

ской свит (линия 46), являющихся, как отмечалось выше, продуктами ближнего переотложения коры выветривания, вскрытой линией 50, при сходной морфологии выделений чаще содержит примесь меди. Одним из объяснений этому может быть преобладающе высокая (>900‰) пробность золота моховской и сергеевской свит.

В заключение можно сформулировать следующие основные выводы.

В Кинтерепском россыпном поле преобладает высокопробное (>900‰) золото с примесями (кроме Ag) Hg (до 8 масс. %) и Cu (до 4 масс. %). Наличие примесей Hg и Cu является региональной спецификой состава россыпного золота северо-западного Салаира.

Химический состав золота кор выветривания и россыпей Кинтерепского и соседнего, наиболее продуктивного в Егорьевском районе, Суенгинского россыпных полей имеет больше сходных черт, чем различий. Различия заключаются в основном в более высокой ртутности и более выраженной гипергенной преобразованности золота последнего [1].

По химическому составу и крупности выделений, золото аллювиальных россыпей преимущественно соответствует таковому кор выветривания. Эта связь прослеживается и в россыпях главного водотока р. Кинтереп. В продуктах местного перемыва кор выветривания и в аллювиальных россыпях повышен выход медьсодержащего золота. Относительно повышенное количество в россыпи нижнего течения р. Кинтереп гипергенно преобразованного золота может быть обусловлено выносом его левыми золотоносными притоками — ключами Пичугин, Назаровский и др., берущими начало на водоразделе рек Кинтереп и Суенга.

Наличие россыпи р. ПраЕловочка наглядно подтверждает постулат о том, что коренные рудные источники большинства россыпей Егорьевского района достоверно не установлены, в том числе в связи с плохой обнаженностью территории. Широкое распространение кор выветривания, даже слабо золотоносных, является благоприятным фактором для россыпеобразования.

По аналогии с наиболее изученным в Егорьевском районе Суенгинским россыпным полем [1, 6, 2] основными коренными источниками золота кор выветривания и россыпей Кинтерепского являются:

— жильное золотоокварцевое оруденение с очень высокопробным золотом I типа, в том числе и с медьсодержащей его разновидностью, коренные источники которой на Салаире пока достоверно не установлены. Известно лишь, что медьсодержащее золото есть в коре выветривания Лапинского рудопроявления [1], а в россыпях северо-западного Салаира оно встречается довольно часто [2];

— золото-сульфидно-кварцевое жильное или прожилково-вкрапленное в метасоматитах оруденение с ртутьсодержащим золотом 2 и 3 типов.

Работа выполнена в рамках Государственного задания, проект № 0330-2016-0001

ЛИТЕРАТУРА

1. *Золотоносность* кор выветривания Салаира / Л.П. Бобошко, И.П. Васильев, Ю.А. Калинин и др. / Под ред. О.П. Иванова, Н.А. Рослякова — Новосибирск: НИЦ ОИГГМ, 1995. — 170 с.
2. Колпаков, В.В. Россыпное золото Егорьевского района (северо-западный Салаир) как прогнозный критерий золотого оруденения / В.В. Колпаков, П.А. Неволько, П.А. Фоминых // *Разведка и охрана недр*. — 2017. — № 5. — С. 12–18.
3. *Минералогия* области сочленения Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны / Л.В. Алабин, И.П. Васильев, Ю.А. Калинин и др. / Под ред. О.П. Иванова, Н.А. Рослякова — Новосибирск: СО РАН, филиал «Гео», 2001. — 243 с.
4. *Нестеренко, Г.В.* Новое в изучении погребенных россыпей золота на Салаирском кряже / Г.В. Нестеренко, Я.М. Грицюк, С.Р. Осинцев // *Проблемы континентального россыпеобразования*. — Владивосток, 1984. — С. 225–234.
5. *Нестеренко, Г.В.* Эволюция россыпеобразования в полизональных ландшафтах / Г.В. Нестеренко, Ю.А. Калинин, В.В. Колпаков // *Геодинамика, магматизм и минералогия континентальных окраин Севера Пацифики*. — Магадан, 2003. — С. 229–232.
6. *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Кузбасская, лист N-45-XIII.* Составители: В.И. Беляев, В.В. Нечаев, В.Б. Дергачев, А.Н. Зудин, Ю.Г. Дагаев. Редакторы: В.Г. Свиридов, В.В. Нечаев, Л.С. Ратанов. Эксперт ЗС РЭС: Г.А. Бабин. Объяснительная записка. — Новосибирск: Департамент природных ресурсов по Сибирскому региону ФГУП «Новосибирская геолого-поисковая экспедиция», 2001. — 275 с.

© Колпаков В.В., Неволько П.А., 2019

Колпаков Владислав Владимирович // vladk@igm.nsc.ru
Неволько Петр Александрович // nevolko@igm.nsc.ru

УДК 552.3/6

Межеловская С.В., Межеловский А.Д. (МГРИ-РГГРУ)

КСЕНОГЕННЫЕ ЦИРКОНЫ В РАЗРЕЗЕ ВЕТРЕННОГО ПОЯСА КАК ПРИЗНАК КОРОВОЙ КОНТАМИНАЦИИ В ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЕ ЮГО-ВОСТОКА ФЕННО-СКАНДИНАВСКОГО ШИТА

*При изучении вулканогенно-осадочных структур, сформировавшихся на рубеже архей-протерозой, в первую очередь уделяется внимание определению возраста вулканитов, как наиболее информативных в геодинамическом отношении. Не является исключением и структура Ветренный пояс, в разрезе которой выделяются два крупных этапа вулканизма: первый — киричский и завершающий — коматиитовый. U-Pb датирование вулканических пород выявило участие корового вещества со средним возрастом 2.85 млрд лет при формировании Ветренного пояса. **Ключевые слова:** Ветренный пояс, изотопное датирование, контаминация, ксеногенные цирконы.*

Mezhelovskaya S.V., Mezhelovskiy A.D. (MGRI-RGGRU)
XENOGENIC CIRCONS IN A WINDY BELT SECTION AS A SIGN OF CRUST'S CONTAMINATION IN PALEOPROTEROZOIC OF SOUTH-EAST OF THE FENNOSKANDINAVIAN SHIELD

In the study of volcanic-sedimentary structures which were formed at the turn of Archaean and Proterozoic, first of all attention is paid to determining the age of volcanic rocks, as the most informative in geodynamic terms. The Windy belt

structure is not an exception, in the context of which two major stages of volcanism are standing out: the first is the Kirich stage and the Windy belt stage which is finishing the section of the structure. U-Pb dating of volcanic rocks revealed the participation of crustal matter with an average age of 2.85 billion years in the formation of the Windy belt section. Key-words: Windy belt, isotopic dating, contamination, xenogenic zircons.

Введение

Ветренный пояс расположен в юго-восточной части Фенноскандинавского щита и простирается с севера-запада на юго-восток примерно на 250 км, при ширине выходов 15–85 км. Пояс представляет собой осадочно-вулканогенную зеленокаменную структуру, на северо-востоке граничащую по зоне регионального надвига, четко фиксирующегося в геофизических полях по гравитационной ступени с Беломорским коллизионным орогеном. На юго-западе Ветренный пояс надвинут на палеоархейское серогнейсовое основание и мезоархейские зеленокаменные пояса Карельской гранит-зеленокаменной области. Максимальная мощность слагающего пояс осадочно-вулканогенного зеленокаменного комплекса достигает 7–8 км. Породы пояса метаморфизованы преимущественно в условиях зеленосланцевой фации, достигающей в зоне разрывных нарушений эпидот-амфиболитовой.

В разрезе Ветреного пояса выделяют следующие свиты (снизу вверх): терригенно-осадочная токсинская, сложенная кварцитами и кварцевыми гравелитами; киричская, представленная андезибазальтами, андезитами и их туфами. Выше залегает ряд терригенно-осадочных свит: калгачинская — конгломераты; кожозерская — известняки, доломиты, мергели; виленгская — песчаники, алевролиты и глинистые сланцы. Завершает разрез свита ветреного пояса, сложенная вулканитами коматиитовой серии (преимущественно коматиитовыми базальтами) и туфами основного состава [3].

Таким образом, в границах Ветреного пояса обособляются два этапа вулканизма: первый — в начале формирования структуры преимущественно андезибазальтовый (в объеме киричской свиты) и второй, завершающий развитие — коматиитовый (свита ветреного пояса). Такая последовательность вулканизма по составу носит антидромный характер, что не является уникальным для палеопротерозойских структур Фенноскандии. Ярким аналогичным примером служит Имандра-Варзугский сектор, где на кислых вулканитах сейдореченской свиты залегают коматиитовые базальты полисарской свиты.

За истинный возраст первого (киричского) этапа вулканизма принимается единственный опубликованный — 2437 млн лет [8], определенный U-Pb методом по циркону из дацитов. При этом, несмотря на многочисленные попытки разных исследователей повторно датирования андезибазальтов киричской свиты, аналогичные цифры не получены, что оставляет вопрос возраста вулканитов открытым.

Возраст коматиитового вулканизма долгое время оставался предметом бурных дискуссий, и в разные годы относился к сумию, сариолию и людиковию [1]. В конце 1990-х годов появились первые Sm-Nd датировки, которые составили 2410 ± 34 млн лет [8], позже были получены Re-Os и U-Pb данные, которые составили соответственно 2407 ± 6 млн лет [9] и 2405 ± 5 млн лет [5], отнеся структуру к сумийскому надгоризонту палеопротерозоя. Также авторами ранее были проведены исследования, позволяющие судить о том, что Ветренный пояс заложился в континентальных условиях на рубеже не древнее 2654 ± 38 млн лет [5] и ограничить историю его формирования интервалом около 250 млн лет.

Петрографо-геохимическая характеристика

Киричский вулканизм подробно изучен В.С. Куликовым, В.В. Куликовой и авторами на территории Водлозерского национального парка в пределах Киричской вулканоплутонической структуры. Из минералов преобладают амфиболы (актинолит-тремолит), слагающие основную массу, часто встречаются зерна рудных минералов. Плаггиоклаз представлен мелкими таблитчатыми выделениями, образует простые двойники, замещается агрегатом соссюрита. Иногда встречается ориентировка минералов, что свидетельствует о возможном влиянии разрывной тектоники. В целом породы преобразованы в эпидот-амфиболитовой фации метаморфизма, от первичных минералов практически ничего не сохранилось. Вулканисты несут следы явных преобразований, повсеместно встречаются порфиры включения, замещенные минералами группы эпидота, местами породы брекчированы и обильно эпидотизированы.

По содержанию петрогенных оксидов вулканиты отвечают базальтам, андезибазальтам, редко андезитами (SiO_2 52,48–57,18 %). Породы являются высокомагнезиальными — содержание MgO 6,51–9,39 %; низко- и умереннокалиевыми — K_2O 0,07–1,32 %; умереннотитанистыми — TiO_2 0,65–0,97 %; умеренно- и высокожелезистыми — FeO^* 6,35–12,3 %.

Анализ распределения редких элементов, нормированных на примитивную мантию (рис. 1), показал повышенные содержания некогерентных элементов: крупноионных литофилов (Cs, Rb, Ba), Th и U. При этом отмечаются устойчивые отрицательные аномалии Nb, P и в меньшей степени Ti. Такой характер распределения редких элементов в вулканитах киричской свиты, скорее всего, обусловлен процессами контаминации коровым веществом.

Кривая распределения P3Э, нормированных к хондриту C1 (рис. 2), характеризуется плавным понижением от легких элементов к тяжелым $(\text{La/Yb})_N$ — 1.70–6.31. Такая форма кривой распределения характерна для континентальнорифтовых условий вулканизма и в совокупности с вышеописанными характеристиками распределения редких земель может свидетельствовать о процессах контаминации.

Для определения возраста киричского вулканизма авторами была отобрана проба из андезибазальтов

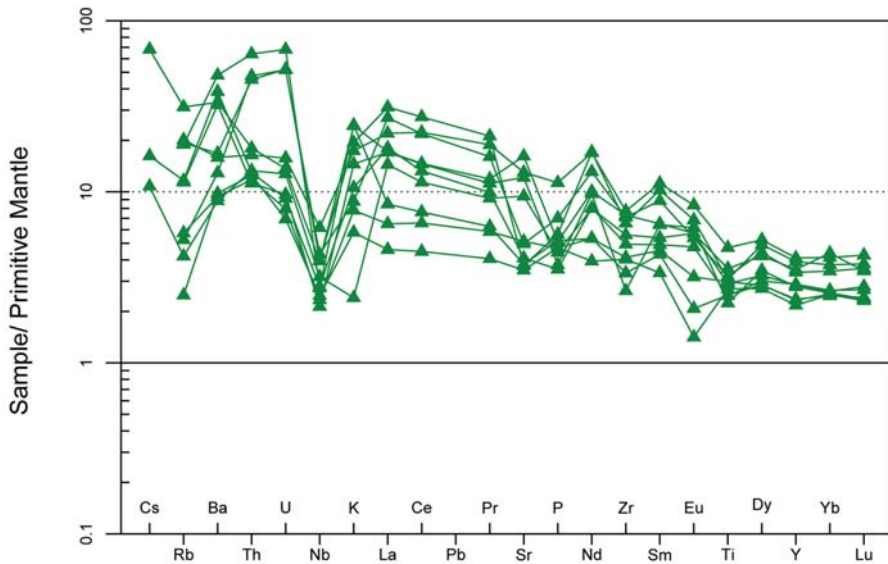


Рис. 1. Спектр распределения редких элементов для вулканитов киричской свиты. Нормирование по [10]

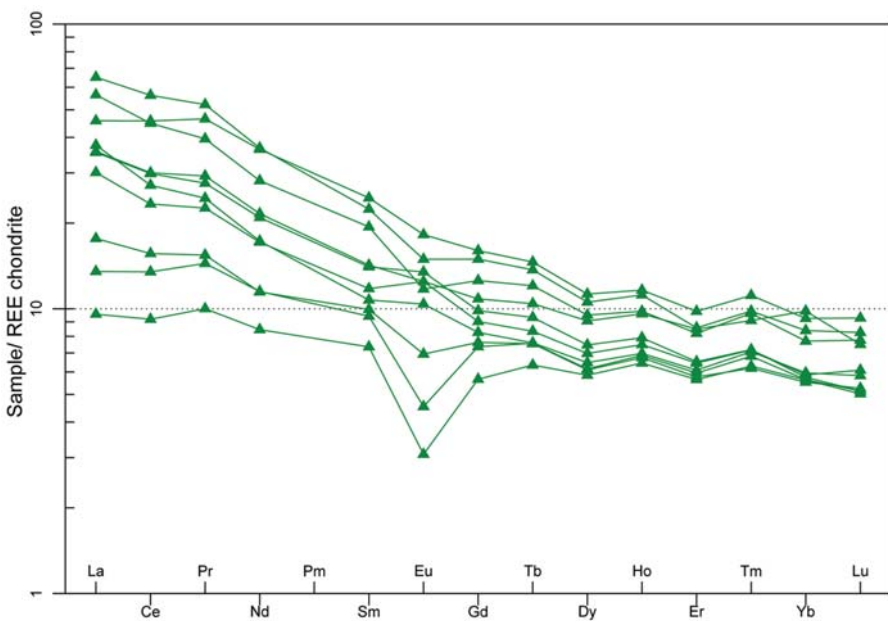


Рис. 2. Спектр распределения редкоземельных элементов для вулканитов киричской свиты. Нормирование по [7]

объемом 10 кг. В лаборатории ГИН РАН были выделены цирконы, количество которых (около сотни зерен) крайне нехарактерно для пород такого состава. Большинство зерен представлены мелкими изометричными выделениями с хорошей магматической зональностью, иногда призматическими вытянутыми и осколочными разновидностями. По цирконам было проведено U-Pb изотопное датирование методом лазерной абляции в лаборатории ГЕОХИ РАН. Всего было продатировано 28 зерен, 2 зерна были исключены в связи с высокой степенью дискордантности. Все полученные возраста лежат в интервале от 2817 ± 45 до 2863 ± 38 млн лет (рис. 3), что отвечает мезоархею.

Для установления природы цирконов в 14 зернах были определены содержания редких и редкоземель-

ных элементов. Отношение U/Th 1,37–3,09 (в среднем 2,06); Hf/U 93–268, (в среднем 147); Eu/Eu* в среднем 0,65, что весьма близко к показателям магматических цирконов. Характер распределения редких элементов, нормированных по хондриту, в целом идентичен с распределением в цирконах из гранит-аплитов [2]. Учитывая все вышеперечисленные данные можно сделать вывод, что цирконы являются захваченными при контаминации коровым веществом. Одним из наиболее вероятных источников цирконов являются ТТГ комплексы, обрамляющие Ветреный пояс.

Второй этап вулканизма — коматиитовый — имеет более широкое распространение. Коматиитовые базальты, слагающие свиту ветреного пояса, распространены на всем протяжении структуры при максимальной мощности до 4 км.

На диаграмме TAS (Le Bas et al.) вулканиты отвечают пикробазальтам, базальтам и андезитобазальтам — SiO_2 43,93–55,27 %. Породы относятся к низко- и умереннотитанистым (TiO_2 0,61–0,93 %), низко- и умереннокалиевым (K_2O 0,11–0,73 %), умеренножелезистым (FeO^* 8,63–14,35 %), высоко- и ультрамагнезиальным (MgO 6,83–28,72 %). Аномально высокие содержания MgO при умеренном (от 0,2 до 1 %) TiO_2 позволяют отнести вулканиты к коматиитовой серии.

Характер распределения мультиэлементных спектров коматиитового вулканизма, при нормировании на примитивную мантию

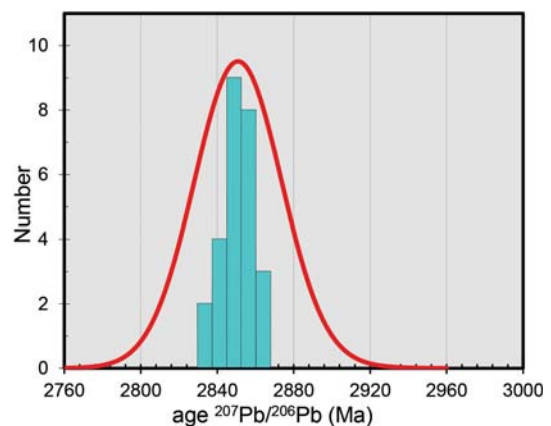


Рис. 3. Гистограмма распределения возрастов цирконов из вулканитов киричской свиты

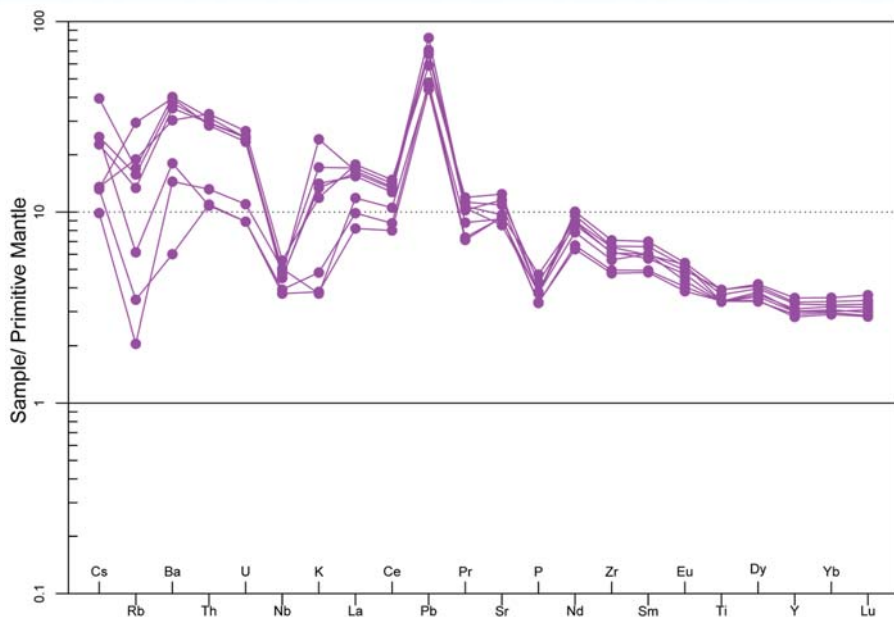


Рис. 4. Спектр распределения редких элементов для вулканитов свиты ветреного пояса. Нормирование по [10]

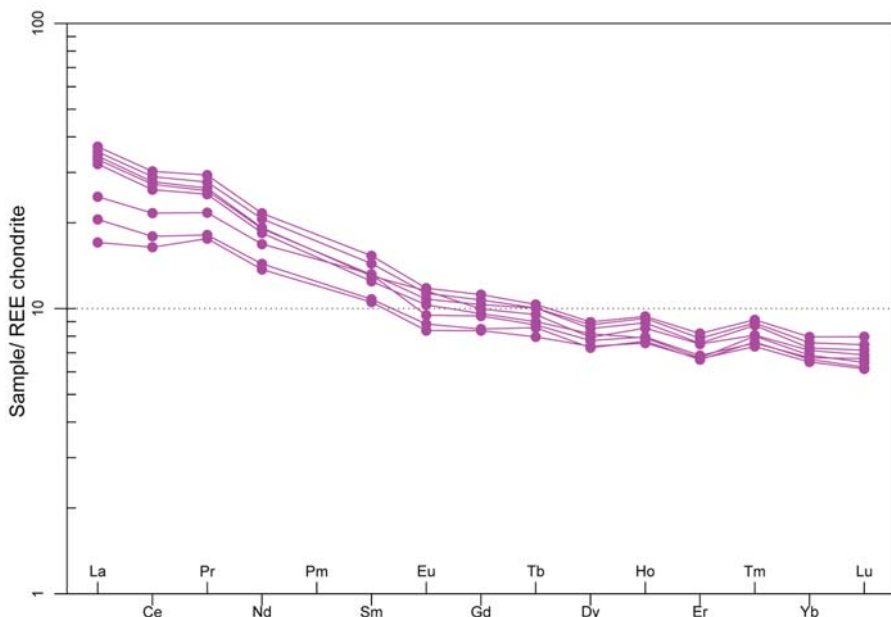


Рис. 5. Спектр распределения редкоземельных элементов для вулканитов свиты ветреного пояса. Нормирование по [7]

(рис. 4), схож с распределением в андезибазальтах кировского вулканизма. Отчетливые минимумы Nb, P и Ti на фоне резкого положительного максимума Pb могут свидетельствовать о контаминации мантийного коматиитового расплава коровым веществом. Распределение РЗЭ, нормированных к хондриту C1 (рис. 5), также характеризуется плавным понижением от легких элементов к тяжелым $(La/Yb)_N = 2.62-4.95$, свидетельствуя о континентальных условиях вулканизма.

Для определения возраста коматиитового вулканизма авторами на г. Голец (северо-западное окончание Ветреного пояса) были отобраны две объемные пробы: первая — из наиболее раскристаллизованной части дифференцированного потока коматиитовых базаль-

тов, вторая — из скрытокристаллической разновидности. Из каждой пробы было выделено по одному зерну циркона и проведено U-Pb датирование методом TIMS в лаборатории КНЦ РАН. Из раскристаллизованной части потока был выделен циркон изометричной формы, водяно-прозрачного цвета, без признаков зональности; возраст данного циркона составил 2405 ± 5 млн лет [5].

В скрытокристаллической разновидности было обнаружено единичное зерно циркона призматической формы, светло-желтого цвета, со следами коррозии и низкими содержаниями U и Th. Судя по внешнему облику и следам коррозии скорее всего он был захвачен лавовым потоком. Возраст данного ксеногенного циркона составил 2850 ± 5 млн лет. При этом случаи нахождения в коматиитовых базальтах ксеногенных цирконов не единичны [4]. В работе [6] отмечаются находки циркона с возрастом 2801 ± 16 млн лет.

По всей видимости за истинный возраст коматиитового вулканизма следует принять цифру 2405 ± 5 млн лет, которая подтверждена [8, 9] Sm-Nd (2410 ± 34 млн лет) и Re-Os (2407 ± 6 млн лет) методами, а также датировками комагматичного интрузива Руйга — 2415 ± 11 млн лет [5]. Цирконы с возрастом более 2800 млн лет можно считать захваченными из ТТГ комплексов Водлозерского блока, граничащего с Ветренным поясом.

Выводы

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы: структура Ветреного пояса заложились

на континенте на рубеже архея и протерозоя, но не древнее 2654 млн лет, а закончила свое формирование в интервале 2405–2415 млн лет. Количество цирконов, выделенных из нижней вулканогенной толщи, является аномальным; по зональности и морфологии они относятся к магматическим, а характер распределения редких элементов позволяет предположить их кристаллизацию из кислого магматического источника. Возраст, полученный по цирконам, укладывается в узкий интервал 2817–2863 млн лет, что соответствует возрасту ТТГ комплексов, обрамляющих вулканогенно-осадочную структуру Ветренный пояс. Следовательно, данные цирконы, скорее всего, являются захваченными при сумийском вулканизме. В работе [9] дока-

зывается контаминация коматиитовых расплавов завершающего этапа вулканизма ТТГ комплексами Водлозерского блока, что также объясняет наличие циркона с возрастом 2850 ± 5 млн лет в дифференцированном лавовом потоке. Антидромная последовательность вулканизма может быть связана с различной степенью контаминации коровым веществом первичных мантийных расплавов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00592.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов, Ю.Б. Результаты деятельности региональной межведомственной стратиграфической комиссии по Северо-Западу России / Ю.Б. Богданов, В.И. Робонен // Геология Карелии от архея до наших дней. — Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2011. — С. 56–65.
2. Каулина, Т.В. Образование и преобразование циркона в полиметаморфических комплексах / Т.В. Каулина. — Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2010. — 144 с.
3. Куликов, В.С. Ветренный пояс: тектоно- и петротип палеопротерозоя Юго-Восточной Фенноскандии / В.С. Куликов, В.В. Куликова, Я.В. Бычкова // Геология Карелии от архея до наших дней. Матер. докладов Всеросс. конф., посвященной 50-летию Института геологии Карельского научного центра РАН. — Учреждение Российской академии наук Карельский научный центр; Учреждение РАН Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, 2011. — С. 91–103.
4. Куликова, В.В. Ксеногенные цирконы в некоторых мафит-ультрамафитовых породах ЮВ Фенноскандинавского щита / В.В. Куликова, Я.В. Бычкова, В.В. Куликов // Современная минералогия: от те-

ории к практике: Матер. XI Съезда Российского минералогического общества. — СПб: СПГУ, 2010. — С. 210–211.

5. Межеловская, С.В. Временной диапазон формирования осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного пояса. Стратиграфия, геологическая корреляция / С.В. Межеловская, А.К. Корсаков, А.Д. Межеловский и др. — М.: Наука, 2016. — Т. 24. — № 2. — С. 3–16.
6. Смолькин, В.Ф. Генезис высокомагнезиальных вулканитов Ветреного пояса палеопротерозоя по данным исследований U-Pb- и Lu-Hf-систем в цирконах (Восточная Карелия) / В.Ф. Смолькин, Е.В. Шарков, К.И. Лохов и др. // ДАН. — 2011. — Т. 439. — № 4. — С. 528–533.
7. Boynton, W.V. Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies / W.V. Boynton / Ed. Henderson P. Rare earth element geochemistry. — Amsterdam: Elsevier, 1984. — P. 63–114.
8. Pukhtel, I.S. Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from the Vetreny Belt, South-Eastern Baltic Shield: evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere / I.S. Puhtel, K.M. Haase, A.W. Hofmann, C. Chauvel, V.S. Kulikov, C.D. Garbe-Schnberg, A.A. Nemchin // Geochim. Cosmochim. Acta. — 1997. — Vol. 61. — P. 1205–1222.
9. Pukhtel, I.S. Lithophile and siderophile element systematics of Earth's mantle at the Archean-Proterozoic boundary: Evidence from 2.4 Ga komatiites. Geochimica et. Cosmochimica Acta / I.S. Puhtel, K.M. Haase, A.W. Hofmann, C. Chauvel, V.S. Kulikov, C.D. Garbe-Schnberg, A.A. Nemchin. — 2016. — 180. — 227–255.
10. Sun, S.S. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes / S.S. Sun, W.F. McDonough // Magmatism in the oceanic basins. Eds. A.D. Saunders, M.J. Norry. Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. — № 42. — P. 313–345.

© Межеловская С.В., Межеловский А.Д., 2019

Межеловская Софья Владимировна // mezhelsofya@gmail.com
Межеловский Алексей Дмитриевич // geocon@yandex.ru

ГЕОФИЗИКА

УДК 553.411.071, 550.83

Беляшов А.В.¹, Александров С.П.², Дадькин С.В.³, Дадькин В.С.⁴ (1 — РУП «НПЦ по геологии», Республика Беларусь, 2 — ЗАО «Северная горно-геологическая компания «Тера», 3 — Отдел геологии и лицензирования по Брянской, Смоленской и Орловской областям Департамента по недропользованию по ЦФО, 4 — НИС ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКА АЛМАЗОНОСНЫХ ТРУБОК ВЗРЫВА НА ДОБРУШ-НОВОЗЫБКОВСКОЙ ПЛОЩАДИ

При переинтерпретации геофизических полей в связи с глубинным геологическим картированием на юго-востоке Республики Беларусь было обращено внимание на наличие изометричных магнитных аномалий размером несколько более 1×1 км на площади к северо-западу от г. Добруш. Подобные аномалии были установлены и на территории России к западу от г. Новозыбков до границы Республики Беларусь. В данной работе рассматриваются параметры и возможные перспективы указанных аномалий на Добруш-Новозыбковской площади. **Ключевые слова:** алмазонасные трубки, Добруш-Новозыбковская площадь, перспективные геофизические участки.

Belyashov A.V.¹, Aleksandrov S.P.², Dadykin S.V.³, Dadykin V.S.⁴ (1 — RUE «NPC on Geology», Republic of Belarus, 2 — North Mining and Geological Company «Tera», 3 — Department for Subsoil Use in the CFD, 4 — Bryansk State Technical University) PROSPECTS FOR SEARCHING DIAMOND TUBES OF EXPLOSION ON DOBRUSH-NOVOZYBKOVSKY SQUARE

*When re-interpreting geophysical fields, in connection with deep geological mapping in the southeast of Belarus, attention was drawn to the presence of isometric magnetic anomalies with a size of slightly more than 1×1 km in area to the north-west of Dobrush. Similar anomalies were also established on the territory of Russia to the west of Novozybkov — to the border of Belarus. In this paper, we consider the parameters and possible prospects of these anomalies at the Dobrush Novozybkovsky area. **Keywords:** diamond-bearing tubes, Dobrush-Novozybkovsky area, perspective geophysical areas.*

Введение

Сокращенный обзор запада Восточно-Европейской платформы, касающийся алмазной проблематики, показан на рис. 1. Как известно, в настоящее время ведется добыча алмазов в Архангельской области на трубках Ломоносовской и им. Гриба — на Золотицком поле трубок взрыва Зимнего Берега, которое имеет карбоновый возраст (В.И. Ваганов, 2000). В относи-