

УДК 552.18

**МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ
БАРИТ-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ОРУДЕНЕНИЯ
В МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ
БАССЕЙНА ВАДИ АЛЬ-МАСИЛА (ЙЕМЕН)**

*М.А. Матташ, М.А. Аль-Хадж, К.М. Матташ,
Н.С. Сафаралиев, Р.Р. Хасанов*

Аннотация

В статье рассмотрено барит-полиметаллическое оруденение бассейна Вади аль-Масила (Йеменская Республика). Оруденение имеет осадочно-гидротермальное происхождение и заполняет в основном трещины в известняках, доломитах и окремнелых известняках. Рудная минерализация характеризуется сложным минеральным составом и высокими концентрациями ряда металлов (Pb, Zn, Fe, Mn и др.). На основе изучения минеральных парагенезисов и газово-жидких включений в барите, кальците и кварце сделаны выводы о стадийности рудообразования.

Ключевые слова: рудная минерализация, гидротермальные растворы, барит, полиметаллическое оруденение, жилы, парагенезис минералов.

Введение

Гидротермальные процессы сопровождаются существенными изменениями исходных пород. В результате воздействия минерализованных газово-жидких растворов, осуществляющих перенос рудного вещества, может происходить накопление рудных компонентов и образование рудопроявлений с целым комплексом промышленно-значимых металлов. Скопления полезных минералов образуют тела в виде жил и прожилков, залегающих среди гидротермально-измененных пород. Одним из важнейших полезных ископаемых, связанных с гидротермальной деятельностью, является барит, который представляет собой важный вид современного многопрофильного сырья [1]. Барит в месторождениях часто встречается совместно с другими полезными компонентами. Проявления комплексной барит-полиметаллической минерализации известны на юге Йеменской Республики в долине Вади аль-Масила (Wadi al Masilah), провинция Аль-Махра [2, 3]. Оруденение имеет сложное осадочно-гидротермальное происхождение. Площадь гидротермально-измененных пород занимает более 300 км². Рудные тела представлены баритовыми жилами и прожилками, содержащими сложные ассоциации сульфидов, сульфатов и оксидов многих металлов (Pb, Zn, Fe, Mn и др.).

Объект и методика исследований

В геологическом строении рудоносных участков бассейна Вади аль-Масила принимают участие мезозойские и кайнозойские отложения, частично перекрытые четвертичными образованиями (рис. 1). В юго-восточной части региона встречаются также небольшие проявления щелочных базальтовых лавовых потоков. Рудная минерализация приурочена к доломитизированным и окварцованным известнякам юрского возраста, встречаются также сланцы, мергелистые известняки, доломитовые известняки, песчаники и рыхлые отложения обломочного происхождения. Рудоносные известняки юрского возраста залегают на позднепротерозойском фундаменте. Участками они доломитизированы и окварцованы. Четвертичные отложения имеют малую мощность и сложены гравием, перекрытым тонким слоем песка и почвы. Баритовая минерализация проявлена во всей осадочной толще долины Вади аль-Масила в виде отдельных тел или их сочетаний и приурочена в основном к карбонатным породам формации Саар мелового периода. Баритовые руды встречаются в основном жильного и стратиформного типов (рис. 2), иногда барит можно обнаружить в ассоциации с окварцованных доломитами (рис. 3). Материал баритовых жил был сформирован под действием гидротермальных растворов в сочетании с процессами выветривания. Жилы характеризуются различной протяженностью и прослеживаются на расстояние нескольких километров. В структурном отношении регион находится под контролем разломов западного и северо-западного направления (270–310 °С), образование которых связано с тектоническими нарушениями, вызванными открытием Красноморского рифта.

Рудные тела представлены жилами и прожилками барита, кальцита и минералами ассоциирующих с ними полезных компонентов. Рудная минерализация заполняет трещины и пустоты в известняках, доломитах и окварцованных известняках. Формирование рудной минерализации, учитывая условия ее залегания и взаимоотношения с вмещающими породами, происходило, предположительно, в меловом периоде и продолжалось вплоть до пострифтовой фазы (поздний миоцен) в Аденском заливе.

Минеральный и химический состав барит-полиметаллического оруденения был исследован М.А. Матгашем [2, 3] в сотрудничестве с лабораторией ALS Chemex (г. Ванкувер, Канада) и геохимической лабораторией в Ганновере (Германия), где методами индуктивно-связанной плазмы, масс-спектропии и рентгенофлуоресцентного анализа (ME-ICP41, ME-MS81, ME-XRF05, ME-ICP06, ME-XRF06, AU-ICP21, OA-GRA0) были проанализированы основные оксиды, элементы-примеси, золото, определены потери при прокаливании. Особенности минерального состава и взаимоотношение минералов были исследованы при помощи оптико-микроскопических методов в проходящем и отраженном свете, а также рентгеновской дифрактометрии. В Казанском федеральном университете при помощи электронного микроскопа Carl Zeiss EVO GM были уточнены тонкодисперсные минеральные формы нахождения рудных элементов [4]. Для выяснения условий и последовательности образования минералов оруденения впервые был использован термобарогеохимический метод исследования газовой-жидких включений [5]. Анализ выполнялся в лаборатории Таджикского национального университета (г. Душанбе).

Результаты и их обсуждение

Барит-полиметаллические руды характеризуются большим разнообразием минерального состава, который представлен сульфатными, карбонатными, сульфидными и оксидными соединениями. Главными минералами барит-полиметаллической минерализации долины Вади аль-Масила являются такие минералы как барит (BaSO_4), кальцит (CaCO_3), целестин (SrSO_4), галенит (PbS), сфалерит (ZnS), церуссит (PbCO_3), гемиморфит [$\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot (\text{H}_2\text{O})$], виллемит (Zn_2SiO_4), смитсонит (ZnCO_3), гематит (Fe_2O_3), лимонит, пиролюзит (MnO_2), голландит [$\text{Ba}(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{2+})_8\text{O}_{16}$], романешит [$(\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})(\text{Mn}^{4+}, \text{Mn}^{3+})_5\text{O}_{10}$], деклуазит [$\text{Pb}(\text{Zn}, \text{Cu})(\text{VO}_4)\text{OH}$], реже встречаются ванадинит [$\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$], пирит и ряд других минералов [2, 3]. В полостях и пустотах баритовых жил наблюдается заполнение идиоморфным мелкозернистым кварцем. Кроме того, встречаются выделения халцедона и яшмы вместе с мелкими кристаллами гемиморфита.

Жильные минералы оруденения по составу можно подразделить на нерудные, в число которых входят барит и ассоциирующие с ним целестин, кальцит и кварц, а также на рудные, представленные соединениями различных металлов. По условиям образования рудные минералы можно подразделить на гипогенные и гипергенные. Гипогенные руды представлены сульфидами – галенитом, сфалеритом и пиритом. Гипергенные минералы являются в основном продуктами преобразования жильных минералов и минералов вмещающих пород.

Нерудные минералы баритовых жил могут быть очень информативными для выяснения особенностей формирования, так как их кристаллы содержат реликты первичных газовой-жидких флюидов. Нами методом гомогенизации были исследованы флюидные включения в барите, кальците и кварце [3].

Исследованные газовой-жидкие включения представляют собой консерванты минералообразующих сред [2]. Газовой-жидкие включения законсервированы в пустотном пространстве минералов и несут информацию о температурных условиях их формирования. По последовательности выделения они подразделяются на первичные и вторичные. Первичными считаются включения, образовавшиеся в минерале в процессе его кристаллизации. Они приурочены к зонам роста кристаллов кварца и характеризуются изометрическими, ограниченными и удлиненными формами, иногда имеют форму отрицательных кристаллов. Вторичные включения возникают в минерале после полного прекращения его роста и локализируются в трещинах или других дефектных пустотах в теле кристалла. Вторичные включения не могут быть использованы для восстановления условий роста кристалла. По фазовому составу они подразделяются на: 1) жидкие однофазовые; 2) двухфазовые газовой-жидкие; 3) твердо-жидкие включения.

Барит является главным минералом оруденения. Он слагает крупные жилы и мелкие прожилки. Барит образуется в результате как гидротермального процесса, так и процессов выветривания. Поступление бария могло происходить в составе высокотемпературных минерализованных флюидов в виде BaCl_2 , который может вступать в реакцию с SO_4 подземных вод вмещающих пород с образованием барита [2, 3]. В жилах барит представлен крупными кристаллами (рис. 4, 5) и мелкозернистой массой.

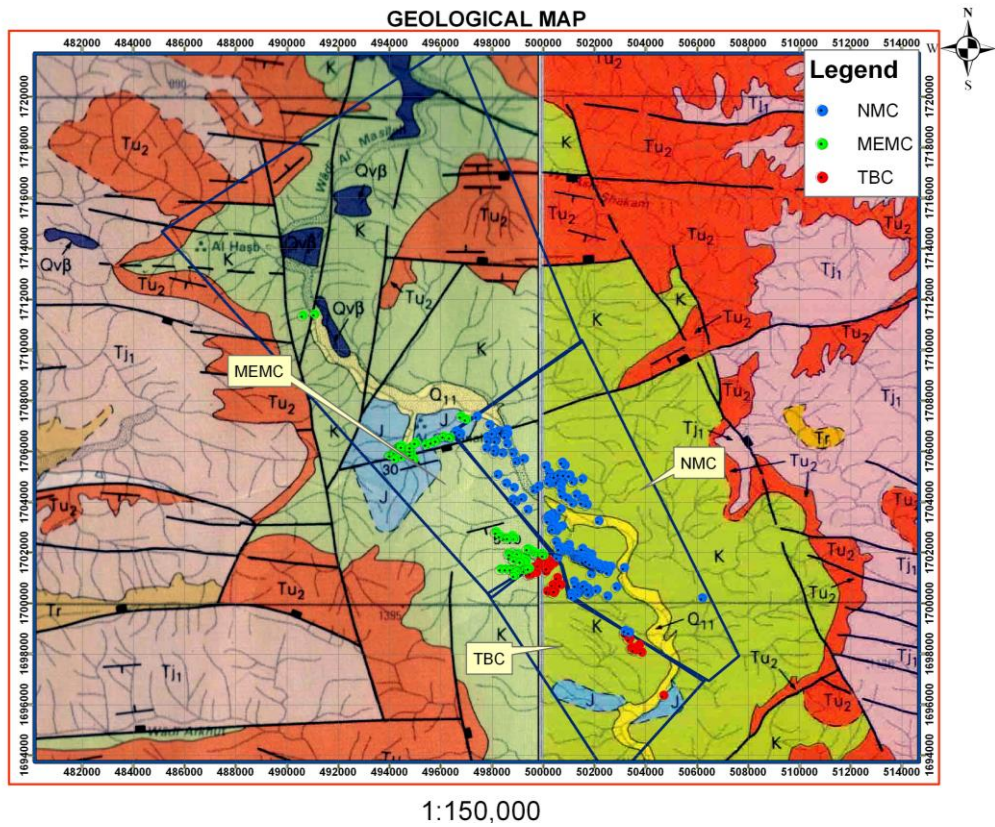


Рис. 1. Геологическая карта и схема опробования проявлений барит-полиметаллического оруденения в долине Вади аль-Масила



Рис. 2. Баритовое рудопоявление стратиформного типа



Рис. 3. Барит в ассоциации с окварцованными доломитами

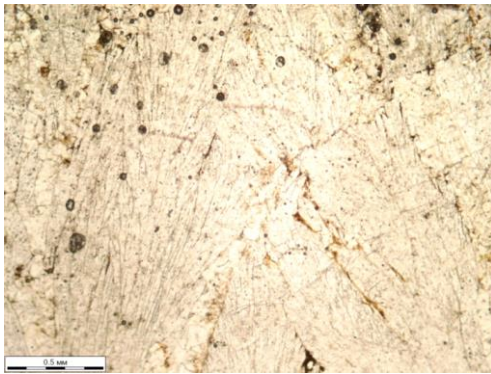


Рис. 4. Кристаллы барита в жиле (николи параллельны)



Рис. 5. Кристаллы барита в жиле (николи скрещены)

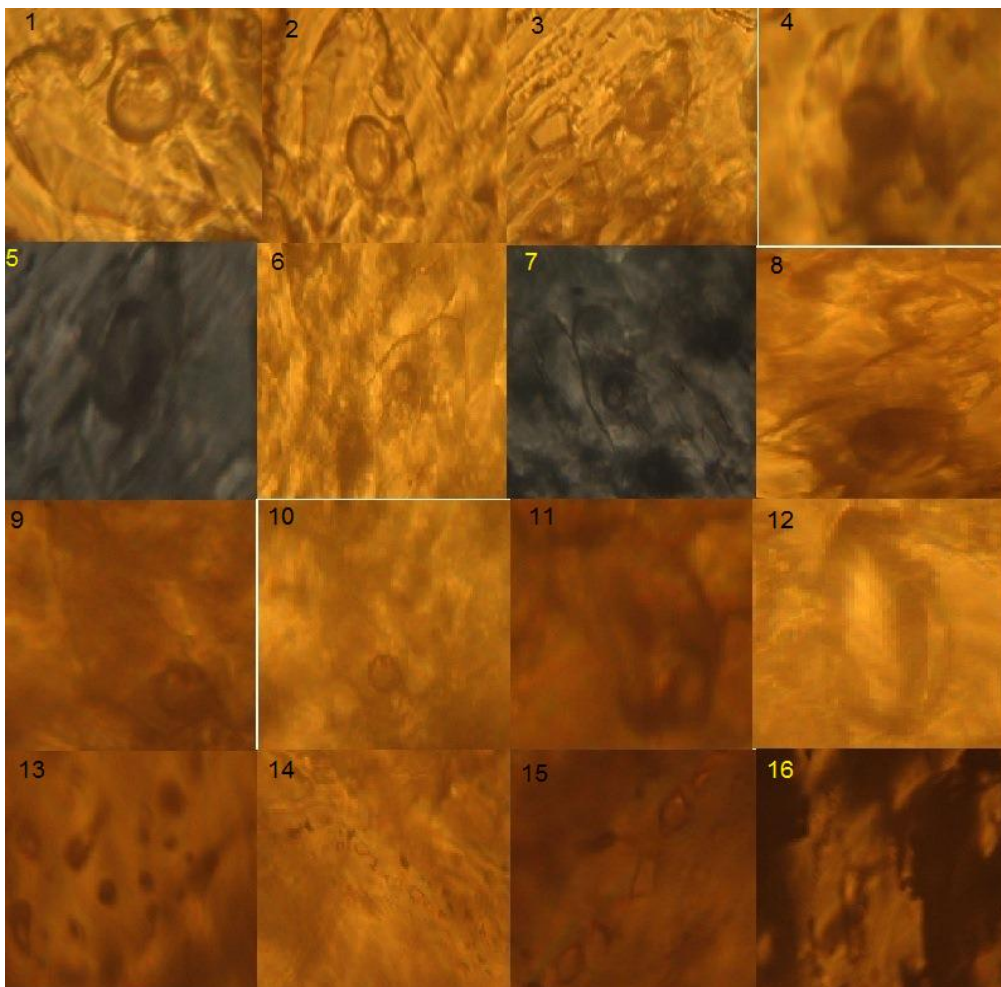


Рис. 6. Первичные и вторичные флюидные включения в кальците: 1–11 – двухфазовые (включения истинных растворов) включения – Жв >> Гп; 12 – однофазовые (газовые) включения – Г_х; 13–14 – двухфазовые вторичные включения – Жв >> Гп; 15 – однофазовые вторичные включения – Жв; 16 – битумоидный включения (твердый битум) – Аб. Ув. 1200–1300

В крупных кристаллах барита обнаружено много мелких включений флюидных растворов, размерность которых около 0.01 и менее [5]. Первичные консерванты имеют ограниченную ромбовидную, прямоугольную и треугольную формы. По агрегатному состоянию включения двухфазовые газовой-жидкие с соотношением газа к жидкости от 1 : 6 до 1 : 10. Размер включений колеблется в диапазоне 0.01–0.05 мм. Вторичные включения в барите по форме могут быть трубчатыми, овальными и неправильными. Они имеют такие же размеры, что и первичные включения. Гомогенизация первичных включений в барите происходит в интервале температур 195–280 °С, а вторичных – 85–140 °С. Можно предположить, что кристаллизация основной массы барита в жилах, представляющей промышленный интерес, происходила при температурах 195–280 °С.

Кальцит также относится к числу важнейших жильных минералов месторождения. Кальцит образуется на различных стадиях и встречается преимущественно в 2 генерациях – в виде жильного минерала и как продукт перекристаллизации исходного минерального вещества. В зернах кальцита также обнаруживаются флюидные включения 2 типов: первичные и вторичные (рис. 6).

Первичные включения наблюдаются в препаратах кальцита, которые исследованы в тонких полированных пластинках и спайных выколках. В кристаллах они распределены неравномерно и располагаются главным образом в плоскостях спайности. Первичные включения имеют очень разнообразные формы выделений и представлены преимущественно плоскими ромбовидными, прямоугольными, квадратными, вытянутыми, изогнутыми и неправильными, реже объемными образованиями в форме отрицательных кристаллов. Размер их колеблется от 0.02 до 0.07 мм. Включения в кальците по фазовому составу в основном двухфазовые газовой-жидкие (жидкий раствор солей и газовый пузырек). Гомогенизация включений происходит в интервале температур 174–210 °С. Вторичные газовой-жидкие включения локализованы в залеченных трещинках. В кальците могут встречаться двухфазовые газовой-жидкие и однофазовые жидкие разновидности консервантов минералообразующих сред, которые имеют овальную или неправильную формы. Они гомогенизируются в жидкую фазу в диапазоне температур 68–96 °С. Можно предположить, что образование кристаллов кальцита в жильных телах на месторождении происходило в интервале температур 174–210 °С.

Кварц на месторождении заполняет полости и пустоты в породах, где он присутствует в виде друзовидных агрегатов, сложенных мелкими идиоморфными кристаллами. Мелкозернистый кварц характеризуются значительным количеством первичных флюидных включений, располагающихся в зонах их роста. Вторичные включения, приуроченные к трещинам залечивания в кварце, имеют меньшее распространение. При термобарогеохимических исследованиях кварца выявлено, что гомогенизация первичных включений происходит в основном при температурах 305–312 °С. Вторичные флюидные включения исключительно двухфазовые газовой-жидкие. По форме они неправильные, вытянутые, овальные и округлые. Размер подобных включений менее 0.01 мм. Они гомогенизируются в диапазоне температур 80–122 °С. Таким образом, формирование кристаллов кварца происходило в диапазоне температур 305–312 °С. По всей видимости образование мелкозернистого кварца связано с самыми ранними стадиями гидротермального процесса.

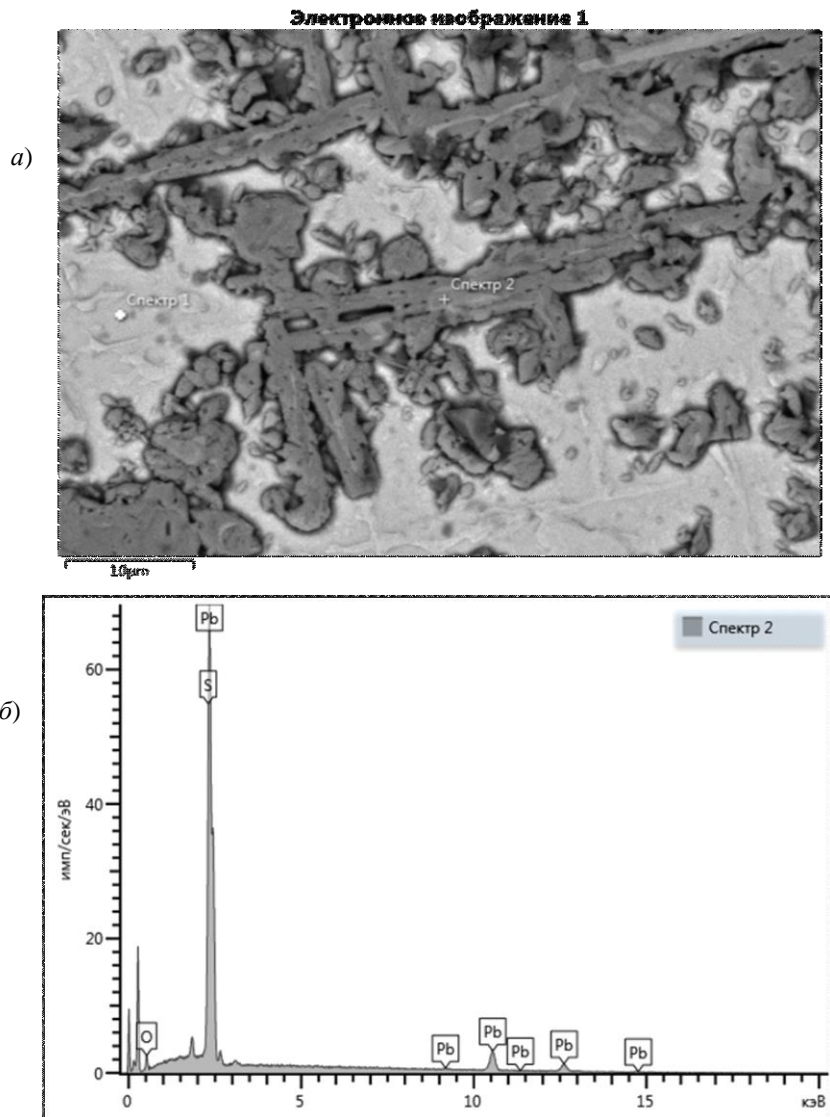


Рис. 7. Результаты электронно-микроскопического изучения галенита: а) электронное изображение галенита (светлое) с выделениями англезита по спайности (темное); б) микрозондовое определение состава минерала в точке «Спектр-2»

Состав рудных минералов очень сложен и представлен преимущественно сульфидами, оксидами и сульфатами. По характеру выделений и взаимоотношениям с баритом можно предположить, что сульфидные минералы, сфалерит, галенит, пирит и халькопирит имеют гипогенную природу. Их образование связано с поступлением рудного вещества в составе разогретых минерализованных газово-жидких флюидов.

Галенит встречается в парагенетической ассоциации с баритом и образует крупные кристаллы в баритовых жилах, которые неравномерно распределены в баритовом агрегате. Участками они образуют единичные обособления, участками – агрегаты, сложенные несколькими десятками зерен. Галенит пространственно приурочен как к скоплениям чисто баритовых зерен, так и к окремненным

участкам породы, что позволяет рассматривать минерал в качестве индикатора завершающей стадии гидротермального процесса. Контакты галенита с окружающими его баритовыми минералами и кремнистыми агрегатами преимущественно резкие, реже – коррозионные.

Галенит частично окислен. В результате их окисления произошло образование смитсонита, церуссита и других сульфатов и оксидов [7]. Характер и состав замещения может быть различным. На рис. 7 представлено электронно-микроскопическое изображение зерна галенита (светло-серое) с темно-серыми выделениями по спайности. Микронзондовый химический анализ различных участков поверхности минерала, различающихся по цвету и рельефу, показал также разность их состава. Точка «Спектр 1» характеризуется наличием линий свинца и серы, что соответствует составу галенита. В точке «Спектр 2» отмечены линии свинца, серы и кислорода, что, по всей видимости, отвечает англезиту (PbSO_4).

Сфалерит образует мелкие и крупные кристаллы, которые большей частью окислены, что достаточно отчетливо внешне проявляется в изменениях окраски [2]. Мелкие зерна сфалерита окрашены, как правило, в желтый, коричневый и красноватый цвета, в то время как более крупные из них – в основном черные. Сфалерит образует хорошо ограненные кристаллы с алмазным блеском. Разнообразие цветовых оттенков кристаллов сфалерита свидетельствует об изоморфном замещении цинка Mn, Fe, и Cd, что подтверждается результатами спектрального анализа. Размер кристаллов сфалерита варьирует в широком диапазоне – от микроскопических до 3 см.

Халькопирит встречается в виде вкрапленников в кристаллах сфалерита и мелких зерен округлой формы, располагающихся ближе к границам сфалерита. Эмульсионные выделения халькопирита в сфалерите свидетельствуют о высоких температурах кристаллизации сульфидов в гидротермальных жилах.

Гипергенная минерализация связана с процессами выветривания и характеризуется образованием окисных форм минералов.

Следует также отметить, что оруденение Вади аль-Масила характеризуется высокими концентрациями ряда металлов [2, 3]. Помимо бария, содержания которого достигают 55%, основными полезными компонентами являются цинк и свинец. Содержания цинка варьируют от 1–8% до 13–23%, достигая участками 30%. Они приурочены в основном к гемиморфиту и смитсониту. Концентрации свинца связаны с такими минералами, как галенит, церуссит, англезит, вульфенит и редко встречающимися пироморфитом и плумбонакритом. Содержания свинца в церуссите колеблются от 1% до 5%, однако в новообразованиях галенита, встречающихся в ассоциации с баритом, его содержания достигают 20%. Аномально высокие значения концентрации свинца были выявлены также в кремнистых известняках, доломитах и кремнекlastическом материале, заполняющем прожилки. В жилах отмечаются скопления оксидов и гидроксидов марганца и железа. Результаты геохимических анализов показывают также высокое содержание марганца (среднее значение MnO – 64%) и железа (более 55%). Кроме этого, обнаруживаются повышенные концентрации таких элементов, как Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Sb, реже Ga и Se. Концентрации молибдена связаны в основном с пиролузитом, где они достигают 1300 г/т. В выделениях гемиморфита отмечены аномальные количества Cd и Ga. Как правило, повышенные концентрации рудных

компонентов встречаются в зонах брекчирования, минеральном заполнении трещин и пустот. Минеральные формы большей части редких и рассеянных элементов не обнаружены и являются предметом специальных исследований.

Заключение

Происхождение оруденения связано с тектонической деятельностью в период формирования Красноморского рифта и проникновением по разломам гидротермальных растворов. Под действием гидротерм и грунтовых вод, обладающих слабокислыми свойствами, происходило окварцевание известняков доломитов вмещающих толщ, а также отложение барита и других рудных минералов в зонах трещиноватости

Сложность и разнообразие минерального состава оруденения объясняется многостадийностью его формирования. На основе парагенетических минеральных ассоциаций можно предположить, что образование наблюдаемой совокупности минералов оруденения происходило последовательно в несколько стадий, основными из которых были седиментационно-диагенетическая (дорудная), гидротермальная (рудная) и стадия окисления. В дорудную стадию происходило формирование минеральных парагенезисов первичных горных пород, вмещающих оруденение. Минеральный состав этих пород обусловлен условиями отложения осадков и характером привносимого вещества. Дорудные породные комплексы представлены карбонатными, терригенными и эффузивными (базальтоиды) образованиями.

Гидротермальная стадия минералообразования протекала в диапазоне температур 174–312 °С. Она ознаменовалась кристаллизацией в полостях и пустотах мелкозернистого кварца. С позиции образования промышленных минералов стадию гидротермального рудообразования можно разделить на баритовый и полиметаллический подстадии. На начальном этапе происходила кристаллизация барита с формированием крупных жил. Кристаллизация основной массы барита происходило в диапазоне температур 195–280 °С. С заключительными фазами гидротермальной стадии связано образование гипогенных сульфидов – галенита, сфалерита и пирита, ассоциирующих с кальцитом и заполняющих трещинки в барите. Однако находки в крупных кристаллах галенита прожилков барита указывают на то, что отложение некоторой части барита могло происходить и после осаждения сульфидов. Стадия окисления протекала под действием процессов гипергенеза и характеризуется возникновением окисных минеральных форм рудных элементов, входящих в состав оруденения.

В целом формирование рудной минерализации охватило широкий интервал геологического времени – от мелового до четвертичного периода.

Полученные результаты представляют интерес с позиций выяснения условий образования комплексных барит-полиметаллических руд и могут быть использованы для прогнозно-минерагенических исследований в осадочных бассейнах.

Литература

1. *Ахманов Г.Г., Васильев Н.Г., Булаткина Т.А., Егорова И.П.* Атлас руд баритовых месторождений / Под ред. Н.Н. Ведерникова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. – 140 с.

2. *Mattash M.A., Al-Ameri A.A.* Technical report on the Al-Kohl1 sedimentary-hosted barite mining district at Wadi Al-Masilah, Al-Mahrah province, Yemen. Report submitted to Naine Minerals Pte., and to the Geological Survey of Yemen. – 2010. – 30 p.
3. *Mattash M.A.* Technical report on the Al-Ghaidah As-Saghirah pyrolusite occurrence at the southern part of Wadi Al-Masilah Basin, Al-Mahrah province, Yemen. Report submitted to the MEMC Company, and to the Geological Survey of Yemen. – 2010. – 19 p.
4. *Mattash M.A., Vaselli O., George B., Khassanov R., Alhaj M., Minissale A., Alamery A., Shuqra A., Mattash K.* Sedimentary-hosted polymetallic mineralizations at Wadi Al-Masilah Basin, Mahrah province, Yemen // Abstract Volume, 29th IAS Meetings of Sedimentology (Schladming, Austria 2012). – Schladming, Austria: IAS, 2012. – P. 612.
5. *Матташ М.А., Аль-Хадж М.А., Хасанов Р.Р., Сафаралиев Н.С.* Условия образования барит-полиметаллического оруденения в мезозойских отложениях бассейна Вади Аль-Масила (Йемен) по данным термобарогеохимических исследований // Материалы Республ. науч.-практ. конф. «Проблемы горно-металлургической промышленности и энергетики Республики Таджикистан». – Чкаловск: ГМИ РТ, 2014. – С. 10–12.
6. *Ермаков Н.П.* Геохимические системы включений в минералах. – М.: Недра, 1972. – 375 с.
7. *Mattash K.M.* Polymetallic-barite mineralization at Wadi Al-Masilah Sedimentary Basin, Mahrah province, Yemen // Arabian Geoscience Students Forum (Muscat, Oman, 6–9 October 2013). – 2013. – 4 p.

Поступила в редакцию
25.02.14

Матташ Мохамед Али – PhD, консультант, Хадрамаутский консалтинговый центр для геологических исследований, г. Эль-Мукалла, Йеменская Республика.

Аль-Хадж Мохаммед Али – аспирант кафедры региональной геологии и полезных ископаемых, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия; геолог, Управление геологических изысканий и минеральных ресурсов, Министерство нефти и минеральных ресурсов, г. Сана, Йеменская Республика.

Матташ Камал Мохамед – студент, Университет Адена, г. Адена, Йеменская Республика.

Сафаралиев Носир Сайджалолович – кандидат геолого-минералогических наук, зам. заведующего кафедрой геологии и разведки месторождений полезных ископаемых, Таджикский национальный университет, г. Душанбе, Таджикистан.

Хасанов Ринат Радикович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой региональной геологии и полезных ископаемых, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *Rinat.Khassanov@kpfu.ru*

* * *

MINERAL ASSOCIATIONS OF BARITE-POLYMETALLIC MINERALIZATION IN MESOZOIC SEDIMENTS AT WADI AL-MASILAH BASIN (YEMEN)

M.A. Mattash, M.A. Alhaj, K.M. Mattash, N.S. Safaraliev, R.R. Khassanov

Abstract

The article considers the barite-polymetallic mineralization at Wadi Al-Masilah basin (Yemen). The mineralization has a sedimentary-hydrothermal origin and basically fills fractures in limestones, dolomite rocks, and silicified limestones. It is also characterized by a complex mineral composition and

high concentrations of some metals (Pb, Zn, Fe, Mn, etc.). Based on the study of the mineral paragenesis and gas-liquid inclusions in barite, calcite and quartz, a conclusion about the stages of the mineralization is made.

Keywords: mineralization, hydrothermal solutions, barite, polymetallic mineralization, veins, paragenesis of minerals.

References

1. Akhmanov G.G., Vasilev N.G., Bulatkina T.A., Egorova I.P. Atlas of Ores of Barite Deposits (Ed. by N.N. Vedernikova). Kazan, Izd. Kazan. Univ., 2000. 140 p. (In Russian)
2. Mattash M.A., Al-Ameri A.A. Technical report on the Al-Kohl1 sedimentary-hosted barite mining district at Wadi Al-Masilah, Al-Mahrah province, Yemen. Report submitted to Naine Minerals Pte., and to the Geological Survey of Yemen. 2010. 30 p.
3. Mattash M.A. Technical report on the Al-Ghaidah As-Saghirah pyrolusite occurrence at the southern part of Wadi Al-Masilah Basin, Al-Mahrah province, Yemen. Report submitted to the MEMC Company, and to the Geological Survey of Yemen. 2010. 19 p.
4. Mattash M.A., Vaselli O., George B., Khassanov R., Alhaj M., Minissale A., Alamery A., Shuqra A., Mattash K. Sedimentary-hosted polymetallic mineralizations at Wadi Al-Masilah Basin, Mahrah province, Yemen. *Abstract Volume, 29th IAS Meetings of Sedimentology (Schladming, Austria 2012)*, Schladming, Austria, IAS, 2012, p. 612.
5. Mattash M.A., Alhaj M.A., Khassanov R.R., Safaraliev N.S. Conditions of formation of barite-poly-metallic mineralization in the Mesozoic sediments of Wadi Al-Masilah basin (Yemen) according to thermobarogeochemical data. *Materialy Respubl. nauch.-prakt. konf. "Problemy gorno-metallurgicheskoi promyshlennosti i energetiki Respubliki Tadjikistan"* [Proc. All-Republic Sci.-Pract. Conf. "Problems in the Mining and Metallurgical Industry and Energy Sector of the Republic of Tajikistan"]. Chkalovsk, GMI RT, 2014, pp. 10–12. (In Russian)
6. Ermakov N.P. Geochemical Systems of Inclusions in Minerals. Moscow, Nedra, 1972. 375 p. (In Russian)
7. Mattash K.M. Polymetallic-barite mineralization at Wadi Al-Masilah Sedimentary Basin, Mahrah province, Yemen. Arabian Geoscience Students Forum (Muscat, Oman, 6–9 October 2013), 2013. 4 p.

Received
February 25, 2014

Mattash Mohamed Ali – PhD, Consultant, Hadramawt Consulting Center for Geological Research, Al Mukalla, Yemen.

Alhaj Mohammed Ali – PhD Student, Department of Regional Geology and Mineral Resources, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia; Geologist, Department of Geological Survey and Mineral Resources, Ministry of Oil and Minerals, Sana'a, Yemen.

Mattash Kamal Mohamed – Student, University of Aden, Aden, Yemen.

Safaraliev Nosir Saidjalolovich – PhD in Geology and Mineralogy, Deputy Head of the Department of Geology and Exploration of Mineral Deposits, Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan.

Khassanov Rinat Radikovich – Doctor of Geology and Mineralogy, Head of the Department of Regional Geology and Mineral Resources, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: Rinat.Khassanov@kpfu.ru