

УДК 551.242.31

МАССИВЫ ДЕЗИНТЕГРИРОВАННЫХ ГРАНИТОИДОВ В ЗОНЕ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ И ЗАПАДНО-АРКТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМ: СОСТАВ, ВОЗРАСТ И УГЛЕВОДОРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

© 2020 г. А. С. Балувев¹ *, Ю. А. Морозов², Е. Н. Терехов¹,
Т. Ф. Щербакова¹, Т. Б. Баянова³, П. А. Серов³

¹Геологический институт РАН, Пыжевский пер., д. 7, 119017, Москва, Россия

²Институт физики Земли им О.Ю. Шмидта РАН, ул. Б. Грузинская, д. 10, 123995, Москва, Россия

³Геологический институт КНЦ РАН, просп. Фермана, д. 14, 184209, Апатиты, Мурманская обл., Россия

*e-mail: albaluev@yandex.ru

Поступила в редакцию 30.08.2019 г.

После доработки 22.11.2019 г.

Принята к публикации 26.11.2019 г.

В зоне разлома Тролльфиорд–Рыбачий–Канин, являющегося крупным структурным швом между Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформами, на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий на мысе Вестник в терригенной толще рифея выявлены массивы дезинтегрированных гранитоидов, первично принадлежащих архейскому кристаллическому фундаменту и впоследствии тектонически выдавленных в верхние горизонты в виде протрузий. Петрографические исследования дезинтегрированных пород гранитоидного массива Вестник и вмещающих его пород свидетельствуют об их высокой проницаемости и пористости в зонах дробления. Положительная Eu-аномалия и уменьшение содержания легких редкоземельных элементов (РЗЭ) указывает на восстановительный характер флюидов, которые воздействовали на дезинтегрированные породы, способствуя их образованию в условиях декомпрессии. Погребенные массивы дезинтегрированных гранитов могут обладать коллекторскими свойствами. U–Pb и Sm–Nd изотопные исследования дезинтегрированных плагиогранитов с модельным возрастом 2966 млн лет позволяют коррелировать их с породами Мурманского блока Балтийского щита. Дайка долеритов, которая сечет массив плагиогранитов, согласно Sm–Nd данным, имеет возраст 1333 ± 160 млн лет (средний рифей) по пириту и плагиоклазу, что отвечает дроблению фундамента на начальной стадии континентального рифтинга, приведшего к формированию палеорифтовой системы Белого моря. Восточнее мыса Вестник в пределах акватории Баренцева моря в поле силы тяжести фиксируется цепочка линейно-дуговых контрастных отрицательных аномалий, интерпретируемых с большой долей вероятности как отражение плитообразных массивов дезинтегрированных гранитоидов, протрудировавших в осадочную толщу рифея вдоль шовной зоны Тролльфиорд–Рыбачий–Канин, что предполагает возможную перспективность этой зоны при определенных условиях на содержание углеводородов.

Ключевые слова: дезинтегрированные гранитоиды, протрузия, трещиноватость, коллекторские свойства, разлом Тролльфиорд–Рыбачий–Канин

DOI: 10.31857/S0016853X20020022

ВВЕДЕНИЕ

В пределах кристаллического фундамента выявлено около 450 месторождений углеводородов, и около 100 из них разрабатываются в промышленных масштабах. Среди них несколько десятков являются уникальными и крупными и составляют почти 15% мировых запасов нефти. Значительная часть крупных месторождений нефти расположена в пределах гранитных массивов, где сосредоточено около 40% углеводородов [11]. Одним из классических примеров подобного типа место-

рождений является нефтяное месторождение “Белый тигр”, расположенное в пределах морского шельфа Вьетнама, коллектором которого служит надвиговая структура массива дезинтегрированных гранитов фундамента [28]. Также известны крупные месторождения нефти, расположенные в пределах поднятий гранитного фундамента, на Шетландских островах [24], на территории Западной Венесуэлы [25] и других регионах мира.

Данные структуры характерны для зон концентрированной деформации земной коры,

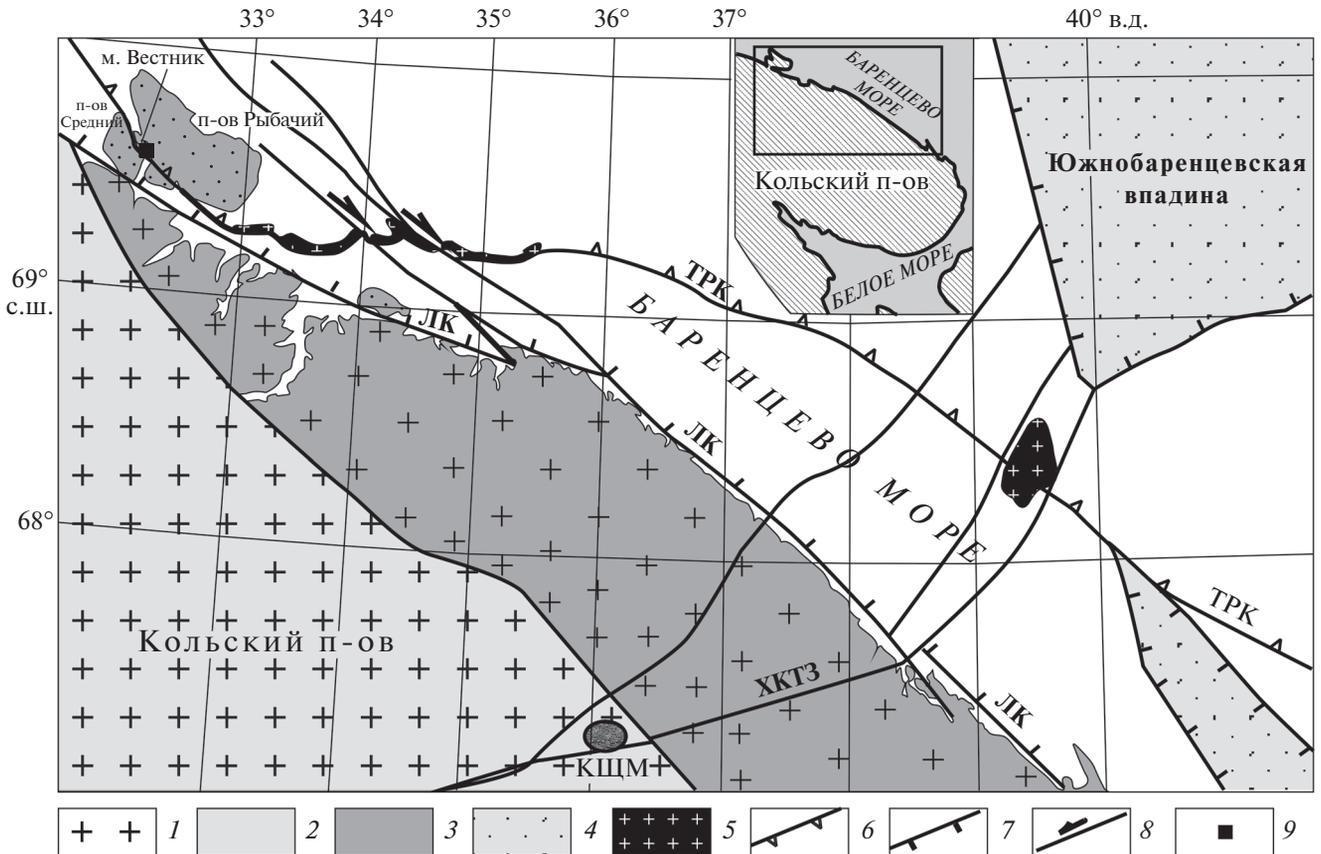


Рис. 1. Тектоническая схема северной части Кольского полуострова и прилегающей к ней акватории Баренцева моря. На врезке: п-ов Кольский (район исследования) и контур (показан рамкой) тектонической схемы. Обозначены: ТРК – структурный шов Тролляфьорд–Рыбачий–Канин, ЛК – линеамент Карпинского, ХКТЗ – Хибино-Контозерская тектоническая зона, КЩМ – Контозерский щелочной массив. 1 – Балтийский щит; 2–3 – блоки Балтийского щита: 2 – Центрально-Кольский; 3 – Мурманский; 4 – рифтогенные впадины в пределах морской акватории; 5 – массивы гранитоидов кристаллического фундамента, возможно дезинтегрированных, по геофизическим данным; 6 – надвиг; 7 – сбросы; 8 – сдвиги; 9 – положение массивов дезинтегрированных гранитов в структуре зоны разлома Тролляфьорд–Рыбачий–Канин

представляющих собой крупные линейные зоны, четко обособленные в пространстве и представляющие собой узкие (первые километры) и протяженные (до нескольких сотен километров) зоны с очень сложной внутренней тектонической структурой и интенсивной вещественной переработкой горных масс [10, 13].

К одной из таких зон относится крупнейший структурный шов, фиксирующий непосредственное соприкосновение Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы [5], так называемый линеамент Тролляфьорд–Рыбачий–Канин, именуемый также “линией Соколова” [16], или более известный в западной литературе как разлом Тролляфьорд-Комагелъ [26] (рис. 1). На перешейке между п-вом Средний и п-вом Рыбачий и в юго-восточной части п-ва Рыбачий шов выражен взбросо-сдвигом. В юго-восточном направлении линеамент прослеживается в потенциальных геофизических полях через акваторию Баренцева моря и п-ова Канин и восточ-

нее на континентальной части он переходит в Западно-Тиманский глубинный разлом [18]. Структурный шов прослеживается в северо-западном направлении на п-ов Варангер.

Значимым фактором для расширения представлений о тектоническом строении и эволюции этого района можно считать выявление тел плагиогранитов в шовной зоне Тролляфьорд–Рыбачий–Канин среди осадочных образований верхнего рифея, выполняющих рифтогенные впадины, обрамляющие с северо-востока Балтийский щит. Сначала они были вскрыты буровыми работами [8, 15], когда непосредственно на перешейке между полуостровами среди рифейских образований скважина на глубине 17 м вошла в пластину дезинтегрированных плагиогранитов мощностью до 400 м с явно тектоническими контактами, отмеченными катаклазитами и глинками трения. Да и сам архейский фундамент оказался на гораздо меньших глубинах (1100 м), чем ранее интерпретировали данные сейсмопрофилирования

МОВ ОГТ (5–6 км). Это позволило поставить вопрос о шарьировании рифейского комплекса с севера на юг в сторону архейского блока Балтийского щита и участия в надвиговых структурах тектонических пластин гранитогнейсового фундамента.

В дополнение к этому наши структурно-картировочные работы позволили выявить в пределах тектонической зоны Трольфельд–Рыбачий–Канин и оконтурить три массива катаклазированных гранитов протяженностью около 250 м при видимой мощности порядка десятка метров на м. Вестник, залегающие непосредственно среди осадочных пород рифея [5, 6] (рис. 2). Детальное обследование показало, что плагиограниты и ассоциированные с ними гранито-гнейсовые разности находятся в предельно катаклазированном и дезинтегрированном состоянии и включают несколько тел крутозалегающих даек метабазитов (рис. 3), которые срезаются контактом с окружающими рифейскими породами. Сам контакт, безусловно, тектонический, т.к. срезает не только тела даек в плагиогранитах, но и тонкую слоистость в окружающей толще чередования песчаников и алевролитов рифея (см. рис. 3). Кроме того, он отмечен зоной интенсивного хрупкого дробления и перемешивания обломков соприкасающихся пород в меланократовом афонитовом субстрате, представляющим собой несомненный псевдотахилит, так как повсеместно образует жильные ветвистые инъекции в плагиогранитную катакластическую матрицу [17].

Тело плагиогранитов образует полого залегающую пластину, вклиненную между двумя толщами рифейских отложений – вышележащими полимиктовыми валунными конгломератами и подстилающим горизонтом тонкого чередования песчаников и черных алевролитов. Этот контакт, как и пластиноподобное тело плагиогранитов, претерпел наложенные складчато-разрывные деформации, как минимум, двух кинематических стадий и сам по себе свидетельствует о проявлении мощного тектонического события, предшествовавшего складчатости и двухэтапным сдвиговым перемещениям по зоне разлома Трольфельд–Рыбачий–Канин – шарьированию толщ рифея с севера на юг в сторону архейского кратона [5]. Исследования подтвердили, что именно на этом этапе была сформирована шарьяжно-надвиговая структура всего региона, элементы которой выявляются на п-ве Средний и частично на п-ве Рыбачий. Таким образом, можно утверждать, что в зоне концентрированной деформации, которой является зона разлома Трольфельд–Рыбачий–Канин, среди терригенной толщи рифея были выявлены массивы дезинтегрированных гранитоидов, первично принадлежащих архейскому кристаллическому фундаменту и впоследствии

тектонически выжатых в верхние горизонты в виде протрузий.

Такие массивы дезинтегрированных гранитов, в случае их перекрытия флюидонепроницаемым чехлом, могут служить коллекторами для углеводородов [11]. Большая часть Балтийского щита, к которому примыкают рифейские рифтовые структуры п-ова Средний и п-ова Рыбачий, сложена породами гранитного состава. В большинстве случаев, когда по ним развиваются тектонические дислокации, массивные породы гранитного состава преобразуются в послойные мигматиты в зоне пластичных деформаций, а также – полосчатые милониты или сланцы в зоне хрупких деформаций. В данных случаях они становятся легко проницаемыми для глубинных флюидов [14]. В дезинтегрированных гранитах, особенно, когда они перекрыты флюидо-непроницаемым экраном, возникает противоположная ситуация, при которой флюиды на протяжении некоторого времени остаются запертыми в этих породах. Цель настоящей работы – показать существование массивов дезинтегрированных гранитов в пределах зоны сочленения Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформ и обозначить перспективность этой зоны на подобные образования, которые, при определенных условиях, могут обладать коллекторскими свойствами и содержать углеводороды.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для изучения структурно-вещественных закономерностей преобразования массивных пород гранитного состава в их дезинтегрированные разности, которые при наличии флюидоупора могут быть коллекторами углеводородов, кроме структурного картирования района м. Вестник, был проведен ряд исследований, который включал петрографическое изучение интрузивных пород и вмещающих их образований, геохимические и изотопные исследования, а также анализ геофизических данных зоны сочленения платформ с целью определения перспективности содержания в ней других подобных образований. Получены полные геохимические характеристики (по 50 химических элементов) как дезинтегрированных гранитов, так и ассоциирующих с ними пород. На их основе определен характер и особенности распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в этих породах. Проведено микроскопическое и микрозондовое обследование псевдотахилита, выполнявшего трещины в дезинтегрированных гранитах [17]. Радиологические исследования дезинтегрированных гранитов и рвущих их даек были проведены U–Pb методом по цирконам и Sm–Nd методом по валу и отдельным минералам. Анализ геофизических материалов проводился по картам локальных аномалий гравимагнитных

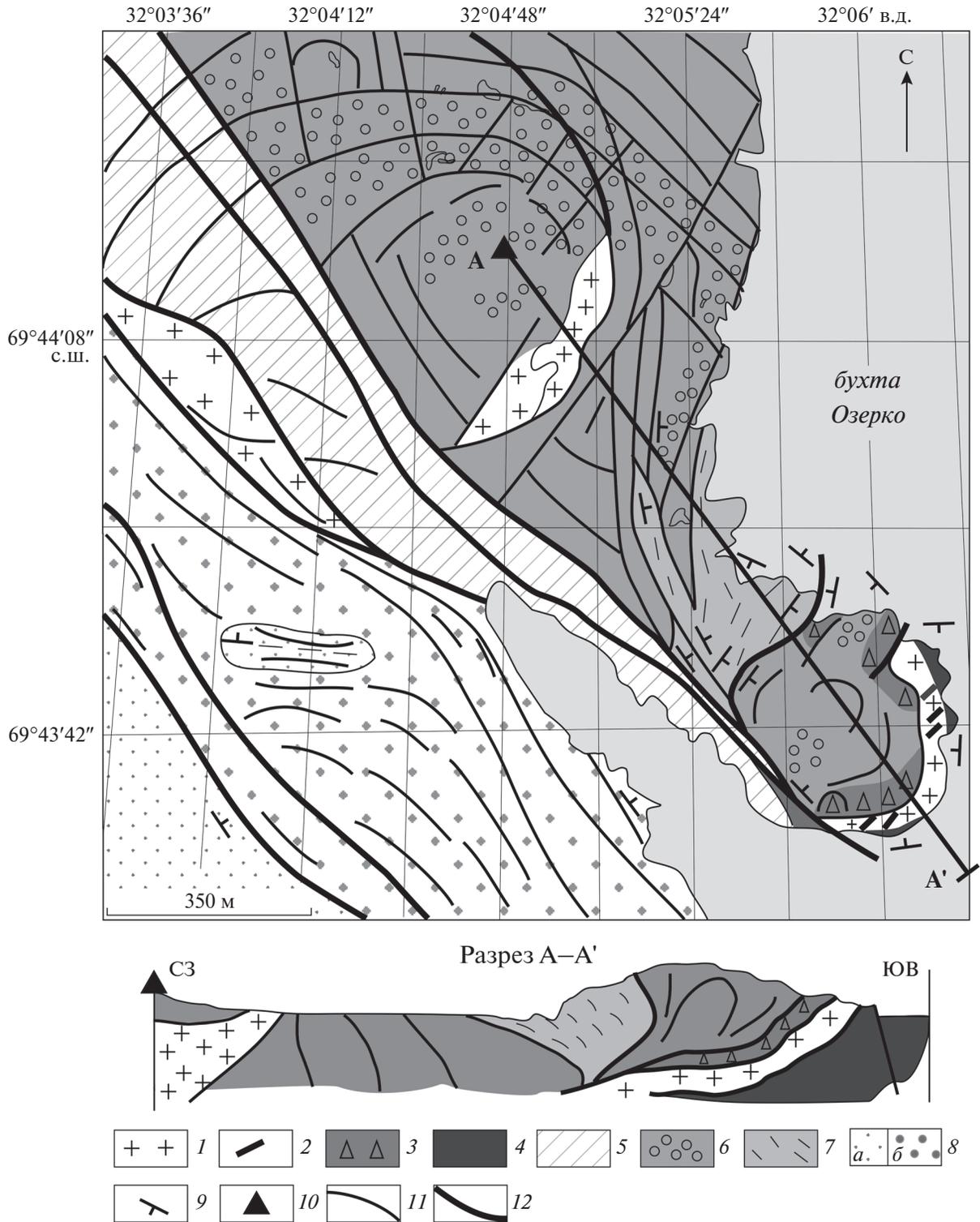


Рис. 2. Положение массивов дезинтегрированных гранитов в структуре зоны разлома Тролляфьорд–Рыбачий–Канин на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий. Показан (внизу) геологический разрез А–А' через скважину Р-1 и гранитный массив Вестник. 1 – дезинтегрированные граниты; 2 – дайки долеритов; 3 – ксеногенная брекчия в обрамлении гранитных отторженцев; 4–5 – черные сланцы в: 4 – подошве отторженцев, 5 – вертикальной зоне разлома; 6 – полимиктовые конгломераты мотовской свиты; 7 – алевро-песчаники рыбачинской серии; 8 – алевро-песчаники кильдинской серии; 9 – элементы залегания; 10 – местоположение скважины Р-1; 11 – разломы тектонической зоны; 12 – основные разломы зоны Тролляфьорд–Рыбачий–Канин

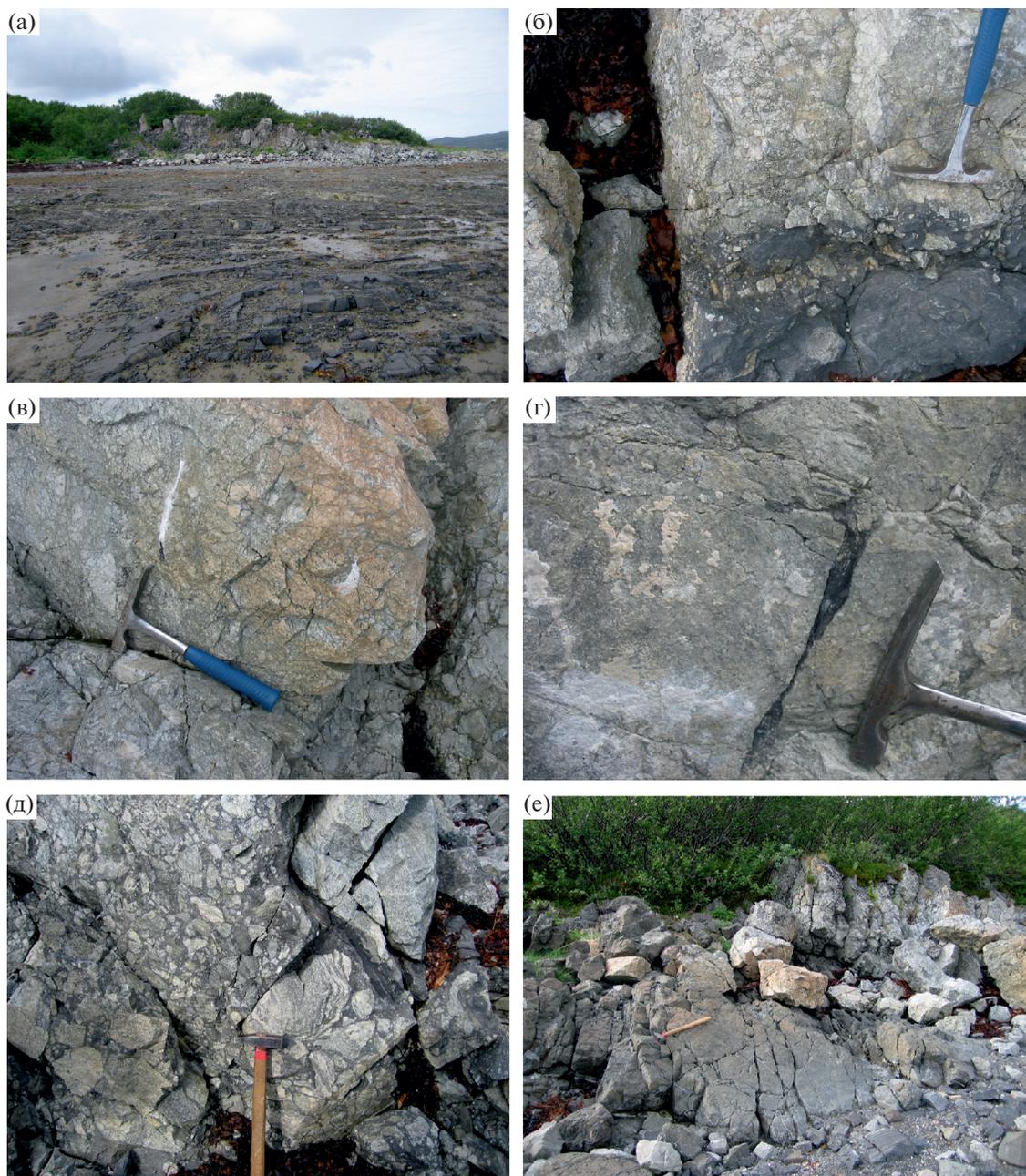


Рис. 3. Фото дезинтегрированных гранитов из тектонического отторженца в зоне разлома Трольфьорд–Рыбачий–Канин.

(а) – внешний вид обнажений дезинтегрированных гранитов на мысе Вестника, на переднем плане подстилающие их черные сланцы;

(б) – контакт гранитов с черными сланцами;

(в) – внешний вид гранитов;

(г) – прожилки псевдотахилитов;

(д) – ксеногенная брекчия в боковом обрамлении гранитного массива;

(е) – долеритовая дайка в гранитном массиве.

полей вдоль шовной зоны Трольфьорд–Рыбачий–Канин в пределах прибрежной акватории Баренцева моря с выделением контрастных низкоплотностных аномалий, которые могли инициировать разуплотненные массивы дезинтегрированных гранитоидов.

Петрографические характеристики гранитоидов массива Вестник и вмещающих пород

Вмещающие породы. Вмещающие породы представлены песчаниками и алевролитами. Алевролиты имеют тонкополосчатое строение с

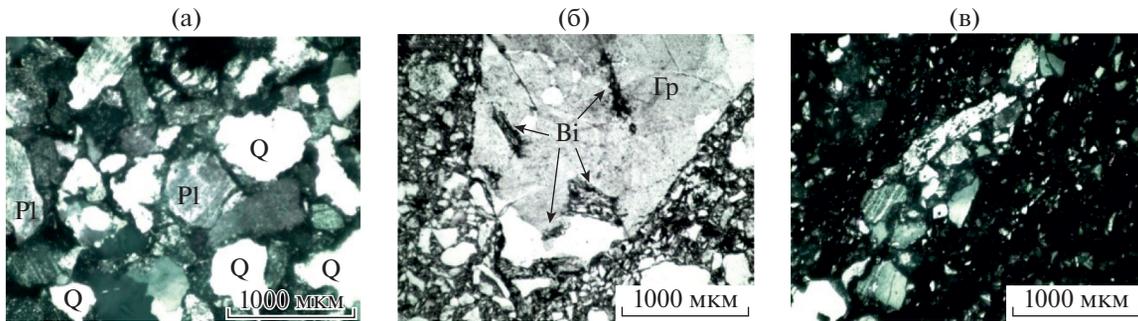


Рис. 4. Фотографии шлифов пород гранитоидного массива Вестник.

- (а) – плагиогранит недеформированный, измененный плагиоклазом (темный). Шл. р-15.04, без анализатора (обозначения минералов: Q – кварц, Pl – плагиоклаз);
- (б) – катаклазит по плагиограниту с реликтом плагиогранита, в котором присутствуют пластинки измененного биотита. Шл.р-15.06, без анализатора (обозначение минерала и породы: Bi – биотит, Gr – плагиогранит);
- (в) – милонит по плагиограниту (темный) с реликтом дезинтегрированной породы (светлый). Шл. 50.51, без анализатора.

шириной полос 0.8–2.0 мм. Более тонкие полосы состоят из очень мелких (менее 0.1 мм) однородных обломков и являются тонкозернистыми. Более широкие полосы – разнотернистые с зернами кварца и плагиоклаза, в которых преобладают мелкие зерна, присутствуют крупные, хорошо окатанные зерна размером до 0.1 мм. В более широких полосах количество этих минералов составляет от 2–3 до 10%. Отмечается их неравномерное распределение. Самые мелкие обломки не окатаны, при этом удлиненные обломки ориентированы в одном направлении. Глинистый цемент алевролитов буроватого цвета и несколько различается интенсивностью окраски в полосах разной ширины.

Граница алевролита и гранита резкая, мелко извилистая, с неглубокими (2–3 мм) тонкими включениями алевролита в плагиогранит без каких-либо изменений на контакте в обеих породах.

Песчаники имеют аркозовый состав и однородное сложение. Они состоят из обломков плагиоклаза (около 60%) и кварца. Обломки плагиоклаза хорошо окатаны, имеют округлые границы, – окатанность обломков кварца значительно хуже. Обломки по размеру хорошо сортированы, их преобладающий размер составляет 0.2–0.3 мм. В глинистом цементе присутствуют единичные чешуйки слюды.

Граниты. Петрографическое описание гранитов выполнено по 20 шлифам. При изучении гранитов под микроскопом обнаружены единичные шлифы, в которых породы не затронуты деформацией.

Граниты недеформированные. Граниты состоят из плагиоклаза – 60–65%, кварца – 30–35% и небольшого (1–2%) количества биотита. Порода является мелко- и среднетернистой, равномерно-зернистой, с преобладающим размером зерен от ≤1.0 до 1.0 мм, т.е. зернистость породы ближе к мелкой, хотя присутствуют и более крупные зер-

на плагиоклаза, размером до 2.2 × 1.4 мм. Форма зерен чаще близкая к изометричной, но присутствуют также призматические и таблитчатые кристаллы. Ограничения зерен округлые, неправильные, субидиоморфные. Часть зерен плагиоклаза имеет четкие полисинтетические двойники, по которым определен его состав, отвечающий олигоклазу (An₂₈).

Зерна кварца изометричные, или удлиненной формы, и они равномерно распределены между зернами плагиоклаза. Ограничения их округлые или неровные. Отмечается небольшое количество более крупных по сравнению с плагиоклазом (до 2.0–2.4 мм в поперечнике) зерен кварца. Некоторые из них содержат небольшие фрагменты плагиоклаза, возможно, это – вторичный, наложенный кварц, который заместил плагиоклаз.

Биотит образует тонкие пластинки и реже – небольшие таблицы длиной 0.4–0.6 мм, которые равномерно распределены по породе. Все кристаллы биотита превращены в псевдоморфозы рудного вещества. В породе наблюдаются единичные зерна рудного минерала – они неправильной, или изометричной, формы размером до 0.8 × 0.6 мм.

Зерна плагиоклаза равномерно и неинтенсивно сосюритизированы по всей их поверхности. Но помимо этого постмагматического изменения, по краям практически каждого зерна плагиоклаза, в виде нешироких неровных кайм и полукайм, и в ряде зерен – по всей его поверхности, – развито темное землистого облика вещество (шл. р-15/04, р-15/06, р-15/15). Погасание зерен плагиоклаза и кварца – спокойное.

Таким образом, породы м. Вестник, не испытавшие деформации, представляют собой мелко-среднетернистые, однородные плагиограниты с гипидиоморфно-зернистой микроструктурой и массивной текстурой (рис. 4, а).

Граниты дезинтегрированные. Граниты м. Вестник испытали значительную и неоднократную деформацию и, в результате, превращены в катакластические продукты: катаклазиты, милонитизированные разновидности и брекчии. Граниты, незатронутые тектоническими преобразованиями, присутствуют среди этой катаклазированной массы в виде микроскопических реликтов, которые можно наблюдать в единичных шлифах.

Преобразование гранитов под влиянием деформации начинается с появления в них трещин разного размера и формы, — ортогонально расположенных, где их ширина составляет от 0.3 до 1.0 мм. Присутствуют и хаотические трещины, вдоль которых порода раздроблена или тонко перетерта. При нарастании деформации в граните с первоначально гипидиоморфно-зернистой структурой в результате катаклаза появляются зерна, которые являются осколками минералов и реже — пород. Осколки минералов — с пятнистым и облачным погасанием и неровными, рваными краями. Размер обломков минералов от 0.2–0.3 мм до 2.0×1.5 мм. Обломки пород более крупные до $12\text{--}15 \times 5\text{--}7$ мм (см. рис. 4, б). Форма обломков разнообразная: треугольная, неправильная, трапецевидная. Среди раздробленного материала нередко присутствуют зерна плагиоклаза и кварца, сохранившиеся от раздробления. Эти зерна и более крупные осколки окружены мелко раздробленным материалом (менее 0.1–0.2 мм) этого же гранита, который их цементирует. Образуются катаклазиты с участками цементной или бластоцементной структуры (шл. р-80.05).

Нередко катаклазированную породу пересекают несколько трещин наибольшей ширины около 2.0 мм. Вдоль одних трещин порода тонко истерта, вдоль других трещин порода выполнена карбонатом или кварцем.

Интенсивная деформация приводит катаклазированный плагиогранит к дальнейшему раздроблению и истиранию. Образуется тонкоперетертая порода — милонит. Милониты в разных шлифах различаются меняющимся количеством перетертого материала и осколков минералов варьирующего размера (от менее 0.1 мм до 1.4×0.8 мм). Иногда (шл. р-50.51) все осколки минералов очень мелкие и ориентированы примерно в одном направлении, согласно с присутствующим реликтом плагиогранита, имеющего вид тонкой полосы (см. рис. 4, в). Возможно, порода испытала одностороннее давление.

Перетертый материал в милонитах иногда служит цементом, связывающим осколки. Он имеет темный, буроватый цвет, интенсивность которого зависит от степени истирания породы. Структура таких истертых пород — милонитовая. В ряде случаев в милонитах наблюдаются отдельные крупные осколки минералов со сглаженными

ограничениями, имеющие вид сдвоенных кругов. Структура таких пород — бластомилонитовая.

Часто милониты рассечены несколькими, выполненными карбонатом трещинами разной ширины и ориентировки. Наиболее широкая трещина (1.2 мм) в шл. р-15.01 рассекает только часть породы, а более тонкие трещины пересекают всю породу.

В большинстве шлифов граниты массива в результате катаклаза разбиты на угловатые осколки, связанные мелкораздробленным или тонкоперетертым материалом того же гранита. Объем осколков обычно превышает объем связывающего их материала. Такая порода имеет брекчиевую структуру.

В брекчированных породах присутствуют прямые, или слабоизогнутые, тонкие (менее 0.1–0.3 мм) трещины. Вдоль одних тонких трещин происходит новое дробление ранее раздробленной породы, другие тонкие трещины — выполнены непрозрачным веществом.

Таким образом, плагиограниты м. Вестник под влиянием деформаций превращены в катакластические продукты — катаклазированные, милонитизированные граниты и гранитные брекчии, а собственно граниты сохранились только в виде единичных реликтов. Деформации, по всей видимости, проявлялись неоднократно.

Проницаемость изученных пород для растворов, воды, нефти и газа

Проницаемость гранитов зависит от их структурно-текстурного строения и их пористости. Проницаемыми являются границы зерен, а также пустоты, каверны и микро- и макротрещины. Чем более неоднородное строение имеет порода, тем более проницаемы границы ее зерен. Изученные плагиограниты, незатронутые деформацией, — это мелко- и среднезернистые, однородные породы с массивной текстурой. Под микроскопом в них не отмечается никаких пустот, кроме микро-трещин.

Согласно приведенным характеристикам, проницаемость недеформированных плагиогранитов низкая. Однако интенсивные деформации массива плагиогранитов превратили их в совокупность пород неоднородного строения с высокой проницаемостью. В результате тектонической переработки пород гранитного основания сформировалась система трещин и разрывных нарушений, возникающих под воздействием внешних тектонических напряжений. Тектонические трещинные коллекторы в монолитных породах обычно обладают хорошими фильтрационными свойствами, но их пористость многократно увеличивается в зонах дробления и в зонах разломов. Несомненно, в данном случае также повлиял текто-

но-кессонный эффект, который проявился при подъеме, эксгумации и декомпрессии массивов в тектонической зоне Трольльфьорд–Рыбачий–Канин, что привело к увеличению объема массивов и их растрескиванию.

Геохимические особенности дезинтегрированных гранитоидов и ассоциирующих с ними пород

Получены полные геохимические характеристики (по 50 химических элементов) как дезинтегрированных гранитов (4 анализа), так и ассоциирующих с ними пород (дайки, псевдотахилиты, брекчии, конгломераты, черные сланцы и алевропесчаники (11 анализов) (табл. 1). Проведенные геохимические и радиологические исследования дезинтегрированных гранитов позволяют коррелировать их с породами Мурманского блока Балтийского щита, в частности они являются глиноземистыми с повышенными содержаниями Sr и отношением $(La/Yb)_n > 15$. Это позволяет полагать, что фундамент рифейских рифтов, который в виде тектонических пластин обнажается на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий, сложен породами, аналогичными образованиям Балтийского щита.

Среди дезинтегрированных гранитов выявлены дайки основного состава. Залегая среди дезинтегрированных гранитов, эти дайки долеритов сохранили магматический облик и не подвергались процессам дезинтеграции, что характерно и для других районов развития дезинтегрированных гранитов [11, 19]. Изученные дайки имеют характерный состав – низкие содержания TiO_2 , Al_2O_3 , щелочей, – и по этим характеристикам они близки к выделяемой к западу от горного массива Хибины, в районе полигона Воче-Ламбина, группе долеритовых даек среднерифейского возраста (1150 ± 13 и 1161 ± 13 млн лет по $^{38}Ar/^{39}Ar$, 1176 ± 28 млн лет по Rb–Sr) [2]. Однако для дайки с мыса Вестник нами получен более древний возраст (1333 ± 160 млн лет по Sm–Nd), что указывает на их формирование в условиях растяжения, предшествующих, вероятно, формированию рифейских грабенов.

Все породы, опробованные в пределах тектонической зоны, имеют близкий характер распределения РЗЭ за исключением одной пробы гранитов P15/14 и двух проб псевдотахилитов (рис. 5). Учитывая, что в данной выборке присутствуют принципиально различные породы (граниты, долериты, алевролиты, черные сланцы), то необходимо объяснить природу этого феномена (одинакового спектра редкоземельных элементов (РЗЭ) для этих образцов). Известно, что РЗЭ особо чувствительны к преобразованиям пород в условиях флюидного воздействия, так как активно выносятся восстановленным флюидом и соответственно осаждаются в зоне окисления [3, 21].

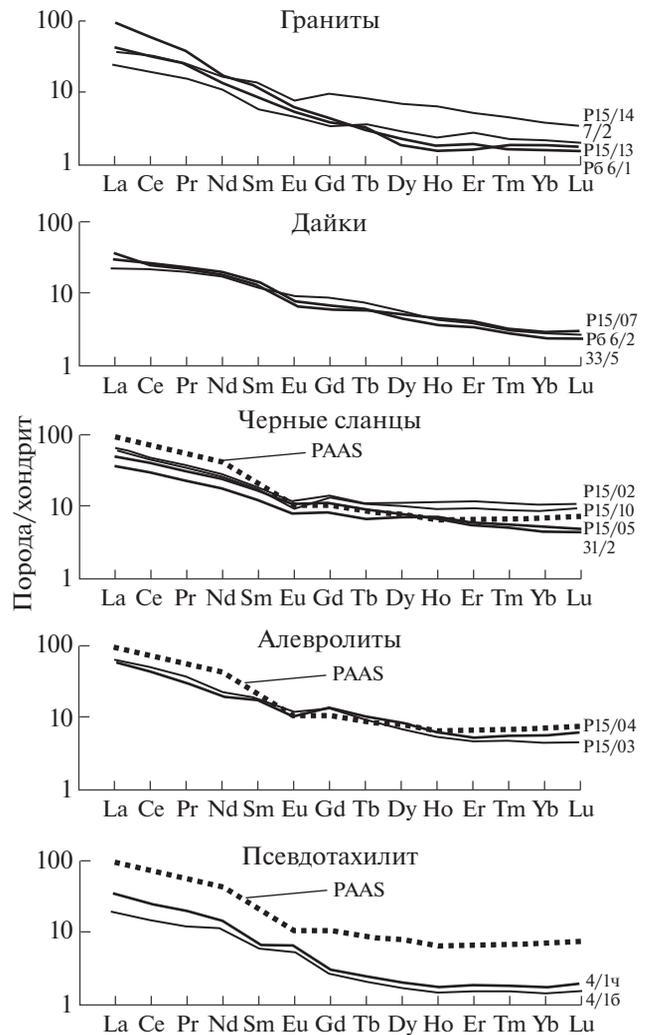


Рис. 5. Нормированные по хондриту графики распределения РЗЭ в дезинтегрированных гранитах и ассоциирующих с ним пород из зоны тектонического разлома Трольльфиорд–Рыбачий–Канин.

Проба P15/14, являясь гранодиоритом по составу (см. табл. 1), в наименьшей степени дезинтегрирована и поэтому сохранила свой магматический облик и соответственно исходный состав РЗЭ. Породы, которые испытали флюидное воздействие, потеряли часть имеющихся РЗЭ, что привело к одинаковому содержанию РЗЭ в данных породах. Граниты пронизаны ветвистыми жилками мощностью от первых миллиметров до первых десятков сантиметров, сложенными тонкодисперсным черным веществом с большим количеством обломков гранита, которое описано как псевдотахилит [17]. Микроскопическое и микронзондовое обследование этого вещества свидетельствует в пользу только механического дробления породы по типу катаклаза. Черная матрица ветвистых жилок по химическому составу основных компонентов принципиально не от-

Таблица 1. Представительные анализы дезинтегрированных гранитов и ассоциирующих с ними пород в районе м. Вестник.

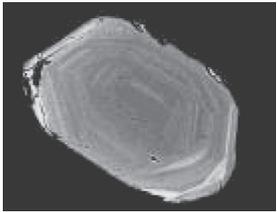
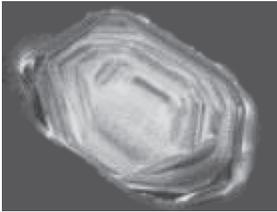
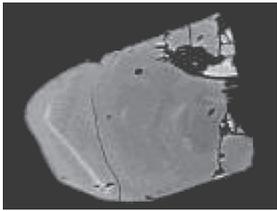
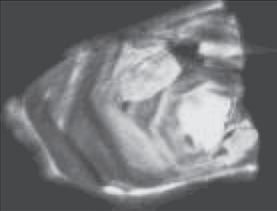
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
хим. элемент	Рв6/1	7/2	Р15/13	Р15/14	Рв6/2	33/5	Р15/07	31/2	Р15/02	Р15/05	Р15/10	Р15/03	Р15/04	4/16	4/1ч
SiO ₂	65.97	68.36	69.04	62.38	48.62	41.88	49.34	57.04	57.12	58.95	59.61	63.81	61.76	70.14	65.30
TiO ₂	0.33	0.32	0.36	0.71	0.59	0.57	0.64	0.67	0.87	0.86	0.89	0.61	0.81	0.25	0.36
Al ₂ O ₃	17.06	14.78	16.05	17.16	12.80	11.28	11.25	20.01	18.38	18.82	17.52	15.81	16.91	15.66	16.41
Fe ₂ O ₃	3.31	2.88	0.58	2.37	10.84	10.72	4.44	6.79	2.93	2.58	2.62	2.15	2.95	2.67	4.21
FeO	—	—	2.36	2.63	—	—	4.98	—	3.12	2.72	3.18	3.45	2.45	—	—
MnO	0.03	0.03	0.04	0.06	0.15	0.20	0.15	0.07	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03	0.05
MgO	2.52	2.12	1.54	4.11	13.6	12.66	15.12	4.03	4.04	4.33	5.44	3.56	4.39	1.80	3.14
CaO	1.83	3.17	3.23	2.08	6.12	11.95	5.90	2.18	2.46	1.97	0.40	1.95	1.07	1.74	2.06
K ₂ O	0.98	1.27	0.60	2.27	0.54	0.47	0.42	3.14	4.11	3.10	3.50	2.23	3.11	0.80	1.01
Na ₂ O	5.59	4.56	4.51	3.12	1.15	1.05	1.40	2.56	2.22	2.99	2.02	3.32	2.55	5.44	5.03
P ₂ O ₅	0.09	0.09	0.10	0.10	0.06	0.06	0.09	0.12	0.09	0.10	0.09	0.12	0.10	0.10	0.11
п.п.п.	2.29	2.42	1.34	2.71	5.54	9.17	5.71	3.39	3.89	3.22	4.34	2.55	3.57	1.37	2.33
Сумма	100	100	99.75	99.70	100.01	100.01	99.43	100	99.66	99.69	99.65	99.62	99.73	100	100.1
Li	25.3	16.9	9.7	45	55.6	59.4	79	44.5	50	42	50	41	48	9.2	20
Be	0.83	0.8	0.88	1.52	0.4	0.45	0.40	1.8	2.10	1.77	1.95	1.70	1.94	0.84	0.96
Sc	2.1	3.9	4.3	15.5	36.8	30.8	32	8.9	15.8	14.7	15.8	10.5	14.5	3.0	3.5
V	30	39.2	35	100	169	172	196	92.3	126	141	164	79	162	21.0	41.1
Cr	12.4	48.4	42	100	503	575	696	100	103	97	100	82	82	24.2	64.4
Co	6.1	6.7	4.1	19	51.2	45.7	52	14.5	33	17	20	19	16	4.2	7.8
Ni	7.6	21.1	10.5	53	165	174	225	52.4	68	49	57	50	52	10.1	22.3
Cu	32.4	30.1	19	41	78.5	64.7	85	68.1	66	26	42	51	58	15.3	18.4
Zn	18.9	23.0	—	—	8.3	184	—	107	—	—	—	—	—	34.1	45.3
Ga	17.2	12.5	19	24	12.9	11.4	13.2	25.9	26	29	24	22	28	12.9	16.1
Rb	32.5	36.4	20	96	29.1	24.5	22	121	208	130	170	93	150	28.8	32.2
Sr	225	138	247	246	169	147	143	279	229	265	78	270	172	272	289
Y	4.0	6.2	3.9	15.5	12.8	12.4	12.6	14.5	23	15.1	16.1	15.3	17.0	2.9	5.2
Zr	182	81.9	118	162	49.7	46.7	53	172	169	213	188	137	154	18.6	94.3
Nb	2.6	3.2	3.6	10.1	2.4	2.2	3.1	8.1	12.7	12.9	15.5	8.7	12.8	2.1	3.1
Mo	1.0	0.64	2.63	1.17	0.42	0.29	0.54	0.6	0.91	1.40	0.61	5.53	1.67	1.3	2.1

Таблица 1. Окончание

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
хим. элемент	Рв6/1	7/2	Р15/13	Р15/14	Рв6/2	33/5	Р15/07	31/2	Р15/02	Р15/05	Р15/10	Р15/03	Р15/04	4/16	4/1ч
Cd	н. о.	н. о.	—	—	0.057	0.25	—	н. о.	—	—	—	—	—	н. о.	н. о.
Sn	—	—	0.86	1.97	—	—	0.49	—	2.95	1.90	2.66	2.04	2.14	—	—
Cs	1.3	0.78	0.41	2.38	1.4	1.0	1.29	4.5	6.3	3.08	5.2	3.73	4.45	0.54	0.72
Ba	190	270	230	523	229	204	150	673	1337	644	594	543	564	234	246
La	29.8	7.5	18.2	14.5	9.3	9.4	9.8	18.7	23	9.9	23	24	24	8.5	11.1
Ce	58.6	15.5	30	32	20.3	20.8	19	44.9	48	22	47	53	48	17.4	20.4
Pr	5.7	2.0	3.3	4.4	2.5	2.6	2.6	4.9	6.0	3.0	6.1	7.0	7.0	1.9	2.4
Nd	19.2	7.7	11.2	14.9	10.7	10.9	10.8	19.8	22	11.3	21	24	23	6.8	9.1
Sm	2.7	1.6	1.83	3.35	2.3	2.3	2.29	4.1	4.38	2.80	4.03	4.75	4.80	1.3	1.7
Eu	0.61	0.48	0.60	0.78	0.72	0.66	0.65	0.95	0.95	0.65	0.75	1.01	0.94	0.41	0.53
Gd	1.8	1.4	1.48	3.17	2.5	2.5	2.42	3.5	4.17	2.63	3.47	4.20	4.19	1.0	1.4
Tb	0.22	0.21	0.18	0.48	0.4	0.39	0.36	0.5	0.66	0.42	0.49	0.53	0.54	0.14	0.2
Dy	0.88	1.2	0.82	2.81	2.4	2.3	2.54	2.7	3.81	2.89	2.93	2.92	3.23	0.66	1.0
Ho	0.15	0.23	0.15	0.59	0.5	0.48	0.52	0.53	0.78	0.59	0.59	0.60	0.70	0.13	0.19
Er	0.37	0.66	0.36	1.62	1.5	1.4	1.44	1.6	2.26	1.68	1.81	1.51	1.83	0.33	0.55
Tm	0.042	0.094	0.05	0.27	0.21	0.19	0.22	0.22	0.35	0.26	0.29	0.23	0.31	0.044	0.077
Yb	0.27	0.62	0.34	1.62	1.4	1.3	1.38	1.4	2.27	1.82	1.86	1.42	2.03	0.27	0.47
Lu	0.042	0.088	0.05	0.24	0.21	0.19	0.22	0.21	0.36	0.26	0.31	0.20	0.27	0.039	0.071
Hf	4.5	2.2	3.11	4.49	1.3	1.2	1.52	4.50	4.72	5.92	4.90	4.02	4.81	0.59	2.4
Ta	0.092	0.24	—	—	0.15	0.15	—	0.64	—	—	—	—	—	0.15	0.19
W	0.1	0.35	0.11	0.66	0.086	0.13	0.08	0.5	1.00	0.58	1.12	0.66	1.03	0.16	0.23
Tl	0.14	0.18	0.07	0.36	0.14	0.11	0.09	0.59	0.77	0.46	0.71	0.35	0.57	0.14	0.15
Pb	1.3	4.2	1.4	8.4	6.3	7.9	16.9	7.80	41	17.8	6.1	12.1	5.9	2.6	5.9
Th	7.8	3.7	1.12	7.10	1.2	1.1	1.07	6.5	8.61	8.60	9.72	5.86	9.66	2.8	3.9
U	0.35	0.73	0.08	1.92	0.25	0.28	0.21	2.0	2.55	2.32	2.90	1.72	2.62	0.43	0.63
(La/Yb) _n	76	8	37	5.9	4.3	4.8	5	8.9	11	3.1	8.2	11	7.9	21.5	16
Eu*/Eu	0.8	0.95	1.1	0.7	0.91	0.84	0.84	0.75	0.67	0.72	0.59	0.67	0.63	1.1	1.1

Примечание. 1–4 – дезинтегрированные граниты; 5–7 – долериты из даек, рвущих граниты; 8–11 – черные сланцы в обрамлении массива; 12–13 – алевриты с сохраняющейся осадочной полосчатостью; 14–15 – метасоматические жильные образования (возможно псевдохалиты). Прочерк – элемент не определялся, н. о. – не обнаружен.

Таблица 2. Фото цирконов (проба – РВ-6/1) из дезинтегрированных гранитоидов м. Вестник.

Изображение в спирте	Изображения в обратно отраженных электронах	Катодолюминесцентные изображения	Описание морфотипов
			1. Данная разновидность Zr представлена призматическими кристаллами светло-сиреневого цвета. Зерна прозрачные, поверхность зерен не корродированна, блеск стеклянный. Средние размеры – 0.105×0.07 мм, Ку–1.5. Величина массы среднего кристалла – 2×10^{-6} г. <i>В спирте зональность не просматривается. В BSE и CL выявлена тонкая ритмичная зональность.</i>
			2. Данная разновидность Zr представлена длиннопризматическими кристаллами светло-сиреневого цвета. Зерна прозрачные, поверхность не корродированна, блеск стеклянный. Средние размеры – 0.140×0.07 мм, Ку–2. Величина массы среднего кристалла – 2.7×10^{-6} г. <i>В спирте зональность не просматривается. В BSE и CL выявлена тонкая ритмичная зональность.</i>
			3. Данная разновидность Zr представлена наобломками кристаллов светло-сиреневого цвета. Поверхность не корродированна, блеск стеклянный. Средние размеры – 0.140×0.07 мм, Ку–2. Величина массы среднего кристалла – 2.7×10^{-6} г. <i>В спирте зональность просматривается слабо. В BSE и CL выявлена тонкая ритмичная зональность.</i>

личается от вмещающих гранитов (п.14, п.15), но содержит значительно меньше легких РЗЭ, вместе с положительной Eu-аномалией, что указывает на резко восстановленный характер флюидов, сопровождающих образование этих жил.

Породы с положительной Eu-аномалией крайне редки для коровых образований, при этом именно нефть в большинстве случаев характеризуется положительной Eu-аномалией. Поэтому, возвращаясь к природе дезинтеграции гранитов, можно предположить, что именно флюиды способствовали их образованию, вероятно в условиях шоковой декомпрессии [22], что характерно для рифтовых зон [4].

Радиологические исследования

Помимо геохимических исследований были проведены радиологические исследования дезинтегрированных гранитов и рвущих их даек

U–Pb методом по цирконам и Sm–Nd методом по валу и отдельным минералам.

Из двух проб РВ-6/1 (гранит) и РВ-6/2 (долеритовая дайка) весом по 15 кг были выделены монофракции. В гранитах выделено три генерации циркона (табл. 2). Полученные U–Pb данные по цирконам показывают время магматического становления гранитов 2794 млн лет назад, а возраст 2765 млн лет соответствует времени метаморфизма породы (табл. 3). Подобные возрасты характерны для Мурманского блока и Центрально-Кольского блока и соответствуют одному из важнейших термальных событий этого региона – формированию чарнокитов, эндербитов и началу эпохи гранулитового метаморфизма.

Полученные Sm–Nd данные по гранитоидам (табл. 4) приводят к следующей интерпретации. Первые кислые породы региона отделились от мантии (гранито-гнейсы –ТТГ) 2966 млн лет назад – это их модельный Sm–Nd возраст. Двухто-

Таблица 3. U–Pb данные для циркона из дезинтегрированных гранитов (Проба РВ-6/1).

Проба №	Навеска (мг)	Содержание, ppm		Изотопный состав свинца ¹			Изотопные отношения и возраст, млн лет ²			Rho
		Pb	U	$\frac{206\text{ Pb}}{204\text{ Pb}}$	$\frac{206\text{ Pb}}{207\text{ Pb}}$	$\frac{206\text{ Pb}}{208\text{ Pb}}$	$\frac{207\text{ Pb}}{235\text{ U}}$	$\frac{206\text{ Pb}}{238\text{ U}}$	$\frac{207\text{ Pb}}{206\text{ Pb}}$	
<i>Метаморфические цирконы</i>										
1	0.70	25.2	43.0	8250	5.1508	11.3620	14.0895	0.530316	2765	0.99
2	0.40	79.8	138.4	6471	5.1238	12.4000	13.9837	0.524631	2771	0.99
<i>Магматические цирконы</i>										
3	0.70 (2 порц.)	73.4	123.6	2764	4.9906	9.8402	14.2674	0.527813	2794	0.99
4	0.70 (1 порц.)	55.1	100.7	3962	5.0209	10.6490	13.2537	0.490061	2794	0.99

Примечание. ¹ – Все отношения скорректированы на холостое загрязнение 0.08 нг для Pb и 0.04 нг для U и масс-дискриминацию 0.12 ± 0.04%.

² – Коррекция на примесь обыкновенного свинца определена на возраст по модели Стейси и Крамерса. [27].

Таблица 4. Изотопные Sm–Nd данные для дезинтегрированных гранитов и дайки м. Вестник.

Проба, номер	Содержание, Ppm		Изотопные отношения		Егр., 2σ	T _(DM)	ε _{Nd} (T)
	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$			
<i>Серые гнейсы (ТТГ), п-ов Рыбачий</i>							
РВ 6/1(WR)	2.56	16.56	0.0935	0.510798	14	2966	-12.2
РВ 6/1(Ap + Sulf)	323.49	309.98	0.6308	0.512206	12	–	–
РВ 6/1(Ap + Sulf I)	60.06	176.97	0.2051	0.512103	9	–	–
РВ 6/1(Sulf)	1.57	8.31	0.1146	0.511061	7	–	–
РВ 6/1(Ap)	148.23	438.97	0.2041	0.512246	6	–	–
<i>Дайка долерита, п-ов Рыбачий</i>							
РВ 6/2(WR)	2.35	10.91	0.1301	0.511289	14	2996	-11.7
РВ 6/2(PL-I)	8.32	31.31	0.1606	0.511165	13	–	–
РВ 6/2(PL-II)	5.08	11.19	0.2741	0.512545	76	–	–
РВ 6/2(Pirit)	0.40	1.89	0.1282	0.511269	21	–	–

Примечание. Среднее значение по стандарту LaJolla за период измерений равно 0.511843 ± 13 (N = 19). Измерения изотопного состава Nd и концентраций Sm и Nd проводились на семиканальном твердофазном масс-спектрометре Finnigan – MAT 262 (RPQ) в статическом двухленточном режиме с использованием рениевых и танталовых лент. Погрешность изотопного состава Nd в стандарте LaJolla = 0.511843 ± 13 (N = 19) не превышает 0.003% (2σ). Ошибка в $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ отношениях составляет 0.3% (2σ) – среднее значение из 7 измерений в стандарте BCR. Холостое внутрилабораторное загрязнение по Nd равно 0.3 нг и по Sm равно 0.06 нг. Изотопные отношения были нормализованы по отношению $^{146}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.7219$, затем пересчитаны на принятое отношение $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ в стандарте LaJolla = 0.511860.

чечная Sm–Nd изохрона по WR (валовому составу) и апатиту имеет возраст 1989 ± 31 с εNd-9.5 и отражает, скорее всего, время метаморфизма – это типичное возрастное событие для Кольского полуострова. Следующий метаморфизм происходил в 1769 ± 29 млн лет с образованием сульфидов и, по нашему мнению, связан с постколлизийным термальным событием – эксгумацией глубинных пород и формированием постскладчатых гранитных интрузий типа Лицко-Арагубских [22]. Это позволяет коррелировать дезинтегрирован-

ные гранитоиды м. Вестник с породами Мурманского блока Балтийского щита. Более молодые тектонические события в регионе, в частности – дезинтеграция гранитов, происходили при значительно более низких температурах и не были зафиксированы в перестройке цирконов и в Sm–Nd системах пород.

Дайка долеритов согласно Sm–Nd данным имеет возраст 1333 ± 160 млн лет по пириту, породе и плагиоклазу, она сильно контаминирована коровым материалом, поскольку εNd(T) равен

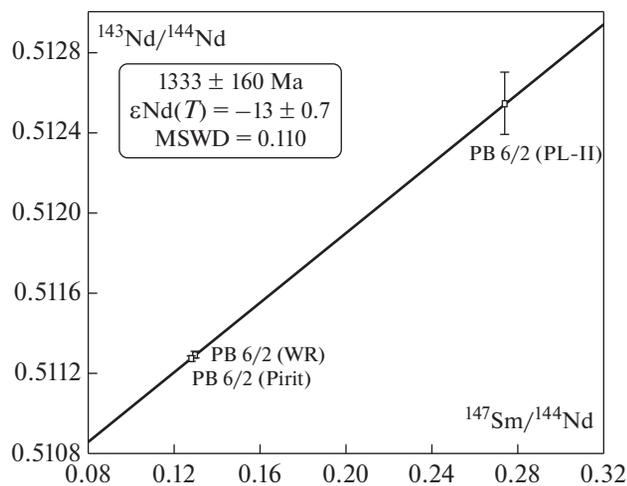


Рис. 6. Sm–Nd изохронная диаграмма для долеритовой дайки в гранитном массиве Вестник.

–13.07 (рис. 6). Дайка долеритов может быть рифейской и отвечать началу дробления фундамента на начальной стадии континентального рифтинга, приведшего к формированию палеорифтовой системы Белого моря.

Анализ геофизических данных

Анализ геофизических материалов показал, что к востоку от м. Вестник в прибрежной части акватории Баренцева моря на продолжении раз-

ломной зоны Трольфельд–Рыбачий–Канин в поле силы тяжести Кольского шельфа фиксируются вытянутые в цепочку линейно-дуговые интенсивные отрицательные гравитационные аномалии, которые могут отражать разуплотненные участки горных масс, соответствующих массивам дезинтегрированных гранитоидов, подобным массиву м. Вестник (рис. 7). Особенностью этих аномалий является их линейная вытянутость, линзовидность и кулисное расположение фрагментов до 36° в.д. – характерные черты сдвиговых зон концентрированной деформации, к которым зачастую приурочены протрузии фундамента, в том числе и гранитные. Такие погребенные протрузии дезинтегрированных гранитов могут обладать коллекторскими свойствами, что позволяет отнести их к перспективным интрагранитным ловушкам углеводородов.

Еще одной перспективной структурой интрагранитной ловушки может быть узел пересечения зоны сочленения двух платформ и Хибино-Контозерской тектонической зоны, являющейся фактически структурой пропагации Восточно-Баренцевого рифтогенного трога в пределы Балтийского щита (см. рис. 1). Хибино-Контозерская тектоническая зона содержит признаки растяжения с проявлениями щелочного и базальтоидного магматизма среднепалеозойского возраста. С этой зоной пространственно и генетически связаны крупные и мелкие щелочные массивы (Хибины, Ловозеро, Курга, Контозеро,

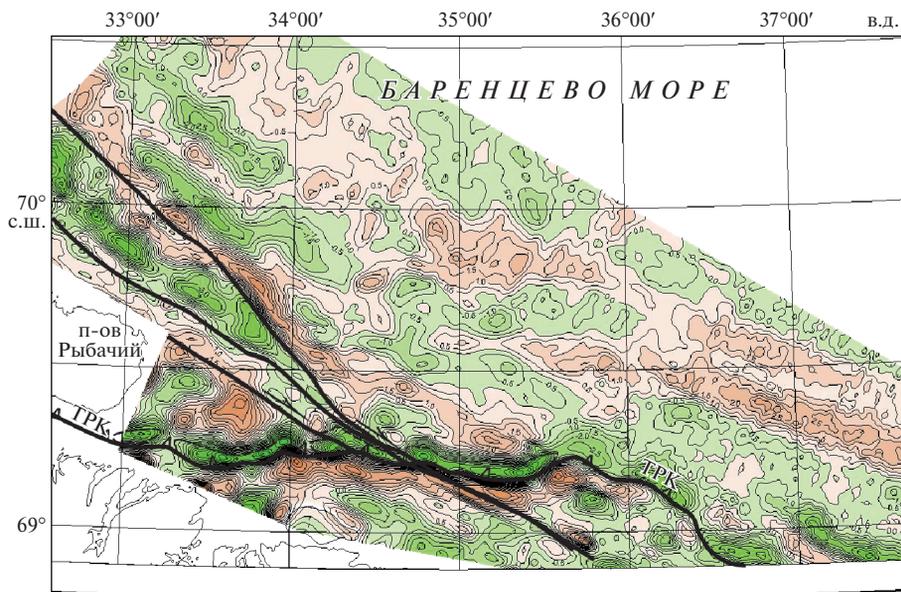


Рис. 7. Карта локальных аномалий гравитационного поля северо-западной части Кольского шельфа (значения изолиний в условных единицах) (по [9], с дополнениями). Элементы интерпретации поля силы тяжести: разломы (сплошные черные линии), направление сдвига (сплошные черные линии со стрелками), аномалии разуплотненного субстрата в приповерхностном слое земной коры (пунктирные контуры), интерпретируемые как вероятные протрузии дезинтегрированных гранитоидов фундамента. Линия ТРК – структурный шов Трольфельд–Рыбачий–Канин.

Ивановский) и ряд дайковых полей. В пределах акватории Баренцева моря на продолжении тектонической зоны в потенциальных гравимагнитных полях выделяются аномалии пониженной плотности, интерпретируемых как интрузии разного состава, маркирующих зону повышенной проницаемости земной коры. Вероятно, что интрузивные массивы, расположенные в зонах интенсивных тектонических движений, также находятся в дезинтегрированном состоянии, как и массив м. Вестник, обладавая коллекторскими свойствами, но перекрытые флюидонепроницаемым чехлом. В пределах Баренцевоморского шельфа Хибино-Контозерская зона разграничивает Свальбардскую и Тимано-Печорскую плиты, формируя в то же время юго-восточный борт Южно-Баренцевской рифтогенной впадины [5].

В Контозерском грабене, где расположен Контозерский щелочной массив, среднепалеозойские отложения содержат метаморфизованные битумы типа малът и гатчетитов [20]. Они относятся к образованиям фазово-миграционного битумогенеза и рассматриваются, как результаты коагуляции смолисто-асфальтовых компонентов нефти при нарушении в ней равновесного состояния. Эти данные хорошо согласуются с обычной для рифтогенных структур приуроченностью нефтидогенеза к инициальным стадиям развития рифта. Такая приуроченность характерна для Байкальского, Красноморского рифтов, разлома Сан-Андреас и других рифтогенных структур [20]. Подобные битумопроявления позволяют предположить возможные нефтепроявления на продолжении Хибино-Контозерской зоны в пределах аномалий на Баренцевоморском шельфе.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТОВ

В данной работе мы приводим детальную характеристику массива дезинтегрированных плагиогранитов на м. Вестник (на перешейке между полуостровами Рыбачий и Средний) и ассоциирующихся с ними образований, которая свидетельствует о том, что он и другие проявления подобных геологических тел на перешейке являются фрагментами кристаллического фундамента гранитоидного состава, выдавленные в верхние слои осадочного чехла в виде протрузий. Произошло это в результате шарьяжно-надвиговых процессов в транспрессионной обстановке при коллизионном взаимодействии двух континентальных плит Балтики с Арктидой в интервале времени 620–540 млн лет назад [5]. Подобные образования дезинтегрированных гранитоидов, которые после становления в качестве магматических тел и остывания, испытывают перемещения в пространстве, и, во многих случаях, формируют тела протыкания типа диапиров (или кристаллических протрузий) в разных регионах Земли — Ска-

листых горах Северной Америки, Тянь-Шане, Гобийском Алтае, Кавказе [1, 7, 12, 19, 23]. Полагаем, что именно протрузивные выступы фундамента, представленные гранитами, являются перспективными объектами для поисков залежей углеводородов [11].

Похожую ситуацию мы наблюдаем в зоне разлома Трольфьорд—Рыбачий—Канин на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий. Массивы дезинтегрированных гранитоидов на м. Вестник (см. рис. 2) и вскрытое скважиной на глубине 17 м тело дезинтегрированных гранитоидов фундамента мощностью около 400 м расположены среди осадочной толщи рифея в осевой зоне разлома Трольфьорд—Рыбачий—Канин, имеющего в разрезе структуру цветка [5]. Надо полагать, что подобные образования можно ожидать и по простиранию тектонической зоны в пределах акватории, о чем косвенно свидетельствует проведенный нами анализ геофизических полей. Но, если на суше, т.е. на перешейке, эти массивы дезинтегрированных гранитоидов обнажены и их не перекрывает толща осадков, то в пределах акватории существует осадочный чехол, который экранирует эти массивы, придавая им коллекторские свойства, что делает их объектами, перспективными на поиски углеводородного сырья. Подобные протрузивные массивы дезинтегрированных гранитоидов на арктическом севере европейской части России выявлены нами впервые.

ВЫВОДЫ

Таким образом, исходя из приведенных структурных, петрографических, геохимических и геофизических данных, полученных при исследовании массива дезинтегрированных гранитоидов на м. Вестник, расположенном на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий, мы пришли к следующему выводу:

1. На перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий на мысе Вестник в зоне разлома Трольфьорд—Рыбачий—Канин, являющегося крупным структурным швом между Восточно-Европейской и Западно-Арктической платформами, в терригенной толще рифея выявлены массивы дезинтегрированных гранитоидов, первоначально принадлежащих архейскому кристаллическому фундаменту и затем тектонически выжатых в верхние горизонты в виде протрузий. Такие погребенные массивы дезинтегрированных гранитов могут обладать коллекторскими свойствами.

2. Петрографические исследования дезинтегрированных пород гранитоидного массива Вестник на перешейке между полуостровами Средний и Рыбачий и вмещающих пород свидетельствуют об их высокой проницаемости и пористости в зо-

нах дробления. Положительная Eu-аномалия и уменьшение содержания легких РЗЭ указывает на резко восстановительный характер флюидов, которые воздействовали на дезинтегрированные породы, способствуя их образованию в условиях шоковой декомпрессии.

3. U–Pb и Sm–Nd изотопные исследования дезинтегрированных плагиогранитов (модельный возраст 2966 млн лет) позволяют коррелировать их с породами Мурманского блока Балтийского щита. Дайка долеритов, которая сечет массив плагиогранитов, согласно Sm–Nd данным имеет возраст 1333 ± 160 млн лет (средний рифей) по пириту и плагиоклазу, что отвечает дроблению фундамента на начальной стадии континентального рифтинга, приведшего к формированию палеорифтовой системы Белого моря.

4. Восточнее м. Вестник в пределах акватории Баренцева моря в поле силы тяжести фиксируется цепочка линейно-дуговых контрастных отрицательных аномалий, интерпретируемых с большой долей вероятности как отражение плитообразных массивов дезинтегрированных гранитоидов, протрудировавших в осадочную толщу рифея вдоль шовной зоны Тролльфиорд–Рыбачий–Канин, что предполагает при определенных условиях возможную перспективность этой зоны на содержание углеводородов.

5. Перспективной на углеводороды структурой может быть узел пересечения шовной зоны Тролльфиорд–Рыбачий–Канин и Хибино-Контозерской тектонической зоны, в пределах которого в прибрежной акватории Баренцева моря зафиксированы аномалии пониженной плотности, отражающие, возможно, аналогичные протрузии дезинтегрированных гранитоидов фундамента, обладающих коллекторскими свойствами и перекрытых чехлом.

Благодарности. Авторы благодарят В.А. Журавлева – начальника партии Морской арктической геологоразведочной экспедиции (ООО МАГЭ, г. Мурманск) за сотрудничество.

Финансирование. Работа выполнена по Программе Президиума РАН № 8 (руководитель академик Н.С. Бортников): проекты “Кристаллические протрузии как типовая структурно-тектоническая модель интрагранитных ловушек углеводородов” (в части интерпретации механизма деформирования гранулированных сред), “Структурно-морфологические, геолого-геофизические, седиментологические и литолого-геохимические индикаторы внутриплитного тектогенеза Восточно-Европейской платформы” (в части описания и аналитических исследований геологических объектов) и проекта РФФИ № 19-05-00256 (в части условий формирования псевдотахилитов в разломных зонах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ажгирей Г.Д.* Структурная геология. М.: МГУ, 1966. 148 с.
2. *Арзамасцев А.А., Федотов Ж.А., Арзамасцева Л.В.* Дайковый магматизм северо-восточной части Балтийского щита / Ф.П. Митрофанов (ред.). СПб.: Наука, 2009. 383 с.
3. *Балашиов Ю.А.* Геохимия редкоземельных элементов М.: Наука, 1976. 67 с.
4. *Балуев А.С., Моралев В.М., Пржиялговский Е.С., Терехов Е.Н., Сукач В.С.* О вероятном эндогенном происхождении конгломератоподобных пород юго-восточного побережья Белого моря // Литология и полезн. ископаемые. 2003. № 4. С. 412–424.
5. *Балуев А.С., Морозов Ю.А., Терехов Е.Н., Баянова Т.Б., Тюпанов С.Н.* Тектоника области сочленения Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы // Геотектоника. 2016. № 5. С. 3–35.
6. *Балуев А.С., Терехов Е.Н., Морозов Ю.А.* Массивы дезинтегрированных гранитоидов в зоне сочленения Восточно-Европейского кратона и Западно-Арктической платформы / Стратегия развития геологического исследования недр: настоящее и будущее (к 100-летию МГРИ-РГГРУ). Мат-лы междунар. практич. конф. МГРИ–РГГРУ. М.: Филтроткани, 2018. Т. 1. С. 12–13.
7. *Бероуш Р.А.* Фундамент // В кн.: Структурная геология и тектоника плит. М.: Мир, 1991. Т. 3. С. 265–269.
8. *Куликов Н.В., Коновалов В.А., Медведев С.А., Чигвинцев В.Д.* Новые данные о геологическом строении севера Кольского полуострова // Разведка и охрана недр. 2007. № 4. С. 22–25.
9. *Журавлев В.А., Павлов С.П., Рыжова Е.Ю., Шлыкова В.В.* Структура земной коры российской части Баренцева моря. II Междунар. научно-практич. конф. геол. и геофизиков. Сочи, 2–6 мая 2012, Сочи. Сочи: ЕАГО, 2012. С. 48–52.
10. *Леонов М.Г.* Внутриплитные зоны концентрированной деформации: тектоническая структура и особенности эволюции // Геотектоника. 2016. № 6. С. 3–26.
11. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В.* Граниты. Постмагматическая тектоника и углеводородный потенциал / К.Е. Дегтярев (ред.). М.: ГЕОС, 2018. 331 с. (Тр. ГИН РАН. 2018. Вып. 619).
12. *Леонов М.Г., Пржиялговский Е.С., Лаврушина Е.В., Рыбин А.К.* Постмагматическая тектоника гранитов фундамента Северного Тянь-Шаня // Литосфера. 2016. № 6. С. 5–25.
13. *Леонов М.Г., Морозов Ю.А., Стефанов Ю.П., Бакиев Р.А.* Зоны концентрированной деформации (структуры цветка): натурные наблюдения и данные моделирования // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 3. С. 693–720.
14. *Летников Ф.А., Гантимирова Т.П.* К проблеме информативности флюидных компонентов, заключенных в горных породах и минералах // Петрология флюидо-силикатных систем / Ф.А. Летников (ред.). Новосибирск: Наука, 1987. С. 4–22.
15. *Медведев С.А., Медведев Ст.А., Коновалов В.А.* Новые данные о геологическом строении северной

- части Кольского полуострова (блок Рыбачий–Средний) // Отечественная геология. 2009. № 6. С. 60–65.
16. Митрофанов Ф.П., Предовский А.А., Любцов В.В., Чикирев И.В. Структурная зональность прибрежной области Кольского полуострова в связи с перспективами ее нефтегазоносности // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 151–160.
 17. Морозов Ю.А., Матвеев М.А., Смутьская А.И., Кулаковский А.Л. Псевдотахилиты – два генетических типа // ДАН. 2019. Т. 484. № 5. С. 589–594.
 18. Оловянишников В.Г. Геологическое развитие полуострова Канин и Северного Тимана. Сыктывкар: Геопринт, 2004. 80 с.
 19. Пржиялговский Е.С., Леонов М.Г., Лаврушина Е.В. Гранитные протрузии в структуре зон внутриплитной активизации (Южная Монголия) // Геотектоника. 2014. № 3. С. 50–77.
 20. Строение литосферы российской части Баренц-региона / Н.В. Шаров, Ф.П. Митрофанов, М.Л. Верба, К. Гиллен (ред.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. 318 с.
 21. Терехов Е.Н., Круглов В.А., Левицкий В.И. Редкоземельные элементы в корундсодержащих метасоматитах и связанных с ними породах восточного Памира // Геохимия. 1999. № 3. С. 238–250.
 22. Терехов Е.Н., Шербакова Т.Ф. () К вопросу о происхождении положительной Еu-аномалии в кислых породах восточной части Балтийского щита // Геохимия. 2006. № 5. С. 483–500.
 23. Фуз Р. Вертикальные тектонические движения и сила тяжести во впадине Биг-Хорн и в окружающих хребтах Средних скалистых гор / В кн.: Сила тяжести и тектоника. М.: Мир, 1976. С. 434–445.
 24. Petrie B., Lakin M. License P.1368 (blocks 205/21a, 22a & 26b) Lancaster 'Fractured Basement' Discovery-Appraisal / Hurricane exploration. 2008. Presentation // www.envoi.co.uk
 25. Porras J.S., Ferro E., Castillo C.E., Machado V.I., Ochoa L.A., Chirinos N.E. Fractured basement: New exploratory target in La Concepcion field, Western Venezuela // Abstr. AAPG Ann. Meet. 2007. P. 203–205.
 26. Siedlecka A. Development of the Upper Proterozoic sedimentary basins of the Varanger Peninsula, East Finnmark, North Norway // Geol. Surv. Finl. Bull. 1985. Vol. 331. P. 175–185.
 27. Stacey J.S., Krames J.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model // Earth and Planet Sci. Lett. 1975. Vol. 26. № 2. P. 207–221.
 28. Trinh Xuan Cuong, Warren J.K. Bach ho field, a fractured granitic basement reservoir CUU Long Basin, offshore SE Vietnam: a “buried-hill” play // J. Petrol. Geol. 2009. Vol. 32. № 2. P. 129–155.

Рецензент: М.Г. Леонов

Massifs of the Disintegrated Granitoids in the Junction Zone of the East European and the West-Arctic Platforms: Composition, Age, and Hydrocarbon Potential

A. S. Baluev^{a,*}, Yu. A. Morozov^b, E. N. Terekhov^a, T. F. Shcherbakova^a, T. B. Bayanova^c, P. A. Serov^c

^aGeological Institute of RAS, 119017, Moscow, Russia

^bSchmidt Institute of Physics of the Earth of RAS, 123995, Moscow, Russia

^cGeological Institute Kola Sci. Centre of RAS, 184209, Apatity, Murmansk Region, Russia

*e-mail: albaluev@yandex.ru

In the fault zone Trollfjord–Rubachy–Canin, the major convergent suture between the East European platform and the West-Arctic platform, on the isthmus Cape Vestnic between the peninsula Sredny and peninsula Rubachy in the thickness of the Riphean terrigenous identified the arrays disintegrated granitoids, primarily belonging to the Archean crystalline basement and subsequently tectonically extruded in the upper horizons in the form of protrusions. Petrographic studies of disintegrated rocks of the Vestnik granitoid massif and the surrounding rocks testify to their high permeability and porosity in the crushing zones. The positive Eu anomaly and decrease in the content of light rare earth elements (REE) indicates the reducing nature of the fluids that acted on the disintegrated rocks, contributing to their formation under decompression conditions. Buried arrays of disintegrated granites may have reservoir properties. U–Pb and Sm–Nd isotopic studies of disintegrated plagiogranites with the model age of 2966 Ma allow to correlate them with rocks of the Murmansk block of the Baltic shield. According to Sm–Nd data, the dolerite dike, which cuts the plagiogranite massif, has age of 1333 ± 160 Ma (the Middle Riphean) on pyrite and plagioclase, which corresponds to the fragmentation of the foundation at the initial stage of continental rifting, which led to the formation of the paleorifts system of the White Sea. East of Cape Vestnik within the Barents Sea in the field of gravity recorded a chain of linear-arc contrast negative anomalies, interpreted with high probability as reflection of the plate-shaped arrays of disintegrated granitoids, included in the Riphean sedimentary thickness along the shear zone Trollfjord–Rubachy–Kanin, which suggests possible prospect of this zone under certain conditions for the content of hydrocarbons.

Keywords: disintegrated granitoids, protrusion, fracture, reservoir properties, Trollfjord–Rubachy–Kanin fault