

СТРУКТУРА И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЗРЕЗА ОТЛОЖЕНИЙ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА (ФИОРДА) ПО ДАННЫМ БУРЕНИЯ И СЕЙСМОАКУСТИКИ И НЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЕГО ФОРМИРОВАНИЯ

Э. В. Шипилов

ФГБУН Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН
(Мурманск, Российская Федерация)

С. И. Шкарубо

ООО Морская арктическая геологоразведочная экспедиция (Мурманск, Российская Федерация)

Е. А. Ковальчук

ФГБОУ ВО Мурманский арктический государственный университет (Мурманск, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 13 апреля 2017 г.

По результатам изучения материалов бурения инженерно-геологических скважин и сейсмоакустических данных впервые освещено строение осадочного чехла Кольского фиорда на полную его мощность. Приводится характеристика структуры и литологического состава разреза отложений, основных форм рельефа подстилающего кристаллического субстрата. Рассмотрены обстановки формирования отложений и грабенообразной структуры залива. Отмечается, что дегляциация послужила спусковым механизмом, запустившим процессы дифференцированного блокового воздымания, развития трещиноватости и разломообразования, обусловившего начальные «экзогенные» фазы неотектонической деструкции земной коры. Горизонтальные движения, приведшие к растяжению земной коры и раздвижению блоков с грабенообразованием в Кольском заливе, авторы связывают с влиянием полей напряжения, исходящих от развивающихся молодых океанических спрединговых бассейнов.

Ключевые слова: Кольский залив, фиорд, геология, литология, сейсмоакустика, бурение, разлом, голоцен, морена, дегляциация, неотектоника, деструкция, горизонтальные движения, грабенообразование.

Введение

Несмотря на незначительные, казалось бы, размеры, Кольский залив с расположенными здесь портовыми комплексами играет стратегическую роль в экономической инфраструктуре всего северо-запада страны, являясь не только развивающимся базовым транспортным узлом, но и стартовой площадкой для освоения Арктики и ее углеводородного потенциала [1]. В этой связи познание его геологического строения [2—6] является одной из первоочередных задач как в плане дальнейшего ускорения промышленного обустройства и рационального природопользования [7], так и, следовательно, в отношении существующих и возникающих экологических проблем для окружающей среды [8—11].

Кольский залив расположен на побережье Баренцева моря (рис. 1), которое представляет собой возвышенную расчлененную денудационную равнину высотой 150—200 м, повышающуюся к югу и круто обрывающуюся к северу. По геоморфологической классификации этот участок мурманского побережья относится к типу фиордовых берегов [12].

Фиорды представляют собой узкие длинные и глубокие заливы со скалистыми берегами и крутыми подводными склонами. Для их внутреннего строения характерно наличие одного или нескольких подводных порогов, в том числе и в устье, разделяющих дно фиорда на ряд внутренних бассейнов. На территории России подобные заливы также встречаются на Новой Земле, полуостровах Чукотка и Камчатка, корякском побережье Берингова моря.

В мире типичные фиорды распространены в Скандинавии, на архипелаге Шпицберген, в Гренландии, на тихоокеанском побережье Южной Америки. Проблемы происхождения и формирования фиордов рассматривали многие авторы (А. Рамзай, Ф. Нансен, Дж. Грегори и др.). Этим вопросам посвящены и работы П. А. Каплина с соавторами [13—14], в которых дана краткая, в основном геоморфологическая и физико-географическая характеристика фиордовых районов нашей страны и рассмотрены возможные причины их формирования. Многие исследователи отмечали в качестве основных факторов образования фиордов как воздействие ледников, так и тектоническую доминанту [13]. Тем не менее проблема генезиса и времени образования фиордов до сих пор остается дискуссионной [15]. В силу объективных и субъективных причин они крайне слабо изучены в геологическом отношении [7], и в этой связи практически отсутствуют данные о полной мощности и внутренней структуре осадочного чехла, морфологических особенностях рельефа поверхности подстилающего субстрата.

В статье излагаются результаты изучения и анализа данных инженерно-геологического бурения и сейсмоакустического профилирования в Кольском заливе, а также батиметрических карт и полевого обследования его побережья.

Полученные данные в плане оценки общей мощности и структуры осадочного чехла, а также литологического состава разреза отложений Кольского залива, как представляется, позволяют конкретизировать и дополнить существующие представления о происхождении и условиях формирования фиордов Кольского полуострова и Скандинавии.

Общая характеристика

Кольский залив представляет собой вытянутую субмеридиональную тектоническую структуру, для очертаний которой характерны колеччатые изгибы, обусловленные участием в ее строении и формировании разломов северо-северо-западного, субмеридионального и северо-восточного простираний (рис. 1 и 2). В геологическом отношении Кольский фиорд наложен на два крупных тектонических блока: северный представлен архейскими гранитоидами, южный — слюдяными и гранатовыми гнейсами [16]. Древние породы перекрыты четвертичными отложениями, представленными фациями наиболее молодой верхневалдайской морены. Вместе с тем получили развитие аллювиальные (в долинах рек Тулома и Кола), делювиально-элювиальные, ледниковые и водно-ледниковые и морские



Рис. 1. Положение и конфигурация Кольского залива на побережье Баренцева моря (Google maps). В рельефе отчетливо просматриваются блоковая раздробленность и наличие нарушений различной ориентировки

(поздне- и послеледниковые) образования [17—19]. Наибольшее распространение получили ледниковые и морские отложения.

В соответствии с изгибами акваторию залива подразделяют на три участка: северное, среднее и южное колена [22; 8].

Протяженность залива по створным линиям составляет 58,7 км, тогда как расстояние по прямой от входа к вершине — 51 км. Ширина, если измерять ее без учета боковых ответвлений, постепенно уменьшается от 3,0—3,5 км в северном колене до 1,5—2,5 км в среднем и 1,0—1,5 км в южном. Показатель отношения ширины фиорда к его длине даже более высок, чем в среднем для фиордов Баренцева моря, и составляет 0,05.

Глубина залива убывает от входа к вершине (см. рис. 2), но эта тенденция нарушается подводными порогами.

Берега южного колена имеют сопочный характер, и склоны западного берега более отлоги, чем восточного. Рельеф дна в этой части Кольского залива неровный. Глубины у входа в южное колено 25—35 м, к берегам и вершине залива они уменьшаются. В северной части этого района имеется несколько впадин с глубинами 40—62 м.

За последние годы рельеф южного колена изменился вследствие антропогенной деятельности, в частности дноуглубительных работ и намыва грунта на участках осушки под строительство различных сооружений.

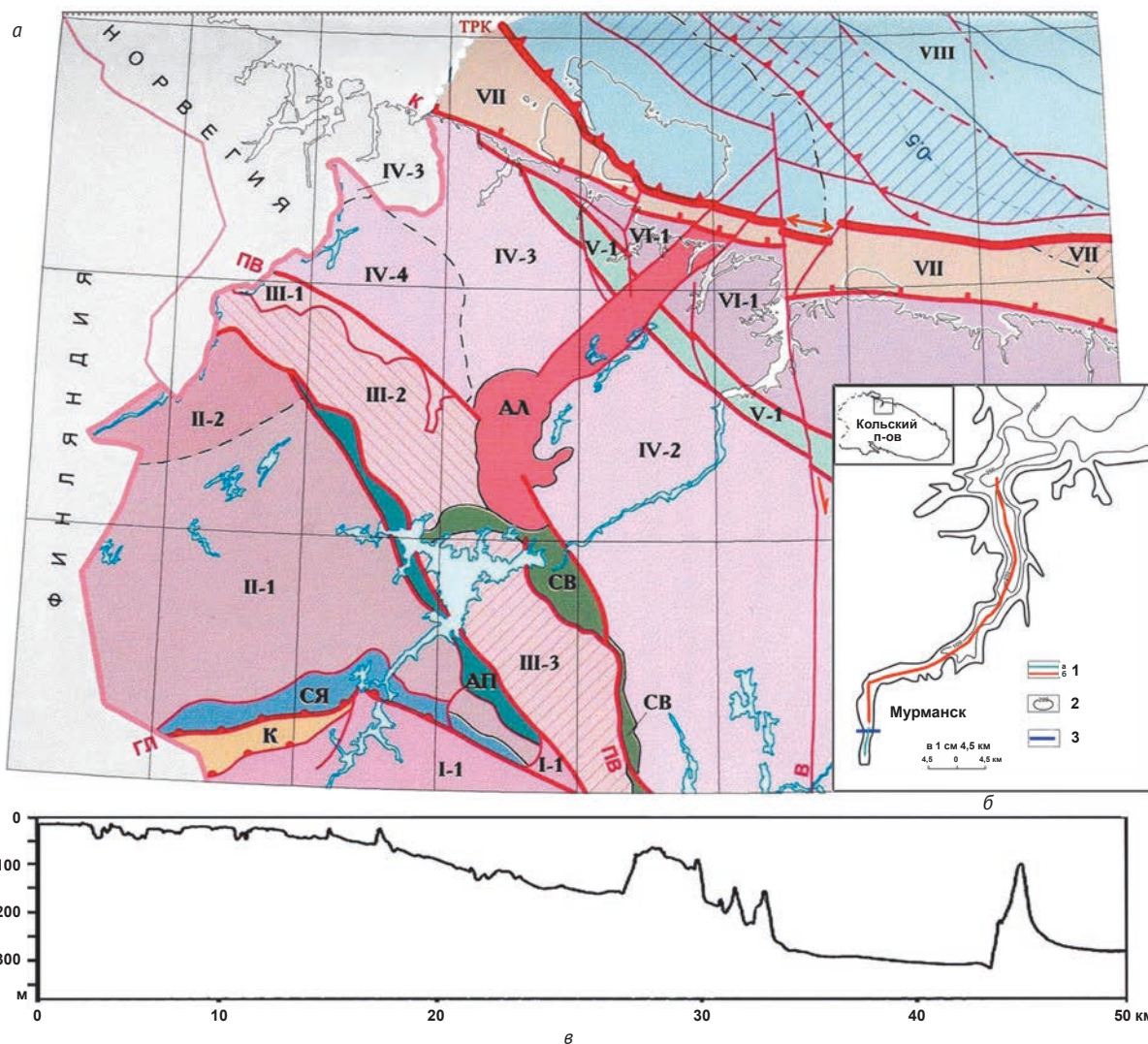


Рис. 2. Схема положения Кольского фиорда в системе тектонических элементов региона [20; 21] (а), положение профилей фактических данных (б) и продольный батиметрический профиль залива (в).

На врезке (б): 1 – расположение продольного профиля (а – данные батиметрии, б – данные НСАП), 2 – изобаты (в метрах), 3 – положение профильного разреза по скважинам.

Обозначения на тектонической схеме. *Восточно-Европейская платформа. Балтийский щит.* I – мегаблок Кольского Беломорья: I-1 – Гирвасский блок; II – Лапландский мегаблок: II-1 – Гранулитовый блок, II-2 – Хижняярвинский блок; III – Верхнетуломская зона: III-1 – Аллареченско-Солозерский блок, III-2 – Южно-Печенгский блок, III-3 – Нотозерский блок; IV – Центрально-Кольский мегаблок: IV-1 – Чудзьяврский блок, IV-2 – Заимандровский блок, IV-3 – Нясюкский блок, IV-4 – Северо-Печенгский блок; V – Титовско-Поросозерская шовная зона: V-1 – Титовская подзона; VI – Мурманский мегаблок: VI-1 – Северо-Мурманский блок, VI-2 – Южно-Мурманский блок; VII – Кильдинско-Святоноская перикратонная область.

Западно-Арктическая платформа: VIII – Кольско-Финмаркенский мегаблок.

Тектономагматические зоны: СЯ – Сальютундровско-Яурийокская, К – Корватундровская, СВ – Солозерско-Волчьезерская, Аккаярви-Пыршинская, АЛ – Ара-Лицкая.

Разломы и нарушения: ГЛ – Главный Лапландский надвиг, ПВ – Пороярви-Волчетундровский шов, К – сброс Карпинского, ТРК – линеамент Троллефьорд-Рыбачий-Кильдин (сдвига-надвиг), В – Волшепахский сдвиг

Сейсмостратиграфическая характеристика разреза отложений

По результатам интерпретации разреза непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП), отработанного Морской арктической геологоразведочной экспедицией (МАГЭ) по профилю, расположенному вдоль Кольского залива, установлено, что мощность четвертичных (позднеплейстоценовых плюс голоценовых) отложений изменяется

в диапазоне от 30—100 м в южной части залива до 200—230 м в наиболее глубоких котловинах северного колена (рис. 3), тогда как на участках выхода скальных образований фундамента они практически отсутствуют.

В составе осадочного выполнения выделяются в общей сложности три сейсмостратиграфических комплекса, залегающие на образованиях архейского и верхнепротерозойского возраста.

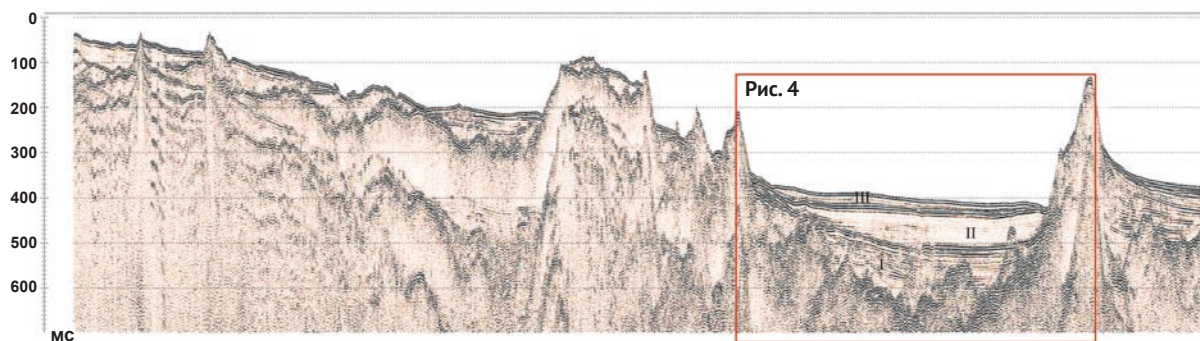


Рис. 3. Сейсмоакустический разрез (МАГЭ) по профилю вдоль Кольского залива, иллюстрирующий структуру осадочных комплексов и поведение кристаллического основания. I, II, III – обозначения сейсмокомплексов

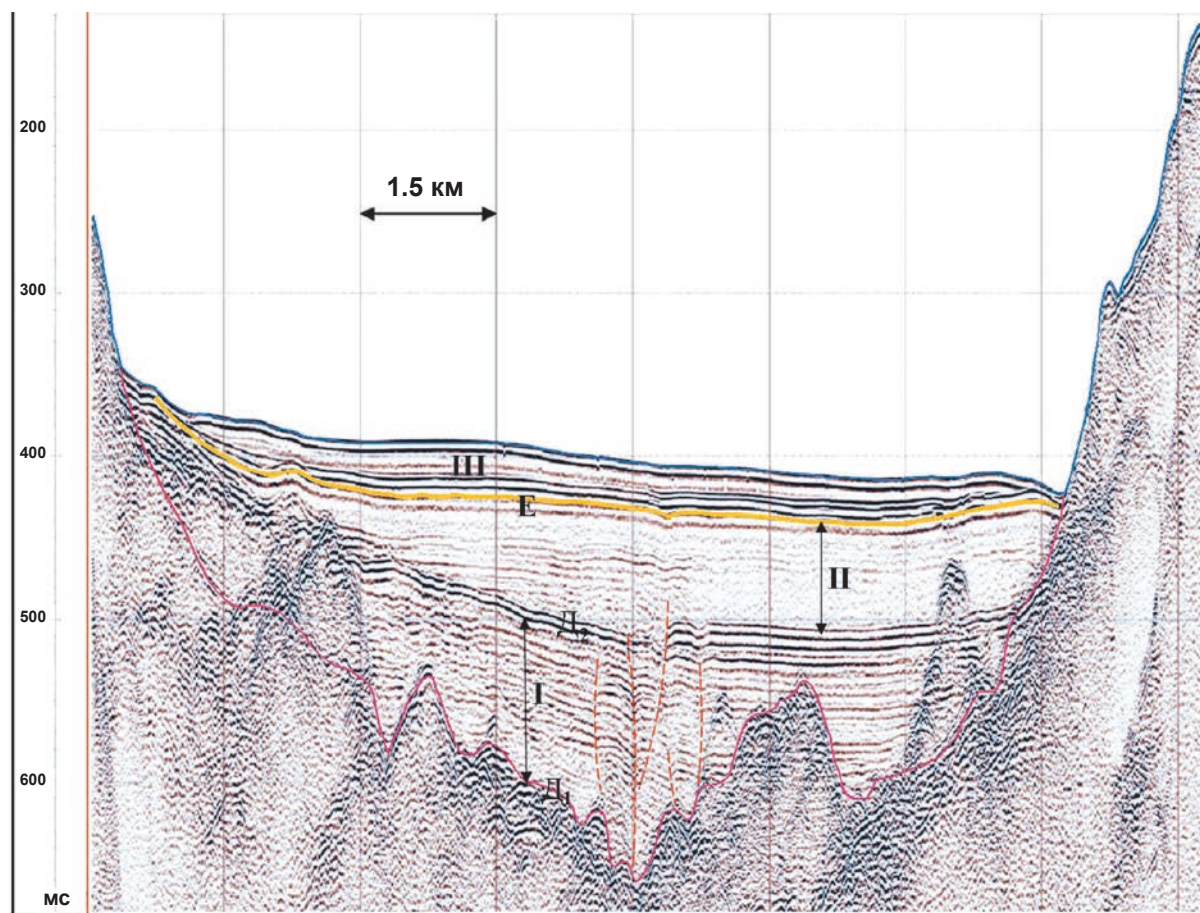


Рис. 4. Фрагмент сейсмоакустического разреза (положение – на рис. 3), иллюстрирующий структуру осадочного выполнения фиорда и зону тектонической активизации в депоцентре, обусловленную проявлением разломной тектоники. I, II и III – сейсмокомплексы, D₁, D₂ и E – отражающие горизонты, связанные с несогласиями

Сейсмокомплексы разделены отчетливо выраженными отражающими горизонтами, обусловленными несогласиями.

Стратиграфическая принадлежность и предполагаемая литологическая представительность отложений экстраполированы с прилегающего к Кольскому заливу баренцевоморского шельфа, где имеются инженерно-геологические скважины, грунтовые станции и сейсмоакустические разрезы [23].

Кроме того, использовались данные геологического изучения береговых разрезов [24].

Наиболее полный для интерпретации фрагмент сейсмоакустического разреза отложений представлен в котловине, закартированной в северной части профиля (рис. 4).

Сейсмокомплекс I, залегающий в основании осадочного чехла, представлен здесь ледниково-морскими и морскими отложениями (mgml-II), заключенными

между отражающими сейсмическими горизонтами D_1 и D_2 . Комплекс распространен в наиболее глубоких депрессиях и по мере продвижения на юг, по всей видимости, исчезает в разрезе среднего и южного колен. Характерной особенностью этого подразделения отложений является отчетливая, почти равномерно-слоистая и ритмичная стратифицированность разреза. Мощность комплекса составляет 75—80 м. Несмотря на заметную прогнутость в целом этого комплекса, накопление отложений, судя по всему, происходило в спокойных условиях уже подготовленной выработанной депрессионной формы рельефа. А прогибание началось на уровне формирования (в условиях кратковременного регрессивного цикла) несогласия D_2 и обусловлено тектоническими подвижками — малоамплитудными, но отмеченными в разрезе сбросами либо сбросо-сдвигами (см. рис. 4). Это привело к изменению наклона палеодна, прогибанию накопленных отложений и их деформированности, наиболее заметной в зоне депоцентра рассматриваемой котловины. В затухающем режиме такие тектонические условия проявлялись и далее при формировании линзы более молодых осадочных образований.

Сейсмокомплекс II, перекрывающий нижележащие отложения с отчетливым угловым несогласием, формировался в условиях стабильного погружения и трансгрессии, но в обстановке затухания тектонических движений. Сколько-нибудь заметных нарушений отложений разломами не просматривается. Стратифицированность отложений характеризуется слаборазличимыми осями синфазности, контрастность которых снижается в северном направлении, а волновая картина становится «полупрозрачной», что свидетельствует об изменчивости и смене литологического состава. Тем не менее тектоническая активизация при формировании этого комплекса получила отражение в виде гофрировки его слоев над еще подвижной в данный временной отрезок зоной депоцентра. На прилегающем к Кольскому заливу баренцевоморском шельфе эта толща вскрыта инженерно-геологическими скважинами, где сложена морскими, ледниково-морскими и ледово-морскими отложениями верхнего-современных звеньев (mgIII-IV) смешанного гранулометрического состава [23]. Она распространена весьма широко, и ее максимальные значения мощности сосредоточены в желобах и впадинах, где могут достигать 60—70 м.

Сейсмокомплекс III сопоставляется с осадками голоценового возраста (mIV) и ограничен в подошве отражающим горизонтом E. Характеризуется преимущественно акустически «прозрачной» волновой картиной и разнообразием литологических типов отложений. Наибольшие мощности фиксируются в устьевой части Кольского залива, достигая значений 20—25 м. Следует отметить, что донный рельеф комплекса на приведенном фрагменте сейсмоакустического разреза (см. рис. 4) довольно

однозначно повторяет крупноволновые неоднородности поверхности горизонта E.

Основными источниками сноса и поставщиками терригенных образований для Кольского залива служили древние (верхнеархейские — 2,8—2,9 млрд лет) метаморфические и кристаллические породы — слюдяные и гранат-слюдянные гнейсы и основные метавулканы на площадях южной части фиорда и гранодиориты и лейкограниты в северной его части [29].

На начальных этапах формирования отложений решающая роль принадлежала экзарационно-денудационным факторам, а на заключительных — денудационно-эрозионным.

Литологическая представительность разреза отложений южного колена Кольского фиорда

Характеристика вещественного состава отложений приводится по результатам инженерно-геологического бурения профиля скважин, пройденного вкрест простирания южного колена залива. Следует отметить, что в силу технических и технологических возможностей проведения работ, а также физико-географических условий (узость и глубина акватории) сейсмоакустический профиль не пересекается с профилем бурения, что не позволило провести корреляцию этих данных.

В составе отложений южного колена фиорда выделяется пять литологических комплексов, в которых участвуют техногенные образования (намывные и донные), современные морские осадки и ледниковые отложения (рис. 5). Эти покровные осадочные образования залегают на коренных породах, которые представлены мелкозернистыми трещиноватыми гранито-гнейсами светло-серого цвета. Кристаллические образования скважинами на акватории залива не вскрыты, но по данным вертикального зондирования они залегают в этой части залива на глубине более 100 м и обнажены на дневной поверхности его западного и восточного берегов [17; 16].

Ледниковые осадки (*комплекс I*) представлены отложениями морены с песчаным заполнителем, максимальная вскрытая мощность которых составляет 39,2 м, а наиболее низкая отметка расположения их кровли — 87,0 м. В этих отложениях предположительно поздневалдайского возраста (25—20—10 тыс. лет) можно выделить три слоя. Первый — с преобладанием валунов (50—55%), размерами от 20—30 см, изредка до 1,5 м, с содержанием крупного щебня и дресвы (10—15%) и песчаным заполнителем — повсеместно подстилает все вышележащие слои. Второй — щебенистый, залегающий в кровле ледниковых отложений, имеет наибольшую мощность 5,1 м у западного борта и выклинивается к востоку. Содержание валунов достигает 20—25%, заполнитель — пески мелкие, местами алевриты. Третий слой представлен гравием и галькой с песком гравелистым и включениями валунов до 20%. Максимальная

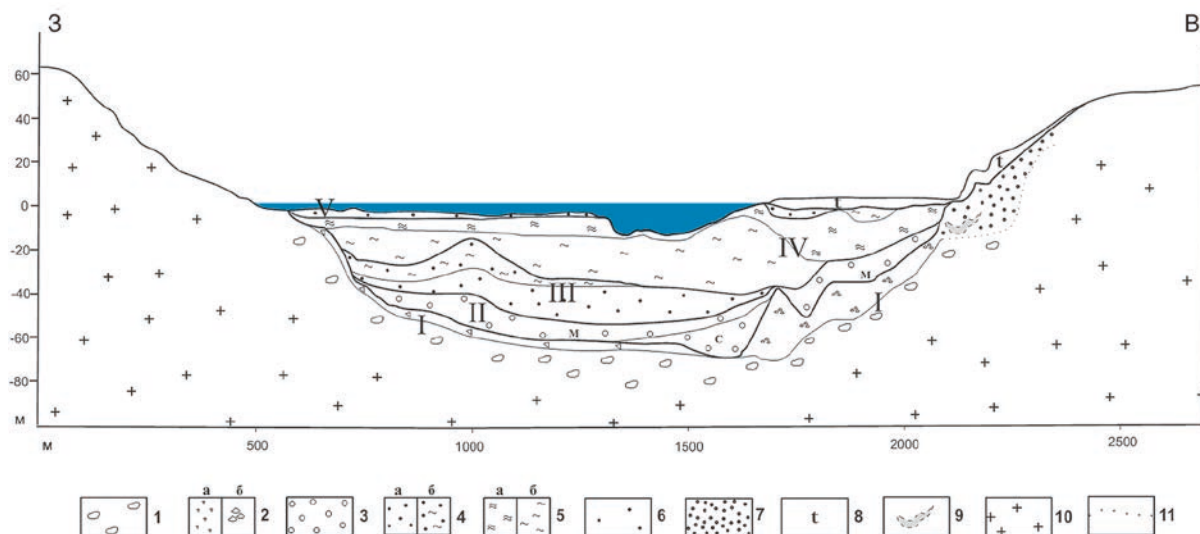


Рис. 5. Поперечный разрез отложений южного колена Кольского залива по данным инженерно-геологического бурения [3]. **Ледниковые отложения.** Комплекс I: 1 – моренные отложения с преобладанием валунов и песчаным заполнителем, 2а – моренные щебенистые отложения с песчаным заполнителем, 2б – гравийные отложения с галькой, щебнем и песчаным заполнителем. **Ледниково-морские отложения.** Комплекс II: 3 – пески разной крупности ледниково-морского происхождения. Комплекс III: 4а – алевриты, 4б – алевриты с прослоями илов. **Морские отложения.** Комплекс IV: 5а – илы супесчаные, 5б – илы суглинистые. Комплекс V: 6 – морские пески средней крупности, 7 – аллювиальные пески средней крупности, 8 – техногенные отложения, 9 – линза алеврита с частыми прослоями илов, 10 – породы кристаллического фундамента, 11 – условная граница

вскрытая мощность отмечается ближе к центральной части депрессии и составляет 32,2 м. Крупность фракций уменьшается вверх по разрезу.

По некоторым данным, морена может подстилаться толщей сложно переслаивающихся промытых сортированных осадков, которые сопоставляются с образованиями средневалдайского интерстадиала (старше 25—20 тыс. лет) [17].

На неровной размытой кровле комплекса I залегают пески разной крупности ледниково-морского происхождения (комплекс II). В песках коричневатосерого цвета часто встречаются косая слоистость, раковинный детрит, единичные валуны. Крупность песков уменьшается вверх по разрезу. Их мощность по отдельным скважинам может достигать 24,0 м. По конфигурации и положению в разрезе этот комплекс можно охарактеризовать как синграбеновый, депоцентр которого был смещен к восточной части фиорда, где он облекает ступенчатый рельеф подстилающего субстрата. С учетом имеющихся данных о палеосейсмичности этой части Кольского полуострова [4] время начала его формирования оценивается в 8—9 тыс. лет назад, когда в общих чертах и обозначился, как представляется, поперечный грабенообразный профиль Кольского фиорда.

Выше расположен слой отложений (комплекс III), представленный алевритами серого цвета и алевритами с прослоями и линзами ила суглинистого мощностью до 10 см. В разрезе слой характеризуется специфическими чертами залегания. Его отличительная особенность — перед выклиниванием в зоне западного борта фиорда он испытывает

раздвиг мощности (свыше 20 м) и некоторый изгиб, связанный с затуханием последнего, наиболее заметного, тектонического импульса, обусловившего гравитационное сползание блока основания (ротационного?) с западного плеча. Под его напором, вероятно, и происходило формирование рассматриваемой антиформы. Кроме того, не исключается эффект избирательной эрозии отложений. А к востоку выклинивание этого комплекса происходит недалеко от депоцентра этой части фиорда, так что он налегает на кровлю комплекса II. Вероятно, этот комплекс является постграбеновым, заполнявшим палеодепрессию после перемещения депоцентра осадконакопления к западу. Прослои илов суглинистых указывают на то, что условия осадконакопления были приближены к относительно глубоководным и периодически изолированно-застойным.

Отложения морского происхождения представлены IV и V комплексами.

Комплекс IV сложен снизу слоем суглинистых илов, мощность которого нарастает к восточному берегу с максимумом около 36 м. Цвет отложений голубовато-серый и темно-серый. Отмечается редкое присутствие ракуши и дресвы с черными пятнами органики. По мере продвижения на восток данный слой резко выклинивается и перекрывается вторым слоем отложений этого же комплекса. В составе слоя присутствуют супесчаные илы от темно-серого до черного цвета с черными разводами и темными гнездами органики, в которых содержатся тонкие прослои алевритов, супесей с обломками ракуши, а также редкий гравий. Максимальная мощность



Рис. 6. Каньон с отчетливо выраженной грабенообразной формой, расположенный южнее Мурманска. Фото Э. В. Шипилова

слоя — 22,3 м, но к западу она уменьшается до 1,4 м. Характерной особенностью комплекса в целом является то, что его депоцентр опять располагается в восточной части фиорда.

Комплекс V венчает разрез отложений, залегающая с поверхности небольшим по мощности слоем, в котором присутствуют пески средней крупности морского происхождения. Его распространение нарушено в центральной части вследствие дноуглубительных работ.

Обсуждение и заключение

Изложенные данные позволяют сформулировать некоторые выводы, касающиеся истории становления Кольского фиорда.

Прежде всего следует отметить, что, как показывает сейсмоакустический разрез, формирование фиорда было не одноактным событием, а по меньшей мере непрерывно-прерывистым трехфазным процессом в соответствии с раскрытием от северного до южного колена. Об этом свидетельствуют положение наиболее древнего сейсмокомплекса I в северном колене и его практическое отсутствие в среднем и южном коленах, где разрез представлен наиболее молодыми, преимущественно позднеплейстоценовыми и голоценовыми отложениями. Возможно, такая задержка в раскрытии фиорда

была связана с усложненным механизмом формирования (раскола) соединительной диагонали среднего колена (между северным и южным коленами). Во всяком случае, это подчеркивается различиями в морфологии и гипсометрии блоков древнего кристаллического основания каждого из колена.

Представляется, что первоначально на месте современного фиорда существовала система нарушенного северо-восточного и субмеридионального простирания, осложняющая более древний рисунок разломов генеральной северо-западной ориентировки. Исследователи и раньше отмечали приуроченность очертаний залива к линиям явных тектонических нарушений и зонам повышенной трещиноватости [12; 13; 25]. Можно говорить, что по разломам северного простирания происходили сдвиговые движения правосторонней кинематики (см. рис. 2), обусловившие даже при минимальной амплитуде образование коленообразной системы зон трещиноватости и дробления.

В период максимального развития вюрмского (валдайского) оледенения (18—20 тыс. лет назад) Кольский полуостров и прилегающий шельф были покрыты ледниками толщиной 300—700 м [8]. Это предполагает, что рассматриваемая система зон трещиноватости и дробления была подвержена экзарационной деятельности с образованием выработанных желобообразных долин с соответствующими отложениями моренного типа.

В дальнейшем, в процессе дегляциации Кольского полуострова и снятия ледниковой нагрузки, завершившихся около рубежа 10—11 тыс. лет, обозначилось его куполообразное поднятие, спровоцировавшее разноамплитудные вертикальные движения блоков, в том числе и сбросо-сдвиговые (по сейсмоакустическим данным). Напряжения, накопившиеся в земной коре, при этих колебательных процессах находили выход в виде землетрясений, которые запечатлены в различных типах палеосейсмодислокаций с возрастом 8—9 тыс. лет, продолжавшихся и далее [4; 5]. Существенную роль при этом играла гравитационно-оползневая тектоника. В Кольском фиорде и других районах одноименного полуострова эти типы дислокаций обозначены уступами и грабенообразными формами рельефа (пример — рис. 6), особенно отчетливо выраженными в его восточной бортовой зоне, к которой приближен и депоцентр накопления кластитов литологического комплекса II. При этом в начальной фазе основным источником сноса являлось восточное плечо фиорда, в нижней части которого и сформировались отложения типа подножий горстов.

Поперечные пороги, локализованные вблизи разломов северо-западного простирания, разделили фиорд на несколько изолированных бассейнов. В процессе дальнейшего развития и осадконакопления отмечаются последовательное нарастание мощностей комплексов отложений с юга на север и миграция депоцентров седиментации от одного борта к другому.

Таким образом, дегляциация послужила механизмом, запустившим процессы дифференцированного блокового воздымания, развития трещиноватости и разломообразования, обусловившего начальные «экзогенные» фазы деструкции земной коры. Горизонтальные движения, приведшие к раздвижению блоков и грабенообразованию в Кольском фиорде, по всей видимости, обусловлены влиянием полей напряжения, связанных с развитием молодых океанических бассейнов — Норвежско-Гренландского и Евразийского [26—28]. Вместе с тем следует иметь в виду, как отмечается в [29], и «проявление значительной горизонтальной компоненты подвижности в фундаменте и чехлах Восточно-Европейской платформы и прилегающей Западно-Арктической платформы [30] в неотектонический этап».

Статья подготовлена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 17-45-510956 р_а) и в рамках выполнения программы (Минприроды России, Роснедра) по составлению Государственной геологической карты Российской Федерации (серия Северо-Карско-Баренцевоморская масштаба 1:1 000 000) третьего поколения.

Литература

1. Шпилов Э. В., Мурзин Р. Р. Месторождения углеводородного сырья западной части российского шельфа Арктики: геология и закономерности размещения // Геология нефти и газа. — 2001. — № 4. — С. 6—19.
2. Евзеров В. Я., Николаева С. Б., Шелехова Т. С. Рыхлый покров и новейшая геодинамика Кольского залива (первые результаты и перспективы дальнейших работ) // Вестн. Кольского науч. центра РАН. — 2017. — № 1 (9). — С. 24—33.
3. Ковальчук Е. А., Шпилов Э. В. Первые данные о строении и литологическом составе разреза отложений Кольского фиорда (залива) // Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д. Г. Панова (8—11 июня 2009 г., г. Ростов-на-Дону). — Ростов н/Д.: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. — С. 157—160.
4. Николаева С. Б. Следы древних землетрясений Кольского региона (по геолого-геоморфологическим данным) // Геодинамические и геологические изменения в окружающей среде северных регионов. — Архангельск, 2004. — С. 116—119.
5. Николаева С. Б., Лаврова Н. Б., Денисов Д. Б. Катастрофическое событие голоцена в донных отложениях озер Кольского региона (северо-восток Фенноскандинавского щита) // Докл. Акад. наук. — 2017. — Т. 473, № 1. — С. 88—92.
6. Толстобров Д. С., Колька В. В., Толстоброва А. Н., Корсакова О. П. Опыт хронологической корреляции береговых форм рельефа голоценового моря в депрессии реки Тулома и Кольском заливе // Вестн. МГТУ. — 2016. — Т. 19, № 1/1. — С. 142—150.
7. Шпилов Э. В., Ковальчук Е. А. История исследований геологического строения и современное состояние изученности // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. — М.: Наука, 2009. — С. 46—52.
8. Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1997. — 256 с.
9. Малавенда С. В., Шавыкин А. А., Ващенко П. С. Оценка видовой разнообразия макрофитобентоса для карт уязвимости Кольского залива от разливов нефти // Защита окружающей среды в нефтегаз. комплексе. — 2017. — № 1. — С. 7—14.
10. Шавыкин А. А., Краснов Ю. В., Горяев Ю. И. и др. Орнитофауна Кольского залива Баренцева моря как объект потенциального нефтяного загрязнения // Инженер. изыскания. — 2016. — № 7. — С. 24—29.
11. Шахвердов В. А., Шахвердова М. В. Оценка современного геоэкологического состояния Кольского залива по геохимическим данным // Арктика: экология и экономика. — 2016. — № 4 (24). — С. 22—31.
12. Каплин П. А. Фиордовые побережья Советского Союза. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 188 с.
13. Каплин П. А. Проблема происхождения фиордов и фиордовых побережий СССР // Вопр. географии. — 1959. — Вып. 46. — С. 204—220.
14. Каплин П. А., Леонтьев О. К., Лукьянова С. А., Никифоров Л. Г. Берега. — М.: Мысль, 1991. — 480 с. (Сер. «Природа мира»).
15. Мусатов Е. Е., Мусатов Ю. Е. К проблеме происхождения фиордов (на примере Западной Арктики) // Бюл. МОИП. Отд-ние геол. — 1992. — Т. 67, вып. 3. — С. 28—33.
16. Geology of the Kola Peninsula (Baltic Shield) / Ed. by F. P. Mitrofanov. — Apatity, 1995. — 145 p.
17. Евзеров В. Я., Кошечкин Б. И. Палеогеография западной части Кольского полуострова. — Л.: Наука, 1981. — 104 с.
18. Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 233 с.
19. Никонов А. А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова. — Л.: Наука, 1964. — 182 с.
20. Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-(35), 36 — Мурманск. Объяснительная записка. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. — 281 с.
21. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Сер. Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-37, 38 — м. Святой Нос, м. Канин Нос. Объяснительная записка. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. — 251 с.
22. Карта. Кольский залив. Масштаб 1:50 000 по параллели 69°. — СПб.: ГУНИО МО РФ, 2000.
23. Костин Д. А. Кайнозой. Четвертичная система // Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-(36), 37 — Баренцево море. Объяснительная записка. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. — С. 54—66.

24. Шипилов Э. В., Шкарубо С. И. Современные проблемы геологии и тектоники осадочных бассейнов Евразийско-Арктической континентальной окраины: Литолого- и сейсмостратиграфические комплексы осадочных бассейнов Баренцево-Карского шельфа. — Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2010. — 266 с.
25. Superson J., Huber M., Zglobicki W. Conditions of development of structural relief in crystalline rocks (case study: Murmansk Upland and Kandalaksha region, Kola Peninsula, Russia) // Landform Analysis. — 2013. — Vol. 22. — P. 103—109.
26. Шипилов Э. В. Генерации, стадии и специфика геодинамической эволюции молодого океанообразования в Арктике // Докл. Академии наук. — 2005. — Т. 402, № 3. — С. 375—379.
27. Шипилов Э. В., Тюремнов В. А., Глазнев В. Н., Голубев В. А. Палеогеографические обстановки и тектонические деформации Баренцевоморской континентальной окраины в кайнозое // Докл. Акад. наук. — 2006. — Т. 407, № 3. — С. 378—383.
28. Шипилов Э. В., Шкарубо С. И., Разницын Ю. Н. Неотектоника северной части Норвежско-Гренландского бассейна (особенности строения и развития хребта Книповича и Поморского периокеанического прогиба) // Докл. Акад. наук. — 2006. — Т. 410, № 4. — С. 506—511.
29. Зыков Д. С. Морфоструктура области сочленения Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ как отражение горизонтальной компоненты подвижности земной коры // Геоморфология. — 2014. — № 3. — С. 62—74.
30. Шкарубо С. И., Шипилов Э. В. Тектоника Западно-Арктической платформы // Разведка и охрана недр. — 2007. — № 9. — С. 32—47.

Информация об авторах

Шипилов Эдуард Викторович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник, Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН (183010, Россия, Мурманск, ул. Халтурина, д. 15), e-mail: shipilov@pgi.ru.

Шкарубо Сергей Иванович, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель генерального директора — главный геолог, Морская арктическая геологоразведочная экспедиция (183038, Россия, Мурманск, ул. Софьи Перовской, д. 26), e-mail: sergeysh@mage.ru.

Ковальчук Елена Анатольевна, аспирантка, Мурманский арктический государственный университет, естественно-географический факультет (183038, Россия, Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15), e-mail: le_krisan@mail.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Шипилов Э. В., Шкарубо С. И., Ковальчук Е. А. Структура и литологический состав разреза отложений Кольского залива (фиорда) по данным бурения и сейсмоакустики и неотектонические условия его формирования // Арктика: экология и экономика. — 2017. — № 4 (28). — С. 72—82. — DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-72-82.

STRUCTURE AND THE LITHOLOGICAL COMPOSITION OF THE SECTION OF THE DEPOSITS OF KOLA BAY (FIORD) ACCORDING TO THE DATA OF DRILLING WELLS AND SEISMOACOUSTICS AND THE NEOTECTONIC CONDITIONS OF ITS FORMATION

Shipilov E. V.

Polar Geophysical Institute of Kola scientific center RAS (Murmansk, Russian Federation)

Shkarubo S. I.

Marine Arctic Geological Expedition (Murmansk, Russian Federation)

Kovalchuk E. A.

Murmansk Arctic State University (Murmansk, Russian Federation)

Abstract

By results of studying of materials of drilling of engineering-geological wells and seismoacoustic data the structure of a sedimentary cover of the Kola fiord on its the total thickness is for the first time lighted. The characteristic of structure and lithological composition of a section of deposits, the main forms of a relief of the underlying crystalline substrat is provided. Situations of formation of deposits and graben structure of the gulf are considered. It is noted that the deglyatsiation has served as the trigger mechanism which has started processes of the differentiated block uplift, development of fracture and a fault formation which has caused initial "exogenous" phases of neotectonic destruction of crust. The horizontal movements which have leding to the stretching

of earths crust and separation of blocks with a graben formation in Kola Bay according to the authors with the influence of stress fields coming from developing young oceanic spreading basins.

Keywords: Kola Bay, fiord, geology, lithology, seismoacoustics, drilling, fault, Holocene, moraine, deglyatsiation, neotectonics, destruction, horizontal movements, grabenformation.

Article is prepared with the partial financial support of Grant Russian Basic Research Fund (project № 17-45-510956) and within the framework the execution of program (Minprirody, Rosnedra) on the composition of State geological map Russian Federation (series North-Kara- Barents Sea of the scale 1:1 000 000) of the third generation.

References

1. Shipilov E. V., Murzin R. R. Mestorozhdeniya uglevodorodnogo syria zapadnoy chasti Rossiyskogo shelfa Arktiki: geologiya i zakonomernosti razmeshcheniya. [Hydrocarbon Deposits of Western Part of Russian Shelf of Arctic: Geology and Systematic Variations]. *Geologiya nefi i gaza*, 2001, no. 4, pp. 6—19. (In Russian).
2. Evzerov V. Ya., Nikolayeva S. B., Shelekhova T. S. Rykhlyy pokrov i noveyshaya geodinamika Kolskogo zaliva (pervyye rezultaty i perspektivy dalneyshikh rabot). [Loose Cover and Newest Geodynamics of the Kola Bay (First Results and Prospects for Further Researches)]. *Vestn. Kolskogo nauch. tsentra RAN*, 2017, no. 1 (9), pp. 24—33. (In Russian).
3. Kovalchuk E. A., Shipilov E. V. Pervyye dannyye o stroyenii i litologicheskom sostave razreza otlozheniy Kolskogo fiorda (zaliva). [First data about the structure and the lithologic composition of the section of the deposits of Kola fiord (bay)]. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. posvyashchenoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya D. G. Panova (8—11 iyunya 2009 g., g. Rostov-na-Donu). Rostov n/D., Izd-vo YuNTs RAN*, 2009, pp. 157—160. (In Russian).
4. Nikolayeva S. B. Sledy drevnykh zemletryaseniy Kolskogo regiona (po geologo-geomorfologicheskim dannym). [Traces of the ancient earthquakes of Kola region (according to geological and geomorphological data)]. *Geodinamicheskiye i geologicheskiye izmeneniya v okruzhayushchey srede severnykh regionov. Arkhangel'sk*, 2004, pp. 116—119. (In Russian).
5. Nikolayeva S. B., Lavrova N. B., Denisov D. B. Katastroficheskoye sobytiye golotsena v donnykh otlozheniyakh ozer Kolskogo regiona (severo-vostok Fennoskandinavskogo shchita). [Catastrophic event of Holocene in the bottom deposits of the lakes of the Kola region (northeast of Fennoscandinavian shield)]. *Dokl. Akad. nauk*, 2017, vol. 473, no. 1, pp. 88—92. (In Russian).
6. Tolstobrov D. S., Kolka V. V., Tolstobrova A. N., Korsakova O. P. Opyt khronologicheskoy korrelyatsii beregovykh form relyefa golotsenovogo morya v depressii reki Tuloma i Kolskom zalive. [Experience of the chronological correlation of the Holocene sea coastal landforms in the Tuloma River valley and the Kola Bay]. *Vestn. MGTU*, 2016, vol. 19, no. 1/1, pp. 142—150. (In Russian).
7. Shipilov E. V., Kovalchuk E. A. Istoriya issledovaniy geologicheskogo stroyeniya i sovremennoye sostoyaniye izuchennosti. [History of research on geological structure and the current status of its investigation]. *Kolskiy zaliv: osvoyeniye i ratsionalnoye prirodopolzovaniye. Moscow, Nauka*, 2009, pp. 46—52. (In Russian).
8. Kolskiy zaliv: okeanografiya. biologiya. ekosistemy. pollyutanty. [Kola bay: oceanography, biology, ecosystems, pollutants]. *Apatity, Izd-vo KNTs RAN*, 1997, 256 p. (In Russian).
9. Malavenda S. V., Shavykin A. A., Vashchenko P. S. Otsenka vidovogo raznoobraziya makrofitobentosa dlya kart uyazvimosti Kolskogo zaliva ot razlivov nefi. [Estimation of the specific variety of makrofitobentosa for the maps of the vulnerability of Kola bay to the floods of oil]. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegaz. komplekse*, 2017, no. 1, pp. 7—14. (In Russian).
10. Shavykin A. A., Krasnov Yu. V., Goryayev Yu. I. et al. Ornitofauna Kolskogo zaliva Barentseva morya kak obyekт potentsialnogo neftyanogo zagryazneniya. [Ornithofauna of the Kola bay of Barents sea as the object of potential petroleum pollution]. *Inzhener. izyskaniya*, 2016, no. 7, pp. 24—29. (In Russian).
11. Shakhverdov V. A., Shakhverdova M. V. Otsenka sovremennogo geoekologicheskogo sostoyaniya Kolskogo zaliva po geokhimicheskim dannym. [Estimation of the contemporary geo-ecological status of Kola bay according to geochemical data]. *Arktika: ekologiya i ekonomika*, 2016, no. 4 (24), pp. 22—31. (In Russian).
12. Kaplin P. A. Fiordovyye poberezhia Sovetskogo Soyuzа. [Fiord coasts of the Soviet Union]. *Moscow, Izd-vo AN SSSR*, 1962, 188 p. (In Russian).
13. Kaplin P. A. Problema proiskhozhdeniya fiordov i fiordovykh poberezhnykh SSSR. [Problem of the origin of fiords and fiord coasts of the USSR]. *Vopr. geografii*, 1959, iss. 46, pp. 204—220. (In Russian).
14. Kaplin P. A., Leontyev O. K., Lukianova S. A., Nikiforov L. G. Berega. [Coasts]. *Moscow, Mysl*, 1991, 480 p. (Ser. "Priroda mira"). (In Russian).
15. Musatov E. E., Musatov Yu. E. K probleme proiskhozhdeniya fiordov (na primere Zapadnoy Arktiki). [To the problem of the origin of the fiords (based on the example of the West Arctic)]. *Byul. MOIP. Otd-niye geol.*, 1992, vol. 67, iss. 3, pp. 28—33. (In Russian).
16. *Geology of the Kola Peninsula (Baltic Shield)*. Ed. by F. P. Mitrofanov. *Apatity*, 1995, 145 p.
17. Evzerov V. Ya., Koshechkin B. I. Paleogeografiya zapadnoy chasti Kolskogo poluoostrova. [Paleogeography of the western part of the Kola peninsula]. *Leningrad, Nauka*, 1981, 104 p. (In Russian).

18. Lavrova M. A. Chetvertichnaya geologiya Kolskogo poluostrova. [The Quaternary geology of the Kola Peninsula]. Moscow, Leningrad, Izd-vo AN SSSR, 1960, 233 p. (In Russian).
19. Nikonov A. A. Razvitiye relyefa i paleografiya antropogena na zapade Kolskogo poluostrova. [The relief development and the anthropogene palaeogeography in the West Kola Peninsula]. Leningrad, Nauka, 1964, 182 p. (In Russian).
20. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Ser. Severo-Karsko-Barentsevomorskaya. List R-(35), 36. [State geological map RF. Scale 1 : 1 000 000 (third generation). A series North Kara sea-Barents sea. Sheet R-(35), 36]. Murmansk. Obyasnitelnaya zapiska. St. Petersburg, VSEGEI, 2007, 281 p. (In Russian).
21. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'ye pokoleniye). Ser. Severo-Karsko-Barentsevomorskaya. List R-37, 38 — m. Svyatoy Nos. m. Kanin Nos. [State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1 000 000 (third generation). A series North Kara sea — Barents sea. Sheet R-37, 38 — m. Svyatoy Nos, m. Kanin Nos]. Obyasnitelnaya zapiska. St. Petersburg, VSEGEI, 2008, 251 p. (In Russian).
22. Karta. Kolskiy zaliv. Masshtab 1:50 000 po paraleli 69°. [Map. Kola Bay. Scale 1:50000 on the parallel 69°]. — St. Petersburg, GUNIO MO RF, 2000. (In Russian).
23. Kostin D. A. Kaynozoy. Chetvertichnaya Sistema. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (novaya seriya). List S-(36). 37 — Barentsevo more. [Quaternary system. // State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (new series). Sheet is S-(36), 37 — the Barents Sea]. Obyasnitelnaya zapiska. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2000, pp 54—66. (In Russian).
24. Shipilov E. V., Shkarubo S. I. Sovremennyye problemy geologii i tektoniki osadochnykh basseynov Evraziatsko-Arkticheskoy kontinentalnoy okrainy: Litologo- i seysmostratigraficheskiye komplekсы osadochnykh basseynov Barentsevo-Karskogo shelfa. [Current issues of geology and tectonics of sedimentary basins of the Eurasian — Arctic continental margin. Vol. I. Litologo-stratigraphic and seismostratigraphic characteristics of sedimentary basins of the Barents-Kara seas shelf]. Apatity, Izd-vo KNTs RAN, 2010, 266 p. (In Russian).
25. Superson J., Huber M., Zglobicki W. Conditions of development of structural relief in crystalline rocks (case study: Murmansk Upland and Kandalaksha region. Kola Peninsula. Russia). Landform Analysis, 2013, vol. 22, pp. 103—109.
26. Shipilov E. V. Generatsii, stadii i spetsifika geodinamicheskoy evolyutsii molodogo okeanoobrazovaniya v Arktike. [Generations, Stages, and Specifics of Geodynamic Evolution of Young Ocean Formation in the Arctic]. Dokl. Akademii nauk, 2005, vol. 402, no. 3, pp. 375—379. (In Russian).
27. Shipilov E. V., Tyuremnov V. A., Glaznev V. N., Golubev V. A. Paleogeograficheskiye obstanovki i tektonicheskiye deformatsii Barentsevomorskoy kontinentalnoy okrainy v kaynozoye. [Paleogeographic settings and tectonic deformations of the Barents Sea continental margin in the Cenozoic]. Dokl. Akad. nauk, 2006, vol. 407, no. 3, pp. 378—383. (In Russian).
28. Shipilov E. V., Shkarubo S. I., Raznitsin Yu. N. Neotektonika severnoy chasti Norvezhsko-Grenlandskogo basseyna (osobennosti stroeniya i razvitiya khrebtа Knipovichа i Pomorskogo periokeanicheskogo progiba). [Neotectonics of the Northern Norwegian-Greenland Basin: Specific Features and Evolution of the Knipovich Ridge and Pomorsky Peri-oceanic Trough]. Dokl. Akad. nauk, 2006, vol. 410, no. 4, pp. 506—511. (In Russian).
29. Zykov D. S. Morfostruktura oblasti sochleneniya Vostochno-Evropeyskoy i Zapadno-Arkticheskoy platform kak otrazheniye gorizontальной komponenty podvizhnosti zemnoy kory. [Morphostructure of the region junction of Eastern European and Western-Arctic platforms as the reflection of the horizontal component of the mobility of the earth's crust]. Geomorfologiya, 2014, no. 3, pp. 62—74. (In Russian).
30. Shkarubo S. I., Shipilov E. V. Tektonika Zapadno-Arkticheskoy platformy. [Tectonics of the West Arctic Platform]. Razvedka i okhrana nedr, 2007, no. 9, pp. 32—47. (In Russian).

Information about the authors

Shipilov Eduard Viktorovich, Doctor of Sciences, Professor, Chief Scientific Researcher, Polar Geophysical Institute of Kola Scientific Center RAS (15, Khalturina st., Murmansk, Russia, 183010), e-mail: shipilov@pgi.ru.

Shkarubo Sergey Ivanovich, PhD, Chief Geologist, Marine Arctic Geological Expedition (26, Sophia Perovskaya st., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: sergeysh@mage.ru.

Kovalchuk Elena Anatolievna, postgraduate student, Murmansk Arctic State University (15, Captain Egorov, st., Murmansk, Russia, 183038), e-mail: le_krisan@mail.ru.

Bibliographic description

Shipilov E. V., Shkarubo S. I., Kovalchuk E. A. Structure and the lithological composition of the section of the deposits of Kola Bay (Fiord) according to the data of drilling wells and seismoacoustics and the neotectonic conditions of its formation. The Arctic: ecology and economy, 2017, no. 4 (28), pp. 72—82. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-72-82. (In Russian).

© Shipilov E. V., Shkarubo S. I., Kovalchuk E. A., 2017