

УДК 553.31: 549 (85)

Филенко В.В., Харитонов В.Н., Евтехов В.Д.

МИНЕРАЛОГИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАНОЗИУМ (РЕСПУБЛИКА ПЕРУ)

Представлены результаты предварительного геологического и минералогического изучения железных руд месторождения Канозиум, расположенного в северной части Перуанских Анд. Выделены богатые и бедные руды, отличающиеся по минеральному, химическому составу, структуре, текстуре, локализации, условиям образования. Сделан вывод о перспективности месторождения. Разработаны минералогические рекомендации к разработке технологий их прямого использования и обогащения.

На территории Республики Перу выделяются три региона, отличающихся тектоникой и геоморфологией (в направлении с запада на восток): 1) прибрежная пустынная зона (Лакоста) с высотами менее 2000 м; 2) горная система Перуанских Анд (более 2000 м) и 3) залесенная низменная область верховьев р. Амазонки (ниже 2000 м). В пределах зоны Лакоста в 2013 г. авторами были проведены полевые работы и лабораторные исследования с целью обобщения геологических и минералогических данных об участках проявления железных руд и разработки рекомендаций на проведение геологоразведочных работ в границах перспективных участков месторождения Канозиум, расположенного в северной части Перуанских Анд, в 22 км к северо-западу от города Ольмос, провинция Ламбаеке. По результатам работ, были выделены два вида железных руд: коренные и делювиальные. Коренные руды образуют пластовые, линзовидные, жиллообразные залежи в толще метаморфических горных пород – сланцев и метапесчаников. Делювиальные являются континентальными образованиями, присутствуют в виде обломков в составе четвертичных делювиальных отложений.

Коренные руды в границах изученного участка авторы разделили на богатые и бедные.

Богатые коренные руды образуют цепочные скопления гнездовидных, линзообразных тел в толще вмещающих метаморфических пород (рис. 1). Иногда их мелкие гнездообразные залежи присутствуют в виде включений в приконтактовых частях залежей бедных коренных руд. Мощность рудных тел невелика – от 0,8 до 3,5 м, среднее значение 2,3 м, длина 7-20 м, в среднем около 12 м. Залегание тел согласное или пологосекущее по отношению к пластам вмещающих метаморфических пород. Генезис богатых железных руд гидротермально-метасоматический с активным проявлением гипергенных изменений.

Цвет руд от темносеро-черного до буровато-черного, вишнево-темнокрасного, что связано с разным соотношением в их составе магнетита (черное), гетита (бурое), дисперсного гетита (желтое, оранжевое), дисперсного гематита (яркокрасное).

Текстура руд массивная, пятнистая; характерны также текстуры гипергенно преобразованных руд: кавернозная, пористая, трещиноватая.

ватая, прожилковая; включения бедной руды характеризуются землистой текстурой (рис. 2).



Рис. 1. Линзовидные и гнездообразные тела богатых руд (темнокоричневое) среди выветренных сланцев и силикатных кварцитов.



а



б



в



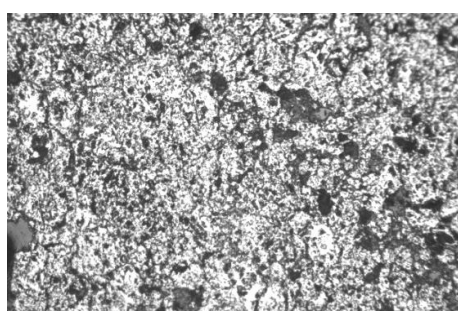
г

*Рис. 2. Характерные текстуры коренных богатых руд.
а – массивная с проявлением трещиноватости; б – пятнисто-кавернозная; в – пятнисто-прожилковая; г – пятнисто-землистая.*

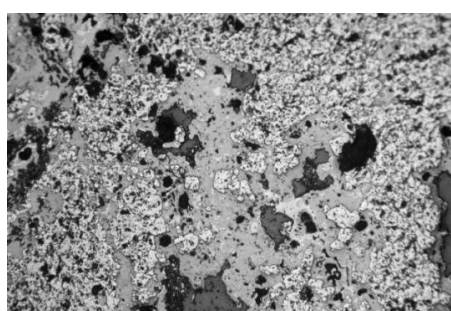
Таблица 1.

Среднее содержание главных химических компонентов (мас.%) в составе руд

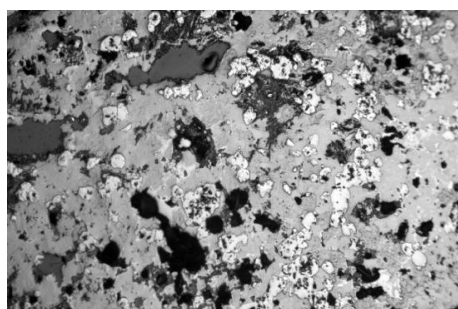
Химические компоненты	Коренные руды			Делювиальные богатые обломочные руды
	богатые руды	Бедные руды		
		силикат-магнетит-карбонатные	магнетит-гетит-дисперсногетитовые	
Fe _{общ.}	59,28	18,93	34,31	63,15
Fe _{магн.}	32,67	10,72	13,45	54,18
SiO ₂	7,27	2,93	24,69	5,84
S	0,096	0,039	0,031	0,037
P ₂ O ₅	0,219	0,061	0,140	0,156



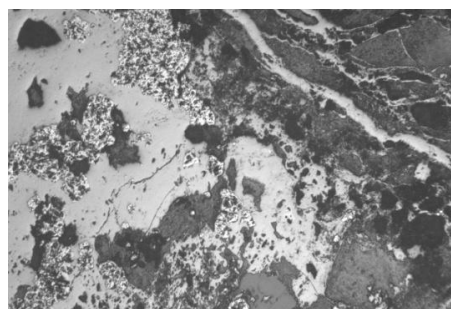
а



б



в



г

Рис. 3. Особенности минерального состава и текстуры богатых коренных руд.

Текстура руд: а – массивная; б – массивно-вкрапленная; в – вкрапленно-пористая; г – вкрапленно-пористая и прожилковая.

Светлосерое – магнетит; серое – гетит; черное – поры.

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 35^x.

Рудообразующими минералами являются магнетит и гетит (табл. 1, рис. 3), второстепенное значение имеет гематит. Содержание других минералов незначительное.

Магнетит образует массивные, блоковые, ветвистые, вкрапленные агрегаты изометричных индивидов размером от 0,01 до 0,20 мм. Содержание минерала в рудах разного состава

– от 5-10 до 80-90 объемн.% (средний показатель 46,12 мас.% – табл. 2).

Магнетит подвержен замещению гетитом, в связи с чем ксеноморфные реликты магнетита часто присутствуют в виде включений в скрытокристаллических, колломорфных агрегатах гетита (рис. 3б-3г). Мартитизация магнетита отмечается редко.

Таблица 2.

Средний минеральный состав железных руд месторождения

Минералы и минеральные разновидности	Коренные руды			Делювиальные богатые обломочные руды
	богатые руды	бедные руды		
		силикат-магнетит-карбонатные	магнетит-гетит-дисперсногетитовые	
магнетит	46,12	15,73	17,98	74,18
гидроксиды железа, в том числе:	40,72	18,97	57,15	13,65
гетит	37,13	1,48	3,81	10,91
дисперсный гетит	3,59	17,49	53,34	2,74
гематит, в том числе:	2,26	1,12	0,67	2,01
мартит	0,61	0,26	0,12	0,52
железная слюдка	0,42	0,15	0,03	0,35
дисперсный гематит	1,23	0,77	0,52	1,14
минералы группы кварца, в том числе:	4,05	1,15	2,46	3,68
кварц	3,56	0,86	1,83	3,29
халцедон	0,38	0,18	0,37	0,31
опал	0,11	0,11	0,26	0,08
реликтовые силикаты (гипергенно измененные хлорит, актинолит, биотит, селадонит, стильпноменлан)	0,81	2,34	2,89	0,64
новообразованные силикаты (каолинит, монтмориллонит, бейделлит, гидробиотит и др.) – расчетные данные	4,95	2,95	17,69	4,61
реликтовые железистые карбонаты (железистый кальцит, кальциевый сидерит и др.)	0,08	56,98	0,02	0,09
новообразованные безжелезистые карбонаты (кальцит, арагонит и др.)	0,69	0,49	0,58	0,76
реликтовые сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит и др.)	0,04	0,02	0,03	0,05
апатит	0,01	0,02	0,04	0,02
другие минералы (циркон, турмалин, сфен, ильменит, ярозит, копиапит, гипс и др.)	0,27	0,23	0,49	0,31
Всего	100,00	100,00	100,00	100,00
Количество определений	15	10	11	17

Гидроксиды железа представлены гетитом и дисперсным гетитом. Первый образует колломорфные, скрытокристаллические, реже радиально-лучистые, концентрически-зональные агрегаты, которые выполняют полости, образовавшиеся в результате выветривания железосодержащих силикатов и карбонатов. В за-

метном количестве присутствует в участках гипергенного замещения магнетита. Присутствует также в виде прожилков мощностью до 10 мм (рис. 3г). Содержание гетита в составе руды изменяется от 5 до 80 объемн.%. (средний показатель 37,13 мас.%). Повышенное его количество придает рудам высокую проч-

ность. Дисперсный гетит (среднее содержание 3,59 мас.%) является компонентом агрегатов охры, образовавшейся в результате выветривания железо-содержащих силикатов и карбонатов. Представлен очень мелкими (менее 0,01 мм) игольчатыми и пластинчатыми индивидуальными, образующими тесные сростания с гипергенными силикатами (бейделлит, каолинит и др.), которые также являются продуктами выветривания первичных глинозем-содержащих силикатов.

Гематит, представлен тремя морфологическими разновидностями: мартитом, железной слюдкой и дисперсным гематитом. Мартит (среднее содержание 0,61 мас.%) является продуктом выветривания магнетита, образует псевдоморфозы по его идиоформным и ксеноморфным кристаллам. Железная слюда (0,42 мас.%) является первичным минералом руд, под действием агентов выветривания сохранила относительную устойчивость. Обычно присутствует в виде параллельно- или радиально-пластинчатых агрегатов, выполняющих промежутки между агрегатами магнетита. Дисперсный гематит (1,23 мас.%), как и дисперсный гетит, является продуктом выветривания железо-содержащих силикатов и карбонатов. В смеси с глинистыми минералами является компонентом суриковых (красный цвет) пятнистых или прожилковых включений в руде.

Коренные богатые руды отличаются высоким содержанием железа – в среднем 59,28 мас.%. Содержание железа, входящего в состав магнетита, изменяется от 8 до 56 мас.% (среднее 32,67%), значительные колебания этого показателя связаны с разным содержанием магнетита в составе исходных руд и с разной степенью гипергенной гетитизации магнетита. Содержание серы в среднем не превышает 0,1 мас.%, что обусловлено разложением большей части пирита и пирротина при выветривании руд. Количество пентоксида фосфора несколько выше кондиционно допустимого (0,1 мас.%), в среднем составляет 0,22 мас.%. Содержание кремнезема – основного балластного компонента руд – невелико, в среднем около 7 мас.%. Большая его часть входит в состав реликтовых и новообразованных силикатов.

Бедные коренные руды представлены двумя минеральными разновидностями: силикат-магнетит-карбонатной и магнетит-гетит-дисперсногетитовой (охристой).

Бедные силикат-магнетит-карбонатные руды в толще вмещающих метаморфических пород образуют пласто- и линзообразные тела мощностью 2-5 м, протяженностью до 10-12 м (рис. 4). Цвет руд темносерый, серый, буровато-серый. Текстура массивная, реже пятнистая, пористая, прожилковая (рис. 5). Рудообразующими минералами являются магнетит и карбонат (рис. 6, 7), второстепенное значение имеют силикаты, гидроксиды железа (табл. 2).

Магнетит (среднее содержание 15,73 мас.%) представлен неправильной формы, реже хорошо ограненными октаэдрическими кристаллами размером от 0,001 до 0,15 мм. Они присутствуют в виде изолированных вкраплений в карбонатной или силикат-карбонатной массе руды, но чаще образуют цепочные, ветвистые, ветвисто-вкрапленные, иногда блоково-ветвистые агрегаты, которые обычно расположены незакономерно (рис. 6а, б), реже их положение контролируется разноориентированными трещинами в руде (рис. 6г), или закономерными трещинами спайности в крупных кристаллах карбоната (рис. 6в).

Карбонат (среднее содержание 56,98 мас.%) представлен кальцитом с примесью железистого минала (сидерита), о чем свидетельствует приобретение им коричневой окраски в процессе выветривания. Размер кристаллов изменяется в очень широких пределах (рис. 7) – от сотых долей миллиметра до 20 и более мм.

Силикаты (общее содержание 5,29 мас.%) встречаются в виде пятнистых, жилкообразных выделений размером от 1 до 20 мм в основной карбонатной массе руды. Представлены, главным образом, мелкочешуйчатым хлоритом (максимальный размер кристаллов 0,05 мм). В процессе выветривания силикаты, как и карбонаты, в связи с замещением дисперсным гетитом приобрели желтовато-бурю, темнокоричневую окраску.

Бедные силикат-магнетит-карбонатные руды характеризуются относительно низким содержанием железа – в среднем 18,93 мас.%

(табл. 2). Содержание железа, входящего в состав магнетита, изменяется от 0 до 16 мас.%, в среднем составляет около 11 мас.%. Среднее содержание серы 0,039 мас.%, пентоксида фосфора 0,061 мас.%, что не превышает кондиционных показателей для железных руд. Количество кремнезема в составе руд этой разновидности низкое, что является их позитивной характеристикой. Несмотря на низкое содержание железа их можно с большим эффектом использовать как природно шихтованное карбонатом металлургическое сырье.

Бедные магнетит-гетит-дисперсногетитовые руды образуют коренные рудные залежи обычно совместно с рудами выше описанных коренных богатых руд и коренных бедных силикат-магнетит-карбонатных руд (рис. 8). В таких смешанных залежах тела богатых руд и бедных силикат-магнетит-карбонатных руд обычно образуют включения в основной массе магнетит-гетит-дисперсногетитовых руд. Реже отмечаются самостоятельные тела руд этой разновидности (рис. 9).



Рис. 4. Выходы линзовидного рудного тела бедных силикат-магнетит-карбонатных руд.



а



б

Рис. 5. Текстура бедных силикат-магнетит-карбонатных руд.
а – пятнисто-массивная; б – массивно-пористая.

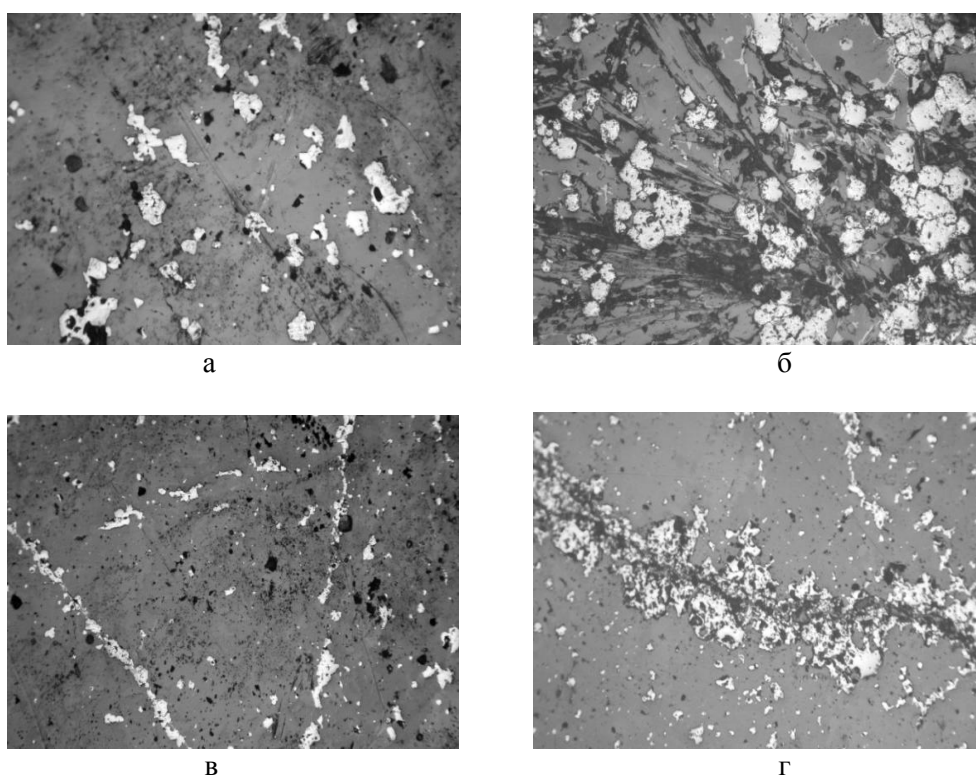


Рис. 6. Особенности минерального состава и структуры бедных силикат-магнетит-карбонатных руд (из проявлений их бессиликатной (а-в) и силикат-содержащей (д-е) разновидностей).

Светлосерое – магнетит; темносерое – карбонат; черное – поры.

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 35^x.

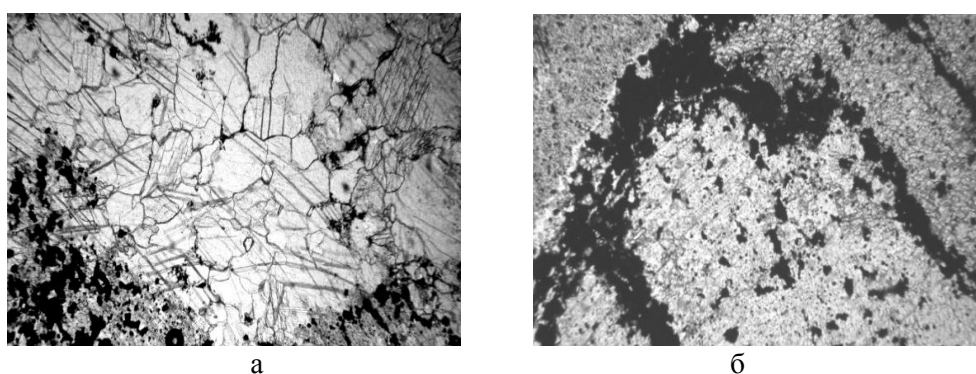


Рис. 7. Особенности минерального состава и структуры мелкозернистого (а) и частично замещенного гетитом по трещинам спайности крупнозернистого (б) агрегатов бедных силикат-магнетит-карбонатных руд (из проявления их бессиликатной разновидности).

Черное – магнетит, серое – карбонат.

Проходящий свет; без анализатора; увеличение 35^x.



Рис 8. Обнажение бедных магнетит-гетит-дисперсногетитовых руд (мелкозернистый материал) с включениями мелких тел бедных силикат-магнетит-карбонатных руд (кусковый материал).

Бедные магнетит-гетит-дисперсногетитовые руды являются продуктом выветривания бедных силикат-магнетит-карбонатных руд или горных пород карбонат-силикатного, магнетит-силикат-карбонатного

состава с относительно высоким общим содержанием железа. Как правило, эти руды представляют собой рыхлую, сыпучую, землистую массу бурого, желтовато-бурого, красновато-бурого цвета.



Рис 9. Линзовидное тело бедных магнетит-гетит-дисперсногетитовых руд во вмещающих метаморфических породах.

Мощность залежей от 1 до 10 м. Текстура землистая, реже вкрапленная, пятнистая, прожилково-пятнистая. Структура скрытокристаллическая, в случае присутствия включений магнетита – порфиробластовая со скрытокристаллической основной тканью. В участках с высоким содержанием гетита – натечная, скрытокристаллическая, радиально-лучистая.

Магнетит (среднее содержание 17,98 мас.%) образует правильно ограниченные или ксеноморфные индивиды, которые в изолированном состоянии или в виде округлых, эллипсоидных агрегатов присутствуют в качестве включений в основной дисперсногетитовой массе руды. Магнетит относится к реликтовым минералам, сохранившимся в составе руд этой разновидности при выветривании исходных бедных железных руд или железистых горных пород. Размер индивидов от 0,01 до 0,1 мм, агрегатов – от 0,05 до 0,3 мм.

Гетит (3,81 мас.%) присутствует в виде скрытокристаллических, реже радиально-лучистых, концентрически-зональных агрегатов, которые обычно выполняют полости, прожилки в основной дисперсногетитовой массе руды. Размер включений гетита от 0,01 до 1 мм.

Дисперсный гетит (53,34 мас.%) – основной рудный минерал. Является продуктом выветривания исходных железо-содержащих силикатов и карбонатов. Представлен очень мелкими (до 0,2 мм) игольчатыми, пластинчатыми кристаллами.

Дисперсный гематит (0,52 мас.%) присутствует в составе руд относительно редко, диагностируется по яркому красному цвету его скрытокристаллических агрегатов. Как и дисперсный гетит, является продуктом выветривания железо-содержащих силикатов и карбонатов.

Силикаты. Невыветренные исходные железо-содержащие силикаты в составе руд этой разновидности встречаются редко (2,89 мас.%), представлены хлоритом и более редкими биотитом и актинолитом. Гипергенные силикаты (17,69 мас.%) являются продуктом выветривания исходных силикатов. Вероятно,

относятся к глинистым минералам – каолиниту, монтмориллониту, бейделлиту и др.

Карбонаты. Исходные железо-содержащие карбонаты в составе руды практически отсутствуют в связи с их разложением в процессе выветривания. Новообразованные гипергенные карбонаты (среднее содержание в составе руд 0,58 мас.%) представлены кальцитом, арагонитом, образующими тонкие (до 0,5 мм) прожилки и мелкие (до 2-3 мм) гнездообразные включения в основной дисперсногетитовой ткани руды.

Бедные магнетит-гетит-дисперсногетитовые руды характеризуются относительно низким общим содержанием железа – в среднем 34,31 мас.%; содержание железа, входящего в состав магнетита, составляет 13,45 мас.%. Содержание серы не превышает 0,1 мас.%, находится в границах кондиций для железных руд, средний показатель содержания пентоксида фосфора несколько выше кондиционного – 0,140 мас.%. Содержание большинства других вредных примесей (натрий, калий, мышьяк, медь, свинец) находятся в допустимых границах; повышенное содержание выявлено для цинка (до 0,5 мас.%).

Делювиальные руды являются компонентом четвертичных отложений на склонах гор. Рудный материал представлен обломками богатых гематит-гетит-магнетитовых, гематит-магнетитовых руд черного, темносерого, темнокоричневого цвета (рис. 10).

Некоторые обломки по поверхности окрашены пленками гидроксидов железа в светло-бурый цвет. Обычный их размер от 1 мм до 50 см, иногда встречаются глыбы размером до 300 и более см. Обломки руд слабо сцементированы разнозернистым (от щебня до глины) обломочным материалом, содержащим глыбы (размером до 2 и более метров) вмещающих горных пород – кварц-биотитовых, кварц-биотит-хлоритовых сланцев, силикатных карцитов и др. При размыве рудоносного склона атмосферными осадками часть обломков руд и горных пород вымывается из склонов, переносится потоками воды и переотлагается ниже по склонам и по долинам ручьев. При этом обломки приобретают окатанную форму и ак-

тивнее подвергаются выветриванию. Текстура рудных обломков массивная, реже пористая, прожилковая, пятнистая (рис. 11). Рудообра-

зующими минералами являются магнетит, гетит, гематит (рис.3). Содержание второстепенных минералов незначительное.



а



б

Рис. 10. Скопления обломков богатых железных руд в делювиальных отложениях.
а – обломки богатой магнетитовой руды в гравийно-песчано-глинистых делювиальных отложениях ;
б – образцы богатой руды, извлеченные при проходке разведочного шурфа.



а



б



в

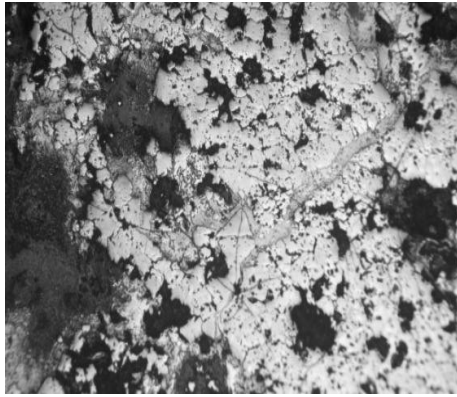


г

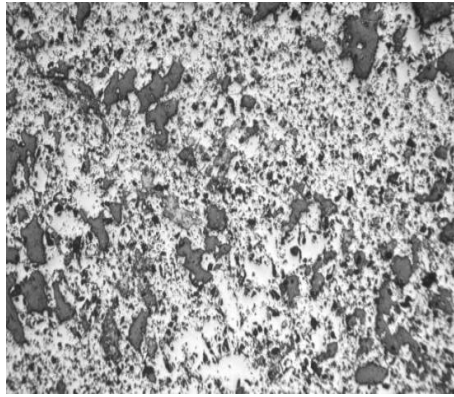
Рис. 11. Массивная (а), пятнистая (б), пористая (в) и прожилковая (г) текстура руд из обломков в четвертичных делювиальных отложениях.

Магнетит (среднее содержание в составе руды 74,18 мас.%) образует цепочные, массивные агрегаты хорошо ограненных или неправильной формы индивидов (рис. 12). В исходной руде они располагались в силикатном

цементе, который после выветривания был преобразован в суриковый или охристый скрытокристаллический материал. Размер индивидов магнетита от 0,01 до 0,2 мм.



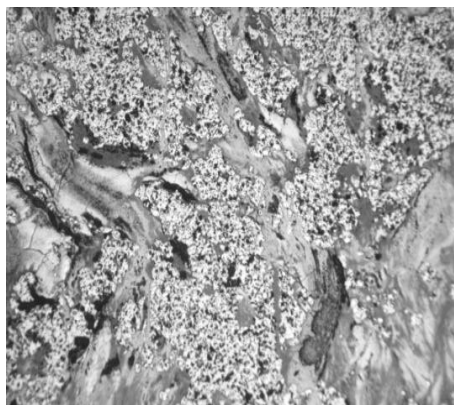
а



б



в



г

Рис. 12. Особенности минерального состава и структуры обломочных руд.

а – ветвистые, цепочные агрегаты субидiomорфных кристаллов магнетита (светлосерое); темносерое – кварц и силикаты; черное – поры;

б – массивные, пористые, петельчатые агрегаты ксеноморфных кристаллов магнетита (светлосерое);

в – радиально-пластинчатые агрегаты железной слюдки (белое) в пустоте богатой магнетитовой руды (светлосерое);

г – колломорфные агрегаты гетита (серое), образующие цемент ветвистых, блоковых агрегатов магнетита (светлосерое).

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 35^x.

Гидроксиды железа присутствуют в виде двух морфологических разновидностей – гетита и дисперсного гетита. Гетит (10,91 мас.%)

образует скрытокристаллические реже радиально-лучистые, концентрически-зональные агрегаты (рис. 12е), которые выполняют поло-

сти, оставшиеся после выветривания железосодержащих силикатов и карбонатов. Образует также прожилки мощностью до 5 мм. Повышенное содержание гетита придает рудам высокую прочность, способствует увеличению общего содержания железа в их составе. Дисперсный гетит (2,74 мас.%) является компонентом агрегатов охры – продукта выветривания железосодержащих силикатов. Представлен очень мелкими (менее 0,01 мм) игольчатыми и пластинчатыми индивидами, образующими тесные срастания с гипергенными силикатами семейства глинистых минералов (бейделлит, каолинит и др.), которые также являются продуктами выветривания первичных глинозем-железистых силикатов.

Гематит, как и в составе коренных руд, представлен тремя морфологическими разновидностями: мартитом, железной слюдкой и дисперсным гематитом. Мартит (0,52 мас.%) является продуктом выветривания магнетита, образует псевдоморфозы по его идиоформным и ксеноморфным изометричным кристаллам. Встречается достаточно редко в связи с замещением его гетитом. Таким образом, может рассматриваться как промежуточная фаза выветривания между магнетитом и гетитом. Железная слюдка (0,35 мас.%) является первичным минералом руд. Сохраняла устойчивость к действию агентов выветривания, обычно присутствует в виде параллельно- или радиально-пластинчатых агрегатов, выполняющей промежутки между агрегатами магнетита. Дисперсный гематит (1,14 мас.%), как и дисперсный гетит является продуктом выветривания железосодержащих силикатов и карбонатов. В смеси с глинистыми минералами является компонентом суриковых (красный цвет) пятнистых, прожилковых включений в руде.

Делювиальные руды склоновых отложений характеризуются высоким качеством. Среднее значение общего содержания железа ($Fe_{\text{общ.}}$) составляет 63,15 мас.%; железа, входящего в состав магнетита ($Fe_{\text{магн.}}$), – 54,18 мас.%. Содержание серы в среднем составляет 0,037 мас.%, что отвечает требованиям металлургических предприятий. Количество пентоксида фосфора несколько выше кондиционно допустимого предела – в среднем 0,156 мас.%. По-

зитивной особенностью руд является также низкое (значительно ниже допустимого) содержание других вредных примесей: меди, свинца, цинка и др.

Выводы

1. Выделены два вида железных руд месторождения Канозиум (Перу): обломочные и коренные.

2. Коренные железные руды залегают в виде пласто- и линзоподобных рудных тел в толще метаморфических пород: разного состава сланцев и силикатных, карбонатных кварцитов. Выделены три их разновидности: богатые гетит-магнетитовые, бедные силикат-магнетит-карбонатные и бедные магнетит-гетит-дисперсногетитовые.

3. Коренные богатые руды характеризуются высоким общим содержанием железа (в среднем около 59 мас.%) и содержанием железа, входящего в состав магнетита (в зависимости от степени гипергенных изменений руд – от 8 до 56 мас.%). Среднее содержание серы ниже 0,1 мас.%, количество пентоксида фосфора несколько выше кондиционно допустимого (0,1 мас.%), в среднем составляет 0,22 мас.%. Коренные богатые являются высококачественным металлургическим сырьем.

4. Коренные бедные руды силикат-магнетит-карбонатного состава характеризуются низким содержанием железа (16-22 мас.%, в среднем около 20 мас.%). Для них характерна повышенная крепость, практически полное отсутствие вредных для металлургической промышленности минеральных и химических примесей. Положительным качеством руд является высокое содержание карбонатов – их можно рассматривать как природно шихтованное железорудное сырье.

5. Коренные бедные руды магнетит-гетит-дисперсногетитового состава являются продуктом выветривания бедных силикат-магнетит-карбонатных руд или горных пород карбонат-силикатного, магнетит-силикат-карбонатного состава с относительно высоким общим содержанием железа. Представлены, как правило, рыхлыми агрегатами бурого, желто-бурого, красновато-бурого цвета с ха-

рактальной землистой текстурой. Для этих руд характерно низкое содержание железа (30-40 мас.%) и железа в составе магнетита (11-16 мас.%, в среднем около 13 мас.%) Среднее содержание серы не превышает 0,031 мас.%, содержание пентоксида фосфора несколько выше кондиционного и составляет 0,140 мас.%. Отмечается также повышенное содержание цинка – до 0,5 мас.%.
 6. Бедные коренные руды обеих разновидностей рассматриваются как железорудное сырье, которое нуждается в обогащении.
 7. Обломочные (главным образом, делювиальные) богатые железные руды присутствуют в составе четвертичных обложений горных склонов и тальвегов оврагов в виде фрагментов размером от менее 1 до более 3000 миллиметров. Состав руд магнетитовый, гетит-магнетитовый. Общее содержание железа от 55 до 66 мас.% (средний показатель около 63 мас.%), содержание железа, входящего в состав магнетита, от 45 до 62 мас.% (в среднем около 54 мас.%). Содержание вредных примесей (сера, фосфор) соответствует требованиям мирового рынка. Обломочные руды можно рассматривать как высококачественное металлургическое сырье.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Герт Г.** Геология Анд. Строение южно-американских Кордильер // Москва: Издательство иностранной литературы, 1959.– 291 с.
2. **Гершойг Ю.Г.** Вещественный состав и оценка обогатимости бедных железных руд // Москва: Недра, 1968.– 200 с.
3. **Григорьев В.М., Селектор С.М.** Требования к качеству железных руд / Изучение вещественного состава и обогатимости железных руд // Москва: Недра, 1976.– С. 5-9.
4. **Джонс М.П.** Прикладная минералогия // Москва: Недра, 1991.– 392 с
5. **Пирогов Б.И., Поротов Г.С., Холошин И.В., Тарасенко В.Н.** Технологическая минералогия железных руд // Ленинград: Наука, 1988.– 302 с.
6. **Рамдор П.** Рудные минералы и их срастания // Москва: Изд. иностранной литературы, 1962.– 1132 с.
7. Очерки по геологии Южной Америки / Сборник статей // Москва: Издательство иностранной литературы, 1959.– 341 с.
8. Энциклопедия региональной геологии мира. Западное полушарие (включая Антарктиду и Австралию) / Ред. **Р.У.Фейрбридж** // Ленинград: Недра, 1980.– 511 с.

ФІЛЕНКО В.В., ХАРИТОНОВ В.М., ЄВТЕХОВ В.Д. Мінералогія залізних руд родовища Канозіум (Республіка Перу).

Резюме. Родовище Канозіум розташоване на західних схилах Анд у північній частині прибережного пустельного регіону Перу – Ла Коста. За результатами польових і лабораторних геологічних і мінералогічних досліджень, були виділені корінні та уламкові залізні руди. До корінних віднесені три різновиди руд: 1) багаті магнетит-гетитові та гетит-магнетитові (середній вміст заліза близько 59 мас.%); 2) бідні силікат-магнетит-карбонатні (близько 20 мас.%); 3) бідні магнетит-гетит-дисперсногетитові (близько 34 мас.%). Уламкові, переважно делювіальні руди магнетитового, гетит-магнетитового складу характеризуються найбільш високим вмістом заліза – в середньому близько 63 мас.%. Для руд усіх різновидів характерний низький вміст шкідливих домішок – сірки, фосфору, цинку, лугів. У відповідності з показниками загального вмісту заліза в складі руд, вмісту шкідливих домішок, результати попередньої оцінки розміру рудних покладів, родовище було віднесене до перспективних, рекомендоване до детальної розвідки. За показниками мінерального та хімічного складу руд, вмістом шкідливих домішок у їх складі, за попередньо оціненим розміром покладів, родовище визнане перспективним, рекомендоване до детальної розвідки. Були складені мінералогічні рекомендації з безпосереднього використання руд як металургійної сировини та до розробки технології їх збагачення.

Ключові слова: Перу, залізні руди, мінеральний склад руд, хімічний склад руд, структура руд, текстура руд, промислова оцінка рудних родовищ.

ФИЛЕНКО В.В., ХАРИТОНОВ В.Н., ЕВТЕХОВ В.Д. Минералогия железных руд месторождения Канозиум (Республика Перу).

Резюме. Месторождение Канозиум расположено на западных склонах Анд в северной части прибрежного пустынного региона Перу – Ла Коста. По результатам полевых и лабораторных геологических и минералогических исследований, были выделены коренные и обломочные железные руды. К коренным отнесены три разновидности руд: 1) богатые магнетит-гетитовые и гетит-магнетитовые (среднее содержание железа около 59 мас.%); 2) бедные силикат-магнетит-карбонатные (около 20 мас.%); 3) бедные магнетит-гетит-дисперсногетитовые (около 34 мас.%). Обломочные, преимущественно делювиальные руды магнетитового, гетит-магнетитового состава характеризуются наиболее высоким содержанием железа – в среднем около 63 мас.%. Для руд всех разновидностей характерно низкое содержание вредных примесей – серы, фосфора, цинка, щелочей. В соответствии с показателями общего содержания железа в составе руд, содержания вредных примесей, результатами предварительной оценки размера рудных залежей, месторождение было отнесено к перспективным, рекомендовано к детальной разведке. Были составлены минералогические рекомендации по непосредственному использованию руд как металлургического сырья и к разработке технологии их обогащения.

Ключевые слова: Перу, железные руды, минеральный состав руд, химический состав руд, структура руд, текстура руд, промышленная оценка рудных месторождений.

FILENKO V.V., KHARITONOV V.M., EVTEKHOV V.D. Mineralogy of Canosium iron ore deposit (Republic of Peru).

Summary. Within limits of the Republic of Peru there are three different regions in terms of geology and geomorphology (from west to east): 1) coastal desert zone (La-Costa) having altitudes less than 2000 m; 2) mountain system of the Peruvian Andes (more than 2000 m) 3) having forested lowland of the Amazon River head (less than 2000 m). Inside La-Costa zone within the boundaries of promising lots of Canosium deposit located in northern part of the Peruvian Andes the authors fulfilled field works and laboratories tests to define mineralization scale, ore grade and general prospective for the deposit. Two varieties of iron ore were determined: fragmentary and country rocks.

Ledge iron ores occur as layered or lens-shaped ore bodies in rock masses of schists, silicate and carbonate quartzites and other metamorphic rocks. Three varieties of ores were determined: high grade goethite-magnetite, low grade silicate-magnetite-carbonate and low grade magnetite-goethite-dispersed goethite.

High grade ledge ores are characterized by high total iron content (around 59 mas.% in average) and iron content in magnetite from 8 to 56 mas.% (depending on ores weathering rate). Average sulfur content is less than 0.1 mas.%, P_2O_5 quantity is 0.22 mas.% in average. This variety ores are high grade metallurgical raw material.

Low grade ledge ores of silicate-magnetite-carbonate composition are characterized by low iron content (16-22 mas.%, 20 mas.% in average), high hardness, practically total absence of injurious for metallurgical industry mineral and chemical constituents. High content of carbonates is a positive ore condition, they may be considered as naturally mixed iron ore raw material.

Low grade ledge ores of magnetite-goethite-dispersed goethite composition are product of weathering of low grade silicate-magnetite-carbonate ores and rocks of carbonate-silicate, magnetite-carbonate-silicate composition having relatively high general iron content. They are typically represented by loose aggregates of brown, yellow-brown, reddish-brown colour having distinctive earthy texture. Relatively low iron content (30-40 mas.%) and iron in magnetite (11-16 mas.%) are typical for the ores. Average sulfur content does not exceed 0.05 mas.%, average P_2O_5 content is 0.140 mas.%. High concentration of zinc up to 0.5 mas.% is also noticed.

Both varieties of low grade ledge ores are regarded as iron ore raw material requiring concentration.

Deposits of fragmentary (mostly deluvial) high grade iron ores occur at mountain slopes, ravines, streams gullies. Ore particles having size from less than 1 to more than 3000 millimeters occur at sedimentary formations of the Quaternary Age. Ores have magnetite, goethite-magnetite composition. Total iron content is 55-66 mas.% (around 63% in average), iron in magnetite is from 45 to 62 mas.% (around 54% in average). Injurious constituents' content (sulfur, phosphorus) is in conformity with acceptable grades. Fragmentary ores are high grade metallurgical raw material.

According to the mineralogical and chemical ore indexes Canosium deposit was estimated to be promising and recommended for detailed exploration. Mineralogical recommendations for elaboration of optimal low grade ore concentration technology were given.

Key words: Republic of Peru, iron ores, ore mineral composition, ore chemical composition, ore structures, ore textures, ore deposits industrial evaluation.

*Надійшла до редакції 19 грудня 2013 р.
Представив до публікації доц. Є.В.Євтехов.*