingiana* var. *radiosa*, *Navicula radiosa*, *N. tenella*, а в однородной гиттии к ним присоединяются различные виды рода *Nitzschia*, более характерные для мелководий и почв.

Данные диатомового анализа и радиоуглеродный возраст свидетельствуют об изоляции этой озерной котловины от моря еще в период накопления верхней части алевроитов, то есть несколько ранее даты 9280 ± 140 (^{14}C) лет до н. в.

Градиент гляциоизостатического поднятия, возрастающего в южном направлении, по данным российских и норвежских специалистов [21, 22], за последние 9 тыс. лет в районе Кольского залива превышал 0,6 м на 1 км. Судя этому градиенту, при сравнении с высотами озер 1 и 2 оказывается, что озеро 10 под влиянием только гляциоизостатического поднятия должно было бы располагаться на более высоких отметках, чем теперь. Причем высоты расположения озера 10 должны превышать расчетные, поскольку, согласно датировке, изоляция озера 10 произошла раньше, чем котловин озер 1 и 2, а величина и градиент поднятия по мере удревления возрастают. Это позволяет сделать вывод о том, что при новейшем перемещении блока проявилась не только гляциоизостатическая, но и собственно тектоническая составляющая, приведшая к его небольшому перекосу. Проблема влияния собственно тектонической составляющей на положение изобаз гляциоизостатического поднятия в регионе в целом требует пристального внимания и детального изучения.

Полученные результаты показывают, что структура Кольского залива Баренцева моря не осталась «законсервированной» и в голоцене, а реагировала как на гляциоизостатические, так и на тектонические (сеймотектонические) события, запечатленные в виде активизации разломов, сейсмонарушений скального субстрата и рыхлых отложений. В ближайшем будущем необходимо более полно обследовать побережье залива с целью обнаружения участков распространения палеосейсмодеформаций и для возможного их датирования изучить отложения в котловинах расположенных поблизости озер. Это позволит в конечном итоге, датируя нарушения залегания осадков, определить периодичность проявления сильных землетрясений, которая вместе с выделением сейсмоактивных зон имеет существенное экологическое значение. Весьма важным и необходимым представляется и комплексное изучение отложений большой мощности в устьевой части залива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шипилов Э. В., Ковальчук Е. А. История исследований геологического строения и современное состояние его изученности // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М.: Наука, 2009. С. 46–52.
2. Евтеев С. А. Геологическая деятельность ледникового покрова Восточной Антарктиды. М.: Наука, 1964. 149 с.
3. Евзеров В. Я., Самойлович Ю. Г. Реконструкция северо-восточной краевой области скандинавского ледникового покрова в поздневалдайское время // Геоморфология. 1998. № 4. С. 65–70.
4. Евзеров В. Я. Позднеплейстоцен-голоценовые трансгрессии на побережьях Мурмана и Белого моря // Геоморфология. 2012. № 4. С. 53–64.
5. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты / Коллектив авторов. Апатиты: КНЦ РАН, 1997. 265 с.
6. Shackleton N. J. Oxygen isotopes, ice volume and sea level // Quaternary Sci. Rev. 1987. No. 6. P. 183–190.
7. Матишов Д. Г., Матишов Г. Г., Риссанен Х. Радиоактивное загрязнение Кольского залива Баренцева моря // ДАН. 1996. Т. 351, № 4. С. 571–573.
8. Каплин П. А. Фиордовые побережья Советского Союза. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 188 с.
9. Матишов Г. Г. Геоморфология дна и некоторые особенности гляциального морфогенеза подводной окраины Западного Шпицбергена //

Океанология. 1978. Т. XVIII, вып. 2. С. 255–262. **10. Евзеров В. Я.** Краевые образования покровного и горного оледенений в районе Сейдозерской котловины // Геоморфология. 2010. № 2. С. 55–59. **11. Евзеров В. Я., Николаева С. Б.** Покровные и горные оледенения позднего плейстоцена и голоцена в районе Хибинских гор // Геоморфология. 2010. № 1. С. 26–36. **12. Никонов А. А.** О стратиграфии морен и оледенениях в западной части Кольского полуострова // Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. Апатиты: КФАН СССР, 1960. С. 121–135. **13. Johansson P.** The deglaciation in the eastern part of Weichselian ice divide in Finnish Lapland: Academic dissertation / Geological Survey of Finland. Rovaniemi. 1995. 93 p. **14.** Палеогеографические обстановки и тектонические деформации Баренцевоморской континентальной окраины / Э. В. Шипилов [и др.] // ДАН. 2006. Т. 407, № 3. С. 378–383. **15. Евзеров В. Я.** Четвертичный период в Кольском регионе (вопросы стратиграфии и тектоники // Вестник Кольского научного центра РАН. 2016. № 1 (24). С. 5–14. **16. Николаева С. Б.** Следы разрушительных землетрясений в окрестностях города Мурманска (по историческим и палеосейсмогеологическим данным) // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 52–61. **17. Николаева С. Б.** Свидетельства сейсмических событий на побережье Мурманска в позднеледниковье и голоцене (северо-восток Балтийского щита) // Изв. РГО. 2013. Т. 145, вып. 4. С. 53–65. **18. Никонов А. А., Николаева С. Б.** Линеамент Карпинского на границе Фенноскандинавского кристаллического щита и Баренцевой плиты как активная тектоническая и сейсмическая зона // Комплексные исследования природы Шпицбергена и прилегающего шельфа: материалы Междунар. науч. конф. (Мурманск, 6–8 ноября 2014 г.). М.: ГЕОС, 2014. Вып. 12. С. 232–237. **19. Obermeier S. F., Olson S. M., Green R. A.** Field occurrences of liquefaction-induced features: a primer for engineering geologic analysis of paleoseismic shaking // Engineering Geology. 2005. Vol. 76. P. 209–234. **20. Мушкетов И. В., Орлов А. П.** Каталог землетрясений Российской империи // Зап. Рус. геогр. о-ва. СПб., 1893. Т. 26. **21. Годзиковская А. А., Асминг В. Э., Виноградов Ю. А.** Ретроспективный анализ первичных материалов о сейсмических событиях, зарегистрированных на Кольском полуострове и прилегающей территории в XX веке. М.: Изд-во ГС РАН, 2010. 132 с. **22.** Postglacial relative sea-level change and stratigraphy of raised coastal basins on Kola Peninsula, Northwest Russia / G. D. Corner [et al.] // Global and Planetary Change. 2001. Vol. 31(1–4). P. 153–175. **23. Romundset A, Bondevik S, Bennike O.** Postglacial uplift and relative sea level changes in Finnmark, Northern Norway // Quaternary Sci. Rev. 2011. Vol. 30. P. 2398–2421.

Сведения об авторах

Евзеров Владимир Яковлевич — доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru

Николаева Светлана Борисовна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института КНЦ РАН

E-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru

Шелехова Татьяна Станиславовна — кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии Карельского научного центра РАН

E-mail: shelekh@krc.karelia.ru

Author Affiliation

Vladimir Ya. Evzerov — Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: yevzerov@geoksc.apatity.ru

Svetlana B. Nikolaeva — PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher of the Geological Institute of the KSC of the RAS

E-mail: nikolaeva@geoksc.apatity.ru

Tatyana S. Shelekhova — PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher of the Institute of Geology of the Karelian Science Centre of the RAS

E-mail: shelekh@krc.karelia.ru

Библиографическое описание статьи

Евзеров, В. Я. Рыхлый покров и новейшая геодинамика Кольского залива (первые результаты и перспективы дальнейших работ) / *В. Я. Евзеров, С. Б. Николаева, Т. С. Шелехова* // Вестник Кольского научного центра РАН. — 2017. — № 1 (9). — С. 24–33.

Reference

Evzerov Vladimir Ya., Nikolaeva Svetlana B., Shelekhova Tatyana S. Loose Cover and Newest Geodynamics of the Kola Bay (First Results and Prospects for Further Researches). *Herald of the Kola Science Centre of the RAS*, 2017, vol. 1 (9), pp. 24–33 (In Russ.).