

---

---

**МИНЕРАЛЫ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ**

---

---

**ПАРАГЕНЕЗИСЫ ПОЛЯКОВИТА-(Ce) В КАРБОНАТИТАХ И УЛЬТРАМАФИТАХ  
ИЛЬМЕНСКИХ ГОР (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

© 2021 г. В. А. Попов\*

*Институт минералогии, Южно-Уральский ФНЦ минералогии и геоэкологии УрО РАН,  
Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия**\*e-mail: popov@mineralogy.ru*

Поступила в редакцию 26.04.2021 г.

После доработки 30.05.2021 г.

Принята к публикации 30.09.2021 г.

Минералогические исследования на проявлении поляковита-(Ce) в Ильменских горах на Южном Урале привели к открытию широкого спектра парагенезисов, в которых участвуют акцессорные поляковит-(Ce), эшинит-(Ce), фергусонит-(Ce), монацит-(Ce), хромит и другие минералы. Щелочная ультрамафитовая формация с карбонатитами представлена рихтерит-флогопит-форстеритовой, рихтерит-флогопитовой, флогопит-рихтеритовой породами, слюдитами и карбонатитами, а также их пегматитовыми аналогами.

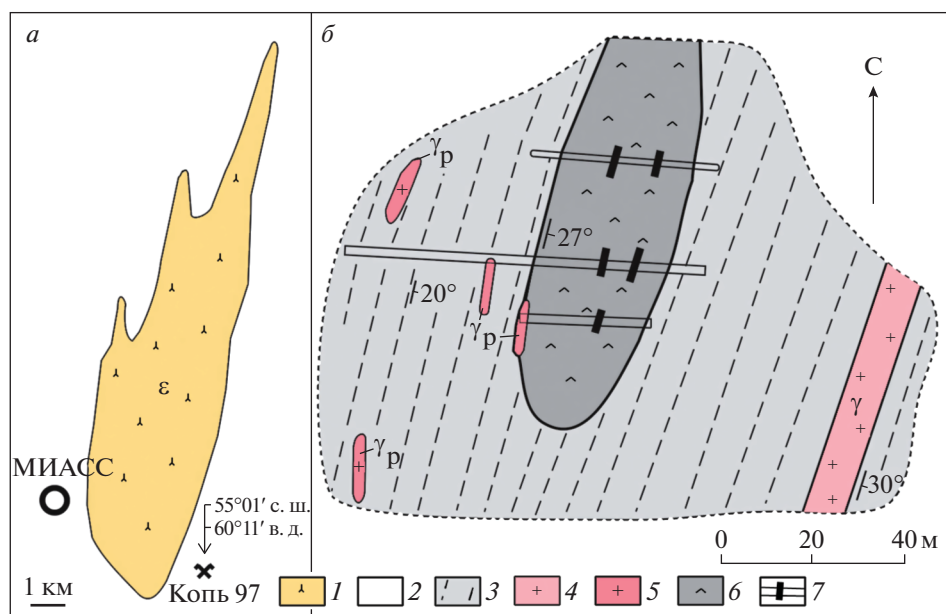
*Ключевые слова:* щелочные ультрамафиты, карбонатиты, парагенезис, пегматиты, поляковит-(Ce), монацит-(Ce), фергусонит-(Ce), эшинит-(Ce), Ильменские горы

DOI: 10.31857/S086960552106006X

**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из задач парагенетического анализа, получившего сильное развитие в середине XX века, является “... установление наблюдаемых закономерностей парагенезисов минералов в горных породах ...” (Коржинский, 1973, с. 275). Наше внимание привлек новый минерал из группы чевкинита – поляковит-(Ce), установленный в карбонатитах и карбонатит-пегматитах Ильменских гор на Южном Урале (Попов и др., 2000; Popov et al., 2001). Удивительна локальность нахождения этого минерала в копи № 97. За прошедшие почти сорок лет со времени его первой находки в мире пока не обнаружено других мест, где бы попался поляковит, если не считать описание “хромистого чевкинита” в виде мелкого включения в африканском алмазе (Копылова и др., 1997). Поляковит-(Ce), очевидно, следует отнести к акцессорным минералам, которые трудно идентифицировать в процессе полевых работ и закартировать его распространение. Существенную помощь при картировании акцессорных минералов могут оказать синхронные с ними породообразующие минералы. В этой работе парагенезисы поляковита-(Ce) устанавливались на основании наблюдений индукционных поверхностей одновременного роста между минеральными индивидами. Состав минералов определялся Е.И. Чуриным на электронно-зондовом микроанализаторе JXA-733 Geol и М.А. Рассомахиным на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3.

Ильменские горы и их отроги на Южном Урале сложены миаскитами Ильменогорского массива, телами сиенитов, гранитов, ультрамафитов, карбонатитов и вмещающими их метаморфическими породами – гранито-гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами, кварцитами (рис. 1). Они хорошо известны открытиями 18 но-



**Рис. 1.** Местоположение копи № 97 относительно миаскитового массива (а) и геологическая схема района копи (б). 1 – миаскиты; 2 – вмещающие породы; 3 – пироксеновые фениты; 4 – граниты; 5 – гранитные пегматиты; 6 – ультрамафиты; 7 – канавы с выходами жил слюдит-пегматитов и карбонатит-пегматитов.

**Fig. 1.** The location of mine No 97 relative to the miaskite massif (a) and the geological scheme of the area of the mine (b). 1 – miaskites, 2 – host rocks, 3 – pyroxene phenites, 4 – granites, 5 – granite pegmatites, 6 – ultramafites, 7 – ditches with outcrops of mica-pegmatite and carbonatite-pegmatite veins.

вых минералов (Минералы..., 1949; Попов, Попова, 2006; и др.) и новых горных пород – миаскитов (“ильменских гранитов”), фирситов и “зернистых известняков”. Через сто лет после описания “зернистых известняков” подобные породы были названы карбонатитами (Brögger, 1921). Именно в “зернистых известняках” (карбонатитах и, как мы считаем, карбонатит-пегматитах) Ильменских гор найдены богато ограненные кристаллы ильменита, циркона, пироклора, молибденита, чевкинита, алланита и других минералов.

Щелочные ультрамафиты и карбонатиты в восточном экзоконтакте Ильменогорского миаскитового массива известны с начала XIX века (разведки П.Н. Барбот де Марни, Минералы..., 1949). Однако жильные слюдиты и слюдит-пегматиты, флогопит-энстатит-тремолитовые, флогопит-рихтеритовые (“роговообманковые”) пегматиты, карбонатиты и карбонатит-пегматитовые тела не относили в те далекие времена к поздней выделенной формации щелочных ультрамафитов с карбонатитами. Когда появились данные о форстеритсодержащих парагенезисах в телах этой серии жильных тел в районе копей № 13 и 97 в Ильменских горах, возникла модель фенитизации “обычных” ультрамафитов (Поляков, Недосекова, 1990). Специальные онтогенетические исследования в районе копи № 97 дают другую модель их образования без привлечения представлений о фенитизации (Попов, 2004). Объемное препарирование индивидов минералов показало, что между форстеритом, флогопитом и рихтеритом наблюдаются индукционные поверхности совместного одновременного роста (парагенезис). Это означает, что форстеритсодержащая порода не подвергалась фенитизации, она изначально имела наблюдаемый состав и принадлежит щелочно-ультрама-

фитовой серии. Описываемая порода имеет темный зеленовато-коричневый цвет и плотное сложение. Магматические фазы щелочно-ультрамафитовой серии представлены рихтерит-флогопит-форстеритовыми породами, а некоторые – переходными к карбонатитам и карбонатит-пегматитам или слюдитам и слюдит-пегматитам.

### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД И ЖИЛЬНЫХ ТЕЛ КАРБОНАТИТ-ЩЕЛОЧНОУЛЬТРАМАФИТОВОЙ ФОРМАЦИИ В РАЙОНЕ КОПИ № 97

В сложном теле щелочных ультрамафитов района копи № 97 (рис. 1) установлено несколько горных пород – рихтерит-флогопит-форстеритовых, флогопитовых, рихтеритовых пород и карбонатитов (рис. 2), местами претерпевших неоднократную хрупко-пластическую деформацию с образованием бластомилонитов и брекчий, а также реликтовых менее деформированных участков. В связи с интенсивными деформациями, относительный возраст разных породных тел установить трудно: контакты сорваны, сдвинуты, есть разновременное брекчирование ранних агрегатов. Небольшое сложное тело щелочных ультрамафитов нанесено на геологическую схему в кососекущем положении по отношению к вмещающим гнейсовидным пироксеновым сиенитам. Явлений фенитизации в ультрамафитах (Поляков, Недосекова, 1990) нами не наблюдалось, и нет доказанных секущих их миаскитовых и сиенитовых тел. Тело ультрамафитов разбито разноориентированными трещинами, в которых наблюдаются жилы карбонатитов, слюдитов, карбонатит-пегматитов, слюдит-пегматитов, флогопит-рихтеритовых пегматитов, частично смещенных по склону в коре выветривания.

Жильные тела сильно отличаются друг от друга по количественным соотношениям как породообразующих (доломита, кальцита, флогопита, рихтерита, минералов группы гумита, форстерита, хлорита), так и второстепенных минералов – монацита-(Ce), поляковита-(Ce), эшинита-(Ce), фергусонита-(Ce), хромита, шпинели, циркона, цирконолита-(Y) и др. В некоторых случаях встречаются скопления нескольких акцессорных минералов. Характерной чертой сложного щелочного ультрамафитового тела является сходство минералогии горных пород и их пегматитовых аналогов.

### МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЩЕЛОЧНЫХ УЛЬТРАМАФИТОВ И КАРБОНАТИТОВ КОПИ № 97

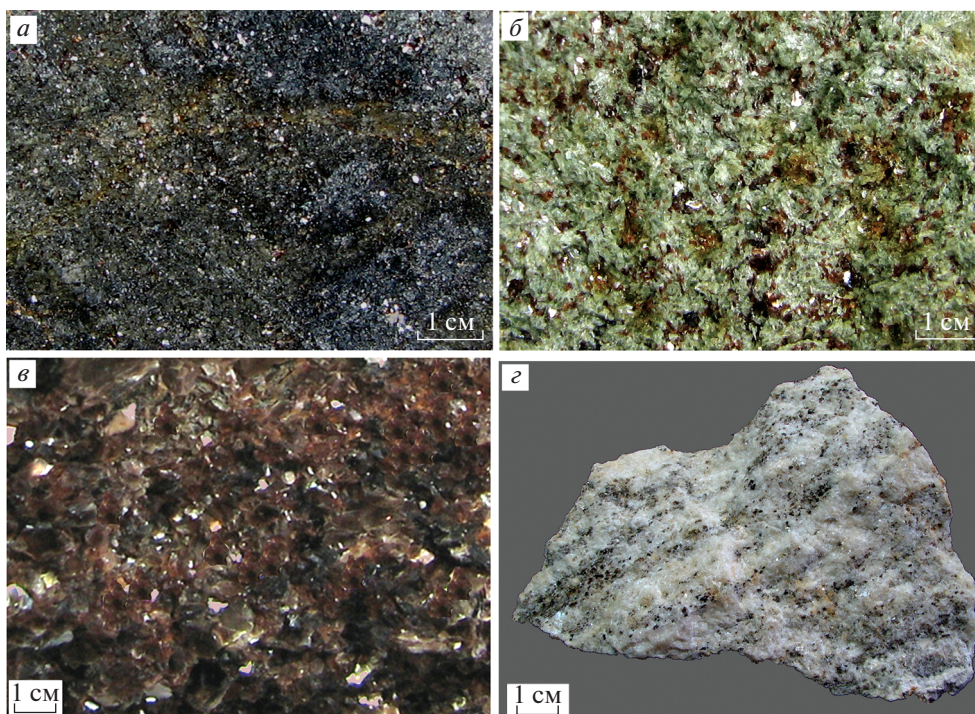
**Рихтерит-флогопит-форстеритовая порода** мелко- и среднезернистая (рис. 2, а), в объеме содержащая 93–95% форстерита и 2–5% флогопита и рихтерита; прочие минералы – пирит, пирротин, пентландит, халькопирит, молибденит, хромит, монацит-(Ce), апатит, барит. В отвалах встречена и неравнозернистая (порфиرويدная) рихтерит-флогопит-форстеритовая порода, в которой наблюдаются изометричные индивиды форстерита размером 5–10 см, вкрапления флогопита и редкие призмы зеленого рихтерита размером до 1 см. Формулы минералов:

$Mg_{1.8}Fe_{0.18}Mn_{0.01}Ni_{0.003}(SiO_4)$  – форстерит,

$(K_{0.9}Na_{0.04}Ba_{0.005})(Mg_{2.9}Fe_{0.15})(Al_{0.92}Si_{3.08})O_{10}(OH_{1.74}F_{0.26})$  – флогопит,

$(Na_{0.95}K_{0.12})(Ca_{1.4}Mg_{5.12}Fe_{0.28}Al_{0.06}Mn_{0.04}Cr_{0.03})(Si_8O_{22})(OH_{1.64}F_{0.36})$  – рихтерит.

Акцессорными минералами в этой породе являются хромит, пирит, пирротин, пентландит и халькопирит. Акцессорные минералы мелки, лишь иногда размер их индивидов достигает 1–2 мм. Они включены в породообразующие минералы и имеют с ними компромиссные поверхности одновременного роста. Их очень мало, в сумме около 1%. Состав хромита по данным электронно-зондового анализа (мас. %):  $Cr_2O_3$  56.94, FeO 35.23, MgO 3.21,  $Al_2O_3$  0.53,  $TiO_2$  0.43,  $V_2O_5$  0.53, MnO 1.59, ZnO 1.82, сумма 100.28. Состав сульфидов в рихтерит-флогопит-форстеритовой породе почти соответствует идеализированным формулам с небольшими примесями: в пирите – до 0.4% Co, в



**Рис. 2.** Горные породы, слагающие сложное ультрамафитовое тело в районе копи № 97. *а* – рихтерит-флогопит-форстеритовая; *б* – флогопит-рихтеритовая; *в* – флогопитовый слюдит; *г* – полосчатый флогопит-кальцит-доломитовый карбонатит.

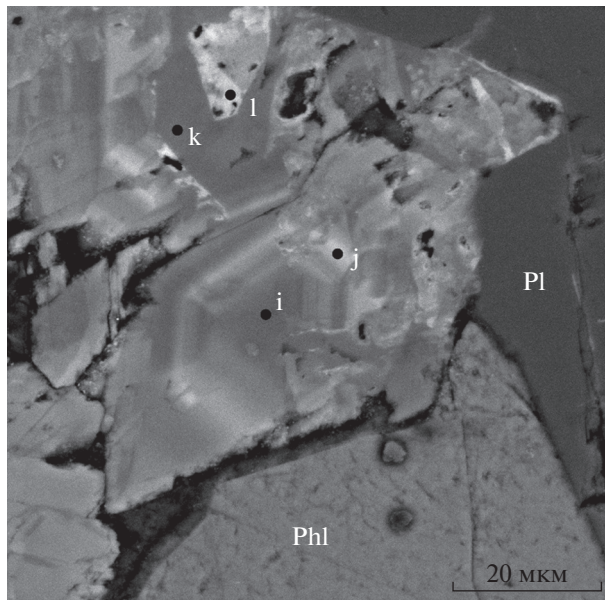
**Fig. 2.** Some rocks that make up a complex ultramafic body in the area of mine No 97. *a* – richterite-phlogopite-forsterite rock, *б* – phlogopite-richterite rock, *в* – phlogopite mica-rock, *г* – banded phlogopite-calcite-dolomite carbonatite.

пентландите – до 2.5% Co, в пирротине – до 0.4% Co и до 0.5% Ni; халькопирит свободен от примесей. Обращают на себя внимание примеси никеля, хрома, ванадия, кобальта и бария в породообразующих минералах и наличие акцессорных минералов, содержащих эти элементы. В отдельных глыбах рихтерит-флогопит-форстеритовая порода выглядит совершенно неизменной (“свежей”), без следов деформации и замещения.

**Флогопит-рихтеритовая порода** (рис. 2, *б*) содержит 70–90% рихтерита, 10–30% флогопита и акцессорные хромит, монацит-(Ce) и циркон. Между всеми названными минералами наблюдались поверхности одновременного роста. Состав минералов относительно однороден, мало отличается в разных участках. В восточном эндоконтакте тело флогопит-рихтеритовой породы местами имеет крупнозернистую структуру и содержит крупные индивиды поляковита-(Ce).

**Слюдиты** – жилообразные небольшие по размерам (до 2 м) карбонатно-сланцевые тела, сложенные светло-коричневым флогопитом (рис. 2, *в*) или (в других случаях) коричнево-черным биотитом и карбонатами (кальцитом и доломитом), с алланитом-(Ce), шпинелью, скаполитом, пирротинном, магнетитом и другими акцессорными минералами. Все минералы синхронны, а кальцит с доломитом образуют синтаксические срастания. Флогопит таблитчатый. Он характеризуется эмпирической формулой  $K_{0.95}Na_{0.09}Mg_{1.78}Fe_{0.83}Mn_{0.03}Ti_{0.12}Al_{0.20}(Si_{2.79}Al_{1.21})O_{10}(OH_{1.75}F_{0.25})$ . Алланит-(Ce) представ-





**Рис. 3.** Зонально-секториальный Ва-содержащий калиевый полевой шпат в сростании с флогопитом и олигоклазом. Фото в отраженных электронах.

**Fig. 3.** Intergrowth of zonal-sectorial barium-containing K-feldspar with phlogopite and oligoclase. BSE image.

лен изометричными зернами серого цвета, он нерадиоактивный (без плехроичных двори-ков), его эмпирическая формула  $\text{Ca}_{1.15}\text{Ce}_{0.44}\text{La}_{0.33}\text{Nd}_{0.06}\text{Pr}_{0.04}\text{Fe}_{0.74}\text{Al}_{1.94}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$ . Зерна скаполита субизометричны, бесцветны, имеют промежуточный между мейонитом и мариалитом состав, отвечающий формуле  $\text{Na}_{2.42}\text{Ca}_{1.49}\text{Fe}_{0.02}(\text{Al}_{4.01}\text{Si}_{7.94}\text{O}_{24})(\text{Cl}_{0.58}(\text{CO}_3)_{0.42})$ . Sr-содержащий фторапатит образует мелкие бесцветные субизометричные зерна; его эмпирическая формула  $\text{Ca}_{4.8}\text{Sr}_{0.1}\text{Na}_{0.07}\text{Mg}_{0.01}\text{Ce}_{0.01}\text{U}_{0.01}(\text{P}_{2.93}\text{Si}_{0.06}\text{S}_{0.01})\text{O}_{12}(\text{F}_{0.95}\text{OH}_{0.05})$ .

Вместе с алланит-флогопитовой породой в отвале найдены обломки темной шпинель-флогопитовой породы, содержащей также доломит, клинохлор, апатит, ильменит и аксессуарные бадделит, циркон, монацит-(Ce), рабдофан, барит, рутил. Встречены дендриты меди в лимонитовой псевдоморфозе по железистому доломиту. В небольшой полости от замещенного зерна доломита наблюдались мелкие тройники клинохлора. В зерне алланита встречено включение калиевого полевого шпата, неоднородного по содержанию бария (гиалофан, рис. 3).

Некоторые слюдиты с преобладанием флогопита и небольшой примесью доломита имеют светло-коричневый цвет и среднезернистую структуру. Под микроскопом в некоторых зернах флогопита видны мелкие зеленые синтаксические вроски клинохлора. Эмпирическая формула флогопита  $\text{K}_{0.91}\text{Na}_{0.03}\text{Ba}_{0.01}\text{Mg}_{2.89}\text{Fe}_{0.24}(\text{Al}_{0.85}\text{Si}_{3.07})\text{O}_{10}(\text{OH}_{1.63}\text{F}_{0.37})$ . В тонких вросках клинохлора определены следующие примеси (мас. %): NiO 0.22, CaO 0.33; Ba не обнаружен, в отличие от флогопита. Хлорит подтвержден рентгенограммой. Доломит по составу отвечает формуле  $\text{Ca}_{1.00}\text{Mg}_{0.91}\text{Fe}_{0.06}\text{Mn}_{0.02}\text{Sr}_{0.01}(\text{CO}_3)_2$ .

В светло-коричневом слюдите местами встречаются линзы крупнозернистого зеленого клинохлора (индивиды размером до 3 см) и крупные индивиды светло-коричневого хондродита размером до 4 см (рис. 4). Состав хондродита (мас. %): SiO<sub>2</sub> 34.27, MgO 51.74,



Рис. 4. Флогопит-хондродитовые крупнозернистые сростки в слюдите.

Fig. 4. Phlogopite-chondrodite coarse-grained intergrowths in the mica-rock.

FeO 6.78, TiO<sub>2</sub> 1.35, MnO 0.77, F 5.28, —O=F<sub>2</sub> 2.22, сумма 97.97. Рентгенограмма хондродита соответствует эталону.

**Корунд-флогопитовые пегматиты** встречаются только в рыхлом отвале северной канавы копи № 97. Изометричные розоватые индивиды корунда имеют размер до 4 см. Флогопит толстотаблитчатый, зеленоватый, крупнозернистый. Совместно с корундом кристаллизовались диаспор, шпинель, прайсверкит, циркон, фергусонит-(Ce), кальцит, пирротин, уранинит, торинит, кальцит в мелких выделениях.

**Флогопит-клиногумитовая порода** встречается в отвалах юго-восточной части ультрамафитового тела. Эта светло-коричневая неравнозернистая порода, которая содержит мелкие зерна хромита и монацита-(Ce). В пегматитовом аналоге флогопит-клиногумитовой породы встречаются рихтерит и поляковит-(Ce).

**Флогопит-доломит-кальцитовые карбонатиты.** Долгое время в коре выветривания сложного ультрамафитового тела в разведочных канавах встречались лишь фрагменты карбонатит-пегматитовых тел. В 2012 г. в восточной части центральной канавы на контакте крупной жилы доломитового карбонатит-пегматита с обильным монацитом-(Ce) были обнаружены среднезернистые слабо полосчатые флогопит-доломит-кальцитовые карбонатиты (рис. 2, з) с монацитом-(Ce), поляковитом-(Ce), хромитом и другими аксессуарными минералами.

Местами встречаются своеобразные **магматические<sup>1</sup> брекчии**, где обломки флогопит-форстеритовой породы сцементированы флогопит-рихтеритовой породой, а также брекчия флогопитового слюдита с карбонатитовым “цементом”.

Район копи № 97 Ильменских гор уникален по набору мелких тел магматических фаз карбонатит-щелочноультрамафитовой формации, а также и по минеральному составу этих тел. Карбонатиты необычны — они обогащены одновременно редкими землями, Sr, Ni, Ba и Sr. В слюдитах и карбонатитах встречается магматический хлорит, местами образующий небольшие собственные тела **хлоритолитов**.

**Поляковит-(Ce)** определен как в парагенезисах магматических горных пород, так и в их пегматитовых аналогах — рихтерит-флогопит-доломит-кальцитовых карбонатит-

<sup>1</sup> По мнению авторов статьи, сколь-либо серьезно не аргументированному — Прим. ред.

тах, флогопит-клиногумитовой породе, рихтерит-флогопитовой породе и флогопит-рихтеритовой породе. Кроме поляковита-(Ce) в этих породах наблюдались акцессорные минералы – эшинит-(Ce), фергусонит-(Ce), монацит-(Ce), хромит и другие. Парагенетические взаимоотношения между минералами устанавливаются по наличию индукционных поверхностей одновременного роста. Карбонатиты и карбонатит-пегматиты копи № 97 в Ильменских горах похожи на карбонатиты других участков Ильменогорско-Вишневогорского комплекса, но только в них установлен в заметных количествах хромит. Он характеризует хромовую специализацию карбонатитовой системы, определившей наличие поляковита вместо других минералов группы чевкинита, а также хромовую специфику некоторых других минералов (существенная примесь Cr в составе рихтерита, давидита, корунда и др.). В карбонатит-пегматитах копи 97 встречаются кристаллы хромита размером до 12 мм.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По мнению автора, парагенетический анализ в рамках онтогении минералов может быть осуществлен без привлечения физико-химического моделирования. Практический выход для топоминералогических предсказаний при этом вряд ли существенно уменьшается. Выполнение собственно минералогических исследований ведет к открытию широкого спектра полиминеральных парагенезисов, характерных для природных объектов.

Небольшое тело щелочных ультрамафитов копи № 97 является уникальным образованием среди минеральных объектов Ильменских гор в связи с разнообразием минеральных парагенезисов и многообразием минералов, число которых к настоящему времени достигло 62 минеральных видов. В копи № 97 открыты два новых минерала – поляковит-(Ce) и фторрихтерит. Встречены здесь также новые разновидности пород – доломит-скаполит-шпинель-алланит-биотитовые слюдиты, рихтерит-флогопит-доломит-кальцитовые карбонатиты и карбонатит-пегматиты с большим количеством редких акцессорных минералов (Попов и др., 2020).

Проявление поляковита-(Ce), вскрытое выработками копи № 97, является пока единственным в мире. Здесь найдены его кристаллы размером до 16 см – самые крупные среди минералов группы чевкинита. В парагенезисе с поляковитом-(Ce) установлены породообразующие – рихтерит, флогопит, форстерит, доломит, кальцит, клиногумит, хондродит а также акцессорные минералы – хромит, эшинит-(Ce), фергусонит-(Ce), монацит-(Ce). Подобные парагенезисы, но без поляковита, можно встретить в других районах Южного Урала, в том числе в карбонатитах (Ильменские и Вишневые горы, Шишимские и Назямские горы, “Русская Бразилия” и др.). На возможное нахождение поляковита-(Ce)  $\text{Ce}_4\text{MgCr}_2\text{Ti}_2\text{O}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$ , по-видимому, может указывать наличие хромита  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ . Отсутствие или малое содержание Cr в системе препятствует появлению поляковита.

Щелочные ультрамафиты в районе копи № 97 являются частью Ильменогорско-Вишневогорского щелочного комплекса, трассирующего одну из южноуральских рифтовых систем и относящуюся к восточной части Главного Уральского разлома. Несколькими выработками копи № 97 вскрыто небольшое, но сложно дифференцированное тело щелочных ультрамафитов с жилами слюдитов, карбонатитов и карбонатит-пегматитов. На этом объекте впервые для Ильменских гор встречены карбонат-флогопитовые слюдиты и флогопитовые карбонатиты, которые, как считает автор, возникают из расплавов-растворов минимальной вязкости, с высокой растворимостью оксидов и силикатов. Рассмотренная уникальная минерализация в щелочных ультрамафитах Ильменских гор является важной характеристикой геологических процессов, протекающих в рифтовых системах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Копылова М.Г., Рикард Р.С., Кленстюбер А.* Первая находка стронциевого К-Сг-лопарита и Сг-чевкинита в алмазах // Геол. геофиз. **1997**. Т. 38. № 2. С. 382–397.
- Коржинский Д.С.* Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. М.: Наука, **1973**. 288 с.
- Минералы* Ильменского заповедника. М.—Л., **1949**. 660 с.
- Поляков В.О., Недосекова И.Л.* Минералогия апогипербазитовых фенитов и карбонатитов южной части Ильменских гор. В кн.: Минералы месторождений и зон техногенеза рудных районов Урала. Свердловск: УрО РАН СССР, **1990**. С. 6–17.
- Попов В.А.* О происхождении флогопит-амфиболовых пегматитов копи № 13 Ильменских гор // Урал. геол. журн. **2004**. № 2. С. 79–92.
- Попов В.А., Рассомахин М.А., Колисниченко С.В.* Уникальное проявление поляковита-(Ce) в Ильменских горах, Южный Урал – новые находки // Минералогия. **2020**. Т. 6. № 1. С. 17–32.
- Попов В.А., Паутов Л.А., Попова В.И.* Поляковит – новый минерал: результаты доизучения хромово-магниевого чевкинита / Уральский минералогический сборник. № 10. Миасс: ИМин УрО РАН, **2000**. С. 3–10.
- Попов В.А., Попова В.И.* Минералогия пегматитов Ильменских гор / Минералогический альманах. Т. 9. М.: Экоств, **2006**. 152 с.

**Parageneses of Polyakovite-(Ce) in Carbonatites and Ultramafites of the Ilmen Mountains  
(South Urals, Russia)**

**V. A. Popov\***

*Institute of Mineralogy, South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology Ural Branch  
RAS, Miass, Chelyabinsk oblast, Russia*

*\*e-mail: popov@mineralogy.ru*

The mineralogical study of the polyakovite-(Ce) occurrence in the Ilmen Mountains (the South Urals, Russia) has led to discovery of numerous parageneses including accessory polyakovite-(Ce), aeschynite-(Ce), fergusonite-(Ce), monazite-(Ce), chromite, and other minerals. The alkaline ultramafic formation with carbonatites is represented there by richterite-phlogopite-forsterite, richterite-phlogopite, and phlogopite-richterite rocks, glimmerites and carbonatites, together with their pegmatite analogues.

*Keywords:* alkaline ultramafites, carbonatites, paragenesis, pegmatite, polyakovite-(Ce), monazite-(Ce), fergusonite-(Ce), aeschynite-(Ce), Ilmen Mountains

REFERENCES

- Brögger W.C.* Die Eruptivgesteinen des Kristianiagebietes, IV. Das Fengebiet in telemarken, Norwegen. – Norske Vidensk. Selsk. Skrift, 1 math-naturv., **1921**. N 9. P. 210–222.
- Kopylova M.G., Rikard R.S., Klenstjuber A.* The first discovery of strontium K-Cr-loparite and Cr-chevkinite in diamonds. *Geol. Geophys.* **1997**. Vol. 38. N 2. P. 382–397 (*in Russian*).
- Korzhinsky D.S.* (1973) Theoretical foundations of the analysis of mineral parageneses. Moscow: Nauka, **1973**. 288 p. (*in Russian*).
- Minerals of the Ilmen Reserve.* Moscow–Leningrad, **1949**. 660 p.
- Polyakov V.O., Nedosekova I.L.* Mineralogy of apogyperbasite phenites and carbonatites of the southern part of Ilmen Mountains. In: *Minerals of deposits and zones of technogenesis of ore districts of the Urals*. Sverdlovsk: Ural Branch RAS, **1990**. P. 6–17 (*in Russian*).
- Popov V.A.* On the origin of phlogopite-amphibole pegmatites of mine No 13 of the Ilmen Mountains. *Ural Geol. J.* **2004**. N 2. P. 79–92 (*in Russian*).
- Popov V.A., Rassomakhin M.A., Kolisnichenko S.V.* Unique occurrence of polyakovite-(Ce) in the Ilmen Mountains, Southern Urals – new findings. *Mineralogy*. **2020**. Vol. 6. N 1. P. 17–32 (*in Russian*).
- Popov V.A., Pautov L.A., Popova V.I.* Polyakovite – a new mineral: results of additional study of chromium-magnesium chevkinite. In: *Ural Mineralogical Collection* No 10. Miass: Institute of Mineralogy, Ural Branch RAS, **2000**. P. 3–10 (*in Russian*).
- Popov V.A., Popova V.I.* Mineralogy of pegmatites of the Ilmen Mountains. In: *Mineralogical Almanac*, Vol. 9. Moscow: Ecost, **2006**. 152 p. (*in Russian*).
- Popov V.A., Pautov L.A., Sokolova E., Hawthorne F.C., McCammon C., Bazhenova L.F.* Polyakovite-(Ce), (REE,Ca)<sub>4</sub>(Mg,Fe<sup>2+</sup>)(Cr<sup>3+</sup>,Fe<sup>3+</sup>)<sub>2</sub>(Ti,Nb)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>22</sub>, a new metamict mineral species from the Ilmen Mountains, southern Urals, Russia: mineral description and crystal chemistry. *Canad. Miner.* **2001**. Vol. 39. P. 1095–1104.