

ПАРАГЕНЕЗ ГЁТИТА И ЛИЗАРДИТА – ТИПИЧНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ МЕТАКИМБЕРЛИТОВ ЦЕОЛИТОВОЙ ФАЦИИ И ЗАКЛЮЧЁННЫХ В НИХ ПЕРИДОТИТОВ

Е.А. Соколова

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, mineral@fmm.ru

Э.М. Спиридонов

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, mineral@geol.msu.ru

В пределах Сибирской платформы известны сотни кимберлитовых трубок и даек, многие из которых имеют дотрапповый возраст. В большинстве случаев кимберлиты дотраппового возраста серпентинизированы. Многие геологи рассматривают эти изменения как постмагматические гидротермальные. Серпентин (лизардит, наиболее низкотемпературный из серпентиновых минералов) ассоциирует с гётитом и маложелезистым доломитом. Морфология микровыделений гётита весьма разнообразна. Эта минерализация возникла при участии малосолёных углекисло-водных флюидов при температуре 227–173°C. По нашим данным, это метаморфогенно-гидротермальная минерализация, порожденная послетрапповым региональным метаморфизмом в условиях цеолитовой фации. Гипогенный гётит в ассоциации с лизардитом может быть рекомендован как индикатор низкотемпературного метаморфизма в условиях цеолитовой фации.

В статье 6 рисунков и список литературы из 22 названий

Кимберлиты – магматиты промежуточно-го состава между ультраосновными щелочными лампрофирами и кальцитовыми карбонатитами (Dawson, Hawthorn, 1973; Никишов, 1984; Mitchell, 1986). Кимберлитовые трубки и дайки возраста от позднего архея до четвертичного размещены на дорифейских платформах. Сотни их секут плитный чехол Сибирской платформы, возраст многих тел кимберлитов дотрапповый (девонский и иной); возраст трапповой формации Сибирской платформы отвечает границе перми и триаса (P₂-T₁). Кимберлиты обычно содержат ксенолиты мантийных перидотитов (оливин ± энстатит ± эндиопсид ± гранат).

Во многих районах Сибирской, Африканской, Русской платформ породы кимберлитовых трубок и даек – собственно кимберлиты и заключённые в них ксенолиты глубинных и местных пород – в той или иной степени изменены. Оливин мегакристаллов, вкрапленников и цементирующей массы кимберлитов и ксенолитов перидотитов, монтичеллит кимберлитов, энстатит ксенолитов перидотитов замещены серпентином, серпентином с карбонатом, сапонитом, бруситом, тальком... Флогопит вкрапленников, флогопит и тетраферрифлогопит цементирующей массы кимберлитов замещены хлоритовыми минералами, карбонатами, вермикулитом, корренситом... Ильменит мегакристаллов, вкрапленников и цементирующей массы кимберлитов, как и перовскит, в той или иной степени замещены титанитом. Магматический пластинчатый кальцит исчезает одним из первых. Интенсивно изменённые кимберлиты представляют собой мелкозернистые кар-

бонат-серпентиновые агрегаты, заместившие основную массу кимберлитов, и карбонатные (реже сапонитовые, тальк-карбонатные или иного состава) псевдоморфозы по более крупным кристаллам оливина. Изменённые кимберлиты содержат гнёзда и жилы кальцита, серпентина, кальцита с пиритом, пирротитом, сфалеритом и иными сульфидами, магнетита, кварца, аметиста и халцедона (иногда агата), ангидрита, целестина, барита, битумов, афвиллита, ксонотлита, минералов группы гидроталькита-манассеита, амакинита и иных минералов (Лебедев, 1963; Милашев, 1963; Бобриевич и др., 1964; Францессон, 1968; Никишова и др., 1978–1982; Корнилова и др., 1981; Подвысоцкий и др., 1981; Маршинцев и др., 1984; Зинчук и др., 1987; Зинчук, 2000 и др.).

Нами изучены образцы кимберлитовых пород и перидотиты ксенолитов трубки Обнажённая. Этот материал в числе большой серии образцов из кимберлитовых трубок Сибири был передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН Андреем Ивановичем Пономаренко, который большую часть своей профессиональной деятельности посвятил кимберлитовым месторождениям Якутии.

Микроскопические исследования показали, что минералы флогопитовых кимберлитов (авторский № О–3223) и ксенолита гранатовых лерцолитов (авторский № О–3154) в заметной степени однотипно изменены. Типичными парагенезами вторичных минералов, замещающих оливин в кимберлитах и в лерцолитах, являются лизардит-гётит и лизардит-гётит-доломит (рис. 1–6). Диагности-

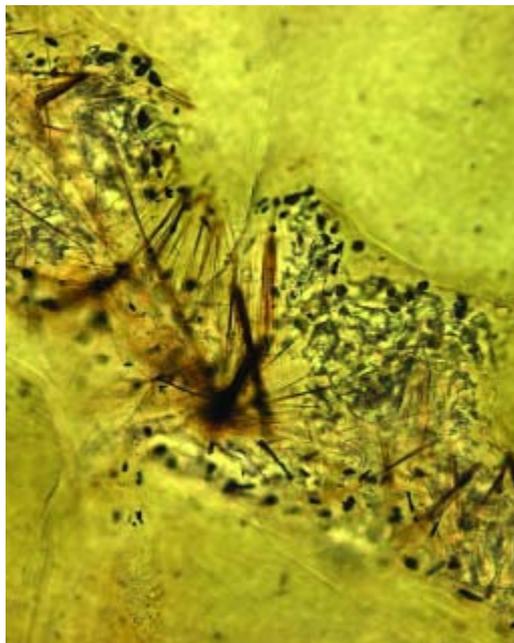
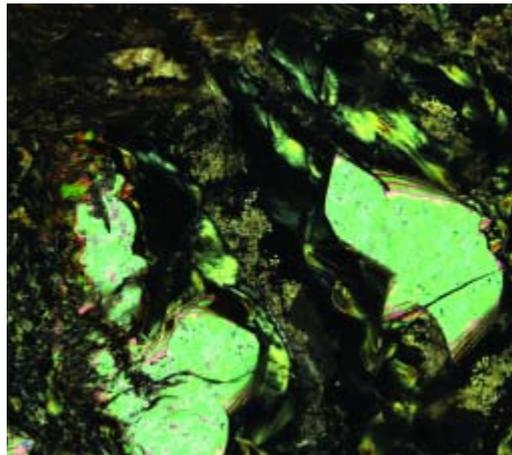
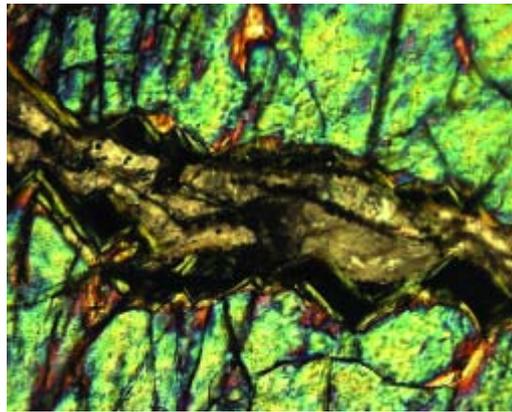
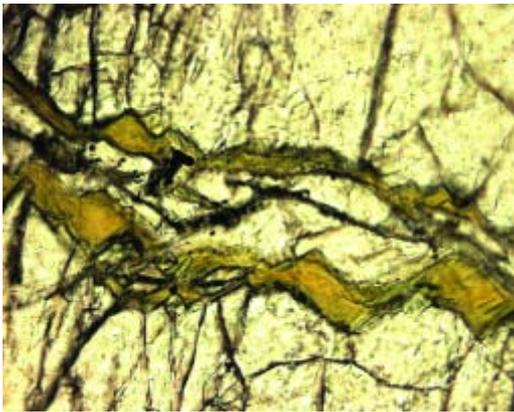


Рис. 1. Шлиф О-3223. Агрегат зелёного серпентина (лизардита) и карбоната (доломита), замещающий оливин: (а) при одном николе; (b) николи х. Ширина поля зрения 4 мм

Рис. 2. Шлиф О-3154. Реликты оливина в агрегате зелёного лизардита, доломита и гётита: (а) при одном николе; (b) николи х. Ширина поля зрения 4 мм

Рис. 3. Шлиф О-3154. В агрегате зелёного лизардита скопление мелких кристаллов доломита и игольчатых кристаллов гётита. При одном николе. Ширина поля зрения 0.8 мм

Фото Э.М. Спиридонова

ка минералов проведена по рентгенограммам (лизардит, гётит) и с помощью электронного микронзонда (лизардит, доломит). Состав лизардита весьма близок к теоретическому. Состав доломита отвечает $\text{Ca}_{1,02}(\text{Mg}_{0,90}\text{Fe}_{0,07}\text{Mn}_{0,01})(\text{CO}_3)_2$.

Гётит образует мелкую вкрапленность в тонкопластинчатом лизардите, придавая последнему тёмную окраску (рис. 2, 4), и неравномерно распределённые игольчатые кристаллы или пучки расщепленных нитевидных кристаллов (рис. 2–5) в лизардит-доломитовой массе. В отдельных случаях гётит образует на месте растворения оливина агрегаты расщепленных кристаллов весьма причудливой формы (рис. 6). Таким образом, имеет место не только псевдоморфное замещение, но и процесс растворения первичных минералов.

Более крупные кристаллы доломита содержат множество мелких флюидных включений. По данным В.Ю. Прокофьева (ИГЕМ РАН), это малосолёные 1.5–3 мас.% экв. NaCl хлоридно-калиево-натровые растворы с заметным содержанием углекислоты C_{CO_2} 0.5–1 м/кг раствора и с небольшой примесью метана; температура их гомогенизации 227–212–195–173°C.

Процесс замещения оливина вторичными минералами вероятно проходил с участием вещества магматического кальцита, обильного в цементирующей массе кимберлитов, и гидротермальных флюидов с повышенным окислительным потенциалом. Возможная реакция: $20(\text{Mg}_{0,9}\text{Fe}_{0,1})_2\text{SiO}_4 + 6\text{Ca}(\text{CO}_3) + 22\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 + \text{O}_2 > 10\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + 4\text{FeOOH} + 6\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$.

Серпентинизированные кимберлиты нередко ранее описывали как образования коры выветривания. Этому противоречит следующее: 1) такие породы без изменения минерального состава развиты во всём объёме конкретных кимберлитовых трубок (Мир, Интернациональная, Кимберли, Булфонтейн и иные) до разведанных глубин 1200–1500 м; 2) температуры формирования кальцита, целестина и иных жильных минералов по данным изучения индивидуальных флюидных включений составляют от 80–130 до 210–250°C (Зинчук, 2000; наши данные, приведенные выше, и др.).

Большинство геологов считают изменённые кимберлиты с жильной минерализацией продуктами гидротермальных процессов, завершающих становление кимберлитовых тел (Лебедев, 1963; Милашев, 1963; Бобриевич и др., 1964; Францессон, 1968; Никишова, 1978; Никишова, 1982; Никишов, 1984; Подвысоцкий и др., 1981; Mitchell, 1986; Зинчук и др.,

1987 и др.). Если бы это было так, то основным серпентиновым минералом изменённых кимберлитов был бы антигорит - наиболее высокотемпературный из серпентинов (O'Hanley, Wicks, 1995), устойчивый от 700 до 300°C (Caruso, Chernovsky, 1979). По другим данным антигорит устойчив выше 250°C, а лизардит и хризотил ниже 250°C (O'Hanley, Wicks, 1995).

Из серпентиновых минералов самым низкотемпературным является лизардит (Артемов, 1973). Детальные электронно-микроскопические и рентгенометрические исследования Л.В. Никишовой (Никишова и др., 1978, 1982; Корнилова и др., 1981; Маршинцев и др., 1984) по изменённым кимберлитам и изменённым ксенолитам перидотитов из множества трубок Сибирской платформы показали, что серпентин в них представлен лизардитом. Наши наблюдения свидетельствуют о том же.

Кроме того, судя по изотопному составу, серпентинизацию кимберлитов обусловила вода метеорного происхождения (Уханов, Девириц, 1982). Далее, изменения оливина и ромбического пироксена, аналогичные описанным выше, проявлены в магматитах трапповой формации как вблизи тел кимберлитов, так и на удалении от них на десятки и сотни километров, например, в бассейне реки Виллой и на севере Сибирской платформы в бассейнах рек Маймечи и Котуя. Изофациальные изменения проявлены и в подтрапповых осадочных породах на всей территории распространения многокилометрового покрова вулканитов трапповой формации (Спиридонов и др., 2000). Таким образом, описанные выше изменения кимберлитовых пород и заключённых в них перидотитов не постмагматические, а порождены региональным низкоградным метаморфизмом. Поэтому рационально именовать описанные изменённые кимберлиты метакимберлитами и рассматривать сопровождающие их жильные гидротермальные образования как метаморфогенно-гидротермальные.

Установлено, что в пределах Сибирской платформы все образования трапповой формации (P2–T1), подтрапповой толщи и более древние магматические образования захвачены послетрапповым низкоградным метаморфизмом (Спиридонов и др., 2000). Особенности низкоградного метаморфизма: 1) неравномерная степень его проявления (количество метаморфических новообразований на малых расстояниях может варьировать от следов до 100%); 2) флюидодоминирующий характер процесса, чем обусловлены преобладающая сохранность текстурного рисунка

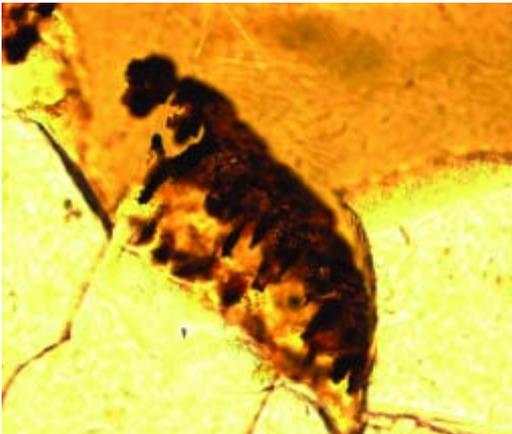
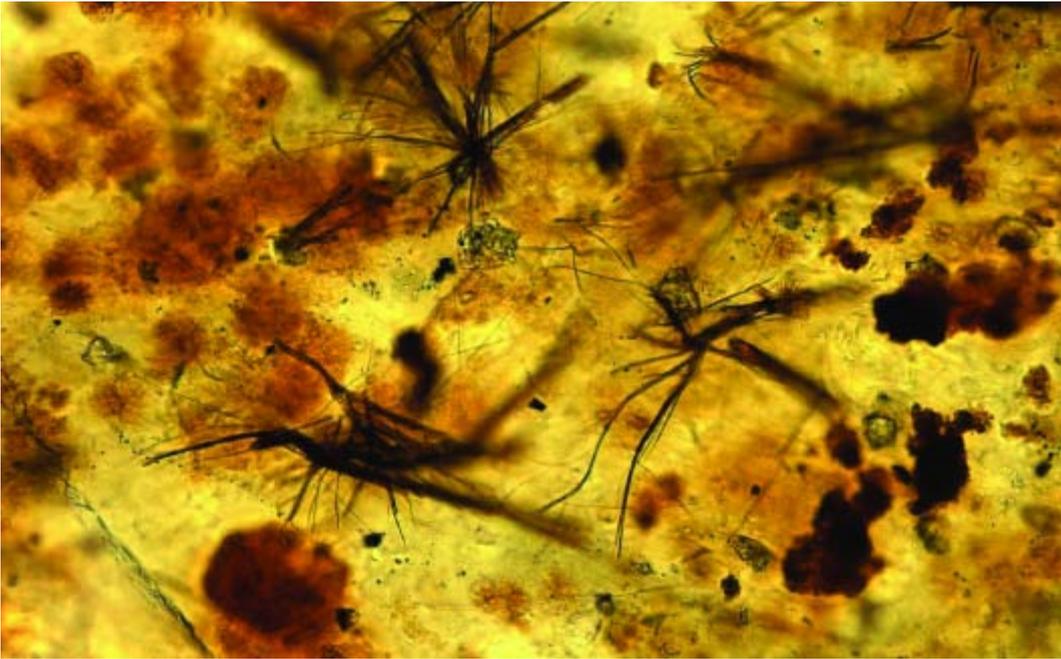
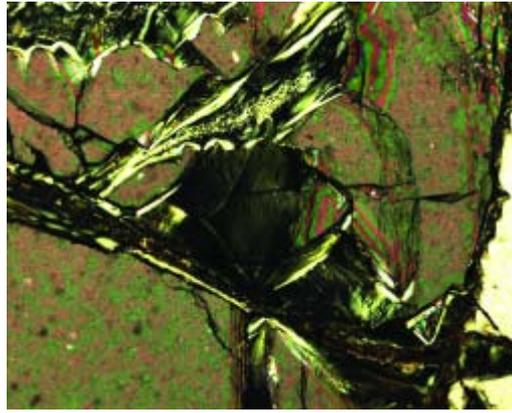
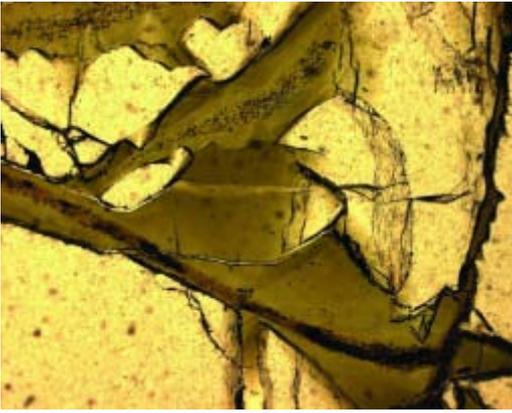


Рис. 4. Шлиф О-3154. Агрегат доломита и зелёного лизардита с массой мелких и мельчайших включений гётита, замещающие оливин: (а) при одном николе; (b) николи х. Ширина поля зрения 0,8 мм

Рис. 5. Шлиф О-3154. В зелёном лизардите выделения гётита двух типов - сростания нитевидных и игольчатых кристаллов и скопления субмикроскопических выделений. При одном николе. Ширина поля зрения 0,3 мм

Рис. 6. Шлиф О-3154. Агрегат лизардита и гётита, замещающий оливин. Зооморфное выделение гётита. При одном николе. Ширина поля зрения 0,3 мм

Фото Э.М. Спиридонова

протолитов и обилие трещин гидроразрыва, выполненных минералами, компоненты которых наиболее подвижны при данном типе метаморфизма (карбонаты, минералы кремнезёма, минералы бора и т.п.); 3) повышенный окислительный потенциал сопутствующих флюидов. Минеральные ассоциации метавулканитов и иных метапород Сибирской платформы соответствуют ассоциациям метаморфитов цеолитовой фации (Coombs *et al.*, 1959; Liou *et al.*, 1987). Для метавулканитов цеолитовой фации типоморфно наличие миндалин и жил халцедона и агата (Spiridonov, 1998).

Гётит, как и лизардит, устойчив ниже 250°C. Это характерный минерал агатов и аметистовых друз среди метавулканитов цеолитовой фации. Тонкодисперсный гётит придаёт агатам золотистую окраску.

Представляется, что парагенез гётита и лизардита (\pm доломит или кальцит), легко диагностируемый макро- и (или) микроскопически, может быть хорошим индикатором уровня метаморфизма содержащих его магматических пород. Немаловажно, что гётит легко диагностируется, в то время как для точного определения минералов группы серпентина необходимы рентгенофазовый анализ или ИК-спектроскопия.

Литература

- Артемьев В.Р. Ещё раз о лизардите в дунитах, перидотитах и серпентинитах // Зап. ВМО. **1973**. Ч. 102. Вып. 1. С. 115-121.
- Бобривич А.П., Илупин И.П., Козлов И.Т. и др. Петрография и минералогия кимберлитовых пород Якутии. М.: Недра, **1964**. 192 с.
- Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов. М.: Недра, **2000**. 538 с.
- Зинчук Н.Н., Харьков А.Д., Мельник Ю.М., Мовчан Н.П. Вторичные минералы кимберлитов. Киев: Наукова думка, **1987**. 284 с.
- Корнилова В.П., Никишова Л.В., Никишов К.Н. Минералы группы серпентина из кимберлитовых пород Якутии. В кн.: Парагенезы минералов кимберлитовых пород. Якутск: изд. ЯФ СО АН СССР, **1981**. С. 65-81.
- Лебедев А.А. О гидротермальной стадии серпентинизации кимберлитов в связи с находкой в них брусита. В кн.: Петрография и минералогия коренных месторождений алмаза. М.: изд. АН СССР, **1963**. № 8. С. 71-86.
- Маршинцев В.К., Никишова Л.В., Готовцев В.В. Серпентин, выполняющий игольчатые каналы в оливине трубки «Удачная-Восточная» // ДАН СССР. **1984**. Т. 277. С. 697-700.
- Милашев В.А. Парагенетические ассоциации вторичных породообразующих минералов в кимберлитах // Геохимия. **1963**. № 5.
- Никишов К.Н. Петролого-минералогическая модель кимберлитового процесса. М.: Наука, **1984**. 213 с.
- Никишова Л.В., Алтухова З.А., Никишов К.Н. Электронно-микроскопическое изучение серпентина основной массы цемента кимберлитовых брекчий // Бюлл. НТИ. Якутск: изд. ЯФ АН СССР, **1978**. С. 25-27.
- Никишова Л.В., Никишов К.Н., Корнилова В.Г. и др. Электронномикроскопическое исследование ксенолитов серпентинитов из кимберлитов // Изв. АН СССР. Сер. геол. **1982**. С. 60-69.
- Подвысоцкий В.Т., Владимиров Б.М., Иванов С.И. и др. О серпентинизации кимберлитов // ДАН СССР. **1981**. Т. 256. С. 946-950.
- Спиригонов Э.М., Ладыгин В.М., Симонов О.Н. и др. Метавулканиты прениит-пумпеллиитовой и цеолитовой фаций трапповой формации Норильского района Сибирской платформы. М.: изд. МГУ, **2000**. 212 с.
- Уханов А.В., Девирц А.А. Метеорное происхождение воды, серпентинизировавшей кимберлиты Якутии // ДАН СССР. **1982**. Т. 268. С. 706-710.
- Францессон Е.В. Петрология кимберлитов. М.: Недра, **1968**. 191 с.
- Caruso L.J., Chernosky J.V. The stability of lizardite // Canad. Mineral. **1979**. Vol. 17. P. 757-769.
- Coombs D.S., Ellis A.D., Fife W.S., Taylor A.M. The zeolite facies, with comment on the interpretation of hydrothermal syntheses // Geochim. Cosmochim. Acta. **1959**. Vol. 17. P. 53-107.
- Dawson B., Hawthorn J. Magmatic sedimentation and carbonatitic differentiation in kimberlite sills at Benfontein, South Africa // J. Geol. Soc. London Quart. **1973**. Vol. 129. P. 61-85.
- Liou J.G., Maruyama S., Cho H. Very low-grade metamorphism of volcanic and volcanoclastic rock - mineral assemblages and mineral facies. In: Frey M. (ed.) - Low temperature metamorphism. Glasgow: Blakie. **1987**. P. 59-113.
- Mitchell R.H. Kimberlites: mineralogy, geochemistry, and petrology. New York-London: Plenum Press, **1986**. 442 p.
- O'Hanley D.S., Wicks F.J. Conditions of formation of lizardite, chrysotil and antigorite, Cassiar, British Columbia // Canad. Mineral. **1995**. Vol. 33. P. 753-773.
- Spiridonov E.M. Gemstone deposits of the former Soviet Union // J. Gemmol. **1998**. Vol. 26. P. 111-124.