ҚР ҰҒА-ның Хабарлары. Геологиялық сериясы. Известия НАН РК.
Серия геологическая. 2006. №5. С. 29–41

УДК 553.43/(574.31)

М. К. САТПАЕВА[1]

МИНЕРАЛОГИЯ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАМАН-АЙБАТ

Жаман-Әйбат кенорнының кен шоғырларының минералогиясын зерттеу арқасында бұл кенорын кендерінің құрамы мен құрылымы Жезқазған кенорнының кендерімен жақын және ұқсас екені анықталды.

Приводятся результаты изучения минералогии рудных залежей месторождения Жаман-Айбат. Обнаружена высокая степень сходства в составе и строении руд Жаман-Айбата с рудами Жезказганского месторождения.

The results of research of ore beds mineralogy at the Zhaman-Aibat deposit are presented. It was discovered that composition and structure of Zhaman-Aibat and Zhezkazgan ores are very similar.

Месторождение Жаман-Айбат – младший брат Великого Жезказгана – расположено в 180 км к Ю-ЮВ от г. Жезказгана, находится на стадии детальной разведки и начала эксплуатации.

Первые сообщения о присутствии медных руд в районе месторождения приведены в работах И. Я. Яговкина. В 1932 г. К. И. Сатпаев в статье «Минеральные ресурсы Джезказганского района» [3] и монографии «Джезказганский меднорудный район и его минеральные ресурсы» [4] публикует обзорную карту полезных ископаемых района (рис. 1) с указанием места нахождения Жаман-Айбата и его краткой характеристикой. Непосредственное вскрытие рудных тел связано с осуществлением Жезказганской экспедицией буровых работ по «Проекту общих поисков месторождений меди на площади восточного борта Джезказган-Сарысуйской впадины в 1981–1984 гг.» (авторы отчетов Е. К. Аркаев, А. В. Струтынский, В. Т. Казимир, В. И. Ужва и др.). Одновременно с буровой разведкой осуществлялось изучение вещественного состава руд Жаман-Айбата (С. А. Сальков, Б. Б. Сюсюра, В. А. Глыбовский [2] , М. К. Сатпаева [7]).

Предлагаемая работа – результат многолетних (1986–1990 и 2002–2004 гг.) исследований автора, выполненных с привлечением современных методов анализа минеральных микровключений (световая микроскопия, микрозондовый анализ, рентгенофазовые исследования микропроб и др.). Изучено 840 аншлифов и около 100 шлифов, изготовленных из керна 72 буровых скважин. Образцы отобраны автором непосредственно на месторождении, частично предоставлены руководством АО «Жезказгангеология».

Геологическая позиция месторождения во много аналогична таковой Жезказгана: стратифицированные сульфидные залежи приурочены к жезказганской толще терригенных пород, представленной чередованием серых средне- и крупнозернистых песчаников, гравелитов и конгломератов с красноцветными тонкозернистыми песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Возраст толщи C_2-C_3. Породы жезказганской толщи перекрыты глинистыми отложениями жиделисайской свиты пермского возраста. Месторождение приурочено к замковой части Жаман-Айбатской антиклинальной структуры, имеющей близкое к широтному простирание и вытянутой почти на 50 км. Углы падения пород в сводовой части составляют 30–40°, на крыльях не превышают 10°.

В структурном отношении месторождение контролируется пересечением тектонических нарушений северо-западного и северо-восточного направлений: зона Бекейского разлома ограничивает месторождение с востока, отделяя Шу-Илийский антиклинорий от Жезказган-Сарысуйской впадины; вдоль северной границы месторождения проходит Азатская флексурная зона северо-восточного простирания, параллельно которой прослеживается Казыбекский разлом, име-

[1]Казахстан, 050010, Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а, Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева.

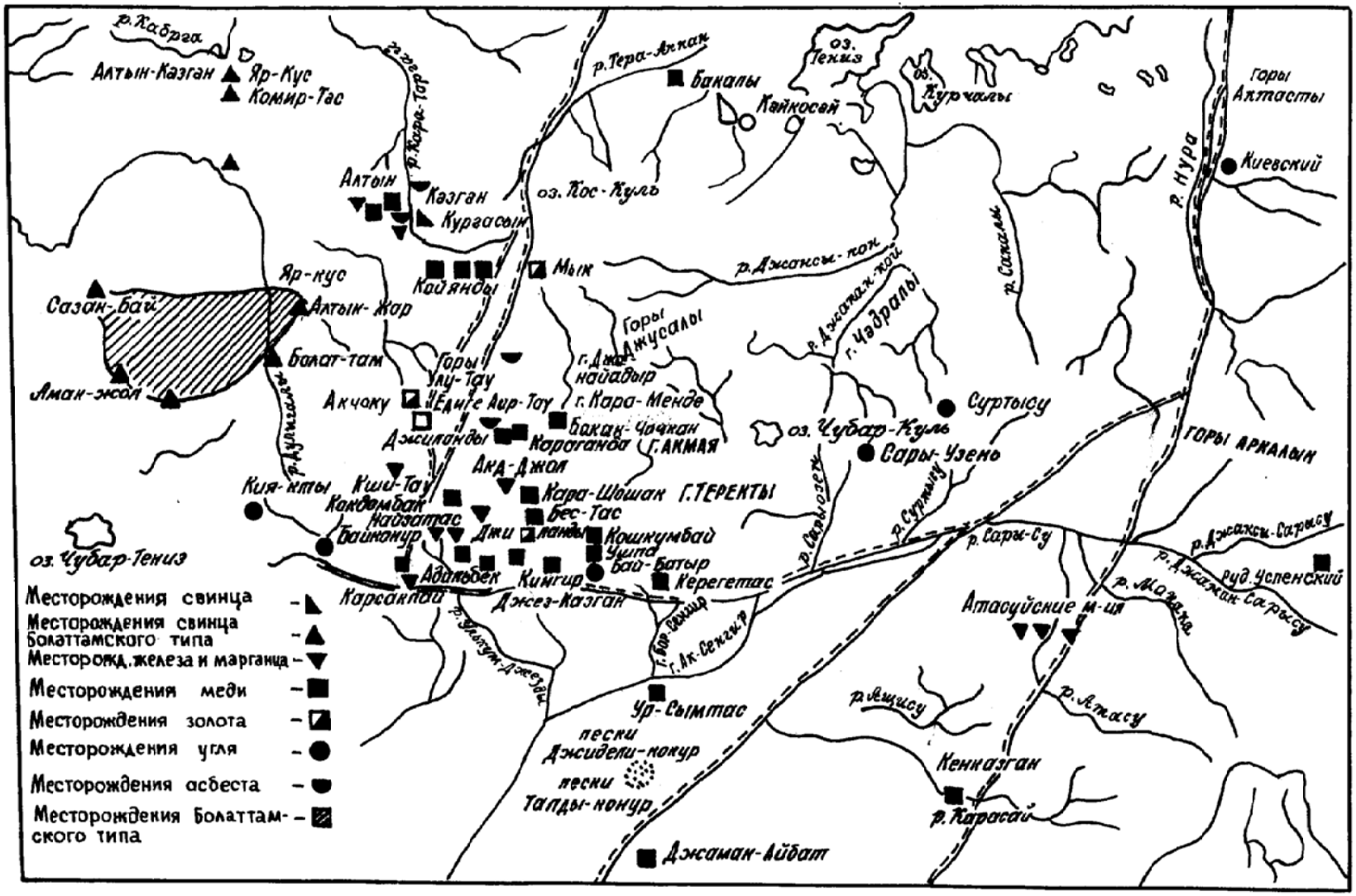

Рис. 1. Карта полезных ископаемых Жезказган-Улытауского района. Составлена К. И. Сатпаевым, 1932 г. [3, 4]

ющий сбросо-сдвиговый характер (северный блок приподнят и сдвинут в юго-западном направлении). Сводовая часть Жаман-Айбатского поднятия представляет собой узкую линейную складку со слабым погружением в западном направлении, осложненную структурами 2-го порядка.

Рудные тела, как и в Жезказгане, являются участками оруденелых средне- и крупнозернистых песчаников, конгломератов и гравелитов. Для месторождения характерны значительные глубины залегания руд (от 480 до 700 м), их пологое падение (в основном до 20°), относительно небольшая мощность (от 1 до 18 м, в среднем 4,2 м). Главные рудообразующие минералы – сульфиды меди и свинца (халькозин, борнит, халькопирит, галенит). Вертикальный размах оруденения около 200 м. Оруденение приурочено к наиболее грубозернистым породам жезказганской толщи. Богатые руды концентрируются в залежи 4-1.

Особенности распределения рудной минерализации в плане и разрезе месторождения установлены в результате изучения керна разведочных буровых скважин. Обнаруживается, что на площади месторождения рудная минерализация распределена неравномерно, отчетливо концентрируясь в виде самостоятельных залежей, названия которых соответствуют принятым на месторождении названиям участков (рис. 2): в западной части месторождения располагается Западная залежь; на севере – Северная, восточнее Западной находится Центральная залежь; на крайнем востоке – Восточная. Каждая из названных залежей характеризуется различной степенью концентрации полезных компонентов и своеобразным набором рудообразующих минералов.

Западная залежь располагается в западной части месторождения, в плане имеет изометричную форму, площадь – около 3 км^2. В залежи сосредоточены наиболее богатые и мощные участки руд. Основная часть залежи представлена пластообразным рудным телом, находящимся на глубине 640–660 м и имеющим среднюю мощность 2–6 м. Однако в центре отчетливо выделяется участок площадью 500x500 м, вскрытый скв. 179, 389, Ю-34, в котором сосредоточены исключительно богатые и мощные руды. Рудные тела достигают здесь мощности 16–20 м. Содержания полезных компонентов нередко составляют 5–10%, достигая 17–20%. По периферии участка ультрабогатых руд располагаются более бедные руды мощностью 2–6 м. Необычной чертой участка богатых руд Западной залежи является их минеральный состав: в то время как главными рудообразующими минералами месторождения Жаман-Айбат являются сульфиды меди, на Западном участке резко преобладает сульфид свинца – галенит. Медные руды залежи сложены халькозином, борнитом и халькопиритом при резком преобладании борнит-халькозиновых руд. Таким образом, главными рудообразующими минералами залежи являются галенит, халькозин и борнит.

Северная залежь располагается в северо-западной части месторождения, прослеживаясь в виде полосы шириной 250–300 м, вытянутой с юго-востока на северо-запад на расстояние около 2 км. Особенностью залежи является резкое преобладание халькозина в составе руд. Средняя мощность руд в Северной залежи составляет 2–5 м, однако скв. 512 пересечено рудное тело мощностью 15 м, сложенное богатыми халькозиновыми, халькозин-борнитовыми и в небольшой степени галенит-халькозиновыми рудами. Содержания меди в богатых рудах залежи достигают 5–8%. В отдельных участках халькозиновых руд отмечается присутствие серебра.

Центральная залежь находится к востоку от Западной, занимая центральную часть месторождения. В плане залежь напоминает Западную – она также изометрична, близка по площади (около 3,5 км^2), однако резко отличается от Западной залежи составом руд: главными рудообразующими минералами здесь являются халькозин и борнит, в резко подчиненном количестве присутствует халькопирит, приуроченный к северному флангу залежи; свинцовая минерализация почти отсутствует, в весьма незначительном количестве встречаясь лишь на западном фланге. В залежи совершенно отсутствуют участки ультрабогатых руд повышенной мощности. Мощность рудных тел составляет обычно 2–4 м, редко достигая 8 м. Максимальные содержания меди – 5–7%.

Минеральная зональность залежи проявляется в концентрации халькозиновых руд в центральной части и смене их к периферии халькозин-борнитовыми, борнитовыми и халькопиритовыми рудами. К специфическим особенностям севе-

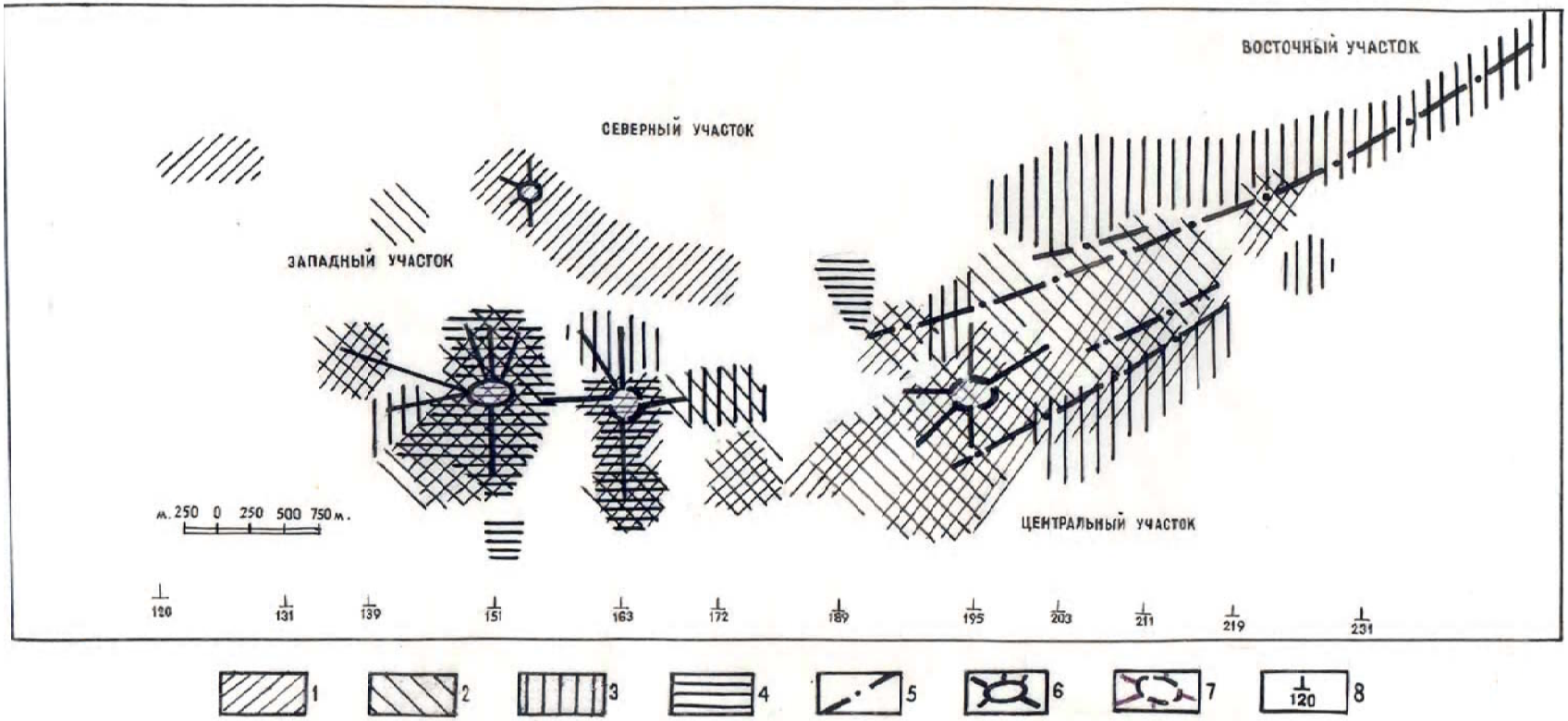

Рис. 2. План минеральной зональности залежей месторождения Жаман-Айбат.
1–4 – главные рудообразующие минералы: 1 – халькозин, 2 – борнит, 3 – халькопирит, 4 – галенит;
5 – разрывные нарушения линейного типа, 6 – очаговые структуры, 7 – предполагаемые очаговые структуры, 8 – разведочные профили

ро-восточной части залежи следует отнести повышение роли халькопиритовой и пиритовой минерализации.

Восточная залежь представлена в нашем материале единичными скважинами, расположенными в крайней северо-восточной части месторождения. Скважины вскрыли богатое халькопиритовое и халькозин-борнитовое оруденение. Мощность рудных тел колеблется от 2–5 м, содержание меди достигает 4–7%. Для Восточной залежи характерно уменьшение глубин залегания оруденения в восточном направлении от 530 м в скв. 398 до 405–436 м в скв. 480.

Суммируя сведения об отдельных залежах месторождения Жаман-Айбат, приходим к следующим представлениям. Зона рудной минерализации прослеживается в виде полосы шириной 1200–1500 м, вытянутой в З-ЮЗ направлении, переходящем в западной части месторождения в субширотное.

Главные залежи месторождения приурочены именно к этой полосе, прослеживаясь по простиранию на 12 км.

Рудные залежи месторождения имеют форму пластообразных тел мощностью 3–6 м, находящихся на глубине 600–650 м. Однако на фоне этой монотонной картины выделяются компактные участки, отличающиеся резким возрастанием мощности рудной зоны до 15–20 м и концентрацией богатых и ультрабогатых руд, где содержание металлов (меди, свинца) достигает 17–20%. Особенностью участков богатых руд является нередкое своеобразие их минерального состава: на фоне преобладающей халькозин-борнитовой минерализации появляются участки, резко обогащенные галенитом (Западная залежь) либо мономинеральным халькозином (Северная залежь). Иногда встречаются участки залежей, имеющие многоярусное строение.

Для месторождения характерна минералогическая зональность, проявляющаяся в смене с востока на запад халькопиритовой минерализации на халькозин-борнитовую, борнит-галенитовую и галенитовую. Таким образом, для Восточной залежи преобладающими являются халькопиритовые руды, для Центральной – халькозин-борнитовые, для Западной – халькозин-борнитовые и галенитовые. Особняком стоит небольшая Северная залежь, где резко преобладает халькозиновая минерализация.

В целях выявления характера взаимодействия оруденения с вмещающими породами автором было просмотрено более 100 прозрачных шлифов, характеризующих различные типы руд и безрудных пород месторождения. Под микроскопом выявляется, что в безрудной породе зерна песчаника слабо окатаны, плотно прилегают друг к другу (рис. 3, *а*). В бедных рудах сульфиды образуют редкие изолированные включения, приуроченные к стыкам обломочных зерен. При более значительном оруденении происходят начальная коррозия зерен, замещение их с периферии рудными минералами (рис. 3, *б*). Богатое оруденение сопровождается преобразованием песчаника: рудные минералы интенсивно корродируют и замещают зерна песчаника (рис. 4, *в*). Происходят отторжение и замещение регенерационных каемок, избирательное замещение песчинок. Как и в Жезказгане, активно замещаются сульфидами зерна плагиоклаза, обломки лав и туфогенных пород. В богатых рудах сульфиды составляют основную массу, образуя сплошные поля, включающие реликты изолированных друг от друга замещенных сульфидами зерен песчаника (см. рис. 3, *г*). От многих песчинок сохраняются лишь теневые контуры, обозначающие границы ранее существовавшего обломка.

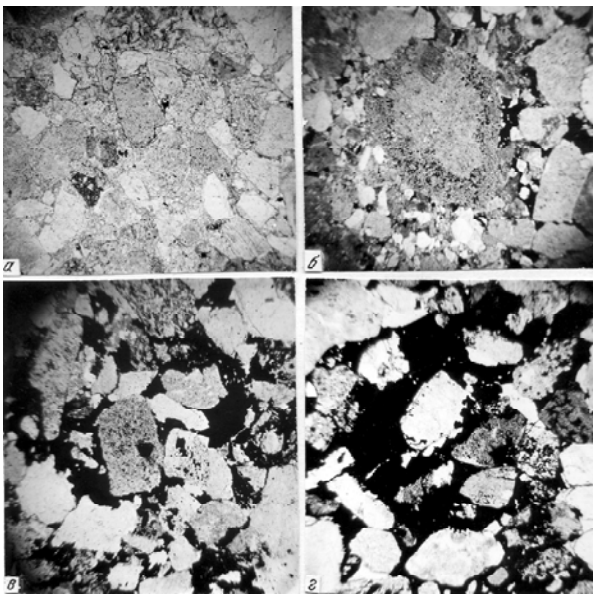

Рис. 3. Изменение песчаников под воздействием сульфидной минерализации, прозрачные шлифы, ник.-, черное – сульфиды: *а* – безрудный сероцветный песчаник; б – начальная стадия замещения песчаника сульфидами; *в, г* – богато оруденелый песчаник. Ув. 50

Разнообразные коррозионные микротекстуры отчетливо обнаруживаются в полированных

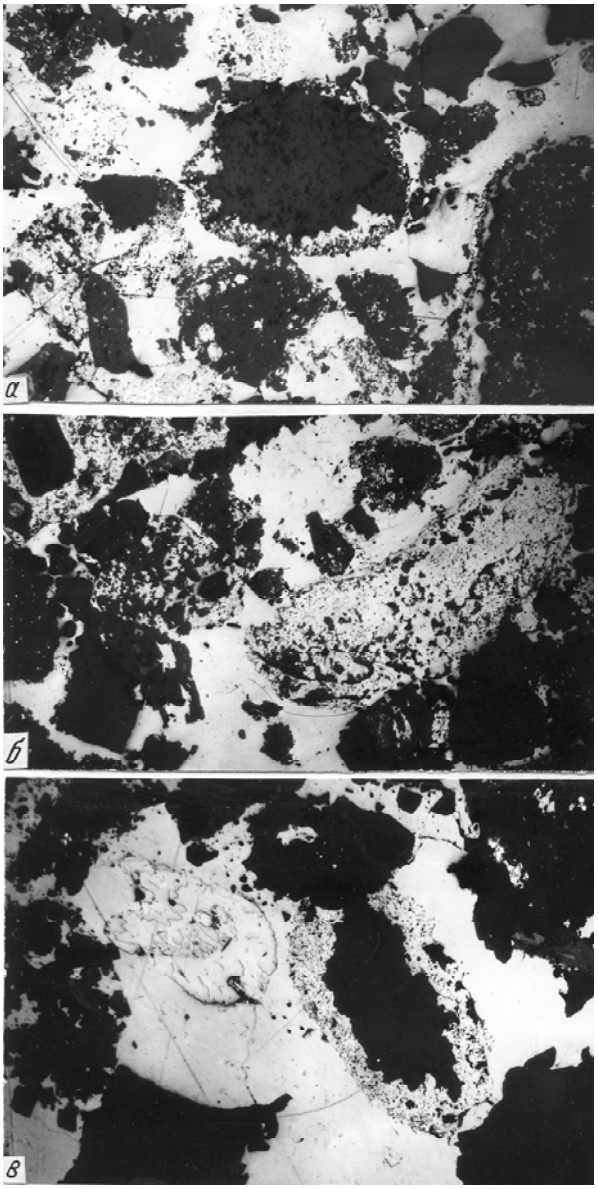

Рис. 4. Богатое сульфидное оруденение в песчанике; полированные шлифы, белое – сульфиды: *а* – оранжевый борнит цементирует разъеденные зерна песчаника, *б* – богатая галенит-борнитовая руда, *в* – галенитовое оруденение в песчанике. Ув. 50 (*а, б*) и 100 (*б*)

рудных шлифах. При этом степень преобразования песчаников прямо пропорциональна степени оруденения: слабо оруденелые песчаники сохраняют первичные микротекстурные особенности, свойственные безрудной породе, песчаники с богатым оруденением меняют свой облик.

Все многообразие текстур руд объединено в два основных текстурных типа: 1) массивные (сплошные) и 2) вкрапленные.

Массивные наблюдаются в керне буровых

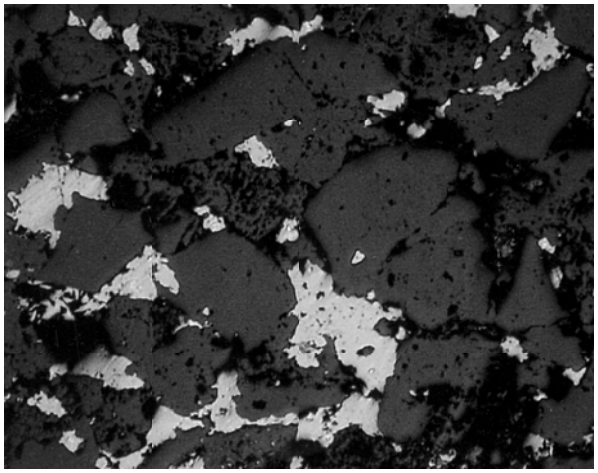

Рис. 5. Бедное борнитовое оруденение в песчанике, полированный шлиф. Ув. 120

скважин в виде нацело оруденелых песчаников, где разрозненные корродированные реликты терригенных компонентов погружены в сплошную сульфидную массу (см. рис. 4). Для массивных руд характерны резкие границы между участками, сложенными различными мономинеральными сульфидными массами: в образцах рудного керна из соседних интервалов наблюдается скачкообразная смена полей, сложенных сплошными сульфидами различного состава.

Вкрапленные руды представлены изолированными обособлениями сульфидов, располагающихся в промежутках между зернами песчаника, замещающих цемент и отдельные песчинки (рис. 5).

Наряду с массивными и вкрапленными встречаются прожилковые, прожилково-вкрапленные

Таблица 1. **Рудообразующие минералы месторождения Жаман-Айбат**

Подразделение	Название минералов
Главные рудообразующие минералы	Минералы группы халькозина: халькозин, дигенит Минералы группы борнита: тетрагональный борнит стехиометрического состава, железистый (оранжевый) борнит, медистый (розовый) борнит, дигенито-борнит Халькопирит Галенит
Второстепенные минералы	Сфалерит, пирит
Редкие минералы	Блеклая руда (Zn-теннантит), самородная медь, самородное серебро, штромейерит, марказит, кобальтин, никельсодержащий скуттерудит, домейкит

и струйчатые текстуры руд.

Минералогия руд. Месторождение Жаман-Айбат по набору рудообразующих минералов является близким аналогом месторождения Жезказган (табл. 1).

В то же время обнаруживается определенное своеобразие минералогии руд, выражающееся в: 1) степени распространенности тех или иных минералов и 2) особенностях состава и свойств отдельных разновидностей. Прежде всего, это касается сульфидов меди, т.е. главных рудообразующих минералов, в число которых в Жаман-Айбате входят лишь представители наиболее обогащенных медью и обедненных железом минералов (халькозин, дигенит, борнит). Иными словами халькопирит, широко развитый в рудах Жезказгана, в Жаман-Айбате является второстепенным минералом. Вторая своеобразная особенность месторождения – значительное присутствие чрезвычайно богатых свинцовых руд, образующих мощные рудные тела в Западной залежи. Не останавливаясь на детальной характеристике отдельных минералов, укажем лишь некоторые из особенностей их состава и проявлений.

Халькозин – Cu_2S – один из распространенных минералов месторождения. Особенно широко представлен в рудах Северной залежи. Проявляется в виде мелкой (0,01–0,2 мм) вкрапленности в песчанике, приуроченной к границам зерен, в виде секущих прожилков, а также сплошных мономинеральных масс, заполняющих значительную часть объема породы. Состав минерала, определенный методом электронного микрозондирования (аналитики П. Е. Котельников, В. Л. Левин), отличается некоторым обеднением медью и обогащением серой (табл. 2).

Таблица 2. **Состав халькозина, вес.%**

Место взятия пробы	Cu	S	Σ
Теоретический состав	79,83	20,17	
Скв. 353, гл. 593м. Центр. залежь	76,79	23,21	100,00
Скв. 500,гл. 635,8 м. Центр. зал.	75,55	23,76	99,32
Скв. 499,гл.631,6 м. Центр. зал.	76,15	23,85	100,00

Дигенит – $Cu_{1,8}S(Cu_9S_5)$ – широко распространен в рудах Жаман-Айбата, что отличает их от руд Жезказгана. Наблюдается в виде мономинеральных включений, а также срастаний с галенитом и оранжевым борнитом. Размеры зерен дигенита изменяются от 0,01 до 0,1–0,5 мм. Характерной чертой месторождения является преобладание дигенита над халькозином. Привлекает внимание разнообразие окрасок дигенита, цвет которого изменяется от голубого до серовато-синего. Минерал изотропен. Диагностика дигенита подтверждена рентгенометрически. Состав идентичен стехиометрическому, вес.%: Cu – 78,06; S – 21,16; Fe – до 1.

Борнит – Cu_5FeS_4 – распространенный минерал. Как и в Жезказгане, наблюдается несколько разновидностей борнита: 1) «обычный» тетрагональный борнит, стехиометрического состава; 2) оранжевый борнит – разновидность, обогащенная железом; 3) розовый борнит – разновидность, обогащенная медью.

Тетрагональный борнит широко представлен в рудах, образуя включения между зернами песчаника, либо – сплошные массы, занимающие большую часть объема породы. Минерал имеет оранжевато-розовый до коричнево-розового цвет, структуру тетрагональной модификации с параметром *a* ячейки, равным 10,952 Е. Свойства борнита – отражение, твердость соответствуют свойствам эталонов этого минерала, приводимым в справочной литературе.

Оранжевый борнит – разновидность, обладающая желтовато-оранжевым цветом, наблюдается в виде как изолированных мелких включений, так и в массивных мономинеральных руд.

Розовый борнит отмечается исключительно в борнит-халькозиновых рудах, либо образуя мирмекитовые срастания с борнитом, свидетельствующие об одновременном образовании минералов, либо проявляя отчетливые признаки замещения более раннего халькозина.

Состав разновидностей борнита, определенный методом электронного микрозондирования, представлен в табл. 3.

Как следует из результатов анализов, состав основной массы борнита соответствует стехиометрическому.

Оранжевые разновидности минерала отличаются постоянным, хотя и незначительным дефицитом меди, содержания которой составляют обычно 60–61%, уменьшаясь в отдельных образцах до 59–56%. Одновременно со снижением содержаний меди наблюдается некоторое увеличение содержаний железа и серы. Детальные исследования оранжевых борнитов из руд Жезказ-

Таблица 3. **Состав разновидностей борнита, вес.%**

Место взятия пробы	Cu	Fe	S	Σ
Теоретический состав	63,33	11,12	25,55	100,00
Борнит тетрагональный				
Скв. Ю-34., гл. 614,9 м.	63,59	11,08	25,77	100,45
Западная залежь	63,09	10,97	25.14	99,19
Борнит оранжевый	59,05	12,32	28,63	100,00
Скв. Ю-41, гл. 636 м. Зап. залежь	60,70	12,22	27,08	100,00
Скв. 130, гл. 607 м. Сев залежь	60,49	11,27	26,18	97,94
То же	61,63	11,53	26,79	99,95
Скв. 179, гл. 636,7 м	60,09	11,53	28,87	100,40
То же	60,25	11,55	28,86	100,66
» »	59,74	11,11	29,03	99,89
» »	60,58	11,79	27,64	100,00
Скв. 179, гл. 641 м. Зап. залежь	60,47	11,15	28,39	100,00
Скв. 353, гл. 593 м. Центр. зал.	60,40	11,25	28,35	100,00
То же	56,36	13,95	26,69	100,00
Борнит розовый				
Скв. Ю-34, гл. 615 м.	63,45	10,63	25,28	99,36
Западная залежь	63,95	10,81	25,24	99,99
Борнит сиренево-розовый	67,26	6,31	26,35	100,00
Скв. 398, гл. 526 м. Вост. залежь	67,70	6,10	26,19	100,00
Скв. 257, гл. 603 м. Центр. залежь.	67,32	6,63	24,57	98,52

гана [6] обнаружили присущие им признаки метастабильных твердых растворов халькопирита с борнитом (уменьшение параметра элементарной ячейки, повышенную твердость), что позволяет нам расшифровать природу оранжевых борнитов Жаман-Айбата аналогичным образом.

Розовые борниты по сравнению с оранжевыми обнаруживают увеличение содержаний меди с одновременным уменьшением содержаний железа и серы. Постоянная ассоциация розового борнита с халькозином свидетельствует о формировании данной разновидности в условиях избытка меди.

Весьма интересна промежуточная разновидность между борнитом и дигенитом, названная нами «сиренево-розовым борнитом», появляющаяся в участках руд, содержащих значительные количества дигенита. Подобные минеральные образования были встречены нами ранее в Жезказгане, где были названы «борнит-дигенитом». К сожалению, малые размеры не позволили применить рентгенофазовый анализ для их диагностики. В целом борниты Жаман-Айбата весьма близки борнитам Жезказгана, обнаруживая аналогичные особенности состава и свойств.

Халькопирит – $CuFeS_2$ – наименее распространенный минерал из всех сульфидов меди. Встречается на флангах залежей, наблюдаясь обычно в виде мелких обособлений, заключенных между зернами песчаника, либо в виде тонких секущих прожилков. Реже встречаются богатые руды халькопирита, образующие сплошные поля, цементирующие разрозненные корродированные зерна песчаника. Состав жаманайбатского халькопирита отличается от стехиометрического некоторым дефицитом меди (31,47–32,78%) при одновременном избытке серы (37–38%). Рентгенометрические исследования подтвердили принадлежность минерала тетрагональной разновидности с параметрами ячейки a = = 5,281Е; с = 10,417 Е.

Галенит – PbS – один из главных рудообразующих минералов месторождения. Основные концентрации галенита сосредоточены в Западной залежи, где буровыми работами обнаружены чрезвычайно мощные и богатые галенитовые руды. Минерал наблюдается либо в виде вкрапленности в песчанике, либо в виде сплошных масс, цементирующих разрозненные корродированные зерна песчаника. Характер взаимоотношений галенита с сульфидами меди свидетельствует о существовании двух этапов образования минерала: 1) ранний галенит (галенит^1) образован до отложения медных руд; 2) поздний галенит (галенит^2) появился в рудах после отложения сульфидов меди. Ранний галенит наблюдается в виде вкрапленности в песчанике и сплошных масс, обнаруживающих признаки замещения

сульфидами меди. Характерно широко распространенное присутствие зерен песчаника, полностью замещенных галенитом и вцементированных в поля сульфидов меди. Подобные картины постоянно наблюдались нами в рудах Жезказгана, что послужило основанием для заключения о раннем возрасте галенита сравнительно с сульфидами меди. В то же время в рудах Жаман-Айбата встречаются проявления позднего галенита, образующего прожилки, пересекающие и замещающие сульфиды меди. Состав галенита из руд Жаман-Айбата соответствует стехиометрическому, рентгенометрически определенный параметр ячейки a=5,93 ±0,02 Е.

Сфалерит – ZnS – занимает незначительное место в составе руд месторождения. Встречается в виде мелких (0,0–0,2 редко до 0,2 мм) изолированных включений в ассоциации с галенитом, борнитом, халькопиритом. Чаще всего, цинковая минерализация приурочена к северным и южным флангам Центральной и Западной залежей. Проявляет себя как наиболее поздний минерал, замещая включения галенита и борнита. Сфалериты Жаман-Айбата, как и сфалериты Жезказгана, практически лишены железа, т.е. относятся к клейофану. Постоянна примесь кадмия, причем содержания этого элемента, обычно составляющие 2–4% и достигающие местами 6%, значительно выше, чем в жезказганских сфалеритах, содержащих не более 1,5% кадмия.

Пирит – FeS_2 – в незначительных количествах почти постоянно присутствует в рудах Жаман-Айбата. Чаще всего наблюдается в виде мелких изолированных зерен, рассеянных в песчанике, а также более крупных включений и кристаллических агрегатов диаметром 0,5–1 см. В крупных образованиях пирита обычно наблюдаются картины, демонстрирующие агрессивность этого минерала в отношении вмещающих

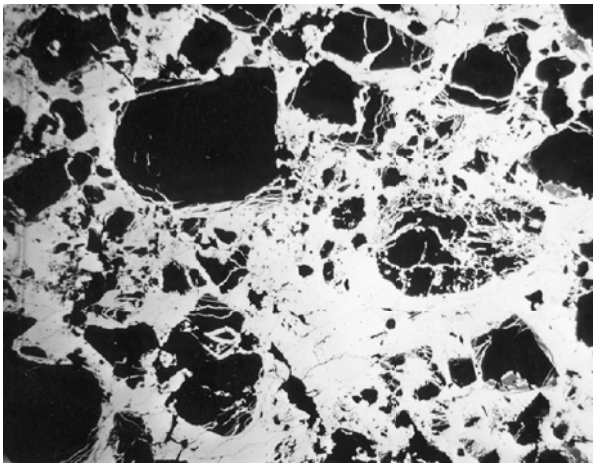

Рис. 6. Пирит (белое) замещает песчаник, разрушая зерна терригенного материала. Ув. 50

пород: масса пирита постоянно насыщена разрозненными, раздробленными реликтами песчаника (рис. 6). Пирит ведет себя в рудах как наиболее ранний минерал, насыщенный секущими прожилками более поздних сульфидов – борнита, халькопирита, галенита.

Блеклая руда – теннантит $Cu_{12}As_4S_{13}$ – редкий минерал в рудах Жаман-Айбата. Встречается в виде изолированных изометричных зерен размером 0,1–0,3 мм, нередко содержащих включения халькозина и борнита, блеклая руда – один из поздних минералов.

Как следует из результатов микрозондовых исследований (табл. 4), блеклая руда из Жаман-Айбата по составу аналогична таковой Жезказгана, являясь мышьяковистой разновидностью этого минерала, обогащенной цинком, т.е., как и в Жезказгане, ее следует назвать цинк-теннантитом. Лишь один образец (скв. 130, гл. 607 м) обнаружил значительную (до 7,7%) примесь сурьмы.

Самородная медь – Cu – встречена на за-

Таблица 4. **Состав блеклой руды (вес.%)**

Место взятия пробы	Cu	As	S	Zn	Fe	Sb	Σ
Теоретич. состав	51,57	20,26	28,17				100,00
Скв. Ю-41, гл. 640 м							
Зап.зал.	43,64	20,36	28,52	6,24	1,73	-	100,49
	43,64	20,68	28,44	6,25	1,64	-	100,65
	43,00	20,68	27,86	6,05	1,80	-	99,39
	43,43	20,57	28,27	6,18	1,73	-	100,18
	42,23	19,41	28,25	6,59	1,83	-	98,31
Скв. 130, гл.607 м. Сев.зал.	40,39	15,11	28,57	5,48	2,10	7,70	99,36

падной границе Центрального участка в скв. 261 и 500. Образует многочисленные обособления, местами сливающиеся в сплошные массы, цементирующие обломки песчаника.

Самородная медь из Жаман-Айбата постоянно содержит примесь мышьяка, количество которого изменяются от 1,2–3,5 до 5,5%. Обогащенная мышьяком медь может быть названа «мышьяковистой медью».

Самородное серебро – Ag – встречается в дигенитовых и борнит-дигенитовых рудах месторождения. Образует тончайшие прожилки и неправильной формы зерна, местами вытянутые в цепочки. Размер включений – 0,01–0,05 мм, длина прожилков достигает 0,07 мм. Исследование состава включений обнаружило высокую пробность самородного серебра, вес.%: Ag 98,90–99,88; Cu 0,56–0,99.

Штромейерит – AgCuS – обнаружен в керне скв. Ю-69 на глубине 645,5 м. Минерал находится в срастании с самородным серебром в виде мельчайших остатков от замещения, окруженных серебром. Состав минерала приводится в табл. 5.

Таблица 5. **Состав штромейерита, вес.%**

Место взятия пробы	Ag	Cu	S	Σ
Теоретич. состав (Ag Cu S)	53,05	31,19	15,76	100,00
Скв. Ю-69, гл. 645,5 м. Сев. зал.	49,64	34,57	14,62	98,80

Марказит – FeS_2 – встречен в керне скв. Ю-41 на глубине 636,2 м, где образует богатые скопления отдельных кристаллов и их сростков размером 0,05-0,1 мм. Для марказита характерны копьевидные и ромбовидные сечения. Минерал резко анизотропен.

Кобальтин CoAsS обнаружен в скв. 380 (Западная залежь) на глубине 619,1 м. Наблюдается в виде мелких (0,01–0,02 мм) ярких белых включений в массе сульфидов меди. Состав минерала приведен в табл. 6.

Как видим, кобальтин из руд Жаман-Айбата постоянно содержит 7,5–8% никеля, что позволяет называть минерал никелистым кобальтином. Напомним, что аналогичный состав кобальтина характерен и для руд Анненского участка Жезказганского месторождения [8, с. 62].

Никельсодержащий скуттерудит – $(Co, Ni)As_3$ – встречен в керне скважины 499 (Центральная залежь) на глубине 631,3 м. Образует мелкие (0,01–0,02 мм) изотропные включения белого цвета, обладающие высоким отражением. Состав минерала отличается высоким содержанием никеля, вес.%: Co – 14,32; Ni – 11,56; As – 70,42.

Домейкит (альгодонит?) – Cu_3As – встречен в скв. 500 (глубина 635,8м) и 261 (глубина 627,2 м). В отраженном свете наблюдается в виде мелких включений белого цвета диаметром не более 0,01–0,02 мм. Состав включений приведен в табл. 7.

Неизвестный минерал, условно названный *медисто-мышьяковистым пиритом,* встречен в скв. 486 на глубине 628,3 м в виде тонкого прожилка кремово-белого цвета, пересекающего крупное включение блеклой руды. Состав минерала приведен в табл. 8.

Как следует из результатов анализа, мине-

Таблица 6. **Состав кобальтина, вес.%**

Место взятия пробы	Co	Ni	As	S	Cu	Fe	Σ
Теоретич. состав	35,41	-	45,26	19,33			100%
Скв. 380, гл. 619,1 м. Зап.зал.	23,95	8,059	40,895	19,437	5,983	1,481	99,807
	25,196	7,362	41,753	19,199	5,080	0,978	99,568
	24,700	7,648	41,872	19,156	4,873	1,123	99,373

Таблица 7. **Состав домейкита (вес.%)**

Место взятия пробы	Cu	As	S	Σ
Теоретический состав	71,79	28,21	-	100,00
Скв. 500, глуб. 635,8 м. Центр. зал.	66,58	30,43	0,28	97,29
	66,65	29,41	0,50	96,56
Скв. 261, глуб. 627,2 м. Центр. зал.	70,78	26,90	0,28	97,95

Таблица 8. **Состав медисто-мышьяковистого пирита, вес.%**

Место взятия пробы	Fe	S	Cu	As	Σ
Теоретич. состав пирита, FeS_2	46,55	53,45			100,00
Скв. 486. Гл. 628,3 м. Западная залежь	35,24	49,10	10,63	4,51	99,48

рал по составу близок пириту, обогащенному медью и мышьяком. Чрезвычайно малые размеры минерального прожилка не позволяют осуществить более детальных исследований.

В итоге изучения обнаружены следующие основные черты минералогического строения месторождения Жаман-Айбат.

Месторождение Жаман-Айбат обладает чрезвычайно высокой степенью сходства с Жезказганом: пластообразные рудные залежи приурочены к слоям наиболее грубозернистых пород, входящих в состав жезказганской толщи, представляя собой участки оруденелых гравелитов, конгломератов и крупнозернистых песчаников.

Рудообразующие минералы Жаман-Айбата в главных чертах аналогичны Жезказгану: это сульфиды меди (халькозин, дигенит, борнит, халькопирит), свинца (галенит) и цинка (сфалерит). Близок набор редких минералов, однообразен состав элементов-примесей, главными из которых являются серебро и рений.

По текстурным признакам руды Жаман-Айбата, как и Жезказгана, четко делятся на две группы: вкрапленные и массивные. Сульфиды *вкрапленных руд* наблюдаются в виде мелких (0,01–0,1, реже до 1–1,5 мм) включений в песчанике, располагаясь в промежутках между корродированными зернами терригенного материала. *Массивные руды* представляют собой обширные поля сплошных сульфидов, в массе которых рассеяны отторгнутые друг от друга зерна вмещающих пород, подвергшиеся в процессе оруденения механическим деформациям и коррозии. Таким образом, рудные минералы агрессивны в отношении вмещающих пород, обнаруживая признаки наложенного, эпигенетического происхождения.

Отдельные участки месторождения, выделенные в самостоятельные залежи, отличаются друг от друга как по особенностям минерального состава руд, так и по характеру их залегания:

1. Главной залежью месторождения является Западная, где обнаружены участки исключительно богатых свинцово-медных массивных руд (до 15–20% металла) мощностью до 17–20 м.

2. Вторая по богатству руд – Северная залежь невелика по размерам, однако ее руды имеют значительную мощность (до 15–17 м) и высокие содержания меди (15–17%). Руды сложены преимущественно халькозином и халькозин-борнитовыми срастаниями.

3. Центральная залежь, характеризуясь довольно обширной площадью, отличается незначительной мощностью рудных тел (2–4 м, редко до 6 м), умеренными содержаниями металла и преимущественно борнитовым и халькозин-борнитовым составом руд. Галенит появляется лишь на западной окраине залежи, халькопирит – на северных и южных флангах.

4. Восточная залежь представляет собой линейную зону северо-восточного направления, преимущественно халькопиритового состава.

В соответствии с особенностями минерального состава залежей находятся и присущие им *минеральные типы руд:* для Западной залежи характерны проявления свинцовых, свинцово-медных и медных руд (галенитовые, галенит-борнитовые, борнитовые, галенит-борнит-халькозиновые и т.д.); Северной залежи присущи халькозиновые и халькозин-борнитовые руды; Центральной – разнообразные сочетания сульфидов меди (халькозина, борнита, халькопирита); Восточной – преимущественно руды халькопиритового, реже халькозин-борнитового составов.

Наряду с высокой степенью сходства руд Жаман-Айбата и Жезказгана выявляются черты своеобразия месторождения как по набору рудообразующих минералов и их распространенности, так и по особенностям состава отдельных минеральных разновидностей.

Главными рудообразующими минералами Жаман-Айбата являются наиболее обогащенные медью сульфиды (халькозин, дигенит, борнит) и галенит. Привлекает внимание более широкое по сравнению с Жезказганом распространение в рудах дигенита (кубической высокотемпературной модификации минерала группы халькозина). Напротив, халькопирит, широко развитый в Жезказгане, является в Жаман-Айбате подчиненным минералом. Характерно обилие галенита, образующего чрезвычайно богатые мономинеральные руды в Западной залежи месторождения, где

галенит является наиболее поздним минералом. Таким образом, месторождение по составу руд является свинцово-медным. Основное его богатство составляют халькозин-борнитовые и галенит-халькозин-борнитовые руды.

Разнообразны редкие минералы, среди которых наблюдаются блеклая руда (Zn-теннантит), самородные металлы (медь, серебро), арсениды меди (домейкит), сульфоарсениды и арсениды никель-кобальтового состава. В целом редкие минералы свидетельствуют об обогащенности руд мышьяком (теннантит, мышьяковистая медь, домейкит, скуттерудит) и никелем (до 7–8% никеля в кобальтине и 8–11% в никель-скуттерудите). Присутствие никель-кобальтовых минералов, свойственным рудам Жезказгана и месторождений Жиландинской группы [9], подчеркивает генетическую близость Жаман-Айбата и названных месторождений.

Особенности минерального состава, выражающиеся в доминирующей роли халькозин-борнит-галенитовых руд и подчиненной халькопиритовых и сфалеритовых, позволяют высказать предположения *о возможной роли серебра и рения* – этих промышленноважных элементов-примесей, извлекаемых при переработке руд Жезказгана. Детальными исследованиями, выполненными автором на участке Анненский [10], установлено, что главные массы серебра приурочены в Жезказгане к халькозиновым и халькозин-борнитовым рудам, рений же, напротив, концентрируется в борнит-халькопиритовых, халькопиритовых и богатых сфалеритовых рудах. Следовательно, *руды Жаман-Айбата перспективны на присутствие серебра и не благоприятны для концентрации рения.* Ввиду того, что жезказганский осмий является радиогенным производным рения, *присутствие существенных концентраций осмия в рудах Жаман-Айбата мало вероятно.*

Одной из особенностей Жезказгана является позднее окварцевание руд – обилие мельчайших метакристаллов кварца, развившихся после отложения основной массы сульфидов, пронизывающих сульфидные минералы. Явления позднего окварцвания в жезказганских рудах было впервые описано автором в связи с изучением поведения рения при обогащении руд [5, 6]. Было обнаружено, что поздний кварц играет в Жезказгане двоякую роль: с одной стороны, он захватывает включения рениевого минерала джезказганита, являясь одним из виновников существенных потерь рения при обогащении руд, с другой – каркасы сросшихся микрокристалликов позднего кварца, пронизывающие руды, способствуют высокой механической прочности оруденелых песчаников, активно «работая» в пользу техники безопасности.

В Жаман-Айбате позднее окварцевание руд развито в минимальной степени. Метакристаллы кварца единичны. Нет кварцевых каркасов, пронизывающих сульфиды. Это значит, что в процессе подземной добычи руд *следует обращать особое внимание на вопросы безопасности горных работ: крепость жаманайбатских пород может быть существенно ниже жезказганской.*

Выполненные исследования, свидетельствующие об эпигенетическом характере оруденения и эндогенной природе руд, позволяют высказать предположения о существовании на месторождении системы рудоподводящих тектонических нарушений, контролирующих степень оруденения вмещающих пород и морфологию рудных тел (см. рис. 2).

Линейное расположение скважин, вскрывших наиболее богатые руды Центральной и Восточной залежей, может явиться свидетельством того, что оруденение этой части месторождения контролируется системой рудоподводящих субпараллельных *тектонических нарушений линейного типа* северо-восточного простирания.

Совершенно по-иному выглядит оруденение в Западной залежи, где буровыми работами обнаружено существование исключительно богатого «рудного ядра» диаметром около 500 м и мощностью 17–20 м, окруженного радиально расходящимися от него скважинами с богатым оруденением. По нашим представлениям, в Западной залежи мы имеем дело с «*очаговой структурой» – проявлением своеобразного «рудного плюма»,* образовавшего лакколитообразное рудное тело. Аналогичная «очаговая структура» проявляется в Северной залежи.

Богатые руды месторождения, концентрирующиеся в «очаговых» структурах и вдоль линейных рудоносных зон, характеризуются массивными текстурами: рудные минералы в них образуют сплошные поля, несущие включения изолированных, отторгнутых друг от друга, нередко

раздробленных и корродированных зерен песчаника, что является свидетельством вторжения высококонцентрированных рудоносных флюидов.

Представление о существовании «очаговых» структур, содержащих особо богатые мощные рудные тела, *позволяет прогнозировать присутствие на площади месторождения еще не менее двух* подобных структур, расположенных в центральной части Жаманайбатского рудного поля (первая – на разведочном профиле 163, вторая – 195). В обоих случаях признаками возможного их существования служат системы радиально расходящихся зон с богатыми рудными скважинами. Для проверки данного предположения *необходимо осуществить бурение глубоких (700–800 м) скважин* в центральной части каждого из возможных «очагов».

Таковы основные результаты исследований руд Жаман-Айбата, часть из которых имеет непосредственный выход в практику эксплуатационных и поисковых работ.

В заключение обратим внимание на то обстоятельство, что представления об «очаговых структурах», обнаруженных в наиболее богатых залежах Жаман-Айбата, находятся в полном соответствии с фактом приуроченности месторождения к кольцевой структуре, четко проявленной на космическом снимке, сделанном аппаратом «Landsat», и обладающей всеми признаками, присущими мантийно-плюмовым рудоносным структурам [1]. Таким образом, подтверждается актуальность идеи привлечения космоснимков к решению проблем, связанных с поисками крупных сульфидных месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гальперов Г. В., Перцов А. В. и др.* Космоструктурные модели рудных гигантов // Отечеств.геология. 2000. № 8. С. 17.

2. *Сальков С. А., Глыбовский В. А.* Особенности минералогии медистых песчаников Жаман-Айбатской структуры // Петрология и петрохимия магматических пород Казахстана и месторождений, с ними связанных. Алма-Ата, 1987. С. 37-45.

3. *Сатпаев К. И.* Минеральные ресурсы Джезказганского района // Цветные металлы. 1932. № 9. С. 99-108.

4. *Сатпаев К. И.* Джезказганский меднорудный район и его минеральные ресурсы. М.; Л.: Цветметиздат, 1932. 64 с.

5. *Сатпаева М. К.* О метакристаллах кварца из вкрапленных руд Джезказгана // Известия АН КазССР. Сер. геол. 1969. № 1. С. 62-66.

6. *Сатпаева М. К.* Руды Джезказгана и условия их формирования. Алма-Ата: Наука, 1985. 206 с.

7. *Сатпаева М. К.* Условия формирования и минералогические особенности промышленных месторождений медистых песчаников Казахстана: Автореф. дис. …докт. геол.-мин. наук. Алма-Ата, 1987. 32 с.

8. *Сатпаева М. К., Таненов Т. И.* Минералогия руд и зональность залежей Джезказганского месторождения (по материалам рудного района «Анненский»). Алматы: ғылым, 1995. 124 с.

9. *Сатпаева М. К.* Никельсодержащие кобальтовые минералы в рудах Жезказгана и месторождений Жиландинской группы//Геология Казахстана. 1996. № 5. С. 60-67.

10. *Сатпаева М. К.* Серебро и рений в рудах Анненского участка Джезказганского месторождения // Геология Казахстана. 1998. № 3. С. 44-58.