

ПЕРВЫЕ ДАННЫЕ О КИМБЕРЛИТАХ НА АРХИПЕЛАГЕ ШПИЦБЕРГЕН

д-р геол.-минерал. наук А.Н.ЕВДОКИМОВ¹,
канд. геол.-минерал. наук А.Н.СИРОТКИН²,
науч. сотр. М.Ю.БУРНАЕВА¹, науч. сотр. Е.С.РАДИНА¹

¹ – Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, evdokimov@vniio.ru

² – Полярная морская геологоразведочная экспедиция

Впервые в палеозойских мафит-ультрамафитовых дайках Шпицбергена обнаружены кимберлитовые акцессорные минералы алмазного парагенезиса. В этой связи комплекс пикритовых среднепалеозойских гипабиссальных пород архипелага отнесен к пироповой субфации кимберлитов, возможно образующей северную ветвь Архангельской алмазоносной провинции.

Ключевые слова: Шпицберген, кимберлит.

Со времени открытия алмазов в кимберлитах интерес геологов к этим породам не угасает. Термин «кимберлит» предложил в конце XIX в. Х.Льюис для алмазоносной породы – «порфирикового вулканического перидотита базальтовой структуры» – из района Кимберли в Южной Африке. По мнению большинства исследователей, кимберлит – это гипабиссальная ультраосновная порода с порфириковой структурой. По определению одного из ведущих специалистов алмазной геологии В.А.Милашева, непременным условием отнесения ультраосновных и щелочно-ультраосновных эффузивов к кимберлитовой фации магматизма является наличие в них барофильных минералов – алмаза и (или) пиропового граната [7]. В этой связи находки пироба и других акцессорных минералов кимберлитов в ультраосновных и подобных лампроитам основных магматитах представляются весьма важными для возможности обнаружения новых кимберлитовых полей.



Рис. 1. Схема расположения изученных мафит-ультрамафитовых даек на арх. Шпицберген



Рис. 2. Дайки кимберлитов Шпицбергена имеют зональное строение: эндоконтакты интенсивно обогащены карбонатами. Полуостров Кросспюnten, Земля Андре

Изученные объекты расположены на севере острова Западный Шпицберген (Норвегия), в пределах девонского грабена, выполненного терригенной толщей красноцветов [4]. На севере грабена, в восточной части Земли Андре, они представлены пятью протяженными дайками измененных пикритов, а в южной части грабена, на берегу Экман-фьорда (Земля Джеймса I) — дайкой карбонатизированного базальта (рис. 1). Подобные породы по низкому содержанию кремнезема и наличию слюды были ранее выделены на архипелаге [5, 6] в составе лампрофировой формации. Дайки почти вертикально пересекают девонские терригенные отложения (рис. 2) и простираются на север—северо-запад (35°), средняя мощность 0,5 м. Структура пород порфировая (рис. 3), текстура — массивная. В пикритах порфиновые вкрапленники оливина почти нацело замещены карбонатным, серпентин-карбонатным, тальк-серпентин-карбонатным или кварц-карбонатным агрегатами. Основная масса представлена стеклом и микролитами преимущественно пироксенового состава. В дайке карбонатизированного базальта фенокристы сложены в основном частично альбитизированным основным плагиоклазом, а основная мас-

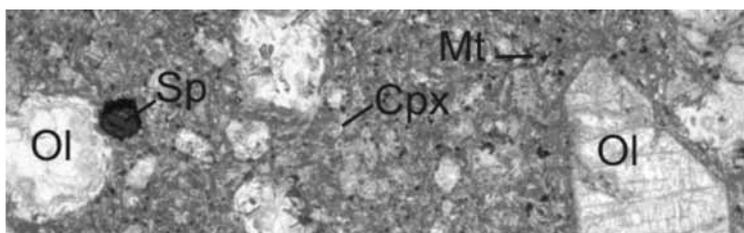


Рис. 3. Микроструктура кимберлита Шпицбергена (Ув. 8×). Дайка 6, западная часть, шлиф 2686-1, || николи, поле зрения 0,8×2,5 см, порфировая структура, где порфировые вкрапленники сложены оливином двух генераций (Ol), шпинелью (Sp) и магнетитом (Mt) в стекловатой основной массе

Рентгеноспектральные анализы горных пород¹ и высокобарических минералов²
из мафит-ультрамафитовых даек Шпицбергена (от-до/среднее в масс. %)

| Оксиды | Магматические породы | | Минералы из инкритов | | | | Минералы из базальтов | | | |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------|--|--|
| | инкриты (14) ³ | базальт (10) | клинопиро- ксеены (13) | пиропы (16) | хромшпиннелиды (10) | клинопиро- ксеены (3) | пиропы (3) | хромшпиннелид (1) | | |
| SiO ₂ | 23,77–37,36 32,31 | 34,97–42,45 37,43 | 51,39–55,25 53,03 | 41,97–43,04 42,53 | 0–0,42 0,04 | 54,82–55,03 54,89 | 40,47–41,11 40,76 | н.о. | | |
| TiO ₂ | 1,55–2,87 2,22 | 3,07–3,88 3,58 | н.о. ⁴ –0,67 0,15 | н.о.–0,83 0,11 | 0–0,67 0,22 | н.о. | 0,33–0,83 0,50 | 0,83 | | |
| Al ₂ O ₃ | 8,45–11,68 9,68 | 10,87–12,45 11,61 | н.о.–6,43 3,98 | 20,04–23,06 22,32 | 16,15–54,63 41,26 | н.о. | 17,20–20,79 18,90 | 6,05 | | |
| Cr ₂ O ₃ | не анализировалось | | 0,44–1,61 1,15 | 0,29–2,19 0,96 | 10,23–50,94 24,35 | 0,44–0,73 0,58 | 1,46–6,14 4,43 | 53,95 | | |
| FeO ⁵ | 7,18–12,94 11,04 | 10,15–14,91 13,32 | 0,18–3,60 1,80 | 5,47–8,47 6,82 | 4,97–12,46 7,11 | 0–0,70 0,23 | 4,73–6,91 6,10 | 12,83 | | |
| FeO ⁵ | не анализировалось | | 0–2,52 1,12 | 0–2,59 1,09 | 2,19–11,69 7,50 | 0,65–1,16 0,95 | 0,83–2,69 1,76 | 13,67 | | |
| MnO | 0,11–0,25 0,18 | 0,16–0,21 0,19 | н.о. | н.о.–0,26 0,12 | н.о. | н.о. | н.о.–0,52 0,17 | н.о. | | |
| MgO | 4,85–15,71 9,55 | 3,66–6,94 5,33 | 14,59–19,57 18,09 | 20,73–21,89 21,28 | 14,97–21,72 19,11 | 17,91–20,07 19,07 | 22,64–24,54 23,83 | 13,1 | | |
| CaO | 9,89–23,66 16,33 | 13,61–17,80 15,77 | 16,78–25,31 19,36 | 4,48–5,03 4,67 | н.о. | 23,64–24,06 23,83 | 3,36–5,17 4,15 | н.о. | | |
| Ni ₂ O | 0,25–2,48 1,57 | 1,90–2,66 2,13 | н.о.–2,43 1,08 | | | н.о. | | | | |
| K ₂ O | 0,44–3,62 1,44 | 0,13–0,44 0,25 | н.о. | | | | | | | |
| P ₂ O ₅ | 0,34–0,56 0,44 | 0,22–2,49 0,49 | | | | | | | | |
| шпш | 8,5–22,6 14,54 | 5,10–11,40 9,56 | | | | | | | | |
| S | 0,13–1,59 0,36 | 0,05–0,17 0,09 | | | | | | | | |

не анализировалось

¹Аналитик: Погребной В.И., партия ЯФМ, ПМГРЭ, С.-Петербург

²Аналитик: Крецер Ю.Л., Механобр-Аналит, С.-Петербург

³В скобках – количество проанализированных проб

⁴н.о. – не обнаружено

⁵Для минералов FeO и Fe₂O₃ рассчитывались из FeO_T по стехиометрии

са состоит из длинных, до 0,5 мм, лейст плагиоклаза, между которыми находятся ксеноморфные выделения пироксена (вблизи оси дайки) или стекла (у контакта).

Химический состав исследуемых пород, по содержаниям основных породообразующих элементов, варьирует в широких пределах (табл. 1). Наряду с низким SiO_2 (23,8–42,5 вес. %) в них не большое количество MgO (3,7–15,7 %), высокие содержания Al_2O_3 (8,5–12,5 %), CaO (9,9–23,7 %) и TiO_2 (1,55–3,88 %). Сумма щелочей колеблется от 2,49 до 4,29, что позволяет отнести породы к щелочным [8]. Тип щелочности пикритов Земли Андре – калиево-натриевый и калиевый, а у карбонатизированного базальта Земли Джеймса I – натриевый. Породы диагностированы по совокупности признаков: структуре, минеральному и химическому составам, с поправкой последнего на вторичные изменения [10].

В некоторых дайках пикритов наблюдается заметная дифференциация элементов в поперечном сечении. От центра тела к его краям увеличиваются содержания CaO , Al_2O_3 , TiO_2 , K_2O , S и летучих и уменьшаются – SiO_2 , MgO , Fe_2O_3 , Na_2O , P_2O_5 , что согласуется с измененностью породы, которая также усиливается от центра к краям. О глубинности происхождения пикритов свидетельствуют немногочисленные включения в них ксенолитов шпинелевых лерцолитов и пироксенитов, размером до 3 см.

Таблица 2

Результаты определения абсолютного возраста (млн лет)
даек Земли Андре, арх. Шпицберген¹

| Образец | Rb-Sr метод | K-Ar метод |
|-----------------|-------------|-------------------------|
| 41–23 (дайка 2) | 334,8 ± 3,8 | 357 ± 28,6 |
| 41–24 (дайка 3) | 315,0 ± 3,0 | 297 ± 23,8 |
| 222–7 (дайка 5) | 326,8 ± 2,6 | 422 ± 33,8 ² |

¹ Аналитики Богомолов Е.С. и Токарев И.В. ИГГД РАН, С.-Петербург

² Возможно, ошибка этого определения значительно выше

Геологический возраст карбонатизированного базальта Земли Джеймса I определен в обнажении. Дайка рассекает нижнедевонские красноцветы и перекрывается карбонатными отложениями среднего карбона. Абсолютный возраст пикритов определен Rb-Sr и K-Ar методами в лаборатории ИГГД РАН и соответствует ниже-среднекарбонному времени (табл. 2).

В протоочных минералогических пробах, весом до 5 кг из одного тела, обнаружены акцессорные минералы кимберлитов: гранаты пиропового состава, хром-содержащий диопсид, хромшпинелиды.

Пиропы диагностированы по цвету, показателю преломления и химическому составу. Они присутствуют в виде единичных ксеноморфных зерен, размером 0,2–0,8 мм, розового и красного с сиреневатым оттенком цветов в пикритах и фиолетово-красного цвета в карбонатизированном базальте. В гранатах из базальта содержание MgO от 22,1 до 24,5 вес. %, а Cr_2O_3 – 1,5–6,1 вес. %. В гранатах из пикритов содержание MgO и Cr_2O_3 ниже: 20,7–21,9 и 0,3–2,2 соответственно. Особенности распределения Cr_2O_3 – CaO отражены на диаграмме Н.В.Соболева (рис. 4). Одно из трех зерен минерала из базальтовой дайки попадает в поле пиропов алмазной парагенетической ассоциации, а составы всех остальных зерен характерны для пиропов лерцолитового парагенезиса в кимберлитах.

Хромдиопсиды встречаются в единичных ксеноморфных зернах размером 0,1–0,5 мм, изумрудно-зеленого цвета. Содержание Cr_2O_3 в них варьирует от 0,4 до 1,6 % (табл. 1). Хромдиопсиды из пикритов Шпицбергена по количествам MgO , CaO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 сходны с пироксенами из лампроитов [3], а хромдиопсиды из базальта соответствуют таковым из алмазосодержащих нодулей в кимберлитах (рис. 5).

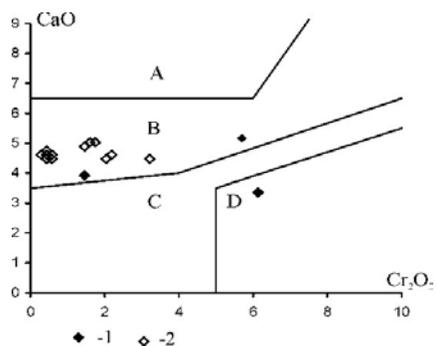


Рис. 4. Соотношения $\text{CaO}-\text{Cr}_2\text{O}_3$ в пиробах из даек Шпицбергена

Поля составов гранатов по [9] из: А – верлитов, В – лерцолитов, С – дунит-гарцбургитов, D – включений в алмазах; 1 – пиробы из дайки карбонатизированного базальта, 2 – из дайки пикритового состава

Хромшпинелиды присутствуют в виде обломочных и идиоморфных зерен размером 0,2–0,8 мм, черного и коричнево-черного цветов, в количестве до первых долей весового процента тяжелой фракции. Содержание Cr_2O_3 варьирует в широких пределах: от 10,2 до 54 вес. % (табл. 1). На сводной диагностической диаграмме (рис. 6) хромшпинелиды из даек Шпицбергена попадают в поле составов хромшпинелей из алмазоносных кимберлитов и лампроитов.

Таким образом, впервые для Шпицбергена установлены пиробы и хромдиоксиды алмазной ассоциации. Если термин «кимберлит» считать петрологическим понятием, объединяющим группу гипабиссальных мафит-ультрамафитовых пород, содержащих высокобарические минералы – алмаз и пироп [7], то пикритовые дайки Шпицбергена следует отнести к кимберлитам пироповой субфации. Это значит, что на Шпицбергене обнаружены кимберлиты, образующие поле, вероятно представляющее собой северную ветвь Архангельской алмазоносной провинции.

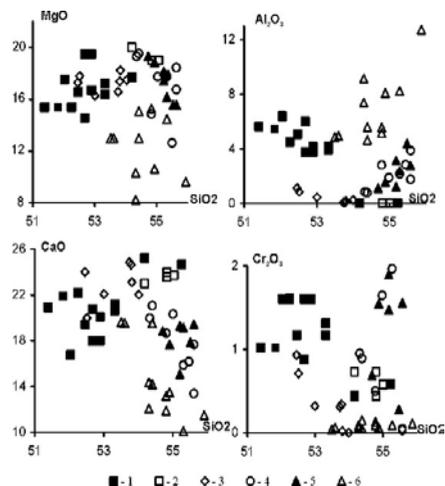


Рис. 5. Составы хромдиоксидов из даек Шпицбергена:

1 – дайка пикритового состава, 2 – карбонатизированный базальт. Для сравнения приведены составы пироксенов из: кимберлитов и лампроитов по [3], 3 – лампроит из Австралии, 4–6 – кимберлиты Якутии; 4 – алмазоносные нодулы, 5 и 6 – включения в алмазах ультраосновного и эглогитового парагенезисов соответственно

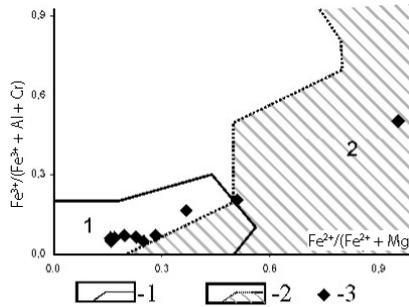


Рис. 6. $Fe^{2+}/(Fe^{2+} + Mg)$ — $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al + Cr)$ соотношения в хромшпинелидах из даек Шпицбергена (3)

Для сравнения приведены поля составов минерала [2] из: 1 — алмазосных кимберлитов, 2 — неалмазосных некимберлитовых пород

Важной особенностью структурного положения кимберлитов является их проявление в пределах блоков с древним (архейским — протерозойским) кристаллическим фундаментом. Здесь трубки и дайки образуют компактные группы, образующие кимберлитовые поля протяженностью до 100 км. В свою очередь кимберлитовые поля формируют протяженные зоны, так, в северной Якутии длина цепочки кимберлитовых полей достигает 1000 км. Поэтому вполне вероятно, что дайки Шпицбергена являются фрагментом такой зоны развития кимберлитового вулканизма.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Принимая во внимание наличие кимберлитовых аксессуарных минералов: пирропа, хром-диопсида и хромовой шпинели — в порфириновых ультраосновных породах Шпицбергена, а также абсолютный возраст палеозойских даек, который совпадает по времени с ранне-карбонным кимберлитовым магматизмом на Зимнем берегу Архангельской провинции и Кольского полуострова, следует заклю-



Рис. 7. Реконструкция девонской и триасовой рифтовых систем Баренцевского региона по данным [1] с добавлениями авторов

чить, что пикритовые тела архипелага (в первую очередь наиболее изученная дайка № 7) принадлежат к пироповой субфации кимберлитового магматизма. Ассоциация кимберлитов, пикритовых порфиритов и щелочных базальтоидов известна в кимберлитовых полях Якутской провинции и в Гренландии. Поэтому относительно близкое пространственное расположение кимберлитов Шпицбергена с карбонатизированными субщелочными базальтами представляется вполне естественным.

Согласно представлениям В.Б.Харланда [11], Шпицберген отделился от Гренландии в период раскрытия Северной Атлантики. Это позволяет допустить, что кимберлиты Шпицбергена являются палеозойским звеном Гренландской кимберлитовой провинции, которая сформировалась в раннем протерозое – мезозое [12].

Вторым соседним регионом с известными алмазоносными трубками является Зимний берег в Архангельской области. Они вместе со Шпицбергом формировали единый континент в поле развития протерозойского метаморфического фундамента. Палеорекострукция Баренцевоморской плиты (рис. 7) свидетельствует о том, что в перми–триасе горизонтальные смещения отдельных блоков плиты в ходе рифтообразования могли достигать значительной амплитуды. Например, удаление Центрально-Баренцевского и Свальбардского блоков по отношению к Печорскому измеряется шириной разделяющих их впадин на расстоянии от 200 до 300 км [1]. Значит, на такое же расстояние Шпицберген был ближе к Печорскому блоку до развития мезозойских рифтов, а вероятность единства Шпицбергенской и Архангельской частей палеозойской кимберлитовой провинции региона весьма велика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артюшков Е.В.* Механизм образования Баренцевского осадочного бассейна // Эволюция тектонических бассейнов в истории Земли. Новосибирск, 2004. Т. 2. С. 13–15.
2. *Ваганов В.И., Илупин И.П., Кочеров А.И.* Хромшпинелиды как индикатор алмазоносности // Руды и металлы. 1999. № 3. С. 35–47.
3. *Добрецов Н.Л., Кочкин Ю.Н., Кривенко А.П., Кутолин В.А.* Породообразующие пироксены. М.: Наука, 1971. 454 с.
4. *Евдокимов А.Н., Сироткин А.Н., Тебеньков А.М., Бурнаева М.Ю., Радина Е.С.* Дайки кимберлитоподобных пород архипелага Шпицберген // Комплексные исследования природы Шпицбергена. Вып. 3. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2003. С. 80–85.
5. *Ковалева Г.А.* Послеархейская базит-гипербазитовая ассоциация архипелага Шпицберген // Геология Шпицбергена. Л.: Мингео СССР, ПГО «Севморгеология», 1983. 185 с.
6. *Красильщиков А.А.* Главные этапы формирования каледонид Гренландии, Шпицбергена и Скандинавии (геотектоника фундамента континентальной окраины Северной Атлантики) // Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфе Северного Ледовитого океана. Л.: Наука, 1974. С. 51–61.
7. *Милашев В.А.* История познания, терминологические аспекты и современная систематика кимберлитовых пород // Геология и геофизика. 1991. № 6. С. 26–34.
8. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995. 127 с.
9. *Соболев Н.В.* Глубинные включения в кимберлитах и проблема состава верхней мантии. Новосибирск: Наука, 1974. 264 с.
10. *Le Bas M.J.* IUGS Reclassification of the High-Mg and Picritic Volcanic Rocks // Journal of Petrology. 2000. Vol. 41. № 10. P. 1467–1470.
11. *Harland W.B.* The Caledonides of Svalbard: IGCP Project 27, Caledonian-Appalachian orogen of the North Atlantic region. Geological Survey of Canada. Paper 78–13, 3–11 (1978).
12. *Larsen L.M., Rex D.C.* A review of the 2500 Ma span of alkaline – ultramafic, potassic and carbonatitic magmatism in West Greenland // Lithos. 1992. Vol. 28. P. 367–402.

A.N.EVDOKIMOV, A.N.SIROTGIN, M.YU.BURNAEVA, E.S.RADINA

**FIRST DATA OF THE KIMBERLITES
IN THE ARCHIPELAGO SPITSBERGEN**

For the first time the kimberlitic accessory minerals of diamond paragenesis are discovered in the Paleozoic mafite - ultramafitic Spitsbergen's dikes. In this connection the complex of picrite Middle Paleozoic hypabyssal rocks of archipelago is referred to the pyropic subfacies of the kimberlite, the forming possible northern branch of Arkhangel'sk diamond-bearing province.

The keywords: Spitsbergen, kimberlite.