

**С. О. Савельев**

*Санкт-Петербургский государственный университет,  
г. Санкт-Петербург  
serg.savelev@gmail.com*

**Минералогия марганцевых руд месторождения Жомарт,  
Атасуйский район, Центральный Казахстан**  
(научный руководитель Е. Н. Перова)

Месторождение Жомарт находится в Центральном Казахстане, в 60 км к западу от г. Каражал в пределах Атасуйского рудного района. Оно приурочено к Жомартской синклинали, осложняющей юго-западное крыло Жаильминского синклинория.

Участок месторождения сложен породами верхнего девона и нижнего карбона. Продуктивная толща представлена метаморфизованными известняками ( $D_3fm$ ), в кровле залегают мраморизованные известняки серого цвета, в подошве – углистые известняки черного цвета [Каюпова, 1974]. Рудовмещающая толща подразделяется на три пачки: верхняя, мощностью 10–30 м, содержит один марганцеворудный пласт мощностью 1.5–3 м. Нижняя пачка, мощностью 20 м, содержит четыре марганцеворудных пласта общей мощностью 8–10 м. Мощность железорудной пачки между ними 15–20 м. Рудные пласты залегают согласно с вмещающими породами. Протяженность их составляет более 3 км, по падению они разведаны до 200 м. Глубина залегания рудных тел меняется от поверхности до 400 м и более [Справочник..., 2002]. Разведка месторождения проводилась в 1945–1959 гг. под руководством С. К. Кузембаева, К. М. Алексеевского, А. В. Строителова и др. С 2006 г. месторождение эксплуатируется компанией ТОО «Корпорация Казахмыс».

Минералогические исследования марганцевых руд проводились в 1960–1970-х годах М. М. Каюповой [1974]. В настоящее время интересным представляется изучение минералогии марганцевых руд этого месторождения современными методами исследований. Для изучения были отобраны представительные образцы из коллекции кафедры минералогии СПбГУ.

На месторождении выделяются два типа марганцевых руд, различающиеся по минеральному и химическому составу – силикатно-карбонатные (наиболее распространенные) и оксидно-силикатно-карбонатные.

Главным минералом первого типа является браунит, встречающийся в тесной ассоциации с кальцитом при подчиненном количестве кварца. На месторождении развиты как почти мономинеральные агрегаты браунита, где кальцит представлен отдельными небольшими (1–3 мм) скоплениями, так и агрегаты, сложенные преимущественно кальцитом, в которых браунит образует отдельные неравномерно рассеянные выделения.

Более разнообразными по минеральному составу являются оксидно-силикатно-карбонатные руды. Главным минералом в этом типе руд является гаусманит, менее распространен якобит, также присутствуют разнообразные силикаты и карбонаты марганца. По соотношению основных минералов в этом типе руд выделены следующие минеральные агрегаты:

- гаусманитовый, в составе которого, кроме преобладающего гаусманита, встречаются тефроит, пеннантит и кальцийсодержащий родохрозит;

- фриделит-хлорит-тефроит-карбонатный, тесно ассоциирующий с гаусманитовым и образующий в нем два типа выделений: наиболее распространены небольшие (до 1 см) прожилки, но также встречаются тонкие слои и пятна. В подчиненном количестве присутствуют оксиды марганца (преимущественно, якобит) и марганцевые арсенаты. Последние могут слагать отдельные, хорошо видимые обособления желтого цвета;

- родонит-спессартин-кальцитовый, представляющий скопления отдельных, нередко хорошо ограненных мелких (0.4–0.6 мм) зерен граната в общей массе кальцита. Иногда в общей массе агрегата встречаются крупные (0.5–1 см) выделения, сложенные родонитом;

- якобит-кальцитовый, образующий массивные выделения с ярко выраженным вишневым оттенком. В подчиненных количествах присутствуют гематит и тальк.

Список диагностированных минералов марганцевых пород представлен в таблице 1.

Наибольшим химическим разнообразием в изученных породах обладают карбонаты, которые представлены широким изоморфным рядом от кальцита до родохрозита, часто с небольшим содержанием магния. Примесь железа в небольших количествах характерна для карбонатов из якобит-кальцитового агрегата.

Минералы группы хлорита представлены клинохлором и марганцевым клинохлором, в редких случаях в ассоциации с гаусманитом встречается пеннантит. Наименьшее содержание марганца характерно для клинохлора из родонит-спессартин-кальцитового агрегата.

Якобит представлен тремя разновидностями: практически беспримесным, с примесью Zn и повышенным содержанием Fe (Fe-Zn якобит). В собственном агрегате якобит практически целиком представлен Zn- и Fe-Zn разновидностями, в других – якобит практически не содержит примесей.

В составе фриделит-хлорит-тефроит-карбонатного агрегата впервые на месторождении был диагностирован минерал, относящийся к группе гумита. По соотношению основных элементов его кристаллохимическая формула может быть рассчитана как  $Mn_5(SiO_4)_2(OH)_2$ , что отвечает составу полиморфных модификаций – аллеганита (моноклинная сингония) и риббеита (ромбическая сингония) [Кривовичев, 2008]. Из-за трудности выделения мономинеральной фракции, провести точную диагностику рентгеновским методом пока не удалось.

## Минеральный состав марганцевых руд месторождения Жомарт

<p><i>Силикаты и их аналоги</i></p> <p><b>Родонит</b> <math>\text{CaMn}_4(\text{Si}_5\text{O}_{15})</math>            Фаулерит <math>(\text{Ca,Zn})\text{Mn}_4(\text{Si}_5\text{O}_{15})</math>  <b>Спессартин</b> <math>\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3</math>            Андрадит <math>\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3</math>  <b>Фриделит</b> <math>\text{Mn}_8(\text{Si}_6\text{O}_{15})(\text{OH})_{10}</math>            Пиросмалиит <math>(\text{Mn,Fe})_8(\text{Si}_6\text{O}_{15})(\text{OH})_{10}</math>  <b>Тефроит</b> <math>\text{Mn}_2(\text{SiO}_4)</math>            Бустамит <math>\text{Ca}_3\text{Mn}_3(\text{Si}_3\text{O}_9)_2</math>            Пеннантит <math>(\text{Mn,Mg})_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8</math>            Mn-Клинохлор* <math>(\text{Mn,Mg})_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8</math>            Манганофиллит <math>\text{KMn}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2</math>            Стилпномелан <math>\text{KFe}_8(\text{AlSi}_{11}\text{O}_{28})(\text{OH})_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math>            Mn-рихтерит <math>\text{Na}(\text{CaNa})(\text{Mg,Mn})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2</math>            Пенвитит <math>\text{Mn}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math>  <b>Браунит</b> <math>\text{MnMn}_6(\text{SiO}_4)\text{O}_8</math>            Тальк <math>\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2</math>            Аллеганит?* <math>\text{Mn}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2</math>            Пьемонтит* <math>\text{Ca}_2(\text{Al}_2\text{Mn}^{3+})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})</math>            Циркон* <math>\text{Zr}(\text{SiO}_4)</math></p> <p><i>Карбонаты</i></p> <p>Сидерит <math>\text{Fe}(\text{CO}_3)</math>  <b>Родохрозит</b> <math>\text{Mn}(\text{CO}_3)</math>  <b>Кальцит</b> <math>\text{Ca}(\text{CO}_3)</math>  <b>Манганокальцит</b> <math>(\text{Ca,Mn})(\text{CO}_3)</math>            Манганосидерит <math>(\text{Mn,Fe})(\text{CO}_3)</math>            Кутнагорит* <math>\text{CaMn}(\text{CO}_3)_2</math>            Анкерит <math>\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2</math>            Доломит <math>\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2</math></p> <p><i>Сульфаты</i></p> <p>Барит <math>\text{Ba}(\text{SO}_4)</math></p>	<p><i>Оксиды</i></p> <p>Кварц <math>\text{SiO}_2</math>  <b>Гаусманит</b> <math>\text{MnMn}_2\text{O}_4</math>            Пирролюзит <math>\text{MnO}_2</math>            Zn- Якобсит <math>(\text{Zn,Mn})\text{Fe}_2\text{O}_4</math>  <b>Якобсит</b> <math>\text{MnFe}_2\text{O}_4</math>            Пирофанит* <math>\text{MnTiO}_3</math>            Гематит <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>            Мартит <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>            Маггемит <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>            Магнетит <math>\text{FeFe}_2\text{O}_4</math>            Бадделейт* <math>\text{ZrO}_2</math></p> <p><i>Гидроксиды</i></p> <p>Псиломелан <math>\text{Ba}(\text{Mn}_3\text{Mn}_2)\text{O}_{10} \cdot \text{H}_2\text{O}</math>            Вернадит <math>(\text{MnFe})(\text{O,OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math>            Гётит <math>\text{Fe}(\text{OH})</math>            Манганит* <math>\text{MnO}(\text{OH})</math></p> <p><i>Сульфиды</i></p> <p>Халькопирит <math>\text{CuFeS}</math>            Пирит <math>\text{FeS}_2</math>            Сфалерит <math>\text{ZnS}</math>            Галенит <math>\text{PbS}</math></p> <p><i>Арсенаты</i></p> <p>Саркинит <math>\text{Mn}_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})</math>            Флинкит* <math>\text{Mn}_2\text{Mn}(\text{AsO}_4)(\text{OH})_4</math>            TR-арсенат*</p> <p><i>Фосфаты</i></p> <p>Апатит <math>(\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3)(\text{F,Cl,OH})</math></p> <p><i>Ванадаты</i></p> <p>Пиробелонит* <math>\text{PbMn}(\text{VO}_4)(\text{OH})_{16} \cdot 4\text{H}_2\text{O}</math></p>
---	---

Примечание. Таблица составлена по материалам М. М. Каюповой [1974] с добавлением данных автора. \*, минералы, впервые диагностированные автором на месторождении. Жирным выделены главные минералы руд.

Арсенаты представлены саркинитом  $(\text{Mn}_{1,93}\text{Ca}_{0,03})_{1,96}(\text{As}_{1,02}\text{O}_{4,08})(\text{OH})$  и флинкитом  $(\text{Ca}_{0,11}\text{Mn}_{1,89})_{2,00}\text{Mn}_{1,06}(\text{As}_{0,94}\text{O}_{3,96})(\text{OH})_4$ . Наиболее распространен в изученных породах саркинит, он преобладает в фриделит-хлорит-тефроит-карбонатных агрегатах, где слагает зерна (0.5–3 мм) светло-желтого цвета. Флинкит диагностирован на месторождении впервые и чаще всего встречается в тесном сростании с саркинитом. В виде единичных включений был встречен арсенат со значительным (до 25 %) содержанием редкоземельных элементов, однако рассчитать его состав пока не удалось. Химический состав некоторых изученных минералов приведен в таблице 2.

## Химический состав и кристаллохимические коэффициенты минералов марганцевых руд месторождения Жомарт

Минерал	Тефроит	Родонит	Спессаргин	Хлорит		Фриделит		Кальцит	Родохрозит	Мп-кальцит	Пьемонтит	Аллеганит?
Агрегат	I	II	II	II	IV	I	I	II	I	I	III	I
Анализы	1	2	3	4	5	5	6	8	9	10	11	12
SiO <sub>2</sub>	30.30	47.62	37.05	34.77	28.25	38.76	38.88	0.00	0.00	0.00	33.79	24.61
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.00	19.11	19.17	23.17	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	15.05	0.00
FeO <sup>общ</sup>	2.09	0.00	2.30	2.03	2.11	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	0.00
MgO	1.13	1.25	0.00	29.69	12.24	1.88	1.38	0.00	1.36	1.59	0.00	0.00
MnO <sup>общ</sup>	65.50	42.96	31.31	12.53	33.79	55.34	55.63	5.93	51.36	26.08	29.85	71.75
CaO	0.99	8.17	9.75	1.82	0.45	2.42	2.79	50.64	7.81	30.48	18.44	0.00
CO <sub>2</sub> <sup>васч.</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.43	39.47	41.85	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Кристаллохимические коэффициенты												
Si	1.00	5.03	3.00	3.01	2.70	5.97	5.99	0.00	0.00	0.00	2.73	2.02
Ti	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sup>IV</sup>	0.00	0.00	0.00	0.99	1.30	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00
Al <sup>VI</sup>	0.00	0.00	1.82	0.96	1.31	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	0.00
Fe <sup>3+</sup>	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00
Fe <sup>2+</sup>	0.06	0.00	0.00	0.15	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.06	0.20	0.00	3.83	1.74	0.31	0.32	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00
Mn <sup>3+</sup>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	0.00
Mn <sup>2+</sup>	1.84	3.80	2.15	0.92	2.73	7.22	7.25	0.08	0.81	0.39	0.39	4.98
Ca	0.04	0.93	0.85	0.17	0.05	0.40	0.00	0.92	0.16	0.57	1.60	0.00
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
F	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Примечание. Анализы (нормированы на 100 %) выполнены в лаборатории ресурсного центра микроанализа СПбГУ на растровом электронном микроскопе-микроанализаторе HITACHI TM 3000 (аналитик С. О. Савельев), а также в Ресурсном центре «Геомодель» СПбГУ на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N (аналитики Н. С. Власова, В. В. Шиловских). Агрегаты: I – фриделит-тефроит-хлорит-карбонатный; II – родонит-спессаргин-карбонатный; III – якобит-кальцитовый; IV – гаусманитовый.

Таким образом, изученные марганцевые породы представлены двумя типами руд. Силикатно-карбонатные руды характеризуются небольшими вариациями минерального состава, тогда как минералогия оксидно-силикатно-карбонатных руд крайне разнообразна. Учитывая широкое распространение в марганцевых породах первичных седиментационных структур и текстур [Каюпова, 1974], а также взаимоотношение минеральных агрегатов, можно предположить, что формирование тех или иных минеральных ассоциаций марганцевых руд проходило в несколько стадий и определялось, прежде всего, соотношением главных химических элементов в исходном металлоносном осадке.

В результате проведенной работы диагностировано восемь новых для этого месторождения минералов и уточнен химический состав уже известных минералов.

### **Литература**

*Каюпова М. М.* Минералогия железных и марганцевых руд Западного Атасу (Центральный Казахстан). Алма-Ата: Наука, 1974. 242 с.

*Кривовичев В. Г.* Минералогический словарь. СПб.: СПбГУ, 2008. 556 с.

Справочник месторождений Казахстана (2002), <http://geology.gov.kz/ru/>.