



THE RELATIONSHIP BETWEEN KIMBERLITE AND BASALT MAGMATISM IN THE NAKYN FIELD OF THE YAKUTIAN KIMBERLITE PROVINCE BASED ON THE STUDY OF THE NYURBA PIPE

S.M. Sablukov  , L.I. Sablukova

LLC RUSGEO INC., 3-2 Moldagulova St, Moscow 111538, Russia

ABSTRACT. The paper touches upon the relationships between kimberlite and basalt magmatism in the Nakyn field of the Yakutian kimberlite province. It was established, that the source for melts of pre-kimberlite basite was the ancient enriched lithosphere mantle probably with participation of the ancient lower crust substance (EM II) and post-kimberlite basite, i.e. the depleted mantle feasibly with the younger upper crust substance involved. The impact of basalt melt on kimberlites of the Nyurba pipe proceeds as moderate thermal metamorphism, with the kimberlite rocks in the zone of exocontact acquiring increased strength and notably increased magnetic susceptibility.

KEYWORDS: Nakyn; kimberlite; basite; thermal metamorphism; isotopy; prospecting

FUNDING: The work was performed with the financial support of ALROSA (PJSC), contracts 11/07, 12/09 and 01-NIR-V/14.

SHORT COMMUNICATION

Correspondence: Sergey M. Sablukov, sablukoff@rambler.ru

Received: June 14, 2022
Revised: September 1, 2022
Accepted: September 12, 2022

FOR CITATION: Sablukov S.M., Sablukova L.I., 2022. The Relationship between Kimberlite and Basalt Magmatism in the Nakyn Field of the Yakutian Kimberlite Province Based on the Study of the Nyurba Pipe. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (4), 0659. doi:10.5800/GT-2022-13-4-0659

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ КИМБЕРЛИТОВОГО И БАЗАЛЬТОВОГО МАГМАТИЗМА В НАКЫНСКОМ ПОЛЕ (ЯКУТСКАЯ КИМБЕРЛИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ТРУБКИ НЮРБИНСКОЙ

С.М. Саблуков, Л.И. Саблукова

ООО ИНПК «РУСГЕО», 111538, Москва, ул. Молдагуловой, 3/2, Россия

АННОТАЦИЯ. В статье затронуты проблемы взаимоотношений кимберлитового и базальтового магматизма в Накынском поле Якутской кимберлитовой провинции. Установлено, что источником расплавов докимберлитовых базитов была древняя обогащенная литосферная мантия с вероятным участием древнего нижнекорового вещества (ЕМ II), а посткимберлитовых базитов – деплетированная мантия с вероятным участием вещества молодой верхней коры. Воздействие базальтового расплава на кимберлиты трубки Нюрбинской проявлено в виде умеренного термального метаморфизма, при этом кимберлитовые породы в зоне экзоконтакта приобретают повышенную прочность и резко повышенную магнитную восприимчивость.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Накын; кимберлиты; базиты; термальный метаморфизм; изотопия; поиски

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Работа выполнена при финансовой поддержке АК «АЛРОСА» (ПАО), договоры № 11/07, № 12/09 и № 01-НИР-В/14.

1. ВВЕДЕНИЕ

По данным большинства исследователей, проявления базальтового и кимберлитового магматизма Накынского поля приурочены к единой среднепалеозойской (девонской) эпохе активизации и образовались в четыре последовательные стадии: 1 – докимберлитовые толеитовые базиты; 2 – кимберлиты; 3 – посткимберлитовые щелочные базиты; 4 – взрывчатые брекчии [Tomshin et al., 1998; Kiselev et al., 2014]. При этом все известные типы магматизма Накынского поля проявились на крайне небольшом пространстве трубки Нюрбинской, что делает эту трубку эталонным объектом изучения пространственно-временных взаимоотношений всех типов магматических проявлений Накынского поля [Tomshin et al., 2004; Sablukov, Sablukova, 2021]. Детальное изучение кимберлитов и базитов во время разведочных и добычных работ на трубке Нюрбинской позволило уточнить характер их взаимоотношений.

2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

За время работы в 2006–2016 гг. нами изучен керн пятидесяти скважин по трубке Нюрбинской, в том числе керн 14 скважин, вскрывших базальтовые породы, а также обнажение апикальной части дайки базальтов и гетерогенных брекчий базитов, вскрытое в стенке карьера. Характер всех изученных нами видимых контактов однозначно определяет более позднее образование тел базитов по отношению к кимберлитам; при этом докимберлитовые базиты присутствуют в трубке только в виде ксенолитов в кимберлитовых породах. При целенаправленных поисках ксенолитов базитов в кимберлитах в керне разведочных скважин, в карьере и на рудном дворе нами обнаружено 36 образцов, 29 из которых были детально изучены.

Все типы пород изучались визуально *in situ* и под биноклем, а также с помощью анализов: петрогра-

фического, минералогического, рентгенодифрактометрического, силикатного, ICP-MS, изотопного (K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd) и рентгеноспектрального микроанализа минералов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кимберлитовая трубка Нюрбинская представляет собой сложно построенный вулканический комплекс, образованный в результате многоэтапного проявления локальной вулканической активности. Кроме нескольких магматических тел, образованных кимберлитами разных фаз внедрения, в этот комплекс входит более древняя интрузия дотрубочных базитов (представленная только ксенолитами в кимберлитах) и более молодая, прорывающая кимберлиты интрузия посттубочных базитов [Sablukov et al., 2008]. При этом сама кимберлитовая трубка имеет сложное строение, она состоит из двух тел: Северного тела (основного, однокорневого) и Южного тела (сопутствующего, трехкорневого), которые совмещаются в верхней части трубки с неуставленным характером контакта. По косвенным признакам Южное тело внедрилось позже Северного (рис. 1).

Докимберлитовые базиты в виде фрагментов (ксенолитов) овальной, реже угловатой формы и размером от 2 до 20 см встречаются и в Северном, и в Южном теле кимберлитов трубки Нюрбинской, прежде всего в туффизитах кимберлитов («автолитовых брекчиях»), реже в лавах («порфировых кимберлитах»). Иногда они отмечаются в случайных спилах керна скважин и в шлифах. По составу выделяются три группы пород.

1. Низкотитанистые базиты (24 обр., 96.8 % по объему) представлены в основном массивными среднезернистыми долеритами. Для них характерно очень низкое содержание TiO_2 (0.77 мас. %), высокое содержание Al_2O_3 (17.57 мас. %), повышенная щелочность при

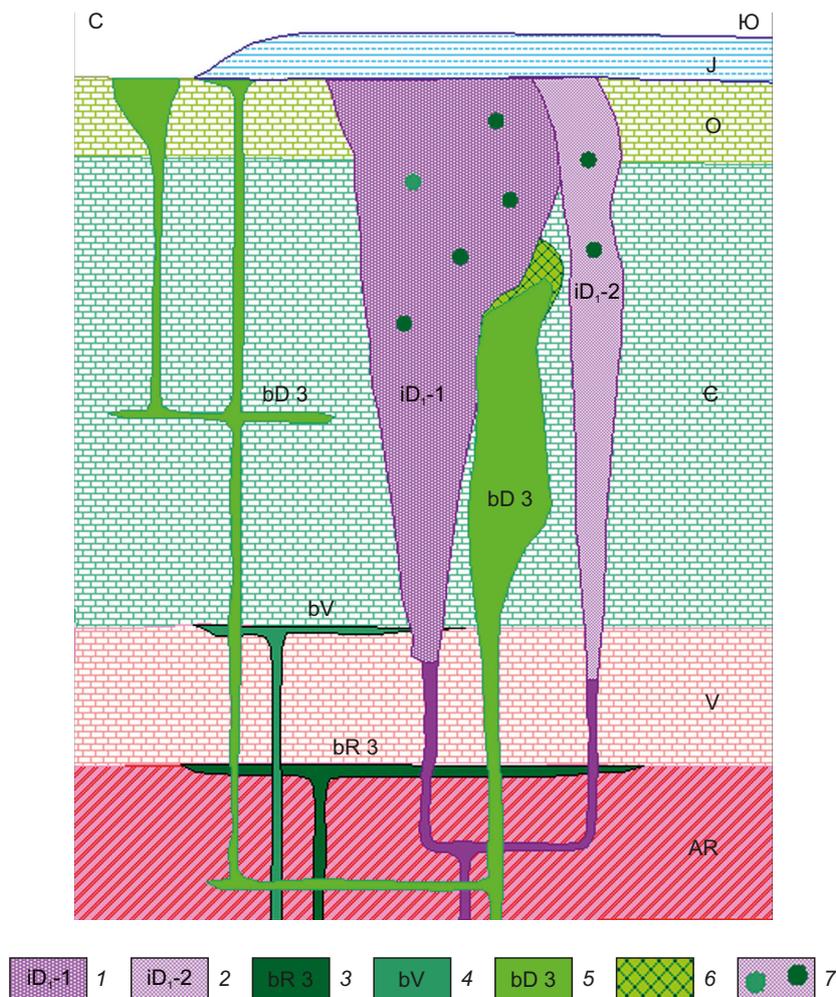


Рис. 1. Взаимоотношения продуктов кимберлитового и базальтового магматизма в трубке Нюрбинской (модельный разрез по линии Север – Юг).

1 – Северное тело кимберлитов; 2 – Южное тело кимберлитов; 3 – базальты рифея; 4 – базальты венда; 5 – базальты девона; 6 – гетерогенные брекчии базальтов девона; 7 – ксенолиты базальтов рифея и венда в кимберлитах.

Fig. 1. Relationships between kimberlite and basalt magmatism in the Nyurbinskaya pipe (model section through the North-South line). 1 – Northern body of kimberlites; 2 – Southern body of kimberlites; 3 – Riphean basalts; 4 – Vendian basalts; 5 – Devonian basalts; 6 – heterogeneous breccias of Devonian basalts; 7 – xenoliths of Riphean and Vendian basalts in kimberlites.

принадлежности калиево-натриевой серии ($Na_2O+K_2O=3.79$ мас. %; $K_2O/Na_2O=2.36$), низкое содержание большинства некогерентных элементов, особенно Nb и Ta. Базиты этого типа имеют наиболее древний возраст внедрения (R_3-V_1 , 703 ± 82 (Rb-Sr) и 656 ± 15 (K-Ar) млн лет) и наиболее древний модельный возраст мантийного источника ($T_{Nd}(DM)=2450$ млн лет при $eNd=-12.2$ и $eSr=+54.6$) среди всех магматитов трубки.

2. Титанистые базиты (4 обр., 3.2 % по объему) также представлены массивными среднезернистыми долеритами. Отличаются от базитов 1-й группы более высоким содержанием TiO_2 (2.52 мас. %), пониженным Al_2O_3 (15.37 мас. %), более высоким содержанием некогерентных элементов, особенно Nb и Ta (в три раза). Базиты этого типа моложе по возрасту внедрения (V_2-E_1 , 537 ± 13 млн лет) и модельному возрасту мантийного источника ($T_{Nd}(DM)=2140$ млн лет при $eNd=-7.5$ и $eSr=+37.9$).

3. Высокотитанистые базиты (1 мелкий обр., случайно встреченный в шлифе кимберлита, 0.01 % по объему) характеризуются афанитовым строением и микропорфировой структурой. Отличаются от базитов 1-й группы резко повышенным содержанием TiO_2 (4.68 мас. %), железа, пониженным Al_2O_3 (14.27 мас. %), более высоким содержанием некогерентных элементов, особенно Nb и Ta (в семь раз). Возраст не определен, а модельный возраст мантийного источника $T_{Nd}(DM)=1020$ млн лет при $eNd=+1.8$ и $eSr=+42.9$.

Кимберлиты трубки Нюрбинской по составу очень необычны для Якутской алмазоносной провинции. По геохимическим особенностям и отсутствию пикроильменита они близки к кимберлитам группы 2 Южной Африки и кимберлитам Al-серии Архангельска, однако присутствие мегакристов титанистого оранжевого пироба и Nd-Sr изотопные характеристики сближают их с кимберлитами группы 1 Южной Африки,

кимберлитами других полей Якутии и кимберлитами Fe-Ti-серии Архангельска. Они имеют необычно древний возраст внедрения (D_{1ems} , 399.6 ± 4.6 млн лет) и необычно древний модельный возраст мантийного источника ($T_{Nd}(DM)=1100$ млн лет при $\epsilon Nd=+1.0$ и $\epsilon Sr=+25.2$).

Посткимберлитовые базиты в трубке образуют «слепое» тело типа удлиненного в плане штока северо-восточного простирания (мощностью до 100 м, длиной более 300 м). Кровля этого штока расположена на глубине около 220 м от доюрской палеоповерхности, с учетом эрозионного среза трубки – на глубине 620–870 м. Основное тело этого штока имеет зональное внутреннее строение, в нем происходит смена типов пород в направлении край – центр интрузива: базальтовое стекло – гиалобазальты – тонкозернистые долериты – среднезернистые долериты – среднезернистые лейкократовые кварцевые долериты.

Верхняя часть штока базитов в зоне непосредственного контакта базитов с кимберлитами и раздробленными вмещающими известняками имеет очень сложное строение, она состоит из брекчированных и метасоматизированных пород самого разного внешнего облика и условий образования – гетерогенных брекчий базальтов (или «эксплозивных брекчий» по [Tomshin et al., 1998]).

В средней части кровли штока базитов, где базальты контактируют непосредственно с туффизитами кимберлитов, область базитовых пород с нарушенной сплошностью и с зоной развития апофиз базальтовых стекол и гиалобазальтов в кимберлитах достигает мощности 17 м. Гетерогенные брекчии представлены здесь породами лавового облика – кластолавами, гиалокластитам и лавокластитам базальтов. В последних широко развиты зоны метасоматизированных лавокластитов базальтов, цемент которых состоит из высокотемпературных метасоматических минералов – флогопита (50 об. %), клинопироксена (16 об. %), калиевого полевого шпата (8 об. %) с примесью калиевого рихтерита (определен петрографически), меньше – вторичных минералов.

Породы верхней («апикальной») части кровли штока базитов отличаются большей степенью проявления эксплозивных процессов и, соответственно, «туфовым» характером цементации пород. Они представлены туфами и ксенотуфами базальтов, «обломочными» и «лапиллиевыми» эруптивными брекчиями базальтов, брекчиями вмещающих осадочных пород с апофизами базальтовых стекол. Именно в «обломочных» эруптивных брекчиях базальтов иногда отмечаются редкие включения материала из кимберлитов (зерна флогопита, мелкие фрагменты кимберлитов, ксенолиты гранулитов). Мощность зоны брекчированных осадочных пород с обломками и лапиллями базитов, с апофизами базальтовых стекол и гиалобазальтов может достигать 32 м.

Породы штока базитов в направлении от края к центру массива слабо меняют химический состав, для

них характерна повышенная щелочность при принадлежности калиево-натриевой серии ($Na_2O+K_2O=4.13$ мас. %; $K_2O/Na_2O=1.43$), низкое содержание алюминия (11.66 мас. % Al_2O_3), высокое содержание железа (13.57 мас. % $FeO_{общ.}$) и титана (4.55 мас. % TiO_2), а также повышенное содержание большинства некогерентных элементов. Содержание K_2O увеличивается при приближении к контакту с кимберлитом от 1.19 мас. % в долеритах до 4.56 мас. % в гиалобазальтах, содержание Na_2O в той же последовательности уменьшается от 1.96 мас. % до 0.22 мас. %. Закалочное базальтовое стекло из апофиз в кимберлитах по химическому составу занимает особое положение, в частности по содержанию Na_2O (0.99 мас. %) и K_2O (0.65 мас. %). Обломки и лапилли базальтов в эруптивных брекчиях верхней части кровли штока геохимически близки базитам основной части штока.

Возраст внедрения посткимберлитовых базитов (самых молодых образований в трубке) определен как D_3-C_1 (от 328 ± 4 до 369 ± 8 млн лет, в среднем 357 ± 14 млн лет). Возраст дайки гиалобазальта из гетерогенных брекчий также укладывается в этот интервал. Модельный возраст мантийного источника посткимберлитовых базитов $T_{Nd}(DM)=770$ млн лет при $\epsilon Nd=+4.7$ и $\epsilon Sr=+43.7$.

Область экзоконтакта базитового штока имеет общую мощность около 30 м и разделяется по характеру и степени «пропарки», изменения кимберлитовых пород по мере приближения к базитам на три зоны: зона пропарки внешняя (слабая), зона пропарки средняя (умеренная) и зона пропарки внутренняя (сильная).

Основным процессом изменения кимберлитовых пород в этих зонах был термальный метаморфизм («мягкая закалка») – перекристаллизация вещества при сохранении современного общего минерального состава (серпентин + септохлорит + кальцит + тальк), единственное заметное отличие – полное замещение в кимберлитах зоны экзоконтакта флогопита и новообразование агрегатов магнетита. Развитие высокотемпературных минеральных новообразований, таких как редкая вкрапленность мельчайших кристаллов амфибола (до 0.05 мм), – явление экзотическое. Собственно метасоматические процессы проявлены крайне слабо, процесс преобразования кимберлитов в зоне экзоконтакта штока базитов имел практически изохимический характер, происходило лишь экстрагирование базальтовым расплавом из кимберлитов наиболее подвижных элементов (K, Rb, Cs, Ba, Sr), а также развитие типичной гидротермальной сульфидной жильной минерализации (минералы Cu, Zn, Pb, Ni).

Кимберлитовые породы в зоне экзоконтакта приобретают необычные физические свойства: повышенную прочность («стеклоподобное» состояние) и резко повышенную магнитную восприимчивость. Отмечается также резкое отличие морфологии зерен пиропов в верхней, удаленной от базитов части трубки (наложенный, пирамидально-черепитчатый микрорельеф 2-го типа) и в зоне экзоконтакта штока базитов (исходный, первичный гребенчато-волнистый микрорельеф

1-го типа и развитие мощных магнетитовых келифи-
товых кайм).

4. ОБСУЖДЕНИЕ

Разновозрастные вулканические породы трубки
Нюрбинской в одной точке фиксируют временную
эволюцию мантийных источников основных и ультра-
основных магматических расплавов с позднего рифея
до раннего карбона в последовательности возраста
внедрения (млн лет): 703–537 – ? (докимберлитовые
базиты) – 399 (кимберлиты) – 357 (посткимберлитовые
базиты). В той же последовательности уменьшается
модельный возраст мантийного источника расплавов
 $T_{Nd}(DM)$ (млн лет): 2450–2140–1020 (докимберлитовые
базиты) – 1110 (кимберлиты) – 760 (посткимбер-
литовые базиты), что соответствует этапам эволюции
мантии. Источником расплавов докимберлитовых ба-
зитов была древняя обогащенная литосферная мантия
с вероятным участием древнего нижнекорового
вещества (EM II), а посткимберлитовых базитов – депле-
тированная мантия с вероятным участием вещества

молодой верхней коры. В геохимическом отношении
докимберлитовые базиты соответствуют высокогли-
ноземистым известково-щелочным базальтам вулка-
нических поясов активных континентальных окраин
и зрелых островных дуг зон субдукции, а посткимбер-
литовые базиты – резко геохимически обогащенным
высокожелезистым и высокотитанистым внутриплит-
ным толеитовым базальтам.

Кимберлиты трубки Нюрбинской имеют значитель-
но более древний возраст внедрения (D_{1ems} , 399 млн лет)
и модельный возраст мантийного источника ($T_{Nd}(DM)$
=1100 млн лет) по сравнению с другими алмазоносны-
ми кимберлитами Якутской провинции (D_3 360–370 млн
лет и $T_{Nd}(DM)$ =600–700 млн лет). Возможно, именно
более древний возраст образования определил уни-
кальность состава кимберлитов Накынского поля, об-
разовавшихся до интенсивных процессов плюмообра-
зования в мантии в позднем девоне – раннем карбоне,
которыми вызвано и образование посткимберлитовых
высокотитанистых базитов трубки Нюрбинской, по
возрасту внедрения и возрасту мантийного источника

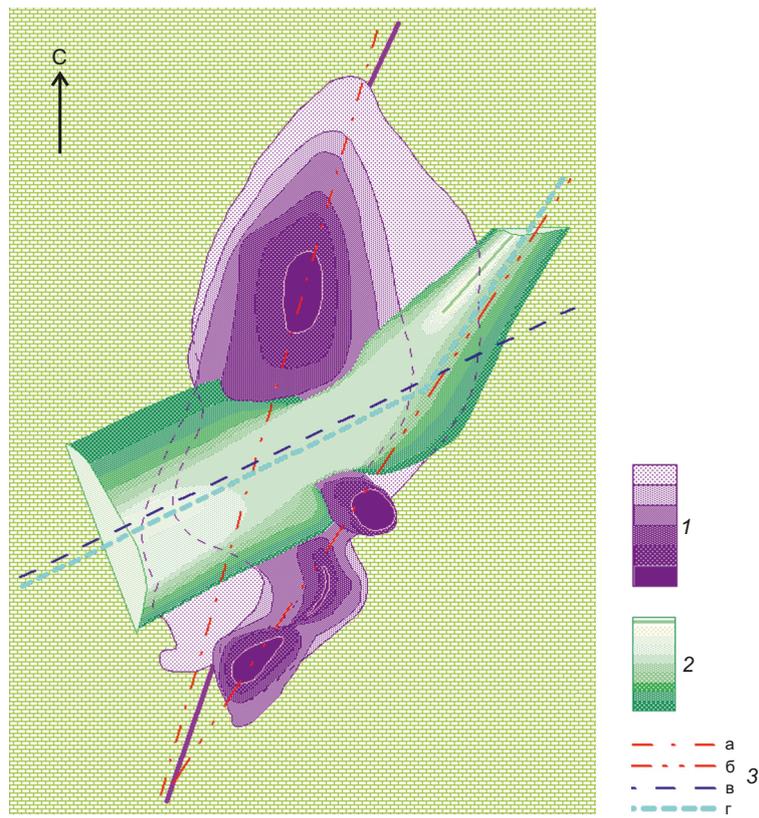


Рис. 2. Модельный план трубки Нюрбинской с условно снятыми кимберлитовыми породами выше контакта со штоком базитов (использованы данные Мирнинской ГРЭ).

1 – изменение контура трубки с глубиной; 2 – изменение контура штока базитов с глубиной; 3 – разломы: а – кимберлитов рудоконтролирующий (СВ 15°), б – кимберлитов опережающий (СВ 32°), в – базитов магмоконтролирующий (СВ 64°), г – про-
стирание штока базитов в трубке.

Fig. 2. Model plan of the Nyurba pipe with conditionally removed kimberlite rocks above the contact with the basite stock (data from Mirniy GRE).

1 – change of the contour of the pipe with depth; 2 – change of the contour of the basite stock at depth; 3 – faults: а – kimberlite ore-
controlling (NW 15°), б – kimberlite feathering (NW 32°), в – magma-controlling basite (NW 64°), г – stretching of the basite stock in
the pipe.

аналогичных алмазоносным кимберлитам других полей Якутии.

Рудовмещающий разлом трубки Нюрбинской по азимуту (СВ 15°) совершенно не соответствует разломам, контролирующим размещение тел базитов Накынского поля (СВ 64°). Основное, Северное, тело трубки внедрилось вдоль главного рудовмещающего разлома (СВ 15°), а Южное тело трубки – вдоль оперяющего разлома (СВ 32°). Шток посткимберлитовых базитов внедрился в ослабленную зону между Северным и Южным телом кимберлитов трубки, причем западнее трубки – по азимуту основных базальтовых разломов поля (СВ 64°), а затем – вдоль оперяющего разлома трубки (СВ 32°), что косвенно подчеркивает посткимберлитовое внедрение этого штока базитов (рис. 2).

Воздействие базальтового расплава внедрившегося штока на кимберлиты трубки проявлено очень слабо, только в виде умеренного термального метаморфизма, сколько-нибудь заметных признаков высокотемпературного скарнирования (как в трубке Краснопресненской) не отмечено, как и не отмечено наложенное появление на зернах пиропов пирамидально-черепитчатой поверхности 2-го типа (в трубке Нюрбинской – обратное поведение пиропов). Минимальное контактное воздействие штока базитов на кимберлиты трубки Нюрбинской, на наш взгляд, можно объяснить подобием процессу контактирования со снегом текущей базальтовой лавы, когда на поверхности ее потока образуется тонкая корка базальтового стекла, которая препятствует даже таянию снега [Edwards et al., 2014].

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взаимодействие базитов и кимберлитов в трубке Нюрбинской привело к появлению вещественных признаков, которые можно использовать в практике поисковых работ. Резкое повышение магнитной восприимчивости кимберлитов в зоне экзоконтакта штока базитов может давать магнитную аномалию, фиксируемую на поверхности, что, в свою очередь, может быть использовано при поисковых работах [Zinchuk et al., 2002].

Резкое отличие морфологии пиропов в верхней части трубки и в зоне экзоконтакта штока базитов необходимо учитывать при проведении шлихоминералогических поисковых работ в районе.

Необычные физические свойства (повышенная прочность и резко повышенная магнитная восприимчивость) позволяют выделять блок кимберлитовых пород, включающий породы внутренней и нижней части средней зоны пропарки общей мощностью 7–9 м, как отдельный технологический тип руд, требующий особого подхода при добыче и обогащении.

6. БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны д.г.-м.н. Н.В. Владыкину и первому главному геологу Нюрбинского ГОКа В.И. Банзеруку за предоставленную возможность проведения исследовательских работ в Накынском поле, а также

всем геологам и сотрудникам технических служб Нюрбинского ГОКа, Ботубинской ГРЭ, Мирнинской ГРЭ, ЛОКа Мирнинской ГРЭ и НИГП АК «АЛРОСА» (ПАО) за всемерную и неоценимую помощь в проведении полевых работ в 2006–2016 гг.

7. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

8. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Авторы прочитали рукопись и согласны с опубликованной версией.

The authors have no conflicts of interest to declare. The authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

9. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Edwards B., Belousov A., Belousova M., 2014. Propagation Style Controls Lava-Snow Interactions. *Nature Communications* 5666, 1–5. <http://doi.org/10.1038/ncomms5666>.

Kiselev A.I., Ivanov A.V., Egorov K.N., Yarmolyuk V.V., 2014. Middle Paleozoic Basaltic and Kimberlitic Magmatism in the Northwestern Shoulder of the Vilyui Rift, Siberia: Relations in Space and Time. *Russian Geology and Geophysics* 55 (2), 144–152. <http://doi.org/10.1016/j.rgg.2014.01.003>.

Sablukov S.M., Sablukova L.I., 2021. Relationships between Kimberlite and Basalt Magmatism of the Nakyn Field in Yakutia and Their Prospecting Value. In: *Basics of Forecast, Prospecting, Assessment of Diamond Fields, Noble and Non-Ferrous Metals. Abstracts of the X International Scientific and Practical Conference (April 13–16, 2021)*. TSNIGRI, Moscow, p. 192–193 (in Russian) [Саблуков С.М., Саблукова Л.И. Взаимоотношения кимберлитового и базальтового магматизма Накынского поля (Якутия) и их поисковая значимость // Научно-методические основы прогноза, поисков, оценки месторождений алмазов, благородных и цветных металлов: Тезисы докладов X Международной научно-практической конференции (13–16 апреля 2021 г.). М.: ФГБУ «ЦНИГРИ», 2021. С. 192–193].

Sablukov S.M., Sablukova L.I., Stegnitsky Yu.B., Karpenko M.A., Spivakov S.V., 2008. Volcanic Rocks of the Nyurba Pipe: Reflection of the Upper Mantle State in the Region from Riphean to Carboniferous, Geodynamic Consequence. In: *Deep-Seated Magmatism, Its Sources and Plumes. Proceedings of the VIII International Seminar (Vladivostok)*. Publishing House of Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, p. 132–165 (in Russian) [Саблуков С.М., Саблукова Л.И., Стегницкий Ю.Б., Карпенко М.А., Спиваков С.В. Вулканические породы трубки Нюрбинская: отражение состояния верхней мантии региона от рифея до карбона, геодинамическое следствие // Глубинный магматизм,

его источники и плюмы: Труды VIII международного семинара (Владивосток). Иркутск: ИГ СО РАН, 2008. С. 132–165].

Tomshin M.D., Fomin A.S., Kornilova V.P., Cherniy S.D., Yanygin Yu.T., 1998. Specifics of Magmatic Formations of the Nakyn Kimberlite Field within the Yakutian Province. *Russian Geology and Geophysics* 39 (12), 1693–1703 (in Russian) [Томшин М.Д., Фомин А.С., Корнилова В.П., Чёрный С.Д., Яныгин Ю.Т. Особенности магматических образований Накынского кимберлитового поля Якутской провинции // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 12. С. 1693–1703].

Tomshin M.D., Zaitsev A.I., Zemnukhov A.L., Kopylova A.G., 2004. Emplacement of Basite Rocks in the Nakyn Kimberlite Field of Yakutia. *National Geology* 5, 44–49 (in Russian) [Томшин М.Д., Зайцев А.И., Земнухов А.Л., Копылова А.Г. Характер становления базитов в Накыньском кимберлитовом поле Якутии // Отечественная геология. 2004. № 5. С. 44–49].

Zinchuk N.N., Bondarenko A.T., Garat M.N., 2002. Petrophysics of Kimberlites and Hosting Rocks. Nedra, Moscow, 695 p. (in Russian) [Зинчук Н.Н., Бондаренко А.Т., Гарат М.Н. Петрофизика кимберлитов и вмещающих пород. М.: Недра, 2002. 695 с.].