

Минералого-геохимические, изотопные и гидрогеохимические исследования и интерпретация результатов выполнены при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-6322.2016.5. Анализ геологической позиции объектов поддержан грантом РФФИ № 16-35-00415 мол_а.

Литература

Архипов И. А., Пузанов А. В. Акташское ртутное месторождение (Юго-Восточный Алтай) как потенциальный источник поступления ртути в объекты окружающей природной среды // Мир науки, культуры, образования. 2007. № 4(7). С. 23–26.

Бутвиловский В. В. Палеогеография последнего оледенения и голоцена Алтая: событийно-катастрофическая модель. Томск: ТГУ, 1993. 252 с.

Лаврушин В. Подземные флюиды большого Кавказа и его обрамления. М.: ГЕОС, 2012. 348 с.

Никитин М. Ю., Медведева А. А., Максимов Ф. Е. и др. Генезис и геологический возраст травертиноподобных карбонатов Пудостского массива // Научно-теоретический журнал «Общество. Среда. Развитие». 2011. С. 231–236.

Русанов Г. Г., Орлова Л. А. Радиоуглеродные датировки (СОАН) Горного Алтая и Предалтайской равнины. Бийск: ФГБОУ ВПО «АГАО», 2013. 291 с.

Федак С. И., Туркин Ю. А., Гусев А. И. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист М-45 – Горно-Алтайск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 567 с.

Feng D., Chen D., Peckmann J. Rare earth elements in seep carbonate as tracers of variable redox conditions at ancient hydrocarbon seeps // Terra Nova. 2009. Vol. 21. P. 49–56.

Gao S., Luo T.-C., Zhang B.-R., et al. Chemical composition of the continental crust as revealed by studies in East China // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1998. Vol. 62. P. 1959–1975.

Kokh S. N., Shnyukov Y. F., Sokol E. V. et al. Heavy carbon travertine related to methane generation: A case study of the Big Tarkhan cold spring, Kerch Peninsula, Crimea // Sedimentary Geology. 2015. Vol. 325. P. 26–40.

Pentecost A. Travertine. Berlin-Heidelberg: Springer, 2005. 445 p.

И. В. Рева, А. П. Гунько

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

г. Томск

ivr4@tpu.ru

Микровключения в глауконитах Бакчарского месторождения (Томская область)

(научный руководитель М. А. Рудмин)

Бакчарское месторождение оолитовых железных руд расположено в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности на территории Томской области. Месторождение сложено верхнемеловыми и палеогеновыми отложениями, представленными осадками прибрежно-морских фаций: гравелитами, оолитовыми рудами, песчаниками, алевролитами и глинами. Оолитовые железные руды характеризуются, в основном, гетит-гидрогетитовым и хлорит-гидрогетитовым составом. На сегодняшний день месторождение не разрабатывается в связи с нерентабельностью.

В железорудных отложениях Бакчарского месторождения широко распространен глауконит. Глауконит – богатая Fe^{3+} диоктаэдрическая слюда с тетраэдрическим Al (или Fe^{3+}) и усредненной идеализированной формулой $\text{K}(\text{R}^{3+}_{1.33}\text{R}^{2+}_{0.67})[\text{Si}_{3.67}\text{Al}_{0.33}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$, широко распространенная в осадочных породах [Дриц, Коссовская, 1986]. Минерал обладает рядом уникальных свойств: молекулярно-сорбционными и ионообменными свойствами, термостойкостью, радиационной устойчивостью, наличием красящих оксидов и т.д. При детальном исследовании в нем были обнаружены микроскопические включения различных минералов, изучение которых стало основной целью данной работы для качественной характеристики минерального субстрата, поступающего в бассейн седиментации. Нами решены следующие задачи: микроскопическая характеристика зерен глауконита и микровключений минералов и минеральных ассоциаций, определение их химического состава, описание форм и агрегатов.

Было отобрано 27 проб глауконитовых пород из керна скважин различных участков Бакчарского месторождения. Методом «мокрого» ситования пробы были разделены на гранулометрические классы размером >1 , 1.0–0.5, 0.5–0.2, 0.2–0.1 и <0.1 мм. Из класса 0.5–0.1 мм под бинокляром отбирались монофракции глауконита, из которых изготавливались полированные шашки. Шашка представляет собой множество зерен глауконита, заполированных в эпоксидной матрице. Все шашки изучались на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 SBU (максимальное разрешение 3 нм) с энергодисперсионной приставкой OXFORD X-Max 50.

В результате микроскопического исследования внутреннего строения глауконита выявлено множество включений сульфидных, оксидных и силикатных минералов цветных (Cu, Zn, Pb, Sn, Bi, Co, Ni), редких и редкоземельных (Ce, Nd, La, Ta, Zr, Sr, Nb, Ba), благородных (Au, Ag) и черных (Fe, Ti) металлов.

Наиболее часто в глауконите встречается *PЗЭ фосфат*, по составу близкий к монациту [Rudmin et al., 2014]. Размеры его агрегатов варьируют от первых до 15 мкм и представляют собой скопления микросферолитов размером 0.5–2.0 мкм. Усредненная формула минерала – $\text{Ca}_{0.38}(\text{Ce}_{0.31}\text{Nd}_{0.11}\text{La}_{0.11}\text{Y}_{0.1})_{0.62}(\text{PO}_4)$.

Сульфидная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, борнитом, арсенопиритом, галенитом, в единичных пробах отмечаются карролит (?) и тетрадимит. *Пирит* в большинстве проб образует фрамбоиды размером до 10 мкм, которые представляют собой скопления кубических или октаэдрических микрокристаллов размером до 1 мкм. Реже он встречается в виде единичных кристаллов размером 1.2–2.5 мкм или обломков более крупных кристаллов размером до 5.5 мкм. *Борнит* ($\text{Cu}_{4.8}\text{Fe}_{1.2}\text{S}_4$) распространен в виде зерен размером от 1 до 4.6 мкм. *Галенит* образует кристаллы размером 0.5–0.8 мкм. *Арсенопирит* найден в одной пробе в виде относительно крупного кристалла размером 28 мкм (рис. а) и нескольких зерен размером 1.8–2.0 мкм. *Халькопирит* встречается в виде единичных зерен изометричной формы (рис. б) размером 1.5–2.3 мкм. *Антимонит* встречен в двух пробах в виде субизометричных зерен размером 0.6–1.4 мкм. В пустотах глауконита найдено зерно *сульфида кобальта и серебра* размером 1.5–1.8 мкм (рис. в). Состав минерала пересчитывается на формулу карролита $\text{Co}_{3.24}\text{Cu}_{0.72}\text{S}_4$, но с избытком кобальта и недостатком меди. Также минерал содержит примесь Sn (1 мас. %). *Тетрадимит* встречен в одной пробе в виде ромбоэдрического кристалла размером 1.9 мкм. В двух пробах отмечены удлинённые кристаллы размером 3.4 и 0.8 мкм *сульфида меди, цинка, мышьяка и олова*, рассчитанная формула которого $(\text{Cu}_{3.6}\text{Zn}_{0.9}(\text{As}_{3.3}\text{Sb}_{0.4})\text{S}_6)$ сходна с таковой сталдерита.

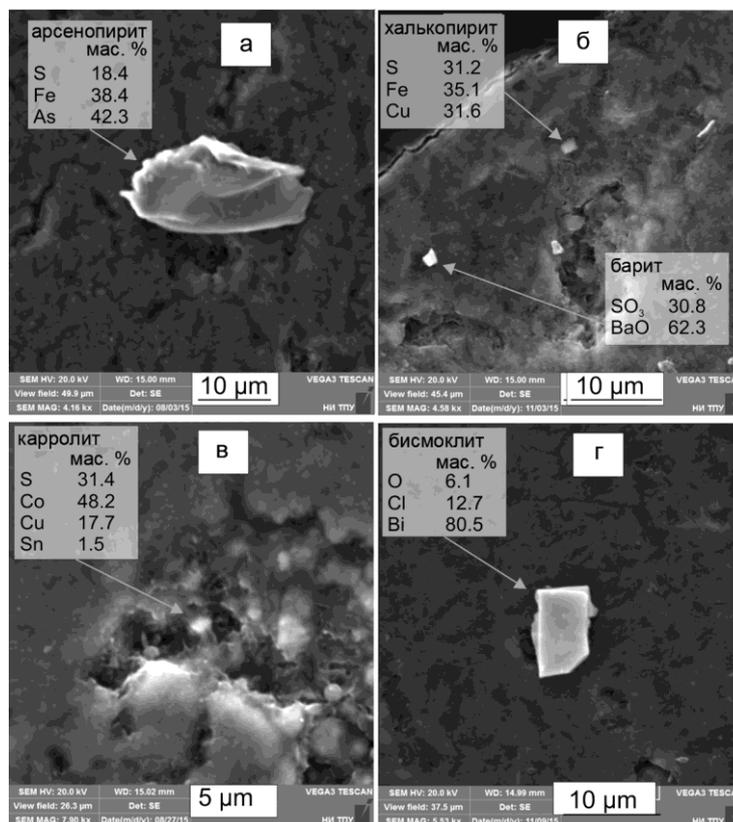


Рис. Микровключения минералов в глауконитах (изображения во вторичных электронах): а – арсенопирит, б – халькопирит и барит, в – карролит, г – бисмоклит.

В изученных глауконитах широко распространен *барит*, который образует субизометричные зерна (см. рис. б) размером 0.6–2.5 мкм с содержанием SO₃ 36.00–38.30 мас. % и BaO 61.4–63.6 мас. %. Редко наблюдаются изометричные включения барита размером 2 мкм с высоким содержанием стронция (SrO 21 мас. %).

Также в глауконитах обнаружены сложные оксиды висмута, стронция, никеля (бисмит, группа перовскита, треворит). Они встречаются в нескольких пробах в виде кристаллов вытянутой формы с неровными очертаниями. *Бисмит* имеет размеры от 1 до 8 мкм и содержит примесь Cu до 5 мас. %. Местами в результате окисления (рис. г) он полностью покрывается *бисмоклитом* (BiClO). *Оксид стронция* имеет формулу Sr_{0.84}Ca_{0.14}Fe_{0.03}O₃, что позволяет отнести его к группе перовскита. Этот минерал встречен в виде ксеноморфного кристалла размером 8.5 мкм. *Сложный оксид никеля и железа* в виде ксеноморфного кристалла размером 8.5 мкм. *Сложный оксид никеля и железа* в виде двух удлиненных кристаллов размером 2 мкм. Его кристаллохимическая формула (Ni_{3.14}Fe_{0.51}Cu_{0.23}O₄) наиболее сходна с таковой треворита.

Таким образом, широкий спектр микровключений объясняется способностью глауконита сорбировать на своей поверхности катионы и анионы различных элементов. В ходе дальнейших преобразований глауконитовых слоев их «загрузка» разнообраз-

ными элементами на фоне благоприятной восстановительной обстановки способствовала образованию новых минеральных фаз. Наличие включений сульфидов характеризует глауконитовые толщи как возможный «нетрадиционный» источник благородных металлов в области развития морских оолитовых железных руд, в том числе в пределах Бакчарского месторождения.

Литература

Дриц В. А., Коссовская А. Г. Генетические типы диоктаэдрических слюд. Сообщение. I. Семейство железисто-магнезиальных слюд (глаукониты, селадониты) // Литология и полезные ископаемые. 1986. № 5.

Rudmin M., Reva I., Gunko A., Mazurov A., Abramova R. Structural-chemical features and morphology of glauconites in sedimentary iron ore of Bakchar prospect (Western Siberia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2015. doi:10.1088/1755-1315/27/1/012026.

А. А. Антонов, А. С. Осипов

*Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург
anthonov@yandex.ru*

Редкоземельная минерализация в щелочных пегматитах Кондерского массива, Алданский щит

Кондерский массив находится в восточной части Алданского щита Сибирской платформы, в бассейне реки Май, в междуречье ее левых притоков – Омни и Маймакана. Он представляет собой щелочно-ультраосновной зональный интрузив диаметром 7.5 км, сложенный платиноносными дунитами, клинопироксенитами и косъевитами, которые пересекаются более поздними жильными телами щелочных пегматитов [Гурович и др., 1994]. При их исследовании был обнаружен ряд акцессорных минералов со значительным содержанием редкоземельных элементов (РЗЭ). Нами проанализирован их химический состав и изучены морфологические свойства. Рассмотренные в работе минералы присутствуют в незональных эвдиалитсодержащих лейкократовых эгирин-альбитовых пегматитах. Их единичные зерна встречаются в массе вмещающих пород, но, в основном, их находки приурочены к зернам эвдиалита.

По нашим наблюдениям, акцессорная РЗЭ минерализация имеет наложенный характер. В большинстве случаев она приурочена к участкам выщелачивания зерен эвдиалита и поздним карбонатным прожилкам. РЗЭ минералы заполняют межзерновое пространство в скоплениях минеральных включений, иногда образуют псевдоморфозы облекания по альбиту (рис. 1). Индивиды имеют микроскопические размеры, обычно не превышающие 100 мкм. Минералы диагностировались на основании данных рентгеноспектрального анализа. Формулы рассчитаны в соответствии с методическими указаниями [Булах, 1967]. Аналитические работы выполнены на кафедре минералогии СПбГУ и в ресурсном центре «Геомодель» на аппаратном комплексе, включающем электронный микроскоп Hitachi S-3400N с аналитическими приставками: анализа дифракции отраженных электронов EBSD-AzTec HKL Channel 5 Advanced, количественного энергодисперсионного анализа EDX-AzTec Energy 350, количественного волнового дисперсионного анализа WDS-INCA 500 (инженер-аналитик Н. С. Власенко).