



Электронная версия доступна на сайте  
[www.fmm.ru/Новые данные о минералах](http://www.fmm.ru/Новые_данные_о_минералах)  
 Минералогический музей  
 имени А.Е. Ферсмана РАН

Н Д М

Новые данные о минералах, том 53, вып. 2 (2019), 36–57

## **РАЗНООБРАЗИЕ МИНЕРАЛОВ И ИХ ПАРАГЕНЕЗИСОВ: научные результаты Минералогического музея им. А.Е. Фермана РАН в 2018 году**

Плечов П.Ю., Пеков И.В., Белаковский Д.И.,  
 Паутов Л.А., Касаткин А.В., Агаханов А.А.,  
 Моисеев М.М., Карпенко В.Ю., Некрылов Н.А.,  
 Гриценко Ю.Д., Гаранин В.К.

*Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва*

Статья представляет собой сводку основных научных результатов сотрудников Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН (Минмузея РАН) за 2018 год. Приведены краткие описания 31 нового минерального вида: хреновит, рабдоборит-(V), рабдоборит-(W), манаевит-(Ce), параберцелиит, белогубит, зубковаит, ахи-рофанит, алеутит, эласмохлоит, ханауэрит, удианит, арсенудинаит, акоповаит, феррипербейт-(La), радекшодаит-(La), гладковскийит, феррьерит, дальнегорскит, красноштейнит, антофагастаит, плинусит, яржемскийит, алексомьяковит, миланридерит, круйенит, фальгарит, бадахшанит-(Y), наталиякуликит, авдеевит, пербейт-(La).

Суммированы текущие результаты минералогического изучения Архангельской алмазонасной провинции, пегматитов Памира, фумарол Толбачинского дола и возгонов угольных пожаров Равата, редкоземельной минерализации Мочалиного Лога и таллиевой минерализации Воронцовского месторождения на Урале.

Приведены результаты изучения оливина магнезиальных скарнов и редких для магматических пород находок экстремально магнезиального оливина (Fo<sub>>96</sub>) и оливина, содержащего до 0.48 мас.% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В оливине магнезиальных скарнов впервые зафиксировано существенное содержание титана. Суммированы данные по составу включений хромшпинелида в оливине из вулканических пород Камчатки.

**Ключевые слова:** Минмузей РАН, отчет о научной работе за 2018 г., 31 открытый минеральный вид, новые данные о минералогии природных объектов, вариации состава породообразующих минералов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Владимир Иванович Вернадский, придя в Музей в 1907 году, зародил традицию публикации ежегодных отчетов в качестве отдельного выпуска журнала. Эти отчеты публиковались с 1907 года (год основания журнала) до 1914-го (начало Первой мировой войны).

Данная статья является попыткой возобновить

традицию, которая представляется весьма полезной. Сводка основных результатов Музея дает представление о работе коллектива, достижениях и проблемах. Отчеты В.И. Вернадского включали в себя организационно-хозяйственные аспекты. Мы пока ограничимся только кратким изложением научных результатов. Статья освещает публикации и научные результаты 2018 года, а также те результаты,

которые были получены в конце 2017 года и не успели войти в предыдущий научный отчет.

Исследования проводились в рамках государственного задания Минмузея РАН по теме «Разнообразие минералов и их парагенезисов: новые данные, развитие аналитической минералогии». По результатам работ за год сотрудниками Музея опубликовано более 50 статей в рецензируемых журналах. Итогом исследований было расширение научных знаний в областях минералогии и кристаллографии, вклад в понимание процессов минералообразования.

Минералогические исследования проводились в кооперации с сотрудниками геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, кафедры кристаллографии Санкт-Петербургского государственного университета, Кольского научного центра РАН, Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Института проблем химической физики РАН, Института экспериментальной минералогии РАН, а также зарубежными исследователями Канады, Чехии, Австрии и других стран.

Главным научным достижением Музея в 2018 году является открытие 31 нового минерала. Это является своеобразным рекордом – второй год подряд сотрудники Музея открывают больше новых минералов, чем любая другая организация мира. Почти все авторские образцы пополнили коллекцию Музея. Продолжено систематическое изучение ряда уникальных минералогических объектов России и ближнего зарубежья. Начата работа по изучению и систематизации данных для наиболее распространенных минералов. Все вышеперечисленное обсуждается в данной статье.

## 1. НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

В данном разделе приведены краткие сведения о минералах, открытых с участием сотрудников Музея и утвержденных Комиссией по новым минералам Международной минералогической ассоциации (IMA CNMNC) в 2018 году. В этот список также вошли минералы, утвержденные Комиссией в самом конце 2017 года. Название минерала приводится в английском и русском написании. После названия минерала дан официальный номер, присваиваемый Комиссией. Также приводятся регистрационные номера авторских образцов, переданных в коллекцию Музея. В списке авторов курсивом выделены сотрудники Минмузея РАН.

### Силикаты:

**Манаевит-(Ce)** Manaevite-(Ce). IMA 2018-046.  $\text{Ca}_{11}(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{H}_2\text{O})_8\text{Mg}(\text{Mg}, \text{Al})_4(\text{Mg}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_8[\text{Si}_2\text{O}_7]_4[\text{SiO}_4]_8(\text{H}_4\text{O}_4)_2(\text{OH})_9$ . Встречен в скарнированных породах Ковдорского флогопитового месторождения, Кольского п-ов, Россия. Манаевит-(Ce) является первым собственным редкоземельным минералом из группы везувiana. Назван в честь Николая Михайловича Манаева (1936–2012),

ковдорского геолога и минералога. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5075/1, обр. FMM\_1\_96256, и в Минералогический музей Санкт-Петербургского университета, рег. № 1/19666 (рис. 1).

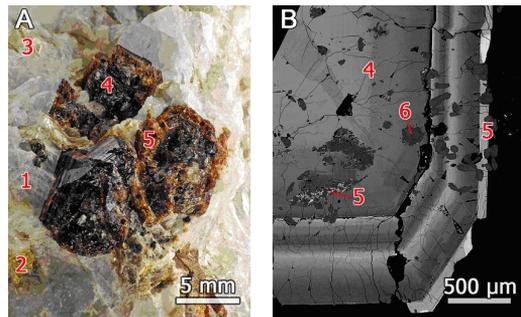


Рис. 1. Фотография (А) и ВСЕ-изображение (В) сложнозональных кристаллов редкоземельного титанового везувiana (4) и манаевита-(Ce) (5) в кальците (1) с включениями андрадита (2), глауковилита (3) и гидроксиллапатита (6). Образец FMM\_1\_96256.

**Авторы:** Моисеев М.М., Паниковровский Т.Л., Аксенов С.М., Мазур А.С., Михайлова Ю.М., Яковенчук В.Н., Базай А.В., Иванюк Г.Ю., Агаханов А.А., Шиловских В.В., Пеков И.В., Касаткин А.В., Русаков В.С., Япаскурт В.О., Карпенко В.Ю., Кривовичев С.В.

**Миланридерит** Milanriederite. IMA 2018-041.  $\text{Ca}_{19}\text{Fe}^{3+}\text{Al}_4(\text{Mg}_4\text{Al}_4)\text{Si}_{18}\text{O}_{67}(\text{OH})_{11}$ . Kombat mine, Намибия. Минерал из группы везувiana, назван в честь профессора Милана Ридера (1940 г.р.), чешского минералога. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5224/1 (рис. 2).

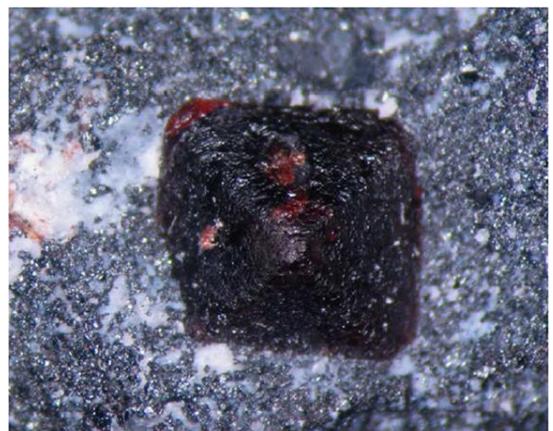


Рис. 2. Кристалл миланридерита в гаусманит-якобситовой руде (Chukanov et al., 2019). Ширина поля зрения 4 мм.

**Авторы:** Чуканов Н.В., Паниковровский Т.Л., Гончаров А.Г., Пеков И.В., Белоковский Д.И., Бритвин С.Н., Möckel S., Возчикова С.А.

**Адеевит** Avdeevite. IMA 2018-109.  $(\text{Na}, \text{Cs})(\text{Be}_2\text{Li})\text{Al}_2(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ . Является щелочным Na-доминантным бериллом, обнаруженным в редко-

металлических пегматитах Мьянмы (Бирмы). Гексагональный, пр.гр.  $R\bar{6}/m\bar{c}$ ,  $a = 9.2287(4) \text{ \AA}$ ,  $c = 9.2610(3) \text{ \AA}$ ,  $V = 683.07(5) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 2$ . Минерал назван в честь великого русского химика Ивана Васильевича Авдеева (1818–1865), доказавшего, что бериллий является двух-, а не трехвалентным элементом, как считалось ранее. Им же выполнены первые точные анализы хризоберилла, фенакита, берилла и ряда искусственных бериллиевых соединений. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5279/1 (рис. 3).

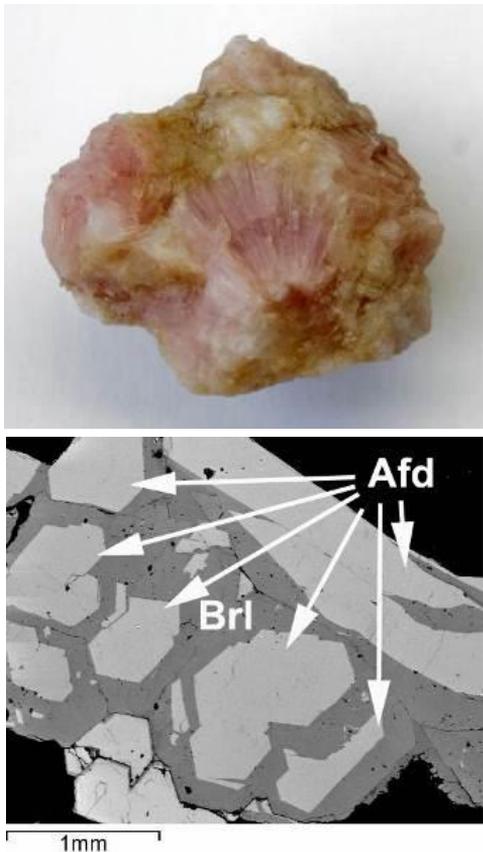


Рис. 3. Авдеевит: верхний снимок – фото образца (размер образца до 3.8 см) – лучистого сростка столбчатых кристаллов авдеевита розового цвета с бериллом; нижний снимок – BSE-изображение срастания авдеевита (Afd) и берилла (Brl).

**Авторы:** Агаханов А.А., Степаненко Д.А., Зубкова Н.В., Пеков И.В., Паутов Л.А., Касаткин А.В., Карленко В.Ю., Агаханова В.А., Шкода Р., Бритвин С.Н.

**Пербейт-(La)** Perbøeite-(La). IMA 2018-116.  $(\text{CaLa}_3)(\text{Al}_3\text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]_3\text{O}(\text{OH})_2$ . Мочалин Лог, Челябинская обл., Южный Урал, Россия. Лантан-доминантный аналог пербейта-(Ce). Относится к группе гателита и является членом полисоматической серии эпидот-тёрнебомит. Моноклинный, пр.гр.  $P2_1/m$ ,  $a = 8.9652(4) \text{ \AA}$ ,  $b = 5.7306(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 17.6770(9) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 116.053(6)^\circ$ ,  $V = 815.88(6) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 2$ . Минерал назван по аналогии с ранее откры-

тым пербейтом-(La) в честь норвежского минералога Пера Бё (Per Bøe). Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5253/1 (рис. 4).

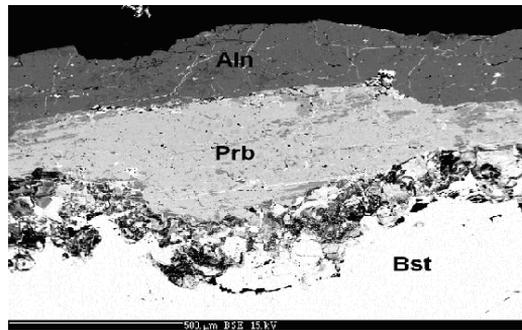


Рис. 4. Средняя зона корки, главным образом состоящей из пербейта-(La) (Prb), «зажата» между бастнезитом-(Ce) (Bst) и алланином-(La)/ферроалланином-(La) (Aln). Темно-серые включения в пербейте-(La) являются алланином-(La)/ферроалланином-(La). Изображение в режиме BSE.

**Авторы:** Касаткин А.В., Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Шкода Р., Полеховский Ю.С., Белаковский Д.И., Агаханов А.А., Кузнецов А.М., Пушаровский Д.Ю.

**Феррипербейт-(La)** Ferriperbøeite-(La). IMA 2018-106.  $(\text{CaLa}_3)(\text{Fe}^{3+}\text{Al}_2\text{Fe}^{2+})[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]_3(\text{OH})_2$ . Мочалин Лог, Челябинская обл., Южный Урал, Россия. Железо-доминантный аналог пербейта-(La). Относится к группе гателита и является членом полисоматической серии эпидот-тёрнебомит. Минерал назван по аналогии с ранее открытым пербейтом-(La) в честь норвежского минералога Пера Бё (Per Bøe). Моноклинный, пр.гр.  $P2_1/m$ ,  $a = 8.9658(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 5.72997(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 17.6192(9) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 115.9497(19)^\circ$ ,  $V = 812.06(3) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 2$ . Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5253/1 (рис. 5).

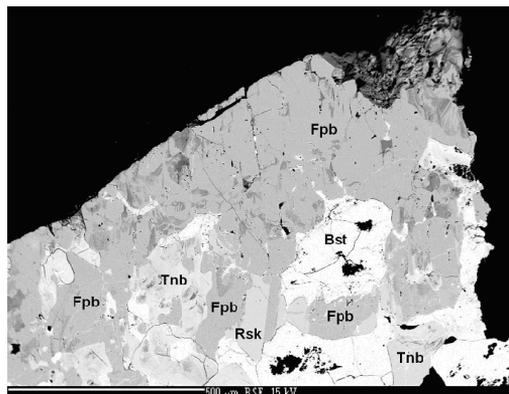


Рис. 5. Феррипербейт-(La) (Fpb) ассоциирует с бастнезитом-(Ce) (Bst), тёрнебомитом-(La) (Tnb) и радекшкодаитом-(La) (Rsk). Темно-серые включения в феррипербейте-(La) являются алланином-(La)/ферроалланином-(La). Изображение в режиме BSE.

**Авторы:** Касаткин А.В., Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Шкода Р., Полеховский Ю.С., Белаковский Д.И., Агаханов А.А., Кузнецов А.М., Пушаровский Д.Ю.

**Радекшкодаит-(La)** Radekškodaite-(La). IMA 2018-107.  $(CaLa_3)(Al_4Fe^{2+})[Si_2O_7][SiO_4]_5O(OH)_3$ . Мочалин Лог, Челябинская обл., Южный Урал, Россия. Относится к ортодиортосиликатам, является членом полисоматической серии эпидот-тёрнебомит (рис. 6). Минерал назван в честь чешского минералога Радека Шкоды. Моноклинный, пр.гр.  $P2_1/m$ ,  $a = 8.9604(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 5.7268(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 25.1128(10) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 116.627(5)^\circ$ ,  $V = 1151.98(7) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 2$ . Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5267/1 (рис. 7).

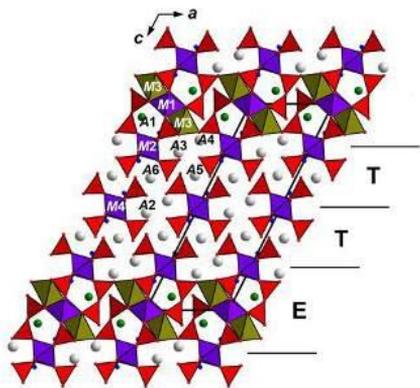


Рис. 6. Проекция XZ кристаллической структуры радекшкодаита-(La).  $SiO_4$ -тетраэдры красные. H-атомы OH-групп показаны как маленькие синие кружки. Чередование слоев эпидотового типа (E) и слоев тёрнебомитового типа (T).

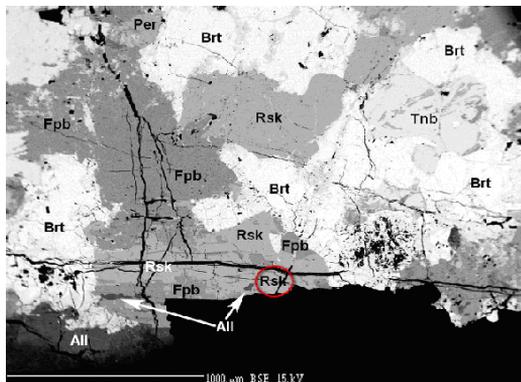


Рис. 7. Радекшкодаит-(La) (Rsk) сростается с ферропербейлом-(La) (Fpb), фторбритолитом-(Ce) (Brt), алланитом-(La) (All), тёрнебомитом-(La) (Tnb) и пербейлом-(La) (Per). Черное зерно – кварц. Изображение в режиме BSE. Красный круг показывает место, из которого новый минерал был извлечен для структурного исследования.

**Авторы:** Касаткин А.В., Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чуканов Н.В., Шкода Р., Полеховский Ю.С., Белаковский Д.И., Ксенофонтов Д.А., Агаханов А.А., Кузнецов А.М., Пушаровский Д.Ю.

**Дальнегорскит** Dalnegorskite. IMA 2018-007.  $Ca_5Mn(Si_3O_9)_2$ . Относится к группе воластонита. Назван по Дальнегорскому боросиликатному месторождению (Приморский край, Россия), где является породообразующим минералом скарнов наряду с геденбергитом, ферробустамитом и датолитом (рис. 8). Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5184/1 (Щипалкина и др., 2019).

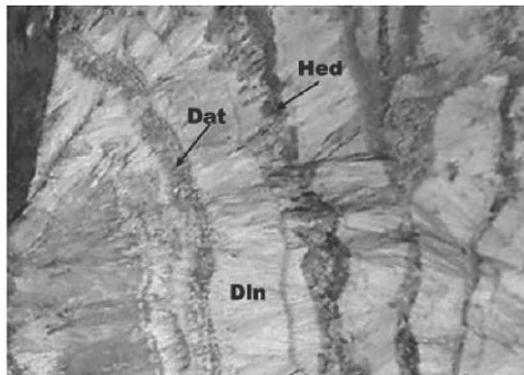


Рис. 8. Типичные агрегаты дальнегорскита (Dln), датолита (Dat) и геденбергита (Hed) в полированной пластине (сканер). Ширина поля зрения 7 см (Щипалкина и др., 2019).

**Авторы:** Щипалкина Н.В., Пеков И.В., Ксенофонтов Д.А., Чуканов Н.В. Белаковский Д.И., Кошлякова Н.Н.

**Феррьерит-NH<sub>4</sub>** Ferrrierite-NH<sub>4</sub>. IMA 2017-099.  $(NH_4, Mg_{0.5})_5(Al_5Si_3O_{72}) \cdot 22H_2O$ . Libous lignite quarry, Богемия, Чехия. Относится к группе цеолитов. Назван по аналогии с ранее открытыми феррьеритом-Mg, феррьеритом-K и феррьеритом-Na в честь канадского минералога Вальтера Феррье (1865–1950). Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5120/1.

**Авторы:** Чуканов Н.В., Пеков И.В., Белаковский Д.И., Бритвин С.Н.

#### Оксиды и гидрооксиды:

**Акоповант** Akorovaite. IMA 2018-095.  $Al_4Li_2(OH)_{12}(CO_3)(H_2O)_3$ . Моноклинный, пр.гр.  $C2/m$ ,  $a = 5.0953(6)$ ,  $b = 8.877(1)$ ,  $c = 7.806(1) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 102.572(6)$ ,  $V = 344.61(8) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 1$ . Минерал из группы квинтинита (надгруппа гидроталькита), встречается в виде сферолитовых агрегатов пластинчатых кристаллов (20–40 мкм) в Sn-Be-пегматитах Карасу-Каравшинского месторождения (Туркестанский хр., Киргизия). Назван в честь Акоповой Анны Варгановны (р. 1952), преподавателя химии гимназии № 14 г. Ростова-на-Дону с более чем 45-летним стажем, которая во многом способствовала профессиональной ориентации своих учеников, в том числе и одного из авторов минерала. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5200/1 (рис. 9).

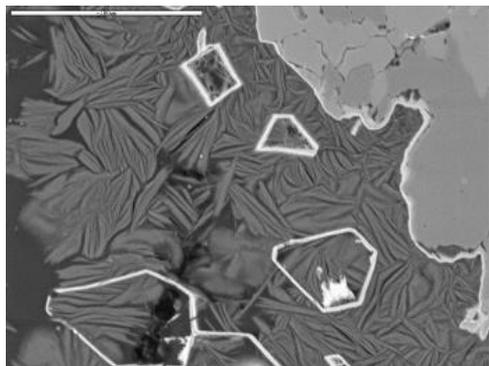
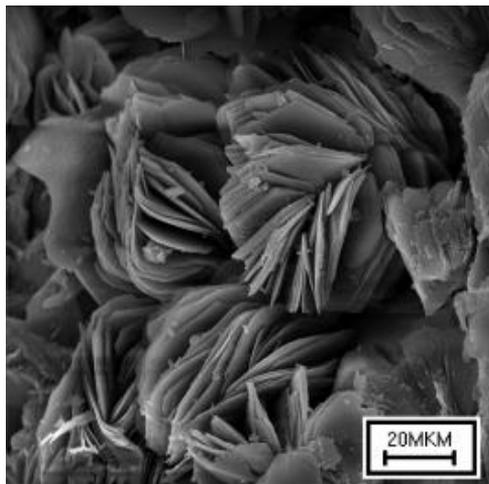


Рис. 9. Сrostок радиально-пластинчатых псевдогексагональных кристаллов аковавита – изображение в режиме SEI (верх), в том числе с польми (футилярвидными) псевдоморфозами Mn-оксида по кристаллам сидерита – изображение в режиме BSE (внизу).

Минерал относится к так называемым слоистым двойным гидроксидам ( $CDH = LDH$ ) – обширному классу природных и искусственных соединений, являющихся производными от  $Mg(OH)_2$  со структурами типа брусита либо от  $Al(OH)_3$  со структурами типа бёмита или гиббсита. Природные соединения этих типов объединены в настоящее время в надгруппу гидроталькита. Наряду с собственно гидроталькитом к первому типу относятся, к примеру, многочисленные полиморфы квинтинита (Zhitova et al., 2010). Более редким случаем являются минералы – производные от структур бёмита или гиббсита. К последнему типу относится, в частности, и аковавит, в котором Li заполняет промежутки в гиббситовом слое.

**Авторы:** Карпенко В.Ю., Паутов Л.А., Житова Е.С., Ааханов А.А., Кржижановская М.Г., Сийдра О.И., Расулов В.А.

**Бадахшанит-(Y)** Badakhshanite-(Y). IMA 2018-085.  $Y_2Mn_4Al(Si_2B_7Be)O_{24}$ . Встречен в гранитном пегматите Кукуртского поля, Восточный Памир, Таджикистан. Минерал является Al-Be-аналогом перитшта-(Y). Ромбический, пр.гр.  $R\bar{3}m$ ,  $a = 12.852(1)$  Å,  $b = 4.5848(5)$  Å,  $c = 12.853.9(8)$  Å,  $V = 757.38(7)$  Å<sup>3</sup>,

$Z = 2$ . Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5235/1 (рис. 10).

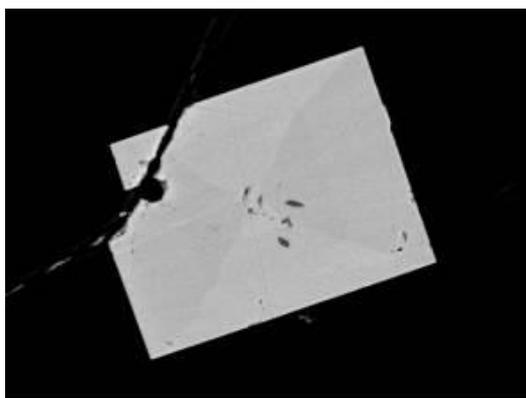
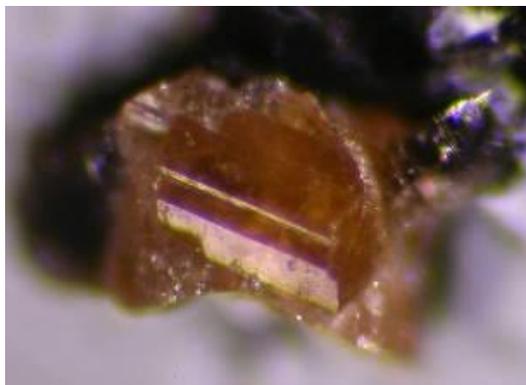
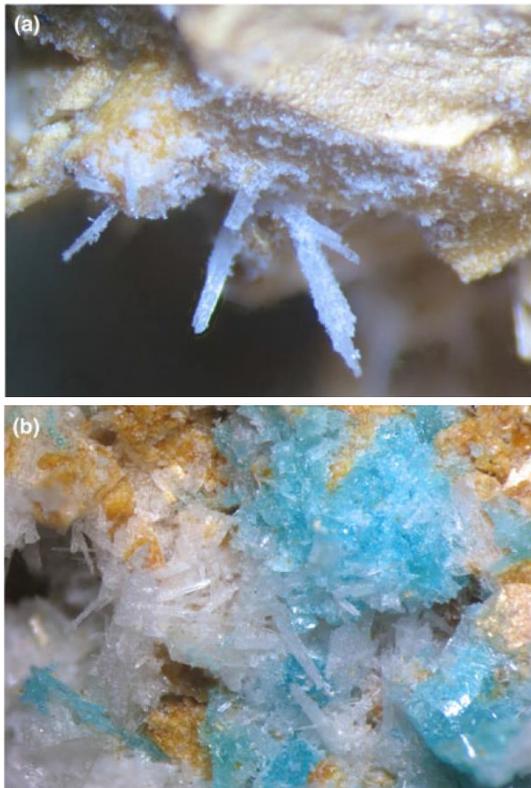


Рис. 10. Кристалл бадахшанита-(Y): верхний снимок – вид под бинокулярным микроскопом; нижний снимок – изображение в режиме BSE, на котором видна секториальная зональность кристалла.

**Авторы:** Паутов Л.А., Мираков М.А., Cámara F., Соколова Е.В., Hawthorne F.C., Шодибеков М.А., Карпенко В.Ю.

**Сульфаты:**

**Антофагастаит** Antofagastaite. IMA 2018-049.  $Na_2Ca(SO_4)_2 \cdot 1.5H_2O$ . Водный сульфат натрия и кальция. Минерал близок к сингениту. Может рассматриваться как частично дегидратированный аналог ваттевиллита. В структуре находятся как упорядоченные, так и разупорядоченные блоки. Разупорядоченность связана с вхождением дополнительной молекулы воды в структуру типа сингенита. Впервые был описан в образцах из Coronel Manuel Rodríguez mine, Антофагаста, Чили. В России был описан в фумароле Арсенатная на втором шлаковом конусе северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения (Камчатка) (Pekov et al., 2019). Название дано по провинции, в которой впервые обнаружен. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5222/1, обр. FMM\_1\_96263 (рис. 11).



**Рис. 11.** На верхней фотографии – бесцветные кристаллы антофагастита на желтоватом сидеронатрите, ширина поля зрения 3.8 мм. На нижней – антофагастит на оранжево-желтом сидеронатрите (частично замещенном метасидеронатритом) с голубым ауберитом, ширина п. зр. 8.9 мм. Coronel Manuel Rodríguez mine, Антофагаста, Чили (Pekov et al., 2019).

**Авторы:** *Пеков И.В., Ковругин В.М., Сийдра О.И., Чуканов Н.В., Белаковский Д.И., Кошлякова Н.Н., Япаскерт В.О., Турчкова А.Г., Möhn G.*

**Belogubite** Белогубит. IMA 2018-005.  $\text{CuZn}(\text{SO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Минерал из группы халькантита, найден на Гайском медно-цинковом месторождении, Южный Урал, Россия. Белогубит – гипергенный минерал, образовавшийся в результате окисления гипогенных сульфидов. Он формирует прожилки и гнезда в массивной медно-цинковой руде. Изометричные прозрачные кристаллы в рыхлых агрегатах достигают 1 мм в поперечнике. Назван в честь Елены Витальевны Белогуб, внесшей огром-

ный вклад в изучение минералогии зон гипергенеза колчеданных месторождений Южного Урала. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5130/1, обр. FMM\_1\_96199 (рис. 12).



**Рис. 12.** Рыхлый агрегат бледно-голубых зерен белогубита, ширина поля зрения 3 см (Касаткин и др., 2019).

**Авторы:** *Касаткин А.В., Бритвин С.Н., Шкода Р., Агаханов А.А., Белаковский Д.И., Чуканов Н.В.*

**Эласмохлоит** Elasmochloite. IMA 2018-015.  $\text{Na}_3\text{Cu}_6\text{BiO}_4(\text{SO}_4)_5$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Оксисульфат натрия и меди. Относится к безводородным оксисульфатам меди и щелочей, которые являются эндемиками фумарол окисленного типа. Назван по ярко-зеленому цвету и характерной тонкопластинчатой морфологии кристаллов от греческих слов «эласмос» (ἐλαστός, «тонкая пластина») и «хлои» (χλόη, «зеленые побеги»). Образует сростки тонкопластинчатых кристаллов, уплощенных по [001] (рис. 13). Кристаллы (по грани [001]) часто имеют в основе квадратную или прямоугольную форму со срезанными углами. Структура эласмохлоита представляет собой новый структурный тип, состоящий из чередования двух полиэдрических слоев. Первый сложен полиэдрами  $[\text{BiO}_4\text{O}_2]$ , пирамидами  $[\text{CuO}_5]$  и квадратами  $[\text{CuO}_4]$ , а второй состоит из полиэдров  $[\text{NaO}_5]$  и  $[\text{NaO}_6]$ . Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5189/1 (рис. 13).

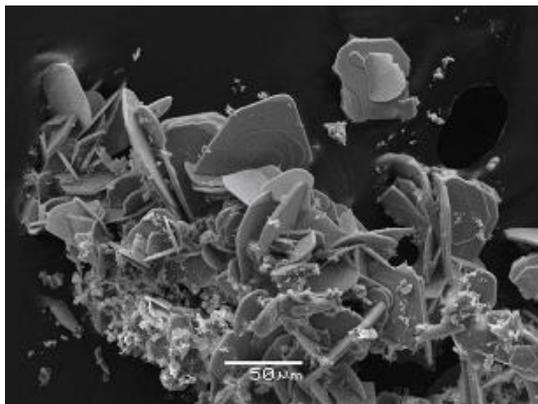
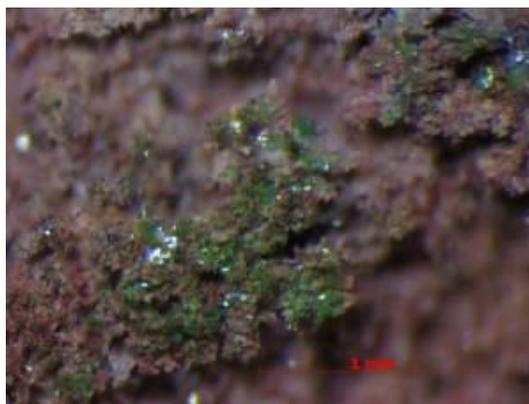


Рис. 13. На левой фотографии зеленые кристаллы эласмохлонта на базальтовой породе. На правой – агрегат чешуйчатых кристаллов эласмохлонта, изображение в режиме SEI.

Авторы: *Леков И.В., Бритвин С.Н., Агаханов А.А., Вигасина М.Ф., Сидоров Е.Г.*

**Фальгарит** Falgarite. IMA 2018-069.  $K_4(VO)_3(SO_4)_5$ . Первый природный ванадил-сульфат калия. Встречен в виде кристаллов и их сростков в составе возгонов подземного пожара на Фан-

Ягнобском месторождении близ Равата, Таджикистан. Моноклинный, пр.гр.  $C2/c$ ,  $a = 8.709(1)$ ,  $b = 16.146(2)$ ,  $c = 14.450(2)$  Å,  $\beta = 106.785(4)$ ,  $V = 1945.3(5)$  Å<sup>3</sup>,  $Z = 4$ . Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5234/1 (рис. 14).

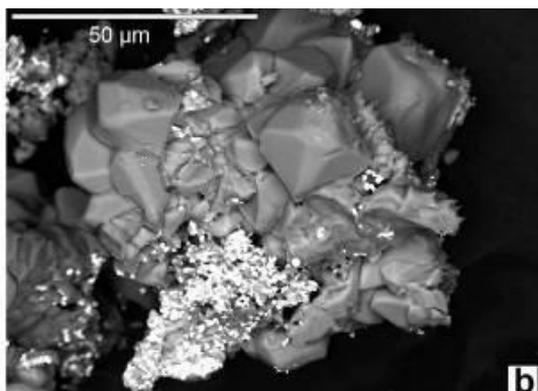


Рис. 14. Сросток кристаллов фальгарита: а) под бинокулярным микроскопом (ширина поля зрения 1.2 мм), б) изображение в режиме BSE.

Авторы: *Паутов Л.А., Мираков М.А., Сийдра О.И., Назарчук Е.В., Файзиев А.Р., Карпенко В.Ю.*

**Фосфаты, арсенаты и ванадаты:**

**Хреновит** Khrenovite. IMA 2017-105.  $Na_3Fe^{3+}_2(AsO_4)_3$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Назван в память о советском (российском) вулканологе Анатолии Петровиче Хренове (1946–2016). Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5028/1 (рис. 15). Отдельной статьи по хреновиту пока нет, но он описан совместно с другими арсенатами (Rekov et al., 2019a). Характерны выделения до 1 мм.



Рис. 15. Буровато-красный кристалл хреновита с гематитом и адириталитом.

**Авторы:** Пеков И.В., Кошлякова Н.Н., Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Зубкова Н.В., Агаханов А.А., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.

**Параберцелинит** Paraberzeliite. IMA 2018-001.  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_2(\text{AsO}_4)_3$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Является моноклинным диморфом берцелинита (куб. сингония). Назван в 1840 г. в честь Якова Берцелинуса, шведского химика. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5067/1 (рис. 16).



Рис. 16. Темно-фиолетовые агрегаты кристаллов параберцелинита с белыми выделениями стибита.

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Агаханов А.А., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.

**Зубкованит** Zubkovaite. IMA 2018-008.  $\text{Ca}_3\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_4$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5185/1 (рис. 17).



Рис. 17. Голубые кристаллы зубкованита в сростании с фиолетово-голубыми кристаллами йохиллтерита и гематитом.

**Авторы:** Пеков И.В., Лыкова И.С., Агаханов А.А., Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Турчкова А.Г.,

Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю., Scheid K.S.

**Ахирофанит** Achyrophanite. IMA 2018-011.  $(\text{K},\text{Na})_3(\text{Fe}^{3+},\text{Ti},\text{Al},\text{Mg})_5\text{O}_2(\text{AsO}_4)_5$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5029/1 (рис. 18).



Рис. 18. Соломенно-желтые агрегаты кристаллов ахирофанита со стально-серыми кристаллами гематита, белыми кристаллами афгиталита и мелкими оранжевыми сферолитами касситерита.

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Агаханов А.А., Бритвин С.Н., Турчкова А.Г., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.

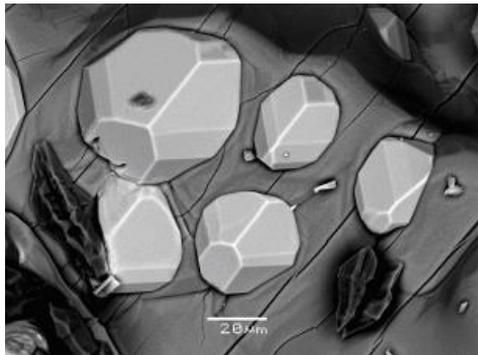
**Удинаит** Udinate. IMA 2018-066.  $\text{NaMg}_4(\text{VO}_4)_3$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Название дано по вулканам Бол. и Мал. Удина, расположенным в непосредственной близости от Толбачинского дола. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5237/1 (рис. 19).



Рис. 19. Агрегат бежевых кристаллов удинаита в ассоциации с желто-оранжевыми кристаллами минералов ряда берцелиит-шеферит и белыми призматическими кристаллами ангидрита.

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., Белаковский Д.И., Ксенофонтов Д.А., Вигасина М.Ф., Агаханов А.А., Турчкова А.Г., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.

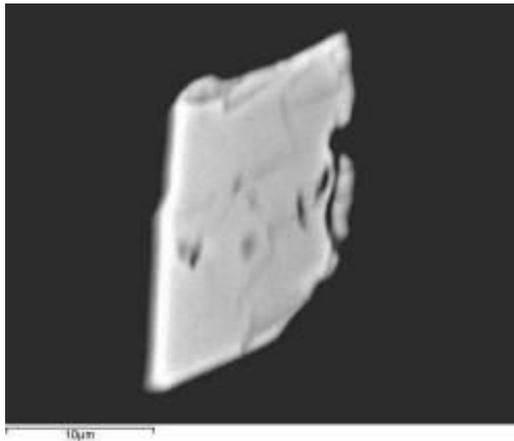
**Арсенудинаит** Arsenudunaite. IMA 2018-067.  $\text{NaMg}_4(\text{AsO}_4)_3$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5238/1 (рис. 20).



**Рис. 20.** Агрегат бежевых кристаллов арсенудинаита в ассоциации с бесцветным ангидритом, желто-оранжевым берцелинитом и черным гематитом (верх); хорошо огранные кристаллы арсенудинаита (светло-серые), частично выросшие в большой кристалл ангидрита (серое), изображение в режиме SEI (низ).

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., Белаковский Д.И., Ксенофонтов Д.А., Агаханов А.А., Турчкова А.Г., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.

**Алеутит** Aleutite. IMA 2018-014.  $[\text{Cu}_5\text{O}_2](\text{AsO}_4)(\text{VO}_4) \cdot (\text{Cu}, \text{K}, \text{Pb}, \text{Rb}, \text{Cs}), \text{Cl}$ . 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Получил название по алеутам, коренному народу Командорских и Алеутских островов, а также Камчатского края (Sidra et al., 2019). Авторский материал передан в Минералогический музей Санкт-Петербургского университета, рег. № 1/19688 (рис. 21).



**Рис. 21.** Срез кристалла алеутита, BSE-изображение.

**Авторы:** Сийдра О.И., Назарчук Е.В., Агаханов А.А., Полеховский Ю.С.

**Плиниусит** Pliniusite. IMA 2018-031.  $\text{Ca}_5(\text{VO}_4)_3\text{F}$ . Вулкан Толбачик, Камчатка, Россия, и Nahal Morag сапуон, Natrurim Basin, Израиль. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5202/1 (Толбачик) и рег. № 5202/2 (Хатрурим).

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., Krztała A., Белаковский Д.И., Галускина И.О., Галускин Е.В., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Валник Е., Пушаровский Д.Ю.

#### **Другие классы минералов:**

**Наталиякуликит** Nataliakulikite. IMA 2018-061.  $\text{Ca}_4\text{Ti}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})(\text{Si}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_{11}$ . Negev desert, Израиль. Назван в честь Натальи Артемовны Кулик, сотрудника кафедры минералогии Новосибирского государственного университета. Авторский образец хранится в ИГМ СО РАН.

**Авторы:** Шарыгин В.В., Яковлев Г.А., Wirth R., Сереткин Ю.В., Сокол Э.В., Нигматулина Е.Н., Карманов Н.С., Паутов Л.А.

**Алексхомяковит** Alexkhomyakovite. IMA 2015-003.  $\text{K}_6(\text{Ca}_2\text{Na})(\text{CO}_3)_5\text{Cl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Коашва, Хибины, Кольский п-ов, Россия. Назван в память Александра Петровича Хомякова, выдающегося минералога. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 4696/1.

**Авторы:** Пеков И.В., Зубкова Н.В., Япаскурт В.О., Лыкова И.С., Чуканов Н.В., Белаковский Д.И., Бритвин С.Н., Турчкова А.Г., Пушаровский Д.Ю.

**Круйенит** Kruijenite. IMA 2018-057.  $\text{Ca}_4\text{Al}_4(\text{SO}_4)\text{F}_2(\text{OH})_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Eifel, Германия. Назван в честь Фреда Круйена (1956 г.р.), датского коллекционера и фотографа минералов (Chukanov et al., 2019). Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5233/1.

**Авторы:** Чуканов Н.В., Зубкова Н.В., Blass G., Пеков И.В., Варламов Д.А., Белаковский Д.И., Ксено-

фонтов Д.А., Бритвин С.Н., Пушаровский Д.Ю.

**Яржемскийит** Yarzhemskiiite. IMA 2018-019.  $K[B_5O_7(OH)_2] \cdot nH_2O$ , моноклинный. Челкар, Западный Казахстан. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5154/1.

Авторы: Пеков И.В., Зубкова Н.В., Коротченкова О.В., Япаскурт В.О., Чуканов Н.В., *Белаковский Д.И., Лыкова И.С.*, Бритвин С.Н., Пушаровский Д.Ю.

**Рабдоборит-(V)** Rhabdobarite-(V). IMA 2017-108.  $Mg_{12}(V^{5+}, Mo^{6+}, W^{6+})_1.5O_6\{[BO_3]_{6-x}[(P, As)O_4]_x F_{2-x}\}$  с  $x < 1$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5125/1 (рис. 22).

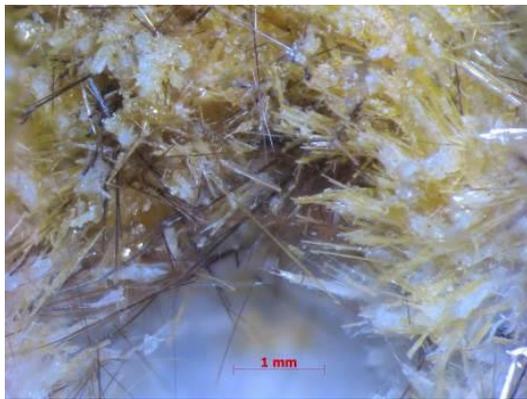


Рис. 22. Агрегат кристаллов рабдоборита-(V) пшенично-желтого цвета с коричнево-черными кристаллами лодвигита.

Авторы: Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., *Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Агаханов А.А., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.*

**Рабдоборит-(W)** Rhabdobarite-(W). IMA 2017-109.  $Mg_{12}(W^{6+}, V^{5+})_1.5O_6\{[BO_3]_{6-x}[(P, As)O_4]_x F_{2-x}\}$  с  $x < 1$ . Фумарола Арсенатная, 2-й шлаковый конус северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения, Толбачинский дол, Камчатка, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5126/1 (рис. 23).



Рис. 23. Кристаллы рабдоборита-(W) бежевого цвета, обросшие ангидритом и форстеритом, с желтым берцелиитом.

Авторы: Пеков И.В., Зубкова Н.В., Кошлякова Н.Н., *Белаковский Д.И., Вигасина М.Ф., Агаханов А.А., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г., Пушаровский Д.Ю.*

**Красноштейнит** Krasnoshteinite. IMA 2018-077.  $Al_3[B_2O_4(OH)_2](OH)_{16}Cl_4 \cdot 7H_2O$ . Верхне-Камское месторождение, Пермский край, Россия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5239/1.

Авторы: Пеков И.В., Зубкова Н.В., Чайковский И.И., Чиркова Е.П., *Белаковский Д.И., Япаскурт В.О., Бычкова Я.В., Лыкова И.С., Бритвин С.Н., Пушаровский Д.Ю.*

**Ханауэрит** Hanauerite. IMA 2018-045.  $AgHgSI$ . Schöne Aussicht Mine, Dernbach, Neuwied, Wied Iron Spar District, Westerwald, Rhineland-Palatinate, Германия. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5223/1.

Авторы: Пеков И.В., Зубкова Н.В., Бритвин С.Н., *Агаханов А.А., Полеховский Ю.С., Пушаровский Д.Ю., Möhn G., Desor J., Blass G.*

**Гладковскийит** Gladkovskiyite. IMA 2018-107.  $MnTiAs_3S_6$ . Тригональный, пр.гр.  $R\bar{3}1$ ,  $a = 9.6392(2) \text{ \AA}$ ,  $c = 6.4560(15) \text{ \AA}$ ,  $V = 519.49(12) \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 2$ . Встречен на Воронцовском золоторудном месторождении (Свердловская область, Северный Урал) в брекчиях известняков, цементируемых релальгаром, аурипигментом, баритом и пиритом с небольшим количеством клинохлора, фторapatита, кварца и талька. Образует вишнево-красные длиннопризматические кристаллы и зерна до 200 мкм в длину. Авторский материал передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, рег. № 5248/1, обр. FMM\_1\_96275 (рис. 24).

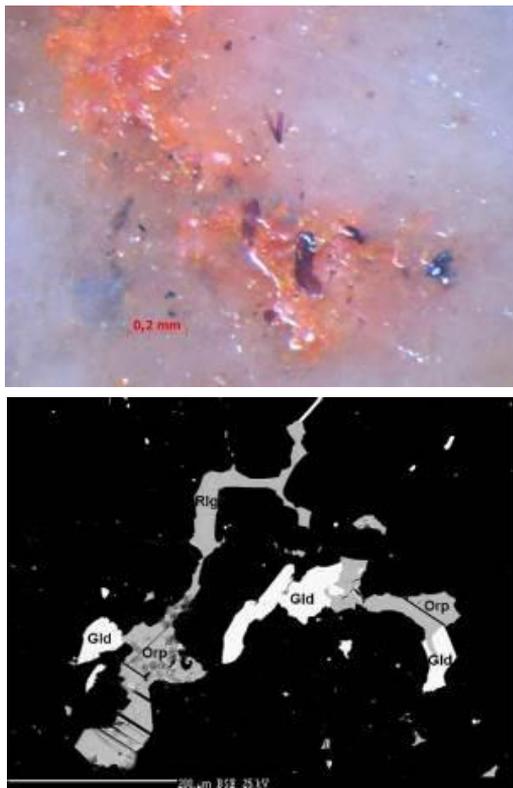


Рис. 24. Темные вишнево-красные призматические кристаллы гладковскиита в белом кальците с оранжево-красным реальгаром (верх). Зерна гладковскиита (Gld), аурипиллента (Orp) и реальгара (Rlg) в кальците (черное поле), BSE-изображение (Kasatkin et al., 2019).

Авторы: Касаткин А.В., Пляшил Я., Маковицки Э., Шкода Р., Агаханов А.А., Степанов С.Ю., Нестола Ф.

## 2. МИНЕРАЛОГИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В 2018 году сотрудники Музея проводили исследования минералогии природных объектов на Камчатке, Урале, в Архангельской области, в Крыму (Тищенко и др., 2018, 2018а), в Забайкалье (Спиридонов и др., 2018) на Кавказе (Касаткин и др., 2018), в Таджикистане, в Киргизии и других регионах.

### Новые данные по минералогии фумарол вулкана Толбачик (Камчатка, Россия)

Активные фумарольные поля вулкана Толбачик на Камчатке – самый яркий пример эксгальционных минералообразующих систем окислительного типа. В фумаролах Толбачика на сегодня достоверно установлено более 300 минеральных видов, 126 из которых впервые здесь описаны. В ходе проведенных исследований выявлено 55 безводородных арсенатов, которые образуют богатые скоп-

ления и являются неизвестным ранее генетическим типом мышьяковой минерализации. Большая часть ванадия сконцентрирована в составе арсенатованадатных минералов ряда берцелиит – шеферит (структурный тип граната). Силикатная минерализация широко развита в высокотемпературных фумарольных отложениях. Она представлена в основном полевыми шпатами, слюдами, пироксенами, форстеритом, андрадитом, фельдшпатоидами, часто необычными по химическому составу. Типичными замещающими кремний компонентами выступают  $As^{5+}$  (содержание  $As_2O_5$  достигает 42 мас.% в полевых шпатах (филазовит) и 16 мас.% в форстерите) и P, а на место Al, Mg, Fe входят как существенные примеси Cu, Zn, Sn. Гаюин содержит до 3.7 мас.%  $MoO_3$  и до 1.7 мас.%  $WO_3$ . В шпинелиды в существенных количествах входит медь, вплоть до образования купрошпинели и нового минерала термаэрогенита  $CuAl_2O_4$  (до 27 мас.% CuO). Сурьма концентрируется в оксидах ряда рутил-трипугиит (до 53 мас.%  $Sb_2O_5$ ). Широко распространен эксгальционный касситерит, но главным носителем олова является Sn-содержащий гематит (до 7 мас.%  $SnO_2$ ). Важнейшими концентраторами W, Mo и V оказались новые фторбораты ряда рабдоборита (до 20 мас.%  $WO_3$ ). В эксгальциях фумарол Толбачика развита сульфатная и хлоридная цезиевая минерализация, в том числе обнаружено самое богатое цезием природное соединение –  $Cs_2ZnCl_4$  (44 мас.% Cs). Трехвалентный таллий выступает видообразующим компонентом в хлоридах (до 40 мас.% Tl в калиталлите). Фтор демонстрирует четкую связь формы нахождения с температурой: выше 300–350 °C формируются только оксосоли с дополнительным анионом  $F^-$  (фторсиликаты, фторсульфаты, фторарсенаты, фторбораты и др.), а ниже – только фториды. Водород и углерод не фиксируются в минералах, кристаллизующихся в этих системах при  $T > 150\text{--}200$  °C.

При проведении совместных с МГУ им. М.В. Ломоносова экспедиционных работ на втором конусе северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–1976 гг. собран обширный материал, пополнивший фонды Минмузея РАН по сульфатной, мышьяковой, ванадиевой, цезиевой минерализации (рис. 25).

В 2018 году из фумарольных образований Толбачика изучены и утверждены в Комиссии по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации IMA десять новых минеральных видов: хреновит, рабдоборит-(V), рабдоборит-(W), параберцелиит, зубковаит, ахирофанит, алеутит, эласмохлоит, удинаяит, арсенудинаит, которые кратко описаны выше, в разделе «Новые минералы».



Рис. 25. Вулкан Толбачик. Общий вид.

Сбор и упаковка минералогического материала 2018 г. из фумарольных образований на 2-м конусе северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения 1975–1976 гг.

### Новые данные по минералогии фумарольных возгонов подземных пожаров Фан-Ягнобского угольного месторождения (Центральный Таджикистан)

Подземные пожары на Фан-Ягнобском угольном месторождении фиксируются на протяжении многих сотен лет, в результате чего месторождение представляет собой уникальную природную лабораторию, где непрерывно образуется новое минеральное вещество. Сублиматы горячих газовых струй имеют много общего с минерализацией вулканических фумарол и содержат разнообразную минерализацию S, Se, Te, Sb, Sn, Tl, Bi, Cd, Pb, V, Fe, Mo.

В фумарольных возгонах подземного пожара в урочище Кухи-Малик (рис. 26) (окрестности п. Рават, Фан-Ягнобское месторождение) открыт новый минерал фальгарит – первый природный сульфат ванадила и калия.

Кроме того, найдены редкие сульфиды мышьяка, среди которых диагностированы *бонацциит*  $\beta\text{-As}_4\text{S}_4$ , *парареальгар*, а также, предположительно, новая полиморфная модификация *сирпигмента* (рис. 27).



Рис. 26. Фумаролы на верхнем подземном пожаре в урочище Кухи-Малик и добыча образцов для исследований.

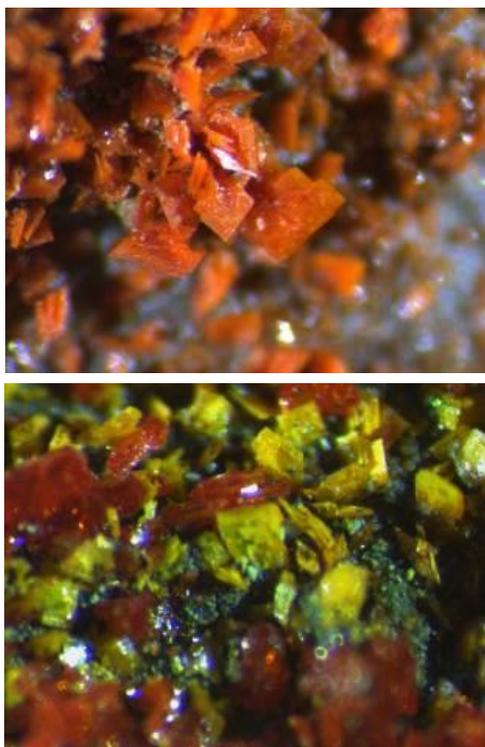


Рис. 27. Сульфиды мышьяка, находящиеся в стадии изучения, из возгонов пожара в границах Фан-Ягнобского угольного месторождения.

## **Комплексное изучение минералогии алмаза из месторождения им. М.В. Ломоносова Архангельской алмазоносной провинции**

Выявление потенциальной связи минералогии кимберлитовых пород и потенциальной алмазоносности отдельных трубок, включая характеристики качества алмазов, имеет большое практическое значение. Эта работа проводится на объектах Архангельской алмазоносной провинции. Наши исследования заключаются в проведении сравнительного анализа алмазоносности кимберлитов как на уровне отдельных тел и выделяемых в них основных разновидностей пород, так и групп трубок. При этом нами установлены следующие основные факторы, влияющие на количественные и качественные параметры их алмазоносности:

- 1) фактор фазовости, сложности геологического строения – временной;
- 2) петрографические характеристики;
- 3) петрохимические и геохимические особенности состава;
- 4) минералогические факторы, основанные на типоморфных характеристиках МСА (минералов – спутников алмазов) и оксидов связующей массы.

Фактор фазовости и сложности геологического строения. Изучение этого фактора позволяет заключить, что наиболее рудоносными в пределах конкретных тел являются заключительные инъективные фазы, представленные автолитовыми брекчиями, при пониженной и низкой (убогой) алмазоносности пород взрывных (туфобрекчии и ксенотуфобрекчии) фаз и взрывно-осадочных образований кратерных построек заключительной стадии формирования диатрем.

Данный фактор применим и для Южной, и для Северной группы трубок. Но, если для трубки им. Карпинского-1 содержания алмазов в автолитовых брекчиях в 18 раз выше, чем в ксено- и туфобрекчиях (1.8 и 0.1 кар/т соответственно), то для им. Карпинского-2 и Пионерской эта разница существенно менее значима. К этому следует добавить, что только убогая алмазоносность присуща однофазовой трубке Поморская, сложенной лишь ксено- и туфобрекчиями взрывной стадии формирования.

Петрографический фактор. Автолитовые брекчии имеют более высокую алмазоносность по сравнению с ксенотуфобрекчиями и туфобрекчиями. Причем различия в концентрациях алмазов в вышеуказанных разновидностях пород в общем случае не следуют только из содержания магматической составляющей, а носят более сложный характер, зависящий от особенностей вещественного состава конкретных разновидностей руд. Наиболее отчетливо эта закономерность устанавливается для пород туфогенной пачки, где устанавливается снижение продуктивности в ряду туфы – туффиты – туфопесчаники – песчаники с примесью вулканогенного материала (брекчии осадочных пород), а также для жерловых образований, где снижение

концентраций алмазов по отношению к автолитовым брекчиям фиксируется в ксено- и туфобрекчиях, существенно обогащенных ксеногенным материалом.

При этом если для кимберлитовых руд трубок Северной группы содержания алмазов в самом общем случае пропорционально количеству ксеногенного материала, что достаточно удовлетворительно просматривается как для жерловых образований, где алмазоносность падает в ряду автолитовые брекчии – туфобрекчии – ксенотуфобрекчии, так и для пород кратера, то в случае с тр. Карпинского-1 этот фактор практически не работает.

В трубке им. Карпинского-1 в сравнении с высокоалмазоносными автолитовыми брекчиями концентрации собственно кимберлитового материала в ксено- и туфобрекчиях снижаются примерно в 2–3 раза, а степень алмазоносности уменьшается в 18 раз. В убогой алмазоносной тр. Поморской мы наблюдаем резкое снижение количества кристаллокластов оливина по отношению к лапилям. В трубке им. Карпинского-2 отмечается повышенное содержание кристаллокластов оливина II и флогопита, что, возможно, является одним из факторов пониженной примерно в 2 раза степени алмазоносности автолитовых и туфобрекчий по отношению к таковым трубки Пионерской.

Для трубки им. Карпинского-2 критическим уровнем понижения алмазоносности является появление пород типа порфиритовых кимберлитов, вскрытых на глубине около 550 м в Южном рудном столбе скважины 84. В трубке Пионерской ниже глубины 840 м появляются жильные разновидности массивных кимберлитов со свежим оливином и микролитами клинопироксена, а резкое снижение алмазоносности (по скв. 1490) происходит с глубины примерно 600 м, ниже 750 м зафиксировано полное отсутствие алмазов класса +0.5 мм. Однако этот тренд не зафиксирован для автолитовых брекчий глубоких горизонтов трубок им. Карпинского-1 и Архангельской.

Петрохимические и геохимические особенности пород. Для автолитовых кимберлитовых брекчий и автолитов отмечается явно повышенная общая щелочность при ее калиевом характере для образований Южной группы по отношению к таковым Северной, где снижение степени щелочности сопровождается ее более натровым характером. К тому же именно в Южной группе наблюдаются также повышенные содержания фосфора.

Наиболее высокие значения суммы щелочей в породах трубок Северной группы наблюдаются в трубке им. Карпинского-2 (1.5–2.5%), в то время как в Пионерской и Ломоносовской это только 0.6–0.7%, что гипотетически может быть связано с более низкой алмазоносностью.

Достаточно отчетливая разница просматривается также в низких содержаниях никеля и хрома, а также более высоких – гафния, тория, циркония и стронция в трубках Южной группы. Средне-

алмазонасным автолитовым кимберлитам – брекчиям Северной группы – присущ более ультраосновной характер по отношению к высокоалмазонасным Южной, для которых весьма характерным признаком является более глубокая степень дифференциации исходного глубинного вещества. В то же время данный фактор обуславливает некоторое снижение качества кристаллов в трубках Южной группы, что является следствием изначально более дефектной структуры кристаллов, так как здесь преобладают додекаэдрические и тетрагексаэдрические кристаллы алмаза с зонально-секториальным строением, высокой степени напряженности, с большим количеством трещин, графитовых и флюидных включений.

**Минералогические факторы**, основанные на типоморфных характеристиках минералов – спутников алмаза (МСА) и оксидов связующей массы, являются наиболее информативными, позволяющими делать предположения об алмазонасности пород как количественного, так и качественного характера. Алмазонасность связана как с общим содержанием МСА и их соотношениями, так и с особенностями химизма.

По общему содержанию МСА устанавливается прямая корреляция со степенью алмазонасности как определенных разновидностей кимберлитовых руд, так и конкретных трубок и их групп (табл. 1, рис. 28). При этом максимальные содержания МСА (97–133 г/т) наблюдаются в наиболее алмазонасных типах пород – автолитовых брекчиях Южной группы: Карпинского-1 со средними содержаниями 1.8 кар/т и Архангельской – 1.4 кар/т. В то же время в автолитовых брекчиях Северной группы с содержаниями от 0.4 до 0.7 кар/т суммарное количество МСА составляет только 35–79 г/т.

Для автолитовых брекчий отмечается хорошо выраженная корреляция между рудоносностью и характером распределения минералов-спутников (отношения количества хромшпинелида к суммарному содержанию пироба и хромдиоксида), что зависит от доли лерцолитовой составляющей (табл. 1). Для трубок Архангельской и им. Карпинского-1 это отношение составляет 7 и 18 соответственно, а для трубок Северной группы эта величина снижается: до 4–5 (им. Карпинского-2) и до 3 (Пионерская и Ломоносовская).

Для ксенотуфобрекчий и туфобрекчий, а также туфогенных пород такая зависимость не наблюдается, хотя при близких концентрациях алмазов 0.5–0.7 кар/т, суммарное содержание МСА в трубках Южной группы в сравнении с тр. Пионерской увеличивается в 4–5 раз.

Зерна хромшпинелида из туфов, туффитов кратерных построек и ксенотуфобрекчий отличаются от зерен из автолитовых брекчий наличием реакционных каемок и большей степенью корродированности. Зерна хромдиоксида в автолитовых брекчиях чаще всего имеет гладкую, тонкомати-

рованную поверхность, в то время как в ксенотуфобрекчиях существенно возрастает доля зерен с занозисто-черепитчатой поверхностью.

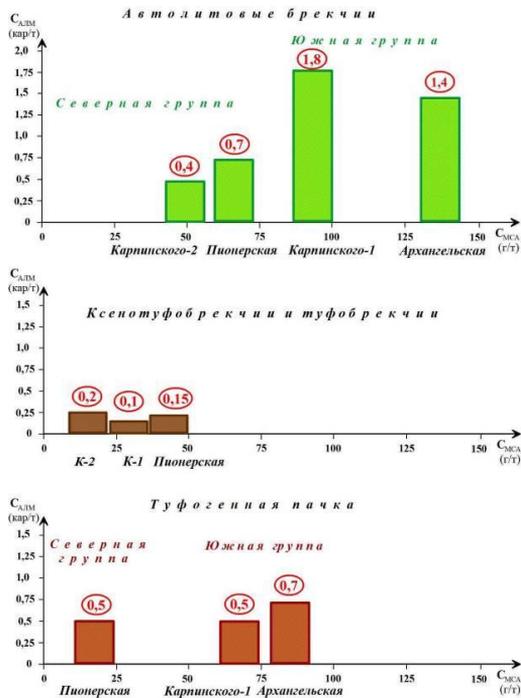


Рис. 28. Характер зависимости содержаний алмазов от содержания МСА в кимберлитовых породах месторождения им. М.В. Ломоносова.

МСА кимберлитов Северной и Южной групп месторождения им. М.В. Ломоносова заметно различаются по химическому составу. В трубках Южной группы (трубки Архангельская, им. Карпинского-1) в целом преобладают МСА, принадлежащие породам ультраосновного парагенезиса низкобарической (22–34 кбар) гроспидитовой субфации С2 при подчиненном содержании МСА высокобарической (34–40 кбар) коэситовой субфации С3, очень малом количестве МСА алмаз-пироповой фации D (>40 кбар) и небольшой доле МСА шпинель-пироповой субфации С1 (17–22 кбар) и шпинель-пироксеновой фации В (7–17 кбар).

В кимберлитах трубок Северной группы (Пионерская, им. Карпинского-2), наоборот, преобладают МСА высокобарической коэситовой субфации С3 при подчиненной роли МСА низкобарической гроспидитовой субфации С2, весьма ограниченном количестве МСА шпинель-пироповой субфации С1 и шпинель-пироксеновой фации (В) и повышенном содержании зерен алмаз-пироповой фации D. Лишь во входящей в состав Северной группы тел убого алмазонасной трубке Поморская пироп принадлежит преимущественно к гроспидитовой субфации, но преобладает хромит коэситовой субфации.

Таблица 1. Средние содержания алмазов и минералов-спутников в основных типах руд месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова

Трубка	Основные типы руды	Содержание алмазов (кар/т)	$\Sigma_{MCA}$ (г/т)	Sp/Gr+Cpx
1	2	3	4	5
<b>ЮЖНАЯ ГРУППА ТРУБОК</b>				
<b>Жерловая фация</b>				
Архангельская	Автолитовые брекчии	1.4	133.0	7.0
им. Карпинского-1	Автолитовые брекчии	1.8	97.0	18.0
	Туфобрекчии	0.1	н.д.	н.д.
	Ксенотуфобрекчии	0.09	25.0	24.0
<b>Кратерная фация</b>				
<b>Туфогенная пачка</b>				
Архангельская		0.7	66.0–266.0	5.0–66.0
им. Карпинского-1		0.5	69.0	29.0
<b>Туфогенно-осадочная пачка</b>				
Архангельская				
- верхняя		0.08	7.0	19.0
- нижняя		0.09	н.д.	н.д.
им. Карпинского-1		0.06	10.0	9.0
<b>СЕВЕРНАЯ ГРУППА ТРУБОК</b>				
<b>Жерловая фация</b>				
	Туфобрекчии (Южный столб)	0.2–0.3	н.д.	н.д.
	Автолитовые брекчии (Южный столб)	0.4	66.0	4.0
	Автолитовые брекчии, туфобрекчии (Северный столб)	0.4	35.0	5.0
Ломоносовская	Ксенотуфобрекчии	0.2	35.0	2.0
	Автолитовые брекчии, туфобрекчии	0.7	79.0	3.0
Пионерская	Ксенотуфобрекчии	0.15	36.0	4.0
	Туфобрекчии	0.4–0.6	н.д.	н.д.
	Автолитовые брекчии	0.7	61.0	3.0
	Порфиновые кимберлиты	-	сл.	н.д.
Поморская	Ксенотуфобрекчии, туфобрекчии	0.1	19.0	46.0
<b>Кратерная фация</b>				
<b>Туфогенно-осадочная пачка</b>				
Пионерская	Песчаники с примесью туф. материала	0.08	1.5	2.0
<b>Туфогенная пачка</b>				
Пионерская	Туфопесчаники, туффиты, туфы	0.5	17.0	4.0

Примечание. Составлено по материалам (Пылаев и др., 2014).

В целом МСА кимберлитов Северной группы тел месторождения им. М.В. Ломоносова представлены более высокохромистыми разностями, соответствующими более высокобарическим условиям формирования. Пироп, содержащий > 5 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, в кимберлитах трубок Архангельская и им. Карпинского-1 (Южная группа) составляет около 30 и 16% соответственно, тогда как в кимберлитах трубок Пионерская и им. Карпинского-2 (Северная группа)

его количество достигает соответственно 86 и 74%.

В трубках Архангельская и им. Карпинского-1 преобладает хромит (30–33%), содержащий 55–60 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; более высокохромистые разности (> 60 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) составляют около 11 и 17% отборков. В трубках Пионерская и им. Карпинского-2 количество хромита, содержащего > 60 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, резко повышено (около 40 и 34 % соответственно). В свою очередь, хромдиопсид с содержанием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 2.5

мас.% в кимберлитах тел Северной группы составляет около 42% в трубке Пионерская и примерно 33% в трубке им. Карпинского-2), тогда как в кимберлитах Южной группы его количество существенно ниже (8.2% – трубка Архангельская, 19% – трубка им. Карпинского-1).

В кимберлитах трубок Пионерская и им. Карпинского-2 (Северная группа) количество пирропа, содержащего > 0.4 мас.% TiO<sub>2</sub>, составляет около 24 и 10.5% соответственно, а в кимберлитах трубок Архангельская и им. Карпинского-1 (Южная группа) оно равно 5 и 4%. В трубках Пионерская, им. Карпинского-2 и Поморская (Северная группа) содержится значительное количество зерен хромита с содержанием TiO<sub>2</sub> > 3 мас.% (около 14, 9 и 11% от общего количества хромита, соответственно), в телах Южной группы – лишь около 5%. Это согласуется с идеей о том, что существенно пониженная степень алмазоносности кимберлитов Северной группы связана с высокотемпературным метасоматозом литосферной мантии, что приводит к частичному уничтожению алмаза и существенному увеличению доли додекаэдров, особенно в крупных классах, именно в кимберлитах Северной группы трубок.

Более детальные исследования МСА проведены по шести керновым пробам трубки Пионерская. В автолитовых брекчиях и туфобрекчиях Северного и Южного столбов резко преобладают хромшпинелиды, а клинопироксен более распространен, чем гранат. При этом в пробах из кимберлитовых пород герловых образований Северного столба содержание зерен граната примерно в 3 раза выше, чем в соответствующих породах Южного столба. Проба из ксенотуфобрекчии отличается не только пониженным общим количеством МСА, но и практически одинаковым содержанием пирропа и хромдиопсида при резком преобладании хромшпинелидов.

Автолитовые брекчии отличаются от туфобрекчии более высоким содержанием фиолетовых гранатов и более низким содержанием гранатов красного цвета. При этом общее содержание пирропа, генетически связанного с равномернозернистыми лерцолитами и высокохромистых в том числе, в автолитовых брекчиях выше, чем в туфобрекчиях. Пирроп, сходный по составу с гранатом из включений в алмазе и высокоалмазоносных перидотитов, в представительных выборках из Северного столба составляет около 7%, а в туфобрекчии Южного столба – около 5%, тогда как хромшпинелиды высокоалмазоносного парагенезиса составляют 37–39% в автолитовой брекчии Северного столба и туфобрекчиях обоих столбов.

В наиболее продуктивных автолитовых брекчиях Северного столба отмечается повышенное по сравнению с другими типами пород содержание (около 24%) зерен пирропа, содержащих 8–9 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, и хромитов, содержащих 60–65 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50%), а также хромдиопсидов, сходных по составу

с включениями в алмазе. При этом хромдиопсиды из автолитовой брекчии Северного столба в целом менее хромистые, чем в автолитовой брекчии и туфобрекчии Южного столба.

**Особенности минералогии оксидов связующей массы.** Во всех изученных породах распространены микрокристаллический магнезиохромит с высоким содержанием хрома (до 55–58 мас.% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и низким содержанием титана и трехвалентного железа, свидетельствующий о зарождении кимберлитовых расплавов на больших глубинах, обеспечивающих возможность выноса алмазоносного материала.

Основное отличие автолитовых брекчий трубки им. Карпинского-1 и Северного столба трубки Пионерская заключается в отсутствии или крайне малом содержании титаномагнетита, что свидетельствует о низком окислительно-восстановительном потенциале в процессе образования этих пород и существовании благоприятных для сохранности алмаза условий. При этом в туфобрекчиях Северного и Южного столбов и в автолитовой брекчии Южного столба трубки Пионерская титаномагнетит широко распространен, что указывает на существование более окисленных условий. В глубоких горизонтах трубки Пионерская отмечается значительное количество перовскита. В порфириновых кимберлитах он встречается совместно с титаномагнетитом, что неблагоприятно для сохранности алмаза. Для связующей массы кимберлитовых пород других тел перовскит не характерен.

### Новые данные по минералогии Таджикистана и Киргизии

В породах щелочного массива Дарай-Пиёз (Алайский хр., Таджикистан) выявлена кадмиевая минерализация (Карпенко и др., 2018), которая приурочена к гнездам галенита в эгирин-кварц-полевошпатовых пегматоидных породах и представлена первичным гринокитом, вторичными отавитом и Cd-содержащим церусситом, а также кадмийсодержащим сфалеритом (до 3.65 мас.% Cd). Следует отметить, что ранее кадмиевая минерализация в пределах массива была неизвестна. Гринокит образует очень редкие отдельные зерна размером 0.1–0.4 мм насыщенного желтого, зеленовато-желтого, желтого с оранжевым оттенком цвета с сильным алмазным блеском. Отавит CdCO<sub>3</sub> встречается на контакте кварца с галенитом в виде желтоватой рыхлой корки ~ 0.5 x 0.5 мм, сложенной ромбоэдрическими кристалликами размером от первых микрон до 10–15 микрон и их сростками (Карпенко и др., 2018).

Несмотря на близость геохимических свойств цинка и кадмия, что обуславливает частичное связывание кадмия в сфалерит, здесь наблюдается разделение Zn и Cd, причины которого кроются в связывании части цинка с силикатами группы миларита, за счет чего снижается количество цинка,

которое могло бы пойти на образование сфалерита, а следовательно, увлекло бы за собой и часть кадмия. Другой причиной является дефицит серы, что спровоцировало первоочередную фиксацию кадмия как более халькофильного по сравнению с цинком элемента в форме гринокита. Возможно, это первый случай находки собственно кадмиевых минералов в щелочных породах.

Были проведены полевые работы по изучению миароловых пегматитов Восточного и Юго-Западного Памира, которые отличаются разнообразной редкометальной минерализацией.

Впервые на Восточном Памире обнаружен весьма редкий борат марганца и олова – тусионит, представленный новой скандийсодержащей разновидностью (Мираков и др., 2018). До этой находки высокие содержания скандия в боратах не отмечались. Тусионит обнаружен в пегматитах Кукуртского узла (долины р. Кукурт) на Восточном Памире, в 270 км от места первой находки (долины р. Тусион, Юго-Западный Памир). Пегматит Дорожный (рис. 29), как и другие тела этого пегматитового поля, залегает в экзоконтакте массива шатпутских гранитов среди пород сарыджилгинской свиты (PR<sub>3</sub>?), представленных гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами, песчаниками, мраморами, метаморфизованными в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций.



Рис. 29. Пегматит Дорожный, левый борт р. Кукурт.

Тусионит (рис. 30) диагностирован в образце из околониаролового комплекса, сложенном кварцем, калиевым полевым шпатом, альбитом, турмалином и Sc-содержащим сплессартином. Акцессорные минералы представлены фторапатитом, иттрийсодержащим флюоритом (до 3 мас.% Y), Sn-содержащим титанитом, магнетитом, поликразом-(Y), высокоборным гадолинитом, иксиолитом, манганколумбитом, пирохлором, черновитом-(Y), касситеритом, «варламовитом», лепидолитом, бадахшанитом-(Y), цезиевой слюдой (Cs<sub>2</sub>O 23 мас.%), высокогафниевым цирконом (HfO<sub>2</sub> до 17.0 мас.%). Тусионит образует тонкие пластинчатые зерна с размерами 0.05–4 мм в наибольшем измерении (рис. 30). Тусионит обладает желтым цветом, прозрачный с сильным стекляннным блеском. Плотность минерала более 4.20 г/см<sup>3</sup>.

Отличительной особенностью химического состава тусионита Восточного Памира является его обогащенность скандием – до 1.5 мас.% Sc<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, что в 50 раз выше, чем в тусионите из пегматитов Калифорнии и Чешской Республики (Мираков и др., 2018).

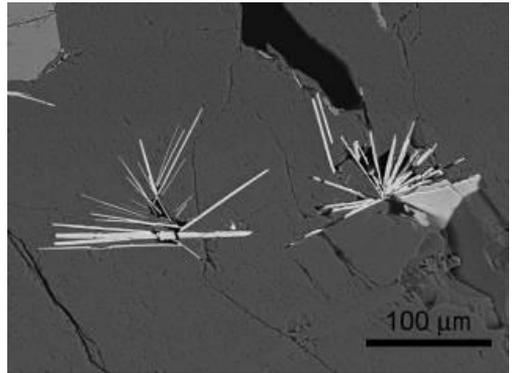


Рис. 30. Пластинчатые кристаллы тусионита в турмалине. Снимок в режиме BSE из (Мираков и др., 2018).

В пегматите Дорожный Кукуртского пегматитового узла, Восточный Памир, открыт новый минерал бадахшанит-(Y), краткое описание которого приведено выше, в первом разделе.

В гранитном миароловом пегматите Вез-Дара на Юго-Западном Памире описан редкий сульфид олова – герценбергит SnS (Паутов и др., 2018). Вез-Даринская жила (жила № 86) находится в правом борту долины реки Вез-Дары (левый приток реки Шахдары) в 11 км от устья (рис. 31). Она представляет собой уплощенное трубообразное тело, падающее на ССВ в среднем под углом 55°, протяженностью около 70 м и имеющее изменчивую мощность, достигающую 8–9 м. Герценбергит встречается в виде агрегатов неправильной формы и прожилков до 5 мм, замещенных в различной степени «варламовитом» (рис. 32), в среднезернистой калишпат-кварцевой породе из околониаролового комплекса пегматита. Цвет герценбергита в свежем сколе стальнo-серый, на выветрелой поверхности – темно-серый, блеск металлический. Черта черная.

Минерал в отраженном свете имеет белый цвет, отражательная способность умеренно высокая, при 560 нм R<sub>g</sub> = 49.9 и R<sub>p</sub> = 43.5% (микроспектрофотометр UMSP-50, стандарт – WTiC). Двухотражение в воздухе слабое, в иммерсии видно отчетливо. Анизотропия сильная, в иммерсии – очень сильная. Наблюдаются цветные эффекты анизотропии. Герценбергит – мягкий минерал, микротвердость 82 кгс/мм<sup>2</sup>. Параметры ромбической элементарной ячейки:  $a = 4.331(2) \text{ \AA}$ ,  $b = 11.195(3) \text{ \AA}$ ,  $c = 3.983(2) \text{ \AA}$ .

Изученный герценбергит с ЮЗ Памира близок к идеальному составу, отвечающему формуле SnS (Паутов и др., 2018). Образование герценбергита в пегматитах возможно несколькими путями: прямой кристаллизацией из Sn-содержащих флюидов и путем псевдоморфного замещения оловосодержащих

минералов, прежде всего касситерита. Для сульфидизации  $\text{SnO}_2$  в гидротермальных условиях, по экспериментальным работам, наиболее благоприятны кислые растворы и восстановительная обстановка при сравнительно низкой температуре (менее 300 °C).



Рис. 31. Вид долины реки Вез-Дары и пегматитовой жилы: а) верховья реки Вез-Дары, на горизонте на правом борту виден ледник и скальный выход, в котором расположена пегматитовая жила, б) Вез-Даринская пегматитовая жила и выше нее пласт мраморов (светлое) в гнейсах.



Рис. 32. Удлиненные зерна герценбергита (темно-серое) с «варламовитом» (коричневато-желтые агрегаты) в кварце из пегматита Вез-Дара (ЮЗ Памир). Ширина поля зрения 7,5 мм.

В миароловом пегматите Музейный в районе месторождения Кухилал (ЮЗ Памир) описан уранополикраз  $(\text{U}, \text{Y})(\text{Ti}, \text{Nb})_2\text{O}_6$  (Паутов и др., 2018a). Жила Музейная представляет собой кварц-микроклин-олигоклазовый пегматит в доломитовых мраморах докембрийской горанской серии. Второстепенные

и акцессорные минералы представлены кордиеритом, андалузитом, дравитом, апатитом, монацитом, касситеритом, магниэколулбитом, цирконом, рутилом, в том числе Nb-содержащим (ильменорутилом) и др. (Паутов и др., 2018a).



Рис. 33. Кристалл уранополикраза длиной 4 мм в кварце из пегматита Музейный (Кухилал, ЮЗ Памир) (Паутов и др., 2018a).

Уранополикраз встречен в блоковом кварце околомиаролового комплекса пегматита. Минерал представлен таблитчатыми удлинёнными зёрнами прямоугольного сечения и редко кристаллами длиной от 4 мм и шириной 0,6 мм (рис. 33). Уранополикраз черного цвета, имеет раковистый излом, на сколе сильный смолистый блеск. Более подробно он описан в отдельной статье (Паутов и др., 2018a).

В олово-бериллиевых пегматитах Карасу-Каравшинского месторождения (Туркестанский хр., Киргизия) открыт новый минерал акеповаит (его краткое описание приведено в разделе «Новые минералы»). Минерал имеет давнюю историю изучения, однако, лишь сейчас удалось окончательно расшифровать его структуру и записать корректную формулу (Karpenko et al., 2018).

### Изучение минералогии Урала

Месторождение Мочалин Лог (Южный Урал) обрабатывалось на россыпное золото и известно также своими находками редкоземельных минералов – церита, тёрнебомита и др. Оно находится в самой южной части Вишневогорского щелочного массива в Потаниных горах на Южном Урале. Верховья ручья расположены между горами Потанина и Никольской, ручей впадает в речку Борзовку возле горы Борзовочная.

За 2018 год на месторождении Мочалин Лог были изучены три новых минеральных вида (утверждены Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации) – представители редкой в природе *лантановой минерализации*: феррипербейт-(La), радекшкодаит-(La), пербейт-(La). Их краткое описание приведено в разделе «Новые минералы».

Воронцовское золоторудное месторождение расположено в 13 км к югу от г. Краснотурьинска

(Свердловская обл., Северный Урал). Оно залегает в пределах крупной вулcano-плутонической структуры, включающей в себя среднедевонский полифазный габбро-диорит-гранитный Ауэрбаховский интрузив, вулканические и вулканогенно-осадочные породы краснотурьинской свиты. Вулcano-плутоническая структура находится в окружении мощной пачки известняков (около 1 км) с прослоями туффигов и алевролитов. Главное рудное тело линзовидной формы – минерализованные брекчии известняков, подвергнутые скарнированию, серицито-кварцевым, джаспероидным и другим изменениям и содержащие кварцевые жилы и прожилково-вкрапленные зоны. Рудное тело расположено висячем крыле надвига.

Богатые таллием и ртутью сульфосоли встречаются в реалгар-аурипигментовом цементе брекчий. Ртутно-таллиевая минерализация особенно обильна в цементе брекчий известняков.

В 2018 году опубликованы полные описания ранее открытых таллиевых минералов Воронцовского месторождения: ферроворонцовита ( $\text{Fe}_5\text{Cu}_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ , воронцовита ( $\text{Hg}_5\text{Cu}_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ , цыганкоита  $\text{Mn}_8\text{Tl}_8\text{Hg}_2(\text{Sb}_{21}\text{Pb}_2\text{Tl})\text{S}_{48}$  (Kasatkin et al., 2018, 2018a) и описан новый минерал – гладковскийит  $\text{MnTlAs}_3\text{S}_6$  (краткое описание приведено в разделе «Новые минералы»).

Таким образом, удалось существенно пополнить список минералов таллия и сделать существенный вклад в минералогию этого *рассеянного элемента* на Воронцовском месторождении, для которого до наших работ было известно всего семь минералов.

### 3. ИЗУЧЕНИЕ ВАРИАЦИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОРОДОБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Проведены систематические работы по изучению вариаций состава важных породообразующих и аксессуарных минералов – членов групп оливина (Плечов и др., 2018; Щербаков, Плечов, 2018; Nekrylov et al., 2018), шпинелидов (Nekrylov et al., 2018), кремнезема (Иванова и др., 2018), граната (Гриценко, 2018) и магнетоплюмбита (Чуканов и др., 2018). Детальное исследование зональности ортопироксена (вулкан Безымянный, Камчатка) позволило с помощью численного моделирования диффузии определить временные интервалы между формированием зональности и последующими извержениями (Давыдова и др., 2018).

#### Группа оливина

##### Экстремально магнезиальный оливин

Получены новые прецизионные электронно-зондовые анализы оливина из окисленных лав влк. Толбачик (Камчатка), хромититов массива Рай-Из (Россия), щелочно-ультраосновных лав из Сан-Венандо (Италия) и скарнов Кухилаала (Таджикистан), которые сравнивались с ранее опубликованными данными по находкам экстремально магнезиального оливина (> 96 мол.% форстерита) в магматических породах (Плечов и др., 2018).

Экстремально магнезиальный оливин в магма-

тических породах формируется за счет постмагматических низкотемпературных процессов, таких как приповерхностное окисление, взаимодействие с карбонатами и субсолидусное переуравновешивание. Эти процессы образования оливина отражаются в морфологии зерен оливина и их составе: ламели гематита, обилие включений рудных минералов – и аномальном содержании малых компонентов (Mn, Ni, Ca). Увеличение магнезиальности оливина происходит под воздействием постмагматических процессов и может проявляться в самых разных горных породах. Это позволяет пересмотреть происхождение оливина экзотического состава (93–96 мол.% форстерита) в некоторых кимберлитах, коматиитах и перидотитах.

Выделение экстремально магнезиального оливина в магматических породах полезно для многих петрологических интерпретаций и, будучи совмещено с данными по содержанию малых компонентов, может представлять важную петрологическую информацию (Плечов и др., 2018). Показаны диапазоны составов оливина в породах различных геодинамических обстановок.

##### Фосфорсодержащий оливин

Было зафиксировано рекордное содержание фосфора (до 0.48 мас.%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) в оливине в лавах извержения 2012–2013 гг. вулкана Толбачик (Щербаков, Плечов, 2018).

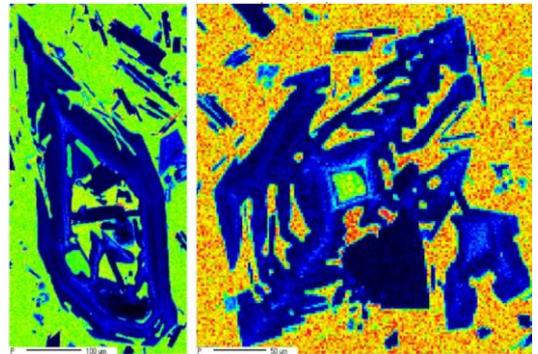


Рис. 34. Карты распределения фосфора (снимки в характеристическом рентгеновском излучении P) в образце лавы со скелетными кристаллами оливина (Щербаков, Плечов, 2018).

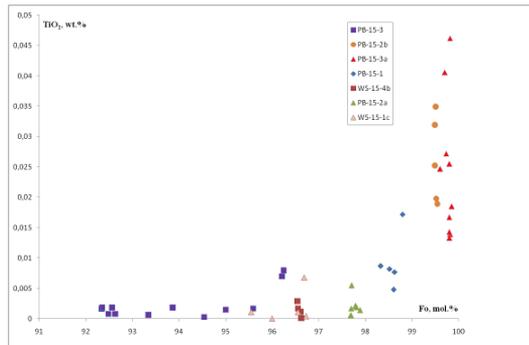
Различие в составе оливина из тефры и лавы позволяет утверждать, что скелетные кристаллы с повышенным содержанием фосфора (рис. 34) растут непосредственно в лавовом потоке, поскольку: 1) состав оливина из лавы продолжает кристаллизационный тренд оливина из тефры и практически с ним не перекрывается, 2) оливин из лавы значительно обогащен примесями P, Al, Ca и Ti по сравнению с оливином из тефры (Щербаков, Плечов, 2018). Формирование зональности происходит в ходе течения лавовых потоков (от первых часов до нескольких дней, по оценке Plechov et al., 2015), что позволяет предположить, что зональность не претерпела значительного диффузионного переуравно-

вешивания, а текущее распределение элементов, таким образом, представляет собой первичную ростовую зональность.

**Оливин магнезиальных скарнов**

Нами изучены вариации состава оливина на образцах Минмузея РАН из различных скарновых объектов Прибайкалья (Тажеран, Слюдянка и Белая Выемка) и установлены особенности распределения и количественного содержания элементов-примесей (Mn, Ti).

Изученные оливины магнезиальных скарнов характеризуются высокой магнезиальностью (Fo<sub>96</sub>–Fo<sub>100</sub>). Для них также не характерна зональность: в пределах каждого образца разные генерации оливина и оливин разных морфологических типов по составу близки. Наблюдается обратная зависимость количества примесного марганца от магнезиальности, которая принадлежит двум различным линейным трендам. Один из них (более пологий) совпадает с общим трендом оливина магматических пород (Плечов и др., 2018), а другой отличается значительно более высоким содержанием марганца в оливине при той же магнезиальности. Содержание CaO варьирует в значительных пределах (0.01–0.3 мас.%) для оливина из магнезиальных скарнов. Все изученные оливины практически не содержат никеля, хрома и кобальта – типичных примесей магматических оливинов. В скарновых оливинах их содержание обычно ниже 0,001 мас.%.  
 В наиболее магнезиальном оливине (Fo<sub>99</sub>) зафиксировано присутствие титана (до 0.045 мас.% TiO<sub>2</sub>) (рис. 35).



**Рис. 35.** Зависимость содержания примеси TiO<sub>2</sub> от магнезиальности в скарновых оливинах. PB-15-1, PB-15-2a, PB-15-2b, PB-15-3, PB-15-3a – Тажеран. WS-15-4b – Белая Выемка, WS-15-1c – Слюдянка. Данные рентгеновской волновой спектроскопии (WDS).

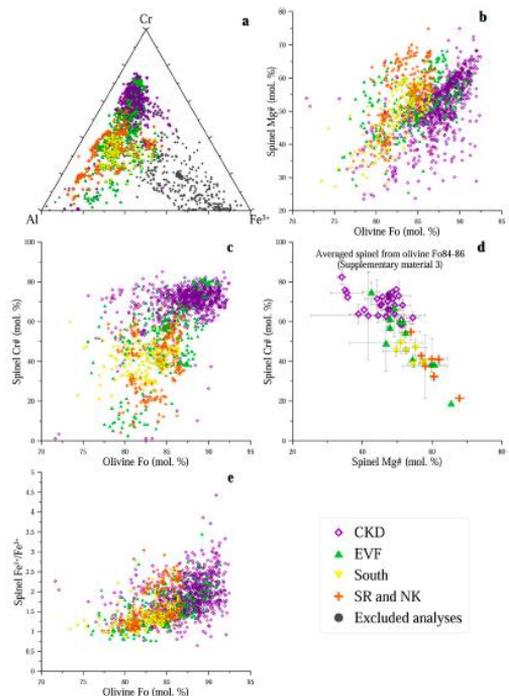
Высокое содержание титана характерно для оливина контактового ореола щелочного Тажеранского массива, для которого характерна необычная Ti-Zr-минерализация. Вхождение титана в оливин, вероятно, связано с образованием локальных клиногумитовых молекул, равномерно распределенных в кристаллах форстерита.

**Группа шпинелидов**

Изучены составы более 1600 зерен хромшпинели-

лидов из вулканических пород Камчатки, которые чаще всего встречаются в виде твердофазных включений в магнезиальном оливине (Nekrylov et al., 2018). Данные охватывают 30 вулканических комплексов (104 образца). Шпинелид с наименьшей хромистостью и отношением Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> был описан в базальтах Срединного хребта и Северной Камчатки, тогда как наиболее хромистый и окисленный хромшпинелид встречен в базальтах и магнезиальных андезитах Центральной Камчатской депрессии. Промежуточные составы характерны для Восточного вулканического фронта.

Составы шпинелида и сосуществующего с ним оливина (рис. 36) были использованы для определения степени частичного плавления мантии и степени окисления первичных магм. Окислительные условия попадают в диапазон ΔQFM = +0.7 – +3.7. ΔQFM для магм Срединного хребта и Северной Камчатки и хорошо коррелируют с количеством привнесенного флюидного компонента (отношения La/Nb и Ba/La), что свидетельствует об окислении мантийного вещества в процессе метасоматоза флюидом (или расплавом), отделяющимся от субдущированной плиты (Nekrylov et al., 2018). Данное исследование демонстрирует перспективность изучения вариаций состава хромшпинелида вулканических пород для определения вариаций мантийного состава, степени окисления и вовлечения различных флюидных компонентов в области магмогенерации островодужных магматических систем.



**Рис. 36.** Составы включений хромшпинелида в оливине из вулканических пород Камчатки: а) тройная диаграмма Al – Cr – Fe<sup>3+</sup>; б) магнезиальность шпинелида относительно магнезиальности оливина; в) хромистость шпинелида относительно магнези-

альности оливина; d) усреднение по образцам; e) отношение  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  в шпинелиде относительно магнетизальности оливина (по Nekrylov et al., 2018).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты отражают основные направления научной деятельности Минмузея РАН в 2018 году. За счет этой работы пополняется уникальная коллекция, а также открыты для пользователей научные базы данных и картотеки, созданные и хранящиеся в Музее.

В течение 2018 года сотрудниками Минмузея РАН и с их участием был открыт и изучен 31 новый минеральный вид: хреновит, рабдоборит-(V), рабдоборит-(W), манаевит-(Ce), параберцеллит, белогубит, зубковаит, ахиофанит, алеутит, эласмохлоит, ханауэрит, удианит, арсенудинаит, акоповаит, феррипербейт-(La), радекшодаит-(La), гладковскийит, феррьерит-NH<sub>4</sub>, дальнегорскит, красноштейнит, антофагастаит, плинниусит, яржемскийит, алексомьяковит, миланридерит, круйенит, фальгарит, бадахшанит-(Y), наталиякуликит, авдеевит, пербейт-(La). Они утверждены в 2018 году Комиссией по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации.

Получены обширные данные о современном минералообразовании, связанном с вулканическими и поствулканическими процессами, на вулканах Толбачик и Безымянный (Камчатка).

Продолжены работы по комплексному изучению минералогии алмаза из месторождения им. М.В. Ломоносова Архангельской алмазоносной провинции. Выявлены взаимосвязь вещественных особенностей основных типов кимберлитовых руд со степенью их алмазоносности и качественными характеристиками алмазов.

Получены новые данные о минералах щелочных массивов Хибинский (Коьский п-в) и Дарай-Пиёз (Таджикистан). На последнем была впервые зафиксирована кадмиевая минерализация.

Получены новые данные о минералах редкометальных гранитных пегматитов Восточного и Юго-Западного Памира: Кухилала, Вез-Дары, Куркертского пегматитового поля (Таджикистан), а также Карасу-Каравашинского месторождения Туркестанского хребта (Киргизия) и пегматитов Мьянмы (Бирмы) – с разнообразной и во многом уникальной редкометальной минерализацией. Открыты новые, а также изучены редкие минералы.

Исследованы минеральные ассоциации и парагенезисы редкой лантановой минерализации Мочалина Лога (Южный Урал), где открыты и изучены три новых лантановых минерала. Дополнены данные по уникальной таллиевой минерализации Воронцовского золоторудного месторождения (Северный Урал): открыт еще один минерал таллия, а три ранее открытых доизучены.

Проведены систематические работы по изучению вариаций состава породообразующих минералов групп оливина и шпинелидов.

## Список литературы:

1. Гриценко Ю.Д. Коллекция титановых гранатов Минералогического музея имени А.Е.Ферсмана РАН // Новые данные о минералах. 2018. Т. 52. В. 1. С. 3–5.
2. Давыдова В.О., В.Д. Шербаков, Плечов П.Ю. Оценки времени смещения магм в системе вулкана Безымянный (Камчатка) по данным диффузионной хронометрии // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2018. № 4. С. 52–58.
3. Иванова Д.А., В.Д. Шербаков, П.Ю. Плечов, Н.А. Некрылов, В.О. Давыдова, М.А. Турова, Степанов О.В. Кристобалит в экструзивных породах вулкана Безымянный // Новые данные о минералах. 2018. Т. 52. В. 2. С. 51–59.
4. Карпенко В.Ю., Паутов Л.А., Агаханов А.А., Сийдра О.И. Кадмиевая минерализация в щелочном массиве Дарай-Пиёз (Таджикистан) // Новые данные о минералах. 2018. Т. 52. В. 4. С. 102–109.
5. Касаткин А.В., Бритвин С.Н., Чуканов Н.В., Шкода Р., Агаханов А.А., Белаковский Д.И. Белогубит – новый минерал группы халькантита из Гайского месторождения, Южный Урал, Россия // Записки Российского минералогического общества. 2019. Т. 148. № 3. С. 30–43.
6. Касаткин А.В., Левицкий В.В., Нестала Ф. Гипергенные минералы месторождения Малый Мукулан (Тырынеузское рудное поле, Северный Кавказ) // Новые данные о минералах. 2018. Т. 52. В. 3. С. 70–76.
7. Мираков М.А., Паутов Л.А., Шодибеков М.А., Плечов П.Ю., Карпенко В.Ю. Новая скандийсодержащая разновидность тусионита с Восточного Памира (Таджикистан) // Записки РМО. 2018. Т. 147. № 4. С. 84–96.
8. Паутов Л.А., Мираков М.А., Шодибеков М.А. Находка герценбергита в гранитном миароловом пегматите Вез-Дара на Юго-Западном Памире (Таджикистан) // Новые данные о минералах. 2018. Т. 52. В. 1. С. 6–14.
9. Паутов Л.А., Шодибеков М.А., Мираков М.А., Файзиев А.Р., Хворов П.В. Уранополикраз (U,Y)(Ti,Nb)<sub>2</sub>O<sub>6</sub> из миаролового пегматита Музейный в районе месторождения Кухилал (Юго-Западный Памир, Таджикистан) // Новые данные о минералах. 2018а. Т. 52. В. 2. С. 34–39.
10. Плечов П.Ю., Шербаков В.Д., Некрылов Н.А. Экстремально-магнетизальныи оливин в магматических породах // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 12. С. 2129–2147.
11. Пылаев Н.Ф., Машкара А.М., Шкиль И.Э. и др. Геологические материалы к ТЭО постоянных разведочных кондиций для подсчета запасов по кимберлитовым трубкам Пионерская, Поморская и им. Ломоносова месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова. ОАО «Севералмаз», Поморская ГРЭ. Архангельск, 2014. – 175 с.
12. Спиридонов Э.М., Арикин А.А., Кислов Е.В., Коротаева Н.Н., Николаев Г.С., Пиенщицын И.В., Япаскурт В.О. Лаурит и иридийский осмий из плагиоклазовых лерцолитов

Йоко-Довыренского гипербазит-базитового интрузива (Северное Прибайкалье) // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60(3). С. 241–250.

13. Тищенко А.И., Касаткин А.В. Стевенсит из Первомайского карьера (Бахчисарайский район) – первая находка в Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2018 г. Т. 4(70). № 1. С. 190–197.

14. Тищенко А.И., Касаткин А.В., Шibaев Е.А. Сульфаты Карадага. Обзор находок и новые данные // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского природного заповедника РАН. 2018а. Вып. 4(8). С. 54–61.

15. Чуканов Н.В., Воробей С.С., Ермолаева В.Н., Варламов Д.А., Плечов П.Ю., Янчев С., Бовкун А.В. Новые данные о химическом составе и колебательных спектрах минералов группы магнетоплюмбита // Записки РМО. 2018. Т. 147. № 3. С. 44–58.

16. Щербахов В.Д., Плечов П.Ю. Фосфорсодержащий оливин из лавового потока 2012–2013 гг. вулкана Толбачик // Новые данные о минералах. 1918. Т. 52. В. 1. С. 15–17.

17. Шипалкина Н.В., Пеков И.В., Ксенофонов Д.А., Чуканов Н.В., Белаковский Д.И., Кошлякова Н.Н. Дальнегорскит  $\text{Ca}_5\text{Mn}(\text{Si}_3\text{O}_9)_2$  – новый пироксеноид со структурой бутамита, породообразующий минерал известковых скарнов Дальнегорского боросиликатного месторождения (Приморский край, Россия) // Записки РМО. 2019. Т. 148. № 2. С. 61–75.

18. Chukanov N.V., Zubkova N.V., Blass G., Pekov I.V., Varlamov D.A., Belakovskiy D.I., Ksenofontov D.A., Britvin S.N., Pushcharovskiy D.Y. Kruijenite,  $\text{Ca}_4\text{Al}_4(\text{SO}_4)\text{F}_2(\text{OH})_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral with microporous structure from the Eifel paleo-volcanic region, Germany // Mineralogy and Petrology. 2019. V. 113(2). P. 229–236.

19. Kampf A.R., Plášil J., Kasatkin A.V., Marty J., Čejka J. Markeyite, a new calcium uranyl carbonate mineral from the Markey mine, San Juan County, Utah, USA // Mineralogical Magazine. 2018. V. 82(5). P. 1089–1100.

20. Kasatkin A.V., Nestola F., Agakhanov A.A., Škoda R., Karpenko V.Y., Tsyganko M.V., Plášil J. Vorontsovite,  $(\text{Hg}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ , and Ferrovorontsovite,  $(\text{Fe}_5\text{Cu})_{26}\text{TlAs}_4\text{S}_{12}$ : The Tl- and Tl-Fe-Analogues of Galkhaite from the Vorontsovskoe Gold Deposit, Northern Urals, Russia // Minerals. 2018. V. 8. No 5. P. 185.

21. Kasatkin A.V., Makovicky E., Jakub Plášil, Škoda R., Agakhanov A.A., Karpenko V.Y., Nestola F. Tsygankoite,  $\text{Mn}_8\text{Tl}_8\text{Hg}_2(\text{Sb}_{21}\text{Pb}_2\text{Tl})_{224}\text{S}_{48}$ , a New Sulfosalt from the Vorontsovskoe Gold Deposit, Northern Urals, Russia // Minerals. 2018a. V. 8. No 5. P. 218.

22. Kasatkin A.V., Makovicky E., Plasil J., Škoda R., Chukanov N.V., Stepanov S.Yu., Agakhanov A.A., Nestola F.

Gladkovskiyite,  $\text{MnTlAs}_6\text{S}_6$ , a new thallium sulfosalt from the Vorontsovskoe gold deposit, Northern Urals, Russia // Journal of Geosciences. 2019. V. 64. P. 161–169.

23. Nekrylov N., Portnyagin M.V., Kamenetsky V.S., Mironov N.L., Churikova T.G., Plechov P.Yu., Abersteiner A., Gorbach N.V., Gordeychik B.N., Krashenninnikov S.P., Tobelko D.P., Shur M.Y., Tetroeva S.A., Volynets A.O., Hoernle K., Worner G. Chromium spinel in Late Quaternary volcanic rocks from Kamchatka: Implications for spatial compositional variability of subarc mantle and its oxidation state // Lithos. 2018. V. 322. P. 212–224.

24. Pekov I.V., Koshlyakova N.N., Zubkova N.V., Agakhanov A.A., Pushcharovskiy D.Y., Yapaskurt V.O., Belakovskiy D.I., Vigasina M.F., Sidorov E.G., Britvin S.N. Cryptochalcite,  $\text{K}_2\text{Cu}_5\text{O}(\text{SO}_4)_5$ , and cesiodymite,  $\text{CsKCu}_5\text{O}(\text{SO}_4)_5$ , two new isotypic minerals and the K–Cs isomorphism in this solid-solution series // European Journal of Mineralogy. 2018. V. 30. No 3. P. 593–607.

25. Pekov I.V., Koshlyakova N.N., Zubkova N.V., Lykova I.S., Britvin S.N., Yapaskurt V.O., Agakhanov A.A., Shchupalkina N.V., Turchkova A.G., Sidorov E.G. Fumarolic arsenates – a special type of arsenic mineralization // European Journal of Mineralogy. 2018. V. 30. No 2. P. 305–322.

26. Pekov I.V., Kovrugin V.M., Siidra O.I., Chukanov N.V., Belakovskiy D.I., Koshlyakova N.N., Yapaskurt V.O., Turchkova A.G., Möhn G. Antofagastaite,  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$ , a new mineral related to syngenite // Mineralogical Magazine. 2019. V. 83. P. 1–10.

27. Pekov I.V., Zubkova N.V., Koshlyakova N.N., Agakhanov A.A., Belakovskiy D.I., Vigasina M.F., Yapaskurt V.O., Britvin S.N., Turchkova A.G., Sidorov E.G., Pushcharovskiy D.Y. New arsenate minerals from the Arsenatnaya fumarole, Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia. XIII. Pansnerite,  $\text{K}_3\text{Na}_3\text{Fe}^{3+}_6(\text{AsO}_4)_8$  // Mineralogical Magazine. 2019a. P. 1–22.

28. Plechov P., Blundy J., Nekrylov N., Melekhova E., Shcherbakov V., Tikhonova M.S. Petrology and Volatile Content of Magmas Erupted from Tolbachik Volcano, Kamchatka, 2012–13 // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2015. V. 307. P. 182–199.

29. Siidra O.I., Nazarchuk E.V., Agakhanov A.A., Polekhovskiy Yu.S. Aleutite  $[\text{Cu}_5\text{O}_2](\text{AsO}_4)(\text{VO}_4)(\text{Cu}_{0.5}\square_{0.5})\text{Cl}$ , a new complex salt-inclusion mineral with  $\text{Cu}^{2+}$  substructure derived from Kagome-net // Mineralogical Magazine. 2019. Submitted.

30. Zhitova E.S., Yakovenchuk V.N., Krivovichev S.V., Zolotarev A.A., Pakhomovsky Y.A., Ivanjuk G.Y. Crystal chemistry of natural layered double hydroxides. 3. The crystal structure of Mg, Al-disordered quintinite-2H // Mineralogical Magazine. 2010. V. 74 (5). P. 841–848.