

## Короткі повідомлення

УДК 549 : 553.31 (475)

Зима С.Н., Беспояско Т.В.

### **МИНЕРАЛОГИЯ СИДЕРИТОВЫХ РУД ЧЕНСТОХОВО-КЛОБУЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ПОЛЬША)**

*Изложены результаты химических, минералогических, структурных исследований сидеритовой руды. Приведены описания рудообразующих, второстепенных и акцессорных минералов.*

Основным методом подготовки сидеритовых руд к плавке является обжиг, при котором удаляются летучие компоненты и руда приобретает магнитные свойства. Сидеритовую руду подвергают обогащению до и после обжига. Для предварительного обогащения применяют промывку (США, Польша), отсадку (Германия, Австрия). Широко применяется обогащение в тяжелых суспензиях (Австрия, Германия, Канада).

В изучении сидеритовой руды Ченстохово-Клобуцкого месторождения авторы настоящей работы принимали участие с целью составления минералогического обоснования технологий ее обогащения, окомкования и металлзации.

Материал изученной пробы был представлен плотной, прочной, тонкозернистой сидеритовой рудой (около 90% общей массы пробы) и вязким, имеющим низкую крепость глинистым сланцем (около 10 мас.%).

Содержание химических компонентов в составе материала пробы было следующим (мас.%):  $Fe_{\text{общ.}}$  31,7; FeO 39,2;  $Fe_2O_3$  1,7;  $TiO_2$  0,22;  $SiO_2$  13,2;  $Al_2O_3$  5,6; CaO 2,21; MgO 0,12; MnO 2,85;  $K_2O$  0,59;  $Na_2O$  0,12;  $P_2O_5$  0,253;  $CO_2$  27,62;  $S_{\text{общ.}}$  0,616;  $S_{\text{сульфид.}}$  0,039;  $SO_3$  1,44; п.п.п. 31,7.

По данным полуколичественного спектрального анализа, в составе материала пробы были установлены (мас.%): медь – менее 0,001%; галлий – около 0,001; никель – 0,001; ванадий – около 0,003; хром – менее 0,003; цирконий – 0,005; иттрий – менее 0,001; барий – около 0,01.

Главный рудный минерал месторождения – сидерит (70,4 мас.%). В незначительном количестве в составе руды присутствуют гидроксиды железа (1,9%) и пирит (0,2%). Среди нерудных минералов главную роль играют глинистые минералы (15,8%) и кварц (8,0%). Содержание

апатита и других минералов составляет, соответственно, 0,6 и 3,1 мас.%. Минеральный состав пробы, по данным пересчета химического анализа, а также распределение железа по минеральным фазам приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Минеральный состав сидеритовой руды  
и распределение железа по минеральным фазам

Содержание минералов (М, мас.%) и содержание железа в их составе (Fe, мас.%)													
сидерит		гидроксиды железа		пирит		глинистые минералы		кварц	апатит	другие минералы		сумма	
М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	Fe	М	М	М	Fe	М	Fe
70,4	30,2	1,9	1,2	0,2	0,1	15,8	0,2	8,0	0,6	3,1	-	100,0	31,7

**Сидерит** присутствует в руде в виде мелких конкреционных (глобулярных) образований, имеющих в плоскости шлифа круглую или овальную форму (рис. 1А, 1Б). Размер их от 0,02 до 0,06 мм; преобладающий – 0,04-0,05 мм. Характерной особенностью этих агрегатов сидерита является наличие темноокрашенного (в проходящем свете) ядра (рис. 1Б), что связано с присутствием очень мелких включений органического углерода, реже сульфидов (рис. 1Е) или гидроксидов железа. По данным химического анализа, в составе микроконкреционных образований сидерита содержится до 0,8 мас.%  $C_{орг.}$ .

В участках перекристаллизации руды отмечается увеличение размера глобулей (до 0,06-0,08 мм), появление ромбоздрических и скаленоэдрических индивидов сидерита, очищение их, а также глобулей от механических минеральных примесей (рис. 1Г).

С помощью электронного микроскопа в составе агрегатов сидерита было выявлено присутствие мелких включений глинистых минералов (рис. 1Д), распределенных в микроконкрециях сидерита незаконномерно.

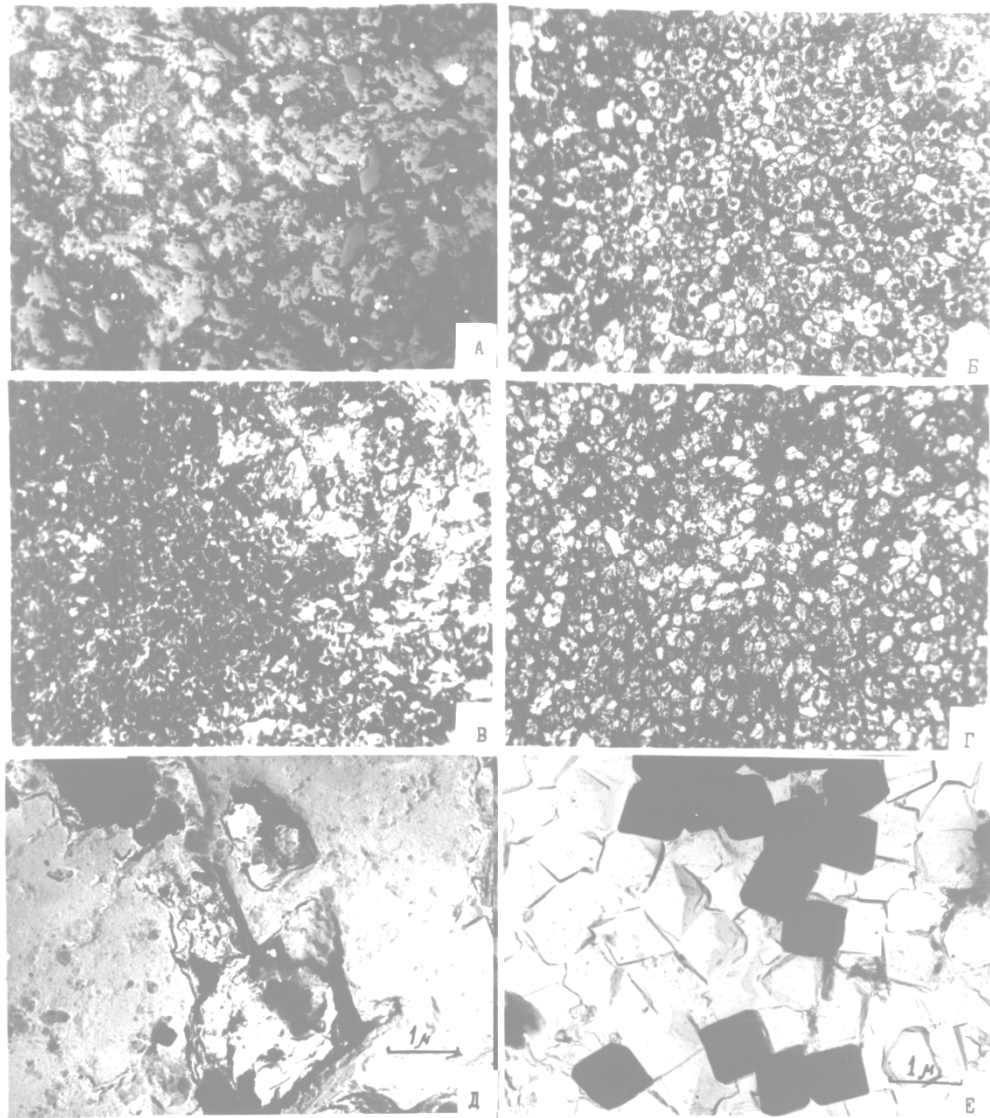
Для изучения состава и свойств сидерита были выделены две его мономинеральные фракции – в крупности 0,05-0,02 мм. Материал их был изучен с использованием рентгенографического, термографического, химического и магнитометрического методов.

Рентгенографический и термографический анализы подтвердили диагностику минерала.

При химическом анализе мономинеральных фракций для того, чтобы исключить влияние включений на состав минерала, определение содержания некоторых химических компонентов производилось отдельно – в растворимой в HCl (1:1) части и в нерастворимом остатке. Полученные результаты показали, что сидерит Ченстохово-Клобуцкого месторождения близок по составу. Содержание основных минералов в материалах двух проб следующее (мас.%):  $FeCO_3$  83,7 и 85,6;  $CaCO_3$  6,2 и 4,5;  $MgCO_3$  9,2 и 8,8;  $MnCO_3$  0,9 и 1,1%.

В соответствии с этими данными, была рассчитана химическая формула сидерита





**Рис. 1.** Некоторые особенности минерального состава и структуры сидеритовой руды.

А – эллипсоидные агрегаты сидерита (светлосерое) в глинистом цементе (серое) с остроугольными частицами кварца (темносерое); отраженный свет; без анализатора; увеличение  $170\times$ .

Б, В, Г – микроконкреционное строение сидеритовой руды, в центральных частях глобулей – пылевидное углистое вещество, цемент – глинистый (Б); В, Г – продукты перекристаллизации руды с укрупнением выделений сидерита и очищением их от пылевидных примесей в центральных частях; проходящий свет; без анализатора; увеличение  $95\times$ ; белое и светлосерое – сидерит и кварц (остроугольные зерна), темносерое и черное – глинистый и углистый материал.

Д – включение глинистого минерала в агрегате сидерита; Е – кубооктаэдрические кристаллы пирита с проявлениями граней ромбододекаэдра из центральных частей глобулей сидерита; электронный микроскоп, угольная реплика; увеличение  $10800\times$ .

Магнитная восприимчивость сидерита, измеренная методом Гаука, колеблется от  $73 \cdot 10^{-6}$  до  $84 \cdot 10^{-6}$  см<sup>3</sup>/г при напряженности магнитного поля, соответственно, 2000 и 10000 эрст.

**Пирит** – наиболее распространенный сульфид в составе изученной руды. Размер его выделений от менее 0,001 до 0,015 мм. Обычно они присутствуют в глинистом цементе руды, реже – в центральных частях глобулей сидерита. С помощью электронного микроскопа было установлено, что кристаллы пирита характеризуются октаэдрическим, кубооктаэдрическим габитусом, иногда с проявлением граней ромбододекаэдра (рис. 1Е).

**Гидроксиды железа** являются продуктом выветривания, главным образом, сидерита и пирита, в незначительном количестве – силикатов. Присутствуют в руде в виде разного размера пятнистых, зональных образований.

**Глинистые минералы** слагают скрытокристаллический цемент руды; кроме того, они являются основным компонентом присутствовавших в составе материала изученной пробы обломков глинистых сланцев. Размер чешуйчатых индивидов глинистых минералов менее 1 мкм. В составе их скрытокристаллических агрегатов присутствуют частицы кварца (рис. 1Б, 1В), иногда – относительно крупные (0,02-0,05 мм) пластинчатые индивиды мусковита. По данным рентгеноструктурного и термографического анализа, глинистые минералы представлены каолинитом.

**Кварц** встречается в виде относительно крупных (0,02-0,25 мм, обычно 0,06-0,08 мм) остроугольных или слабо окатанных частиц в составе глинистого цемента руды (рис. 1А, 1Б, 1В). В значительно большем количестве он присутствует в составе обломков глинистого сланца. Изредка в последних встречаются полости размером до 0,4 x 1,2 мм, выполненные халцедоном.

Результаты минералогических исследований использовались при проведении технологических испытаний. Методом магнитного обогащения в сильном поле из исходной сидеритовой руды были получены концентраты с содержанием Fe<sub>общ.</sub> 38,8-39,2 мас.%, выход концентрата составил 64,4-66,0%, извлечение железа в концентрат – около 80%.

### **ЗИМА С.М., БЕСПОЯСКО Т.В. Мінералогія сидеритових руд Ченстоховско-Клобуцького родовища (Польща).**

*РЕЗЮМЕ. В складі матеріалу, який видобувається на родовищі, присутня сидеритова руда (близько 90% загальної маси) і глинистий сланець (близько 10%). Загальний вміст заліза в складі вихідного матеріалу 31,7 мас.%. Руда складена сидеритом (70,4 мас.%), глинистими мінералами (15,8%) і кварцом (8,0%). В незначній кількості присутні гідроксиди заліза (1,9%), пірит (0,2%), апатит (0,6%). Результати мінералогічних, хімічних, структурних, текстурних досліджень були використані для розробки технології збагачення руди. Методом магнітної сепарації в сильному полі був одержаний*

концентрат із загальним вмістом заліза близько 39 мас.%; вихід концентрату склав 64-66%, вилучення заліза до концентрату – близько 80%.

**ЗИМА С.Н., БЕСПОЯСКО Т.В. Минералогия сидеритовых руд Ченстоховско-Клобуцкого месторождения (Польша).**

**РЕЗЮМЕ.** В составе добываемого на месторождении материала присутствует сидеритовая руда (около 90% общей массы) и глинистый сланец (около 10%). Общее содержание железа в составе исходного материала 31,7 мас.%. Руда сложена сидеритом (70,4 мас.%), глинистыми минералами (15,8%) и кварцем (8,0%). В незначительном количестве присутствуют гидроксиды железа (1,9%), пирит (0,2%), апатит (0,6%). Результаты минералогических, химических, структурных, текстурных исследований использовались для разработки технологии обогащения руды. Методом магнитной сепарации в сильном поле был получен концентрат с общим содержанием железа около 39 мас.%; выход концентрата составил 64-66%, извлечение железа в концентрат – около 80%.

**ZYMA S.M., BESPOYASKO T.V. Mineralogy of siderite ores from Chenstohovo-Klobutske deposit (Poland).**

**SUMMARY.** Material extracted at the deposit contains siderite ores (about 90% of total amount) and shale (about 10%). Total iron content in the original material is 31,7 mas.%. The ore consists of siderite (70,4 mas.%), clay minerals(15,8%), and quartz(8,0%). There occur iron hydroxide (1,9%), pyrite (0,2%), apatite (0,6%) in minor quantities. The results of mineralogical, chemical, structural, textural studies were used for development of ore concentration technology. Using the method of high-intensity magnetic separation concentrate having Fe total of about 39 mas.% has been obtained; concentrate yield was 64-66%, iron recovery into the concentrate was about 80%.

**Key words:** siderite ores; mineralogy; ore concentration technology.

*Надійшла до редакції 7 квітня 2010 р.  
Представив до публікації проф. В.Д.Євтехов.*