

ПИРАМИДАЛЬНО-ЧЕРЕПИТЧАТЫЙ ТИП РАСТВОРЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПИКРОИЛЬМЕНИТАХ

А. М. Хмельков

АК «АЛРОСА», Амакинская геолого-разведочная экспедиция

Поступила в редакцию 15 сентября 2011 г.

Аннотация. В данной работе приводятся сведения о возможности образования пирамидально-черепитчатого типа растворения на зернах пикроильменита. Образующиеся при этом поверхности на данном минерале имеют, как правило, вторичный генезис, так как являются результатом эпигенетических изменений непосредственно в осадочном коллекторе, преимущественно в условиях метасоматоза или метагенеза (эпигенеза).

Ключевые слова: пикроильменит, пирамидально-черепитчатый тип растворения, метагенез, метасоматоз, анатаз.

Abstract. This work contains data concerning the possibility of pyramidal-tiled resorption type formation on picroilmenite grains. The surfaces forming on this mineral in the process have as a rule secondary genesis, since they result from the epigenetic changes in a sedimentary collector, especially in conditions of metasomatism or metagenesis (epigenesis).

Key words: picroilmenite, pyramidal-tiled type of resorption, metagenesis, metasomatism, anatase

Введение

Пирамидально-черепитчатый тип растворения на кимберлитовых минералах реализуется в довольно широком диапазоне обстановок и может образовываться как непосредственно при становлении кимберлитовых тел (в гидротермальную стадию), так и в условиях метасоматоза под воздействием траппов, а также при метагенезе в процессе формирования складчатости [1]. Кроме этого, имеются сведения о возможности образования пирамидально-черепитчатого типа растворения на гранатах непосредственно в осадочных породах при их диагенезе [2–5] и в условиях начального эпигенеза в платформенных областях на значительной глубине [1, 6, 7]. По крайней мере, гранаты с типичным пирамидально-черепитчатым типом растворения имеют достаточно широкое распространение и отмечаются в районах, где отсутствуют не только коренные источники, но и какие-либо признаки как условий метагенеза, так и метасоматоза. Образующиеся при этом поверхности нередко фиксируются по изношенным зернам, что подтверждает их образование непосредственно в осадочном коллекторе. Так, подобные поверхности на гранатах встречаются по обрамлению Виллойской синеклизы, в частности в бассейнах рек Тюнг, Тюнγκян, Линдэ и др. Таким образом, поверхности, образующиеся при данном типе растворения, име-

ют конвергентный характер и могут иметь, в зависимости от условий образования, как первичный, так и вторичный генезис по отношению к процессам ореолообразования [8]. Агентами растворения во всех приведенных случаях выступают высокоминерализованные растворы, часто при повышенной температуре. В процессе формирования складчатости и при погружении осадков на глубину (1500–2000 м) важную роль играет давление. Данный тип растворения характерен в основном для силикатов и наиболее ярко проявляется на оливине, гранатах и клинопироксенах (хромдиопсиде). Под воздействием минерализованных растворов на кимберлитовых минералах развивается своеобразный микрорельеф, который, как правило, хорошо выражен и благодаря своим характерным микроформам и рельефности легко диагностируется. Среди поверхностей, образующихся в процессе пирамидально-черепитчатого типа растворения, наиболее часто встречаются такие как собственно черепитчатая поверхность, ступенчатая, тетрагональных пирамид, реже ребристая, занозистая и некоторые другие. Различия в элементах микрорельефа обусловлены преимущественно кристаллографической ориентировкой растворяемого участка [1], однако в значительной степени зависят также от химического состава среды растворения (ее агрессивности), температуры, давления и продолжительности воздействия. Зачастую на одном зерне минерала можно встретить комбинацию сразу нескольких поверхностей.

В связи с достаточно широким набором поверхностей, возникающих на кимберлитовых минералах в результате их растворения под действием термальных растворов, представляется обоснованным объединение всех данных разновидностей микро рельефа, имеющих одинаковый генезис и образующихся в схожих обстановках, в отдельный тип растворения под общим названием пирамидально-черепитчатый [8]. Таким образом, под пирамидально-черепитчатым типом растворения следует понимать совокупность всех поверхностей, формирующихся под воздействием термальных минерализованных растворов.

Методика исследований

Внешняя морфология зёрен МИК и топография их поверхностей были подвергнуты специализированным минералогическим исследованиям с применением традиционной оптической микроскопии. Изучение проводилось с использованием компьютерной системы для визуализации и качественной обработки изображений макро- и микроморфологии минералов на базе бинокюляра «Leica» (Германия). Данная система включает бинокюляр MZ16A, видеокамеру Leica DFC-490 (8 Мгп) и рабочую станцию с программным комплексом («ImageScope M», «ImageScope Archive», «Leica Application Suite»), обеспечивающим компьютерный интерфейс. Оптическое оборудование позволяет проводить увеличение объектов до 920 крат с выводом цветного изображения на монитор и цифровой записью получаемого изображения. Имеющееся программное обеспечение («Leica Application Suite») предоставляет возможность делать уникальные снимки с высочайшей глубиной резкости, что достигается серией снимков через заданный шаг (в микронах) и последующей автоматической «сшивкой» получаемых изображений.

Химический состав МИК и состав минеральных кайм на минералах были изучены в Центральной аналитической лаборатории Ботуобинской геологоразведочной экспедиции АК «АЛРОСА» на современной электронно-зондовой системе «Superprobe-8800R» фирмы «Джеол» (Япония), объединяющей возможности растрового электронного микроскопа высокого разрешения, анализатора изображений и высокочувствительного микроанализатора. Непосредственно определения химического состава выполнено на электронном микроанализаторе JXA-8800R фирмы «Джеол» с пятью волновыми спектрометрами и энергетическим параллельным спектрометром-приставкой

OXFORD-LINK-300 фирмы «Линк» (Англия) с энергетическим разрешением 133 Эв (аналитик А. С. Иванов). Концентрации элементов определены с относительной ошибкой менее 5% и чувствительностью, при увеличении времени накопления импульсов, до 10х10¹¹ ppm и менее. Полный количественный анализ выполнен при ускоряющем напряжении 20 кВт и токе пучка 10 nA. Для внутреннего контроля при изучении составов минералов применялись минеральные стандарты, изготовленные и аттестованные в ИГТИМ СО РАН г. Новосибирска.

Таким образом, приведенный комплекс исследований МИК позволяет делать вполне обоснованные выводы в отношении генезиса поверхностей и минеральных кайм, корректно проводить интерпретацию их морфологических особенностей и осуществлять расшифровку условий морфогенеза.

Результаты исследований и их обсуждение

Характеристика поверхностей, образующихся на минералах при пирамидально-черепитчатом типе растворения, достаточно подробно приведена в монографии [8], в которой описаны все известные на тот момент формы микро рельефа. Поэтому ниже кратко остановимся лишь на неизвестных поверхностях, которые выявлены в последнее время. Среди вновь выявленных поверхностей в первую очередь следует отметить такие как обратно черепитчатая поверхность и поверхность тетрагональных впадин (рис. 1), которые также относятся к пирамидально-черепитчатому типу растворения.

Обратно черепитчатая поверхность подобна собственно черепитчатой поверхности, в отличие от которой треугольники имеют не положительный рельеф, а отрицательный в виде треугольных впадин, также ориентированных вершинами в одном направлении (рис. 1, а). Данная поверхность характерна преимущественно для оливина, реже отмечается на гранатах, а также зафиксирована на зернах пикроильменита из зоны метасоматоза (Далдыно-Алакитский район).

Поверхность тетрагональных впадин представляет собой линейно ориентированные тетрагональные впадины, более широкие в устье и сужающиеся на глубину (рис. 1, б). Размер впадин может быть различным даже в пределах одного зерна минерала, форма часто почти идеально квадратная. Стенки впадин обычно ступенчатые, площадка в глубине зерна, как правило, ребристая. На сегодня данная поверхность встречена только на

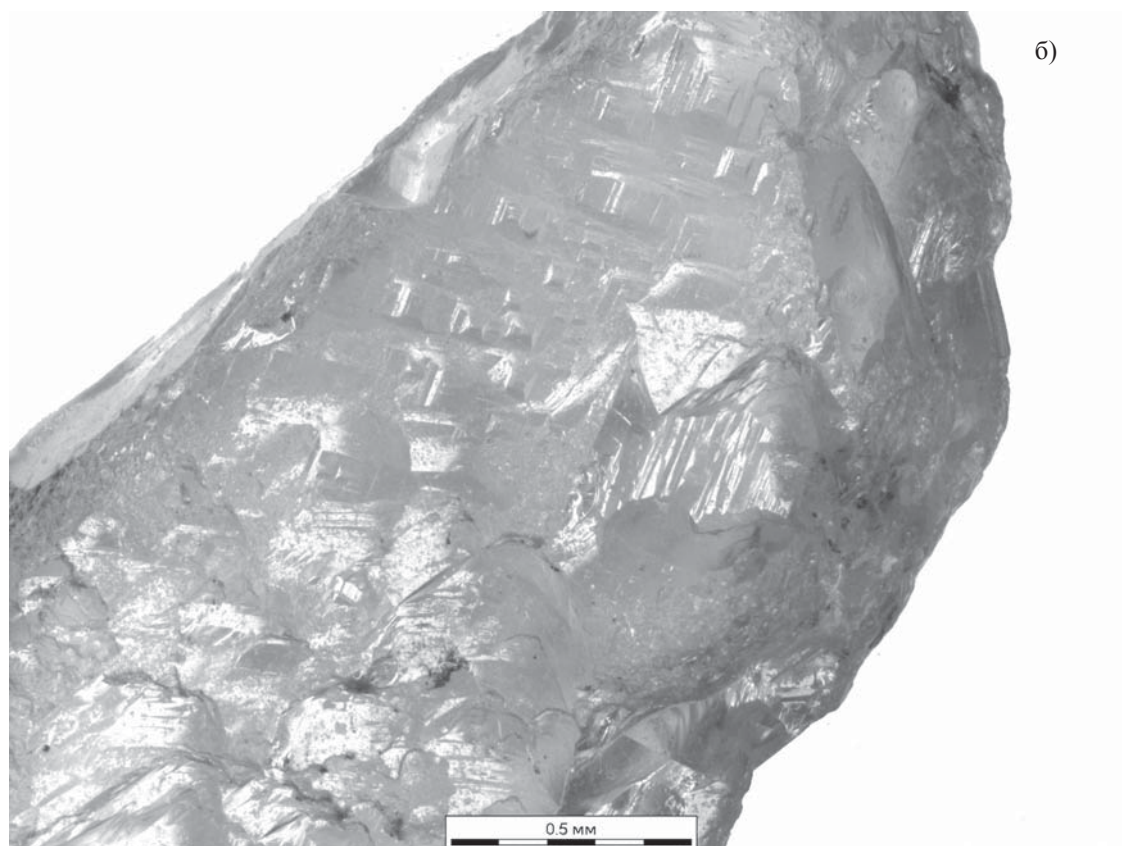
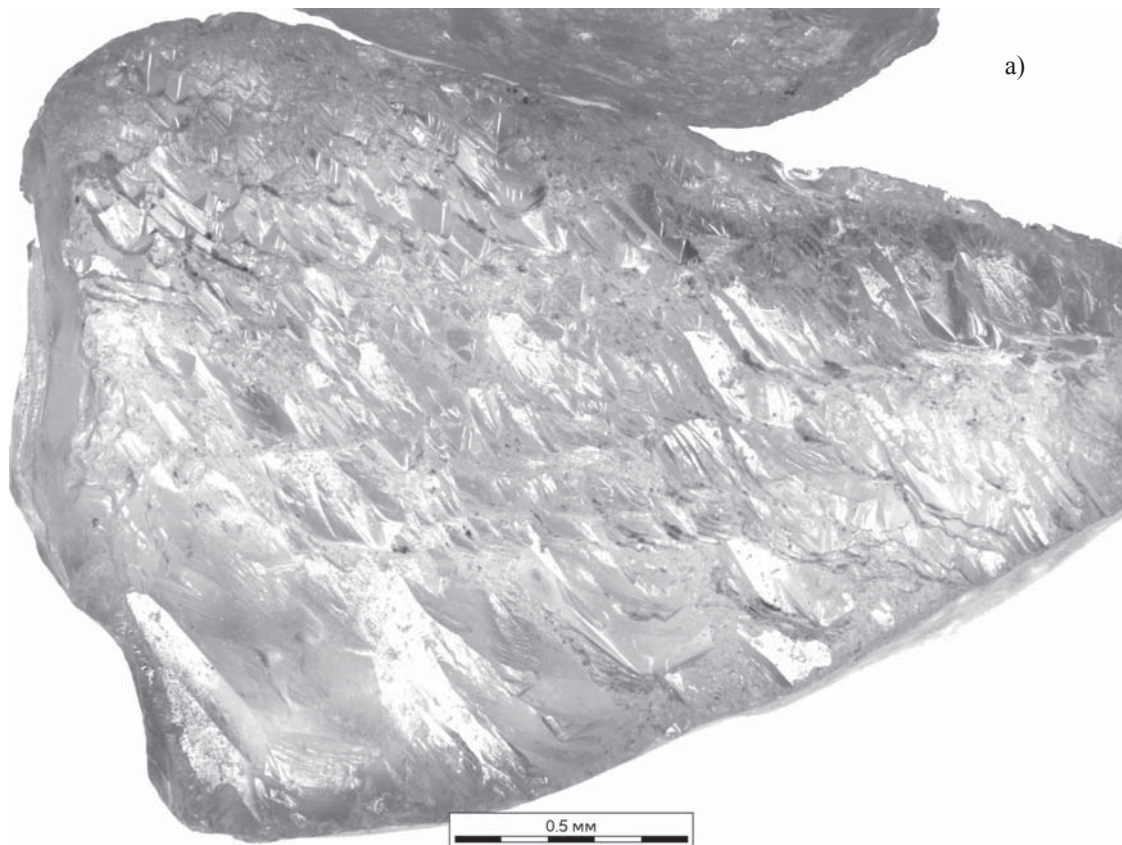


Рис. 1. Новые разновидности поверхностей пирамидально-черепитчатого типа растворения: а – обратно черепитчатая поверхность (оливин, Верхне-Мунское поле, тр. Новинка); б – поверхность тетрагональных впадин (оливин, Верхне-Мунское поле, тр. Новинка)

оливине, иногда присутствует в комбинации со ступенчатой поверхностью.

Как было отмечено выше, пирамидально-черепитчатый тип коррозии наиболее характерен для силикатов и в литературе отсутствуют какие-либо сведения о его развитии на пикроильменитах. Пикроильменит значительно менее подвержен физико-химическим изменениям по сравнению с гранатом в виду его большей химической устойчивости. Даже образующийся в экзогенных условиях коррозионный рельеф на пикроильменитах, как правило, весьма тонкий, заметить который на зернах из ореолов рассеяния можно лишь по суммарному отблеску от поверхности растворения.

Результаты собственных исследований показывают, что пирамидально-черепитчатый тип растворения кроме силикатов, хотя и редко, но встречается и на других минералах, в частности на пикроильмените. Наблюдаемая при этом черепитчатая, как правило, поверхность практически ничем не отличается от таковой на гранатах или оливине. В качестве примера, на рис. 2 представлено идеально окатанное зерно пикроильменита из руслового

аллювия р. Тустах (бассейн р. Оленек) с наложенным пирамидально-черепитчатым типом растворения, который легко распознается даже с помощью обычной оптической микроскопии. Принадлежность данного зерна к пикроильмениту подтверждена рентгеноспектральным анализом (Al_2O_3 – 0,60 мас.%; TiO_2 – 48,85 мас.%; Cr_2O_3 – 0,03 мас.%; MgO – 8,55 мас.%; FeO – 40,37 мас.%; SiO_2 – 0,04 мас.%; CaO – 0,01 мас.%; NiO – 0,02 мас.%; Na_2O – 0,16 мас.%; MnO – 0,24 мас.%).

В последнее время при смещении алмазопоисковых работ в северные территории Якутской алмазодобывающей провинции пикроильмениты с подобными поверхностями стали встречаться более часто. В частности, в процессе работ 2007-2009 гг. сотрудниками Амакинской экспедиции АК «АЛРОСА» данный тип растворения был встречен на пикроильменитах в пределах ряда участков Оленекской ветви Верхоянской складчато-надвиговой области. Пикроильмениты с пирамидально-черепитчатым типом растворения здесь обнаружены как непосредственно в карнийских отложениях верхнего триаса, подвергнутых интенсивной

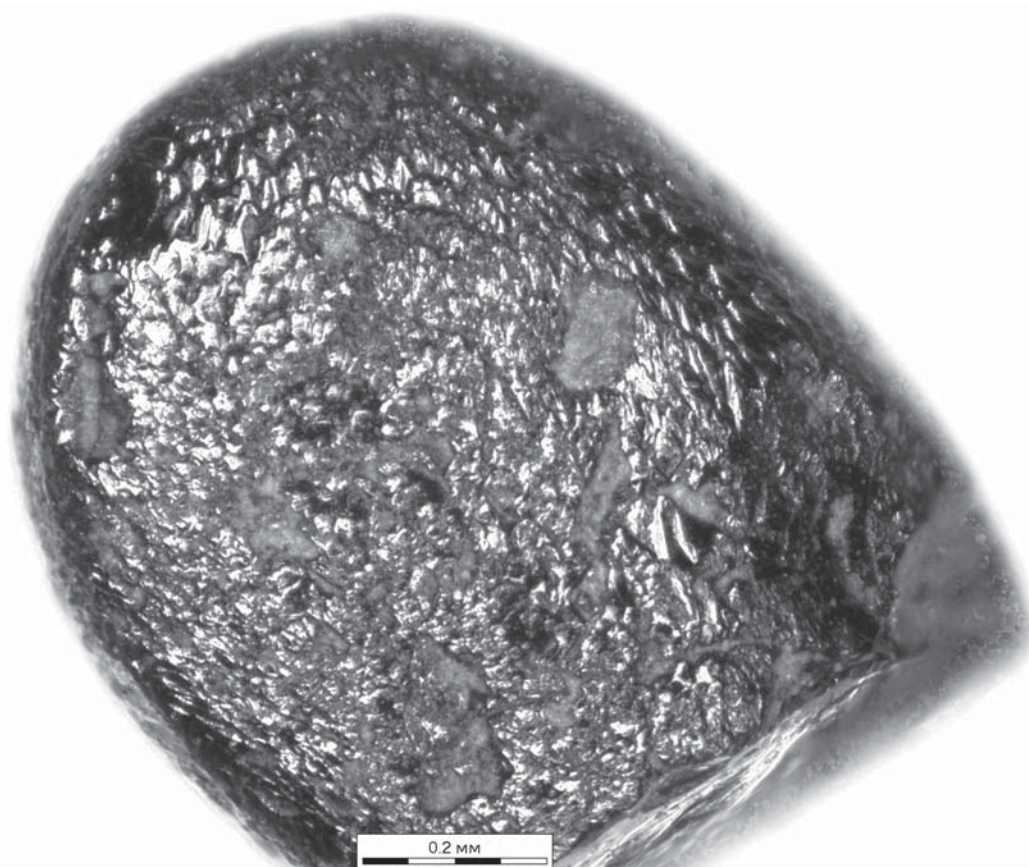


Рис. 2. Идеально окатанное зерно пикроильменита с наложенным пирамидально-черепитчатым типом растворения: бассейн р. Тустах, проба 6285

складчатости, так и в современной гидросети, дренирующей данные отложения. На рис. 3 представлено наиболее типичное зерно из данных обстановок с черепитчатой поверхностью, образование которой, как и в целом пирамидально-черепитчатого типа растворения, в данном районе связывается с условиями метагенеза в процессе формирования складчатости (катагенеза по [9] или эпигенеза по [6, 7]). Одновременно в данных условиях с развитием пирамидально-черепитчатого рельефа растворения, или без него, по внешней зоне зерен пикроильменита образуется анатаз. Следует признать, что даже в данных обстановках пирамидально-черепитчатый тип растворения на пикроильменитах встречается достаточно редко. Чаще происходит замещение внешней зоны зерен вторичными минералами без заметного рельефа растворения. Иногда анатаз наблюдается в виде хорошо выкристаллизованных относительно крупных кристалликов, иногда в виде тонких сплошных корочек, покрывающих почти все зерно минерала. Отметим, что анатаз развивается, в том числе, и по изношенным зернам, при этом повторяя морфологию зерен, тем самым как бы имитируя износ самой каймы. Данное обстоятельство свидетельствует, что преобразование минералов происходило непосред-

ственно в осадочном коллекторе. Кроме пикроильменита в карнийском коллекторе широким распространением пользуется гранат также с пирамидально-черепитчатым типом растворения, зерна которого в виду меньшей химической устойчивости, более интенсивнее подвергнуты коррозии (рис. 4).

Похожие пикроильмениты с подобными поверхностями встречаются также в Далдыно-Алакитском районе, в частности на междуречье рек Марха-Моркока (рис. 5), где пирамидально-черепитчатый тип растворения на минералах из каменноугольных отложений сформировался в результате воздействия на промежуточный коллектор трапповых интрузий (в результате его «пропарки»). На зернах пикроильменита здесь, представленных преимущественно осколками, наблюдается как типично черепитчатая поверхность (рис. 5), так и обратная черепитчатая. Кроме этого здесь отмечается повышенный процент зерен с вторичной агрегативностью [8]. При этом нередко агрегативность характерна только для внешней зоны минерала, центральная же часть зерен монолитная. На отдельных зернах минерала фиксируется побежалость синеватого или розоватого цвета термического происхождения.

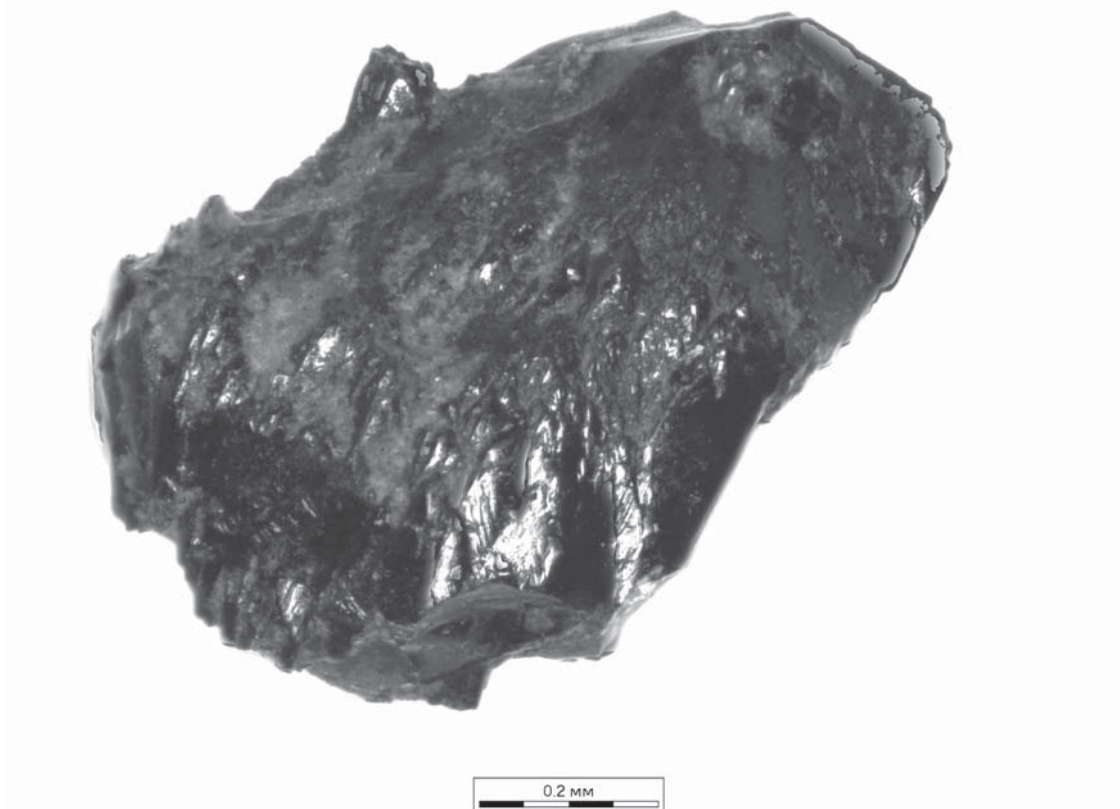


Рис. 3. Внешний вид пикроильменита из зоны метагенеза с пирамидально-черепитчатым типом растворения: Оленекская ветвь Верхоянской складчатости, участок Протока, проба 4091

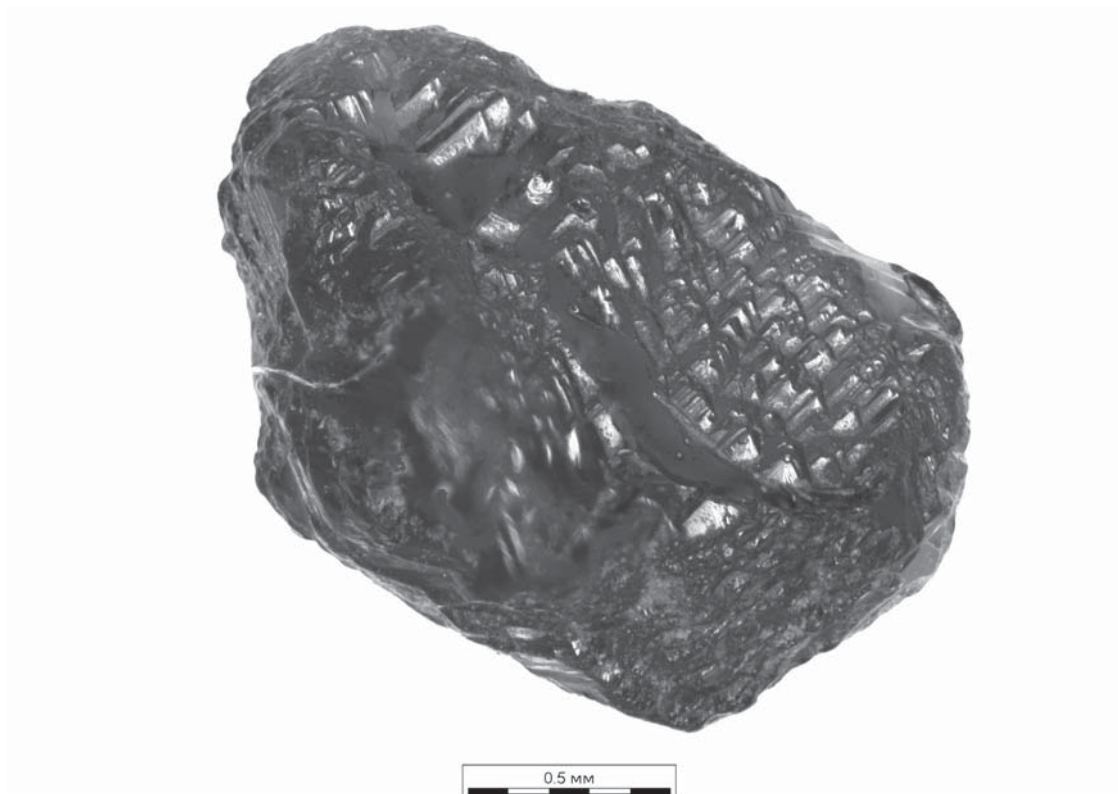


Рис. 4. Гранат с пирамидально-черепитчатым типом растворения из зоны метабазита: Оленекская ветвь Верхоянской складчатости, участок Протока



Рис. 5. Зерна пикроильменита из зоны метасоматоза с вторичной черепитчатой поверхностью: Далдыно-Алакитский район, истоки р. Уесе-Ого-Юряге, участок Делинге, шурф 196

Пикроильмениты, подверженные подобным изменениям, отмечаются также в Моркокинском алмазоносном районе, в частности в отложениях карбона к югу от р. Моркоки (в сторону Ыгатинской впадины). Одновременно с развитием пирамидально-черепитчатого рельефа растворения (или без него) во внешней зоне зерен пикроильменитов здесь диагностирован анатаз, иногда марганцовистый ильменит или типичный ильменит, редко лейкоксеноподобное вещество.

Как в Далдыно-Алаkitском, так и в Моркокинском районе широким распространением пользуются перекрывающие отложения трапповой формации. К настоящему времени траппы частично сдундированы, и карбоновые отложения выходят непосредственно на поверхность. В Моркокинском районе в древнем коллекторе совместно с пикроильменитами присутствуют также гранаты с пирамидально-черепитчатым типом растворения. Осадочные коллектора в данных районах в свое время были повергнуты метасоматическому воздействию трапповых интрузий, в результате чего произошли эпигенетические изменения кимберлитовых минералов с формированием на них пирамидально-черепитчатого типа растворения и замещением внешней зоны вторичными минералами.

Заключение

Таким образом, следует признать, что в определенных обстановках, в том числе в условиях метасоматоза и метасоматоза, могут возникать условия, приводящие к образованию пирамидально-черепитчатого типа растворения не только на силикатах, но и на других минералах, в том числе на окислах. Сама возможность образования на пикроильменитах поверхностей, аналогичных формирующимся на гранате или оливине при пирамидально-черепитчатым типом растворения, имеет важное практическое значение, так как пикроильменит имеет более широкое распространение в ореолах рассеяния по сравнению с другими кимберлитовыми минералами. Приведенные выше сведения позволяют генетически правильно интерпретировать соответствующие морфологические особенности данного минерала и расшифровывать условия морфогенеза в целом всей минеральной ассоциации.

В заключение отметим, что не следует путать поверхности, образующиеся на пикроильменитах в результате пирамидально-черепитчатого типа растворения с микропирамидальным рельефом. Пирамидально-черепитчатый тип растворения,

хотя и является конвергентным в целом по отношению к кимберлитовым минералам, однако на пикроильменитах имеет, как правило, вторичный генезис. По крайней мере, непосредственно в кимберлитах пикроильмениты с подобным типом растворения пока не встречены. Микропирамидальный рельеф на пикроильменитах, выделяемый в качестве такового отдельными исследователями [1], является, по сути, разновидностью бугорчатой поверхности [10, 11]. Данная поверхность имеет реакционно-коррозионный генезис и является первичной по отношению к процессам ореолообразования. Кроме этого следует помнить, что пирамидально-черепитчатый тип растворения, не зависимо на каком минерале он проявлен – на гранате или пикроильмените, не имеет ничего общего с процессами корообразования и никогда не образуется в гипергенных условиях. Это общепризнанный факт. В гипергенных условиях, в отличие от условий метасоматоза или метасоматоза, действуют совершенно иные агенты растворения, в частности органические кислоты, под воздействием которых на кимберлитовых минералах реализуется совершенно иные типы растворения (кубоидный или дислокационный) с соответствующими поверхностями (каплевидная, коррозионная и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Афанасьев В. П.* Морфология и морфогенез индикаторных минералов кимберлитов / В. П. Афанасьев, Н. Н. Зинчук, Н. П. Похиленко. – Новосибирск, 2001. – 276 с.
2. *Гужий Д. В.* О ступенчатой (черепитчатой) форме гранатов / Д. В. Гужий, Л. Г. Ткачук // Минерал. сб. Львовского ун-та. – 1959. – № 13. – С. 65–73.
3. *Францессон Е. В.* Петрология кимберлитов / Е. В. Францессон. – М.: Недра, 1968. 199 с.
4. *Simpson G. S.* Evidence of overgrowths on and solution of detrital garnets / G. S. Simpson // J. Sediment. Petrol. – 1976. – Vol. 46. – № 3. – P. 689–693.
5. *Кудрявцева Г. П.* Атлас. Морфология алмаза и его минералов-спутников из кимберлитов и родственных пород Архангельской алмазоносной провинции / Г. П. Кудрявцева [и др.]. – 1-е изд. – М.: Поляр. кр., 2005. – 624 с.
6. *Коссовская А. Г.* Минерагения терригенного мезозойского комплекса Вилнойской впадины и Западного Верхоянья / А. Г. Коссовская. – М.: Из-во АН СССР, 1962. – 206 с.
7. *Коссовская А. Г.* Проблема эпигенеза / А. Г. Коссовская, В. Д. Шутов // Эпигенез и его минеральные индикаторы. – М.: Наука, 1971. – С. 9–34.
8. *Хмельков А. М.* Основные минералы кимберлитов и их эволюция в процессе ореолообразования (на при-

мере Якутской алмазоносной провинции) / А. М. Хмельков. – Новосибирск : АРТА, 2008. – 252 с.

9. *Вассоевич Н. Б.* О терминологии, применяемой для обозначения стадий и этапов литогенеза / Н. Б. Вассоевич // Геология и геохимия. – 1957. – Т. 1, № 7. – С. 156–176.

10. *Хмельков А. М.* О природе шиповатой поверхности пикроильменитов (на примере ореолов Муно-

Тюнгского водораздела) / А. М. Хмельков // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. – Воронеж, 2003. – С. 256–258.

11. *Хмельков А. М.* О генезисе кайм на пикроильменита Тайгикун-Нембинского кимберлитового поля (Эвенкия) / А. М. Хмельников // Геология и геофизика. – 2005. – Т. 46, № 2. – С. 198–205.

Амакинская геолого-разведочная экспедиция АК «АЛРОСА»

А. М. Хмельков, ведущий геолог, кандидат геолого-минералогических наук

Тел.: 8 (41136) 6-28-20 (дом.);

8 (41136) 6-44-85 (раб.)

st_56@mail.ru

Amakinskaya geological expedition, ALROSA Co. Ltd

A. M. Khmelkov, Chief geologist, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences

Tel.: 8 (41136) 6-28-20 (home);

8 (41136) 6-44-85 (corp.)

st_56@mail.ru