

Л.А. Зырянова, И.В. Пеков, В.О. Япаскерт, С.Н. Бритвин

## ПЕРИТ $\text{PbBiO}_2\text{Cl}$ ИЗ ЗАХАРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ) – ПЕРВАЯ НАХОДКА В РОССИИ

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 14-05-00276-а. Рентгеновское изучение минерала осуществлено на оборудовании ресурсного центра «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ.*

В окисленных рудах Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае впервые для России обнаружен перит  $\text{PbBiO}_2\text{Cl}$ . Его химический состав (мас. %; электронно-зондовые данные): Pb 43,71, Bi 41,44, O 7,34, Cl 7,57, Br 0,62, сумма 100,68. Эмпирическая формула:  $\text{pb}_{0,97}\text{bi}_{0,91}\text{o}_{2,10}\text{cl}_{0,98}\text{br}_{0,04}$ . Параметры ромбической элементарной ячейки:  $a = 5,604(1)$ ,  $b = 5,574(1)$ ,  $c = 12,437(2)$  Å,  $V = 388,5(2)$  Å<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** перит; Захаровское месторождение; Рудный Алтай; зона окисления.

Перит относится к редким оксихлоридам свинца и висмута [1]. На территории бывшего СССР этот минерал до недавнего времени был известен лишь в зоне гипергенеза вольфрамового месторождения Кара-Оба в Казахстане [2]. Нами сделана первая находка перита в России – в окисленных рудах Захаровского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае. Как неизвестный минерал он был зафиксирован здесь одним из авторов (Л.А.З.) еще в 1980 г. при описании керна разведочной скважины, но лишь более чем тридцать лет спустя надежно идентифицирован и изучен.

Захаровское месторождение – одно из четырех разведанных во второй половине XX в. месторождений Рубцовского рудного района, расположенного в крайней северо-западной части Рудного Алтая. Колчеданно-полиметаллическое оруденение Захаровского месторождения пространственно и генетически (?) связано с базальт-андезит-риолитовой магматической и ниже-среднедевонской известково-терригенной формациями Рудного Алтая [3]. Промышленное сульфидное оруденение концентрируется преимущественно в осадочных породах нижнекаменевской подсвиты среднего девона ( $D_2gv_2km_1$ ) вблизи контакта с нижележащей давыдовской свитой ( $D_2gv_2dv$ ), сложенной в основном вулканитами кислого состава. На месторождении разведано более двух десятков сульфидных рудных тел, образующих три относительно изолированных участка: северо-западный, центральный и юго-восточный. Большая часть запасов сосредоточена лишь в двух рудных телах. Сульфидные руды имеют простой минеральный состав. Основными рудообразующими минералами являются в порядке убывания содержания сфалерит, галенит, пирит и халькопирит. Руды Захаровского месторождения при среднем суммарном содержании Cu, Pb и Zn 18 мас. % являются одними из самых богатых среди рудноалтайских месторождений (богаче только руды Рубцовского месторождения, в которых среднее суммарное содержание тех же металлов достигает 22,84 вес. %).

По результатам исследования технологических и малообъемных проб сульфидных руд Захаровского месторождения, содержание в них висмута составляет 0,006–0,014 мас. %. На стадии детальной разведки месторождения собственных минералов этого элемента в рудах не было обнаружено. Большая часть висмута здесь связана с его изоморфной примесью в галените [4], в котором его содержание, по результатам полуколичественного спектрального анализа мономинеральных проб, может достигать 0,3 мас. % при среднем содержании в пределах нескольких сотых долей процента.

Подобно Рубцовскому и Степному месторождениям Рубцовского рудного района, Захаровское имеет ярко выраженную древнюю зону окисления медно-свинцового типа с четко проявленной зональностью [5].

Перит обнаружен в керне скважины 378 (интервал глубин 105–109 м), вскрывшей низы зоны окисления.

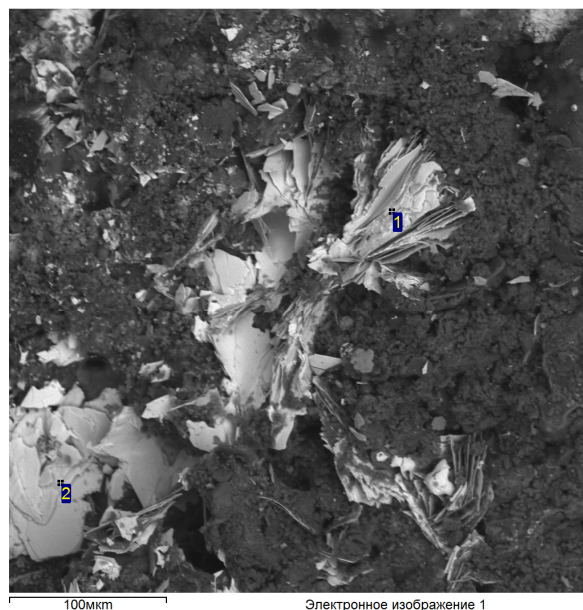


Рис. 1. Агрегаты расщепленных тонкопластинчатых кристаллов перита из Захаровского месторождения

Находка этого минерала приурочена к подзоне оксидных руд северо-западного участка месторождения. Совместно с кальцитом перит развит вдоль разноориентированных трещин в осветленных туфогенных породах. В других трещинах этого же интервала керна найдена ассоциация кальцита с самородными медью и серебром. Кальцит в обоих случаях присутствует в виде плотных маломощных корочек белого цвета.

Перит образует скопления розетковидных и хаотических агрегатов, сложенных тонкопластинчатыми до листоватых индивидами, как правило искривленными и часто расщепленными. Размеры отдельных индивидов обычно не превышают первых десятых долей миллиметра, но изредка достигают 0,5 мм. Минерал бесцветный до светло-желтого с очень сильным алмазным блеском, переходящим в металловидный.

Для перита из Захаровского месторождения определен химический состав (включая прямое определение содержания кислорода) и получена порошковая рентгенограмма.

Определение химического состава минерала выполнено с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6480LV, оснащенного волновым спектрометром INCA-WAVE 500 (лаборатория локальных методов исследования вещества кафедры петрологии МГУ). Ускоряющее напряжение 20 кВ, ток зонда 20 нА, диаметр зонда – 3 мкм. Эталонные: PbTe (Pb), Bi (Bi), CaMoO<sub>4</sub> (O), NaCl (Cl) и KBr (Br).

Химический состав захаровского перита (мас. %): Pb 43,71, Bi 41,44, O 7,34, Cl 7,57, Br 0,62, сумма 100,68. Эмпирическая формула, рассчитанная на сумму всех атомов, равную 5,00, такова: Pb<sub>0,97</sub>Bi<sub>0,91</sub>O<sub>2,10</sub>Cl<sub>0,98</sub>Br<sub>0,04</sub>. Небольшие отклонения от стехиометрии мы объясняем некоторой погрешностью (в сторону завышения) в определении самого легкого компонента – кислорода.

Рентгенограмма порошка перита снята на монокристалльном дифрактометре Rigaku R-AXIS Rapid II, оснащенный цилиндрическим IP-детектором (геометрия Дебая–Шеррера, расстояние образец-детектор 127,4 мм, CoK $\alpha$ -излучение). Результаты ее расчета приведены в таблице.

Результаты расчета порошковой рентгенограммы перита из Захаровского месторождения

| I <sub>нзм</sub> | d <sub>нзм</sub> , Å | d <sub>вмч</sub> , Å       | h k l              |
|------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| 20               | 6.21                 | 6.218                      | 002                |
| 57               | 3.770                | 3.766                      | 111                |
| 14               | 3.101                | 3.109                      | 004                |
| 100              | 2.858                | 2.861                      | 113                |
| 40               | 2.798                | 2.802, 2.787               | 200, 020           |
| 2                | 2.551                | 2.555, 2.543               | 202, 022           |
| 1                | 2.455                | 2.454, 2.447               | 211, 121           |
| 2                | 2.281                | 2.274                      | 105                |
| 1                | 2.133                | 2.138                      | 123                |
| 18               | 2.076                | 2.081, 2.075, 2.073        | 204, 024, 006      |
| 16               | 1.978                | 1.976                      | 220                |
| 2                | 1.883                | 1.883                      | 222                |
| 6                | 1.753                | 1.762, 1.754, 1.746        | 125, 311, 131      |
| 11               | 1.666                | 1.668, 1.666, 1.663        | 224, 206, 026      |
| 22               | 1.629                | 1.629, 1.623               | 313, 133           |
| 1                | 1.547                | 1.555, 1.540               | 008, 321           |
| 5                | 1.432                | 1.430                      | 226                |
| 4                | 1.401                | 1.401, 1.394               | 400, 040           |
| 1                | 1.386                | 1.386, 1.384               | 234, 036           |
| 1                | 1.358                | 1.360, 1.359, 1.358        | 042, 208, 028      |
| 2                | 1.313                | 1.310                      | 331                |
| 3                | 1.304                | 1.304                      | 119                |
| 9                | 1.254                | 1.256, 1.254, 1.252        | 333, 317, 420      |
| 2                | 1.243                | 1.244, 1.241               | 0.0.10, 236        |
| 1                | 1.222                | 1.223, 1.222               | 242, 228           |
| 4                | 1.161                | 1.161, 1.161, 1.158, 1.157 | 424, 406, 244, 046 |
| 2                | 1.136                | 1.137, 1.136               | 2.0.10, 0.2.10     |
| 1                | 1.094                | 1.097, 1.097, 1.094        | 052, 238, 511      |
| 2                | 1.088                | 1.089                      | 151                |

Параметры ромбической элементарной ячейки, рассчитанные по всем линиям порошкограммы: a = 5.604(1), b = 5.574(1), c = 12.437(2) Å, V = 388.5(2) Å<sup>3</sup>. При индентификации порошкограммы и выборе индексов hkl для расчета параметров элементарной ячейки учтены интенсивности отражений, рассчитан-

ные из структурных данных для оригинального перита, приведенных в работе [6].

Полученные результаты четко соответствуют справочным данным для перита [1, 2, 6]. В заключение отметим, что на Захаровском месторождении присутствует бромсодержащая разновидность минерала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Минералы: Справочник. Т. II. Вып. 1: галогениды. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 244–245.
2. Карташов П.М., Пеков И.В., Марсий И.М. О первой находке перита на территории СНГ // Доклады РАН. 1993. Т. 332, № 5. С. 617–620.
3. Чекалин В.М., Дьячков Б.А. Рудноалтайский полиметаллический пояс: закономерности распределения колчеданного оруденения // Геология рудных месторождений. 2013. Т. 55, № 6. С. 513–532.

4. Зырянова Л.А., Строителев А.Д., Доронин А.Я. Влияние особенностей состава руд Захаровского месторождения на показатели их обогащения. Геохимия, петрография и минеральные месторождения Сибири / под ред. В.Е. Хохлова, Б.М. Тюлюпо. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1984. С. 112–118.
5. Зырянова Л.А., Строителев А.Д., Доронин А.Я. Строение и состав зоны окисления Захаровского месторождения (Рудный Алтай). Геологические формации Сибири и их рудоносность / ред. И.А. Вылцан. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1983. С. 47–54.
6. Gillberg M. Perite, a new oxyhalide mineral from Langban, Sweden // Arkiv foer Mineralogi och Geologi. 1960. Vol. 2. S. 565–570.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 28 февраля 2015 г.

# **PbBiO<sub>2</sub>Cl PERITE FROM THE ZAKHAROVSKOE DEPOSIT (NW ALTAI): FIRST FIND IN RUSSIA**

*Tomsk State University Journal*, 2015, 395, 241–243. DOI: 10.17223/15617793/395/39

**Zyryanova Luiza A.** Tomsk State University (Tomsk, Russia Federation). E-mail: luiza@ggf.tsu.ru

**Pekov Igor V.** Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia Federation). E-mail: igorpekov@mail.ru

**Yapaskurt Vasilii O.** Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia Federation). E-mail: yvo72@geol.msu.ru

**Britvin Sergey N.** St. Petersburg State University (St. Petersburg, Russia Federation). E-mail: luiza@ggf.tsu.ru

**Keywords:** perite; Zakharovskoe deposit; Ore Altai; oxidation zone of sulfide ore.

In Russia, PbBiO<sub>2</sub>Cl perite was first found in the oxidized ores of the Zakharovskoe base-metal VHMS deposit in North-Western Ore Altai. Its chemical composition (wt %, electron microprobe data) is: Pb 43.71, Bi 41.44, O 7.34, Cl 7.57, Br 0.62, total 100.68. The empirical formula is: Pb<sub>0.97</sub>Bi<sub>0.91</sub>O<sub>2.10</sub>Cl<sub>0.98</sub>Br<sub>0.04</sub>. The dimensions of its orthorhombic cell are: a = 5.604(1), b = 5.574(1), c = 12.437(2) Å, V = 388.5(2) Å<sup>3</sup>. The Zakharovskoe deposit is located in the Rubtsovsk ore region in the North-Western part of Ore Altai. The ores are concentrated in the sedimentological rocks of the Nizhnekamenevskaya subsuite of the Middle Devonian (D2gy2km1) near its border with the underlying Davydovskaya suite which consists of acid volcanic rocks. The main ore minerals are sphalerite, galenite, pyrite and chalcopyrite. The ores are classified as rich if the summary content of copper, lead and zinc exceeds 18 wt %. The Bi content in the ores ranges from 0.006 to 0.014 wt %. Distinct bismuth minerals have not been found. Bismuth occurs as an isomorphic impurity in galenite; its content may reach 0.3 wt %, while the average content is several hundredth parts of percent. Ancient oxidation zone is developed on the field. The type of the zone is copper-zinc with distinct zonation. Perite was found in oxidized ores in the lower parts of the oxidation zone. The mineral is limited to fractures in tuffogenic rocks at a depth ranged from 105 to 109 m. It forms accumulations of thin tabular curved individuals with a typical size of tenth parts of millimeter, up to 0.5 mm. The mineral color is light-yellow with strong adamantine luster. Calcite with native silver and copper was found in the other fractures of this interval. The chemical composition of perite was estimated by the Jeol JSM-6480LV scanning electron microscope (SEM) equipped with the INCA-Wave 500 wave spectrometer (Laboratory of Local Methods of Investigation of Substances of the Petrology Department of Moscow State University). X-ray picture was captured on the Rigaku R-AXIS Rapid II monocrystal diffractometer equipped with a cylindrical IP detector (Debye–Scherrer method, sample to detector distance 127.4 mm, CoKα radiation). The gained results strongly satisfy the reference data for perite. Perite of the Zakharovskoe deposit refers to the bromine-containing variety of the mineral.

## REFERENCES

1. Chukhrov F.V., Bonshtedt-Kupletskaya E.M. (eds.) *Mineraly: Spravochnik* [Minerals: A Handbook]. Moscow: Izd-vo AN SSSR Publ., 1963. V. II, is. 1, pp. 244–245.
2. Kartashov P.M., Pekov I.V., Marsiy I.M. O pervoy nakhodke perita na territorii SNG [On the first discovery of perite in the CIS]. *Doklady RAN*, 1993, v. 332, no. 5, pp. 617–620.
3. Chekalin V.M., D'yachkov B.A. Rudnoaltayskiy polimetallicheskiy poiyas: zakonomernosti raspredeleniya kolchedannogo orudeneniya [Ore Altai polymetallic belt: patterns of distribution of pyrite mineralization]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 2013, v. 55, no. 6, pp. 513–532.
4. Zyryanova L.A., Stroitelev A.D., Doronin A.Ya. Vliyanie osobennostey sostava rud Zakharovskogo mestorozhdeniya na pokazateli ikh obogashcheniya [The influence of the composition of ore deposits in the Zakharovskoe deposit on their enrichment]. In: Khokhlov V.E., Tyulyupo B.M. (eds.) *Geokhimiya, petrografiya i mineral'nye mestorozhdeniya Sibiri* [Geochemistry, petrography and mineral deposits in Siberia]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1984, pp. 112–118.
5. Zyryanova L.A., Stroitelev A.D., Doronin A.Ya. Stroenie i sostav zony okisleniya Zakharovskogo mestorozhdeniya (Rudnyy Altay) [The structure and composition of the oxidation zone of Zakharovskoye deposit (Ore Altai)]. In: Vyltsan I.A. (ed.) *Geologicheskie formatsii Sibiri i ikh rudoznost'* [Geologic formations of Siberia and their ore content]. Tomsk: Tomsk State University Publ., 1983, pp. 47–54.
6. Gillberg M. Perite, a new oxyhalide mineral from Langban, Sweden. *Arkiv foer Mineralogi och Geologi*, 1960, vol. 2, pp. 565–570.

Received: 28 February 2015