

АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ СУЛЬФАТНЫХ ПОРОД БРИНЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГИПСА

С. А. ЮДАЕВ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь

Исследованы сульфатные и карбонатно-сульфатные породы, слагающие пластовые и прожилковые тела четырех продуктивных горизонтов Бриневского месторождения гипса. Изучались вмещающие породы между пластами гипса и ангидрита. Создана и детально исследована коллекция образцов и шлифов гипса и ангидрита. Химический и вещественный составы горных пород месторождения изучались с помощью различных методов: спектрального, рентгеновского, рентгеноструктурного, термического, изотопного, люминесцентного, радиометрического и тяжелых фракций. Особое внимание уделено определению акцессорных (вкрапленных) минералов, приведена их краткая характеристика. Акцессорные минералы являются индикаторами условий происхождения и формирования месторождений полезных ископаемых в литосфере. Выяснение причин их происхождения и уточнение повышенных концентраций полезных компонентов позволят в ближайшем будущем не только представить все сложное геологическое строение месторождения, но и рационально применить технологию добычи сульфатного сырья.

Ключевые слова: акцессорные минералы; спектральный, рентгеновский, рентгеноструктурный методы; концентрации элементов; метасоматическое замещение; матрикс сульфатной породы; коэффициент преломления; геохимические характеристики; генетическая минералогия; включения.

ACCESSORY MINERALS SULPHATE ROCKS BRINEVSKOGO DEPOSITS OF GYPSUM

S. A. YUDAEV^a

^aBelarusian State University, Nezavisimosti avenue, 4, 220030, Minsk, Republic of Belarus

Reviewed by sulphate and carbonate-sulphate rocks, reservoir and entrusted to the bodies of four Stringer productive horizons Brinevskogo deposits of gypsum. Were study containing rocks between layers of gypsum and anhydrite. Was created and investigated in detail a collection of samples and thin gypsum and anhydrite. Numerous methods have been applied to study the chemical and physical composition of rocks deposits: spectral, X-ray, X-ray structure, thermal, isotopic, luminescent, radiometric methods and method of heavy fractions. Special attention is given to clarify the accessory (ingrained) minerals, provides a brief description of them. Accessory minerals are indicators of origin and formation conditions of the mineral deposits in the lithosphere. Ascertaining these causes together with specification of high concentrations of mineral components will in the near future not only provide all the complex geological structure of the deposit, but also rational.

Key words: accessory minerals; spectral; X-ray; X-ray techniques; concentration; metasomatic; substitution matrix sulfate rocks; refractive index; geochemical characteristics of genetic mineralogy; inclusion.

В последние десятилетия белорусскими учеными ведутся исследования вещественного и минерального составов сульфатных пород Бриневского месторождения гипса и ангидрита. Полученные результаты объясняют условия образования терригенных толщ, причины взаимосвязи различных пород

Образец цитирования:

Юдаев С. А. Акцессорные минералы сульфатных пород Бриневского месторождения гипса // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2016. № 2. С. 120–124.

For citation:

Yudaev S. A. Accessory minerals sulphate rocks Brinevskogo deposits of gypsum. *Vestnik BGU. Ser. 2, Khimiya. Biol. Geogr.* 2016. No. 2. P. 120–124 (in Russ.).

Автор:

Сергей Анатольевич Юдаев – старший преподаватель кафедры динамической геологии географического факультета.

Author:

Sergey Yudaev, senior lecturer at the department of dynamical geology, faculty of geography.
yudaevsergei@mail.ru

и особенности миграции в них химических элементов. Определение этих механизмов вместе с уточнением повышенных концентраций полезных компонентов позволит в ближайшем будущем не только представить все сложное геологическое строение месторождения, но и рационально применить технологию добычи сульфатного сырья.

В осадочных, изверженных и метаморфических породах активно изучаются редкие элементы и акцессорные минералы, многофазные включения и изотопы, что позволило в ряде случаев по-новому подойти к решению очень важных проблем петрогенезиса и рудообразования.

Ни одно современное исследование горных пород, не использующее результатов изучения содержащихся в них акцессорных минералов, нельзя признать полноценным, так как при расшифровке сложных процессов петрогенезиса и рудообразования применение обычных химических анализов пород или оптических констант породообразующих минералов не всегда дает однозначные результаты. В то же время большую помощь могут оказать рассеянные в породе редкие элементы и образуемые ими акцессорные минералы. Действительно, акцессорные минералы весьма разнообразны по видовому составу и содержанию и несут информацию о своеобразии генезиса, условий формирования и последующего преобразования включающих их пород. Поскольку большая часть акцессорных минералов полностью образована редкими элементами или концентрирует их в значительной степени, эти минералы могут быть хорошим индикатором ценного полезного ископаемого.

Изучение акцессорных минералов – важная часть современной геолого-промышленной отрасли, так как в последние десятилетия получили сравнительно широкое распространение принципиально новые направления исследования горных пород. Среди них особое место занимает изучение акцессорных минералов [1].

Иные цели и задачи современной петрологии определили и новые методы, применяемые ею при изучении горных пород и слагающих их минералов. Спектральный, рентгеновский, рентгеноструктурный, термический, изотопный, магнитометрический, люминесцентный, радиометрический методы и метод тяжелых фракций широко используются в современной петрологии. Они помогают выяснить законы внутреннего строения вещества и отличительные характеристики парагенезиса атомов и ионов в минералах, установить особенности распределения и концентрации элементов, в том числе и редких. Все они дают возможность в полной мере изучить акцессорные минералы и определить генезис вмещающих пород.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований служили сульфатные и карбонатно-сульфатные породы, слагающие пластовые и прожилковые тела четырех (I–IV) продуктивных горизонтов Бриневского месторождения гипса. Выборочно изучались вмещающие породы между пластами гипса и ангидрита. Создана и детально исследована коллекция 157 штуфов гипса и ангидрита из керна следующих скважин: 2, 10, 15, 19, 25, 28г, 36Т, 39, 40, 41, 43, 44, 50. По результатам проведенной работы выделены четыре структурные разновидности гипса этого месторождения. Установлена последовательность образования его генераций. Все это стало основой для изучения химических особенностей гипса, образующегося путем метасоматического замещения ангидрита в матриксе сульфатной породы и кристаллизующегося в пустотном пространстве. Таким образом, визуальные наблюдения в штуфах сводились к установлению породообразующих минералов, литологического типа породы, ее текстурного рисунка и структурных разновидностей гипса и ангидрита. Вещественный состав пород изучался по результатам рентгеноструктурного анализа. Макрокомпонентный состав сульфатных образований и вмещающих пород рассчитан по данным рентгенофлюоресцентного и химического анализов. Концентрации элементов примесей в ангидрите и гипсе получены спектрально-эмиссионным методом путем количественных определений, а сведения о составе микровключений в сульфатных минералах – посредством химического анализа водных и солянокислотных вытяжек.

Среди элементов-примесей, определявшихся спектральным эмиссионным анализом, во всех образцах гипса и ангидрита присутствуют стронций (Sr) (180–2500 г/т), марганец (Mn), железо (Fe), медь (Cu), титан (Ti) и натрий (Na) (20–70 г/т). Барий (Ba) (4–600 г/т) и бор (B) (1–60 г/т) содержатся в единичных образцах из некоторых скважин. Никель (Ni) (2–5 г/т), кобальт (Co) (20 г/т), хром (Cr) (5–25 г/т), ванадий (V) (3–6 г/т) и цирконий (Zr) (2–7 г/т) отмечены лишь в пластовых ангидритах, что свидетельствует об имеющейся в них небольшой примеси глинистого вещества. Концентрация свинца (Pb), калия, бериллия, молибдена, иттрия и иттербия ниже «аналитического нуля». Единичные нейтронно-активационные определения дают представление о порядке концентрирования в сульфатах лантана (0,05–2,0 г/т), скандия (0,005–0,9 г/т), самария (0,06–0,6 г/т) и брома (0,2–6,0 г/т) [2]. Кроме этого, четыре образца (монофракции) шпатового розетковидного гипса были переданы для проведения

микронзондового анализа на наличие реликтовых газов (г. Львов, Украина), где в микроскопических порах было установлено наличие углекислого и сернистого газа, а также окиси азота. В некоторых полостях содержались гетерогенные (многофазные) включения NaCl, CO₂ в жидком и газообразном состоянии. Знание типоморфных геохимических характеристик сульфатных минералов важно для выяснения их генетической минерализации, поэтому эти включения (инклюдзы), очевидно, могут считаться сингенетичными.

Микроскопические исследования шлифов включали определение спектра породообразующих и акцессорных минералов, микротекстуры породы и структуры гипсовых и ангидритовых агрегатов.

Оптическое изучение препаратов (шлифов) проводилось с помощью стереомикроскопа Leica MZ-6 (Швейцария), поляризационного микроскопа Полам (Россия) и цифрового поляризационного микроскопа Nikon (Япония). При диагностике оптических показателей некоторых акцессорных минералов (кальцит, халцедон, пирит, флюорит, целестин, данбурит, бассанит) применялись оптически изотропные иммерсионные жидкости.

Результаты исследований и их обсуждение

Основное полезное ископаемое Бриневского месторождения гипса представлено двумя природными (минералогическими) разновидностями – гипсом и ангидритом. Путем аналитических исследований установлено, что в горизонтах I, II и частично III основную массу составляет гипс. В IV продуктивном горизонте в значительных количествах (4,35–66,82 %) присутствует ангидрит, а гипс имеет подчиненное значение. Такое вертикальное распределение главных минералов месторождения обусловлено литостатическим давлением. Химический состав полезного ископаемого не отличается сложностью и хорошо иллюстрируется табл. 1, из которой видно, что главные породообразующие окислы гипса, бассанита и ангидрита – SO₃, CaO и H₂O; значимые примеси составляют SiO₂ и MgO; SiO₂ присутствует в сульфатных породах в виде сферолитов халцедона и тонкого кварцевого материала в составе глин; нерастворимый остаток (н. о.) – это глинистое вещество гидрослюдистого состава; MgO, наряду с остатком CaO, входит в состав карбонатов (известняк, мергель, доломит), остальные окислы (TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃) можно отнести к малозначимым, так как их содержание не превышает 1 % и они оказывают существенное влияние только на такой качественный показатель готовой продукции, как белизна.

Концентрация микроэлементов, г/т, в сульфатных минералах
и породах Бриневского месторождения гипса [2]

Химический элемент	Вторичный гипс				Пластовый ангидрит			
	<i>n</i>	$\frac{X_r}{X}$	σ^2	S_x	<i>n</i>	$\frac{X_r}{X}$	σ^2	S_x
Fe	26	$\frac{40}{3,641}$	1,069	0,203	6	$\frac{20}{2,852}$	0,362	0,246
Mg	24	$\frac{100}{4,646}$	1,768	0,271	5	$\frac{300}{5,586}$	3,001	0,773
Mn	24	$\frac{2,5}{0,846}$	0,376	0,125	5	$\frac{2,0}{0,577}$	0,294	0,242
Sr	26	$\frac{240(310)}{5,482(5,744)}$	0,468	0,134	6	$\frac{1100}{7,036}$	0,234	0,198

Примечание. *n* – Количество определений; X_r – среднее геометрическое, оценки натурального логарифма концентрации элементов; X – среднее арифметическое; σ^2 – дисперсия; S_x – ошибка среднего арифметического; в скобках приведены средние значения концентраций, пересчитанных на безводный CaSO₄.

Кроме главных породообразующих – гипса и ангидрита, в полезном ископаемом отмечаются такие минералы, как кальцит, кварц (сферолиты халцедона), аутигенный пирит, целестин, баритоцелестин, флюорит, данбурит, битум, бассанит, монтмориллонит и гидрослюды. Данные минералы, вкрапленные в основную породу, являются акцессорными и имеют размеры менее миллиметра. Количество этих минералов, содержащееся в полезном ископаемом, составляют сотые и тысячные доли процента и должны рассматриваться как примеси, которые не оказывают заметного влияния на качество полезного ископаемого. Указанные минералы не представляют никакого промышленного интереса (за исключением халцедона, его содержание в отдельных пробах достигает 21,2 %).

Изучение акцессорных минералов изверженных пород проливает свет на характер поведения редких элементов и форму их нахождения в процессе становления пород различного генезиса и состава. Под акцессорными минералами следует понимать минералы – концентраторы редких элементов горных пород, так как они образованы ими нацело или концентрируют их в преобладающем по сравнению с породообразующими минералами количестве.

Кальцит (CaCO_3) развивается в основном по трещинам в сильно брекчированных породах. Очень редко заполняет мелкие жеоды в известняке и доломите. В сульфатных породах почти не встречается. Под микроскопом обнаруживает низкое светопреломление для $n_e = 1,486$ и высокое – для $n_o = 1,658$. Обладает очень сильным и отчетливым двупреломлением, дающим белую перламутровую интерференционную окраску. Одноосный, оптически отрицательный. Погасание относительно трещин спайности симметричное или близкое к нему. В шлифах кальцит серый или бесцветный. Спайность в мелких зернах часто не видна. В осадочных образованиях кальцит имеет обломочное и аутигенное происхождение. На стадии катагенеза происходят дальнейшая перекристаллизация карбонатного материала, его растворение до образования стилолитов, замещение известкового материала вблизи стилолитов гипсом и доломитом, кристаллизация в пустотах. Количество кальцита в разных шлифах изменяется от 0,5 до 7,5 %.

Кварц (SiO_2) представлен его разновидностью в виде микроскопических сферолитов халцедона, зажатых между порфириобластами гипса в массивном ангидрите. В шлифах часто аномально двухосный, положительный, от гипса отличается большим светопреломлением. Показатель преломления $n_o = 1,531$; $n_e = 1,536$. Аутигенный кварц (халцедон) формируется на разных стадиях осадочного процесса, заполняя поровые пространства и замещая соседние минералы. Таким образом, в Бриневском месторождении гипса встречаются сильно окремненные карбонатные породы роговикового типа. Своеобразная низкотемпературная форма халцедона называется «кварцин», который может быть использован как индикатор присутствия органического вещества, а именно углеводородов в окружающих породах.

Пирит (FeS_2) обнаружен в некоторых шлифах в виде мельчайших, хорошо сформированных кристалликов кубического и октаэдрического габитуса, а также их сростков. В штуфном материале керна скважин пирит встречается в виде порошковатой разности, черно-зеленого цвета – мельниковит [3]. Заполняет извилистые микротрещины между блоками доломитизированного известняка. Под микроскопом пирит непрозрачный, изотропный, иногда слабо анизотропен, имеет неполное угасание. Цвет латунно-желтый, блеск яркий металлический, иногда матовый [4]. Некоторые кристаллы и зерна пирита имеют темно-коричневую и бурую окраску, корродированные поверхности граней вследствие процессов окисления.

Целестин (SrSO_4) и баритоцелестин ($\text{BaSr}(\text{SO}_4)_2$) встречаются в непосредственной близости к метакристаллам шпатового гипса, редко – вместе с сахаровидным гипсом. Целестин в шлифах выявляется благодаря четкому прямому погасанию. Двухосный, оптически положительный. Показатели преломления: $n_g = 1,631$; $n_m = 1,623 \dots 1,624$; $n_p = 1,621$; $n_g \dots n_p = 0,009$. Кристаллы целестина не встречаются, чаще его агрегаты зернистые, радиально-лучистые и скорлуповатые [5]. Под микроскопом бесцветен, легко можно спутать с баритом.

Флюорит (CaF_2) наблюдается в шлифах как обломочный в виде сильно растворенных треугольных пластинок и сростков сдвойникованных кристаллов, так и аутигенный – порошковатый, тонкодисперсный. Оптические свойства: $n = 1,434$. Спайность совершенная по (111). Часто не обладает цветом, прозрачный или просвечивает [6]. Резко выражены отрицательный рельеф и шагреневая поверхность. С анализатором выявляется изотропность, иногда становится оптически аномальным. Аутигенный флюорит тесно связан с породами, сформировавшимися в древних бассейнах с повышенной соленостью. Можно предположить, что бриневский флюорит образовался во время ранней диагенетической доломитизации карбонатных осадков.

Данбурит ($\text{Ca}[\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$) встречается на месторождении в виде гнездовидных единичных точечных включений зернистых масс в ангидритодоломитах. В шлифах данбурит бесцветный, серый. Оптические свойства: $n_g = 1,636$; $n_m = 1,633$; $n_p = 1,630$; $n_g \dots n_p = 0,006$. Двухосный, характеризуется слабым двупреломлением, оптически отрицательный. Обладает большим углом и сильной дисперсией оптических осей. Погасание прямое. Спайность по (001) несовершенная. Данбурит – наиболее распространенный боросиликат морских галогенных пород [7]. Ассоциирует с гипсом, ангидритом, доломитом и флюоритом.

В керогеносодержащих мергелях и известняках вмещающей толщи отмечаются тончайшие прожилки и примазки битуминозного вещества черного цвета с маслянистым блеском. В розетковидном и шпатовом гипсе также установлены мелкие (0,1–0,3 мм) гомогенные включения битумов, различимые лишь при увеличении 50–80х. Штуфный материал обладает заметным запахом углеводородов.

По данным рентгендифрактометрического анализа, во вмещающих карбонатных породах установлено пелитообразное вещество, преимущественно монтмориллонитового и гидрослюдистого состава.

Монтмориллонит ($\text{Na}_{0,33}(\text{H}_2\text{O})\{(\text{Al}_{1,67}\text{Mg}_{0,33})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{OH})_2\}^{0,33-}$) имеет моноклинную сингонию. Оптические показатели: $n_g = 1,516 \dots 1,527$; $n_m = 1,516 \dots 1,526$; $n_p = 1,493 \dots 1,503$; $n_g \dots n_p = 0,023 \dots 0,024$. Двухосный, оптически отрицательный. Спайность по (001) совершенная, по (110) довольно ясная. В шлифах монтмориллонит зеленовато-желтый, реже бесцветный. Наблюдаются волокнистые и скрытокристаллические агрегаты с чешуйчатой поверхностью [8]. В крупных образцах монтмориллонит и гидрослюда выглядят как темная глина, заполняющая трещины, каверны, стилолитовые швы доломитов и известняков. По трещинам отчетливо заметны зеркала скольжения, сформированные процессами гипсовой тектоники. Глинистые минералы часто являются хорошим индикатором меняющихся геологических обстановок и процессов, обуславливающих особенности седиментации и характерной для нее цикличности.

Бассанит – минерал, полугидрат гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) – встречается в трещинах ангидрита в очень малых количествах в виде тонкодисперсного порошка. В заметных количествах присутствует только в скважинах 10, 28г, 36Т на значительных глубинах – 197–220 м. Под микроскопом агрегаты бассанита в основном игольчатые, метельчатые с перламутровым блеском и волокнистые. Генезис его не вполне ясен: или он образовался при гидратации ангидрита, или в результате дегидратации гипса, а также возможно воздействие бурового раствора при проходке ствола скважины во время бурения. Порошкообразный бассанит в шлифах, вероятно, является вторичным, образованным при шлифовке препарата с сульфатами, водой с абразивом.

Взросший за последние десятилетия спрос современной промышленности и техники на редкие элементы обуславливает поиск новых источников сырья, поэтому исследователи обращаются к горным породам, являющимся вмесителем огромного количества редких элементов, которые в ряде случаев представляют практически неисчерпаемый их источник. В связи с этим крайне важно знать средние содержания акцессорных минералов в различных типах пород, выявить отдельные разновидности последних.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК (REFERENCES)

1. Ляхович В. В. Акцессорные минералы горных пород. М., 1987.
2. Ангидрит и гипс в верхнедевонских отложениях Припятского прогиба и Северо-Припятской области: морфогенетические типы, условия и механизм образования : отчет о науч.-исслед. работе ИГН НАН РБ. Минск, 2003.
3. Сиротин К. М. Определитель минералов. Минералы магматических и метаморфических пород под микроскопом. М., 1970.
4. Джонс М. П. Прикладная минералогия. Количественный подход. М., 1991.
5. Соболев Р. Н. Методы оптического исследования минералов : справочник. М., 1991.
6. Наумов В. А. Оптическое определение минералов горных пород. М., 1989.
7. Даминова А. М. Породообразующие минералы. Минск, 1974.
8. Флейшер М., Уилкокс Р., Матццо Дж. Микроскопическое определение прозрачных минералов. Л., 1987.

Статья поступила в редколлегию 01.03.2016.

Received by editorial board 01.03.2016.