



УДК 549.51 : 553.31 (477.63)

**ОБ ОДНОМ ТИТАНСОДЕРЖАЮЩЕМ МИНЕРАЛЕ КАРБОНАТНЫХ
МАРГАНЦЕВЫХ РУД ЮЖНОГО КРИВБАССА****А.А. Березовский¹, Д.А. Березовский¹, J. Pieczonka², A. Piestrzynski²**¹ Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, ул. XXII Партсъезда, 11, 50027, Украина, berez-08@mail.ru² University of Mining and Metallurgy. Krakov. Poland, jpieczon@geol.agh.edu.pl, piestrz@geol.agh.edu.pl

Марганцевые руды юга Криворожского района входят в состав Никопольского марганцеворудного бассейна и приурочены к нижнеолигоценным песчано-глинистым породам. Они представлены окисными и карбонатными разновидностями и залегают на глубинах 20-50 м. В минералогическом отношении наиболее полно исследованы окисные руды Кривбасса, карбонатные остались мало изученными. Исследованиями Д.П. Хорошевой было показано, что главными породообразующими минералами карбонатных марганцевых руд окрестностей г. Ингулец (юг Кривбасса) являются кальциевый родохрозит и манганокальцит. Было также отмечено, что рудный карбонат содержит включения зерен кварца, глауконита, глинистого вещества, гидроокислов марганца и сульфидов железа.

При изучении минерального состава карбонатной марганцевой руды западного борта карьера Ингулецкого горно-обогатительного комбината (ИнГОК) с помощью сканирующего электронного микроскопа QUANTA 200F, оснащенного энергодисперсионным рентгеновским спектрографом, был обнаружен минерал, содержащий около 67 % оксида титана и около 26 % оксида тривалентного железа.

Анализ микрозондовых исследований позволяет предположить, что обнаруженный минерал является псевдорутилом. Ранее на территории Кривбасса псевдорутил не диагностировался. Он также не указывался и при опубликовании результатов минералогического изучения марганцевых руд Никопольского бассейна, к которому относятся останцы марганцевых руд юга Кривбасса. По своему химическому составу псевдорутил близок к псевдорутилу из гранитового баголита Modanubického (Чехия). Для диагностики псевдорутила по результатам микрозондового анализа предлагается анализировать количество и соотношение между собой Fe_2O_3 и FeO. В псевдорутиле Fe_2O_3 будет заметно преобладать над FeO, в ильмените, наоборот, преобладать будет FeO.
Ключевые слова: карбонатные марганцевые руды, Кривой Рог, псевдорутил.

**ABOUT ONE TITANIUM MINERALS OF CARBONATE MANGANESE ORE
FROM THE SOUTH KRYVBAS****A.A. Berezovsky¹, D.A. Berezovsky¹, J. Pieczonka², A. Piestrzynski²**¹ Kryvyi Pih National University, Kryvyi Pih, 11, XXII Partz' izdu Street, 50027, Ukraine, berez-08@mail.ru² University of Mining and Metallurgy. Krakov. Poland, jpieczon@geol.agh.edu.pl, piestrz@geol.agh.edu.pl

Manganese ore from south of Kryvoy Roh district is a part of the Nikopol manganese ore basin and is confined to Lower Oligocen of sand and clay rocks. They are represented by oxide and carbonate-governmental species and occur at depths of 20-50 m. From the mineralogical side for the most thoroughly investigated oxide ore of Krivbas (carbonates) are still unexplored. Khorosheva's studies shown that the main rock-forming minerals of carbonate manganese ore from Ingulets neighborhoods (south Kryvbass) are calcium rhodochrosite and manganocalcite. It was also noted that the ore carbonate contains inclusions of quartz grains, glauconite, clay material, hydroxides of manganese and iron sulfides.

During the study of the mineral composition of the carbonate manganese ore from western edge of the quarry of Ingulets Mining and Processing Plant (InGOK) with a scanning electron microscope QUANTA 200F, equipped with an energy dispersive X-ray spectrograph, was discovered a mineral that contains about 67% titanium oxide and about 26% ferric oxide.

Analysis of microprobe studies suggests that the observed mineral is pseudorutile. It wasn't determined in the territory of Kryvbass earlier. It also had not been indicated during the publishing results of mineralogical study of Nikopol manganese ore basin, which includes remnants of manganese ore from the south Kryvbass. The chemical composition of pseudorutile is close to pseudorutile from the granite batholith Modanubického (Czech Republic). The results of microprobe analysis offered to analyze the number and the ratio between Fe_2O_3 and FeO to determine pseudorutile. Its Fe_2O_3 will be noticeably prevails over FeO, but ilmenite will have a pre-FeO.

Keywords: carbonate manganese ore, Krivoy Rog, pseudorutile.

**ПРО ОДИН ТИТАНОВМІСНИЙ МІНЕРАЛ КАРБОНАТНИХ МАРГАНЦЕВИХ РУД
ПІВДЕННОГО КРИВБАСУ****А.А. Березовський¹, Д.А. Березовський¹, J. Pieczonka², A. Piestrzynski²**¹ Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, вул. XXII Партз'їзду, 11, 50027, Україна, berez-08@mail.ru² University of Mining and Metallurgy. Krakov. Poland, jpieczon@geol.agh.edu.pl, piestrz@geol.agh.edu.pl

Марганцеві руди півдня Криворізького району входять до складу Никопольського марганцеворудного басейну і приурочені до нижньоолігоценних піщано-глинистих порід. Вони представлені окисними і карбонатними різновидами і залягають на глибинах 20-50 м. У мінералогічному відношенні найбільш повно досліджені окисні руди Кривбасу, карбонатні залишилися мало вивченими. Дослідженнями Д.П. Хорошевої було показано, що головними мінералами карбонатних марганцевих руд околиць м. Ингулец (південь Кривбасу) є кальциєвий родохрозит і манганокальцит. Було також зазначено, що рудний карбонат містить включення зерен кварцу, глауконіту, глинистої речовини, гідроокисів марганцю і сульфідів заліза.

Під час вивчення мінерального складу карбонатної марганцевої руди західного борту кар'єру Ингулецкого гірничо-збагачувального комбінату (ІнГЗК) за допомогою сканувального електронного мікроскопа QUANTA 200F, оснащеного енергодисперсійним рентгеновським спектрографом, було визначено мінерал, що містить близько 67 % оксиду титану і близько 26 % оксиду тривалентного заліза.

© А.А. Березовский, Д.А. Березовский, J. Pieczonka, A. Piestrzynski, 2015

Аналіз мікрозондових досліджень дозволяє припустити, що визначений мінерал – це псевдуртил. Раніше на території Кривбасу псевдуртил не було діагностовано. Він також не вказувався і в оголошенні результатів мінералогічного вивчення марганцевих руд Нікопольського басейну, до якого відносяться останці марганцевих руд півдня Кривбасу. За своїм хімічним складом псевдуртил близький до псевдуртилу з гранітового батоліту Modanubického (Чехія). Для діагностики псевдуртилу за результатами мікрозондового аналізу пропонується аналізувати кількість і співвідношення між собою Fe_2O_3 і FeO . У псевдуртилі Fe_2O_3 буде помітно переважати над FeO , в ільменіті, навпаки, переважатиме FeO .

Ключові слова: карбонатні марганцеві руди, Кривий Ріг, псевдуртил.

Вступлення

Марганцевые руды юга Криворожского района входят в состав Никопольского марганцеворудного бассейна и приурочены к нижнеолигоценым песчано-глинистым породам. Они представлены окисными и карбонатными разновидностями и залегают на глубинах 20-50 м.

В минералогическом отношении наиболее полно исследованы окисные руды Кривбасса, карбонатные остались мало изученными. Имеется только одна статья Д.П. Хорошевой [1], в которой было показано, что главными породообразующими минералами карбонатных марганцевых руд окрестностей г. Ингулец (юг Кривбасса) являются кальциевый родохрозит и манганокальцит. Было также отмечено, что рудный карбонат содержит включения зерен кварца, глауконита, глинистого вещества, гидроокислов марганца и сульфидов железа [1].

В 2012 г. в западном борту карьера Ингулецкого ГОКа (г. Ингулец) был вскрыт пласт марганцевой руды (мощностью до 1,0 м) на протяжении около 150 м. Южная часть пласта оказалась сложена зеленовато-серыми карбонатными марганцевыми рудами, которые к северу постепенно переходят в черные окисные марганцевые руды. Для изучения из этого пласта было отобрано несколько десятков образцов карбонатной марганцевой руды.

Материал

Визуально карбонатная марганцевая руда представляет собой сравнительно крепкую породу зеленовато-светло-серого или буровато-зеленовато-светло-серого цвета с многочисленными пустотами и порами разнообразного размера и формы (рис. 1). Часто в ней вкраплены бурые пятна гидроокислов железа.

Аншлифы из некоторых образцов карбонатных марганцевых руд были изучены с помощью сканирующего электронного микроскопа QUANTA 200F, оснащенного энергодисперсионным рентгеновским спектрографом.

Изложение результатов исследования

При изучении минерального состава карбонатной марганцевой руды западного борта карьера Ингулецкого горно-обогатительного комбината (ИнГОК) был обнаружен минерал, содержащий около 67 % оксида титана и около 26 % оксида трехвалентного железа (рис. 2).

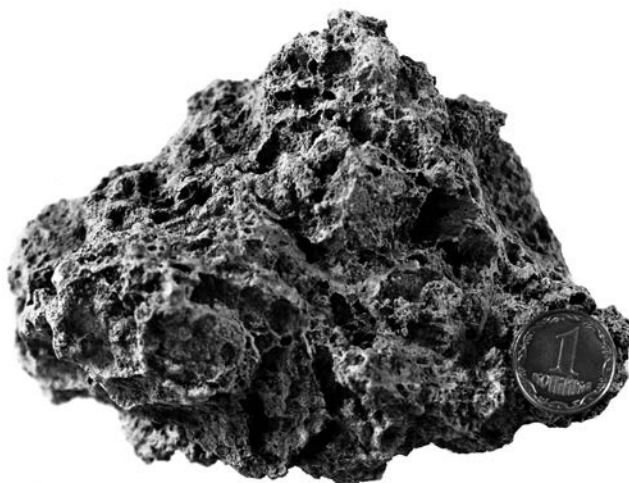


Рис. 1. Образец карбонатной марганцевой руды. Карьер Ингулецкого горно-обогатительного комбината (г. Кривой Рог)
Fig. 1. The sample of the manganese carbonate ore. The quarry of Ingulec's Mining Processing Plant (Kriviy Rig)

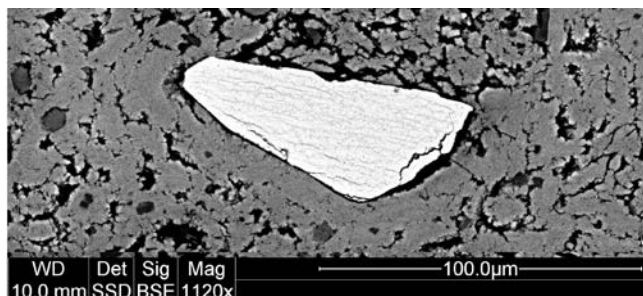


Рис. 2. Фотография минерального зерна (точка изучения p_19_1_a1) титансодержащего минерала, (светлое зерно в центре)
Fig. 2. The photo of grain Ti-mineral. Point of view p_19_1_a1. (The light grain in the middle)

Результаты определения поэлементного состава этого минерала приведены в таблице 1, состав оксидов – в таблице 2.

На рисунке 3 показан EDS спектр, позволяющий судить о качественном и количественном составе образца в точке изучения.

Анализ полученных данных (табл. 1, 2, EDS спектр) позволил предположить, что обнаруженный титансодержащий минерал является псевдуртилом (химическая формула – $\text{Fe}_2\text{Ti}_3\text{O}_9$).

При сравнении химических анализов типичных псевдуртилов и ильменитов (табл. 3, 4) с хими-

Таблица 1

Поэлементный состав титаносодержащего минерала в точке изучения p_19_1_a1

Table 1

Element composition of researching of grain Ti-mineral of point p_19_1_a1

Точка	Химические элементы (Wt %)							
	O	S	Ti	Mn	Fe	Co	Ni	Сумма
p19_1_a1	41.77	0.21	36.95	4.05	16.57	0.22	0.23	100

Таблица 2

Состав оксидов титаносодержащего минерала в точке изучения p_19_1_a1

Table 2

Oxides composition of researching of grain Ti-mineral of point p_19_1_a1

Точка	Оксиды (Wt %)						
	SO ₃	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	NiO	Сумма
p19_1_a1	0.58	67.15	5.73	25.91	0.31	0.32	100

Таблица 3

Химический состав псевдуртила и ильменита из Австралии и Индонезии [2]

Table 3

The chemical composition of psevdurtilite and ilmenite from Australia and Indonesia [2]

Обр. №	Оксиды (Wt %)					
	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Mn ₂ O ₃	H ₂ O, OH ⁻	Сумма
Пс-1	62,05	34,20	1,50	0,54	–	98,29
Пс-2	58,84	34,65	1,24	0,60	3,24	98,57
Пс-3	64,01	24,37	4,18	2,36	2,56	97,48
Пс-4	63,02	26,00	4,51	2,87	2,08	98,48
Ил-1	59,0	20,00	15,7	1,4	0,67	96,77

Примечание. Пс-1 и Пс-2 – псевдуртил из Южной Австралии, Пс-3, Пс-4 – псевдуртил из Индонезии. Ил-1 – ильменит из Западной Австралии.

ческими анализами рассматриваемого минерала хорошо видно, что у ильменита преобладает FeO (двухвалентное железо) у псевдуртила – Fe₂O₃ (трехвалентное железо). У минерала из карбонатных марганцевых руд Кривбасса железо находится в трехвалентной форме. Кроме того, видно, что у типичных псевдуртилов содержание TiO₂ колеблется в пределах 51-64 %. У титаносодержащего минерала из карбонатных марганцевых руд карьера ИнГОКа содержание TiO₂ немного больше и составляет 67%.

При сравнении EDS спектра титаносодержащего минерала карбонатных марганцевых руд Кривбасса с эталонными кривыми EDS спектров типичного ильменита и типичного агрегата лейкоксена (рис. 3)

видно, что он занимает между ними промежуточное значение (как и положено псевдуртилу). У него пик железа не такой высокий, как в ильмените, но и не такой низкий, как у лейкоксена (у EDS спектра высота пика свидетельствует о количественном значении элемента). Пик титана выше, чем у ильменита, но немного ниже, чем у лейкоксена.

Таким образом, сравнение кривых EDS спектров ильменита и лейкоксена с кривой EDS спектра найденного титаносодержащего минерала показывает, что он вполне может являться псевдуртилом. Этот вывод подтверждает также сравнение результатов химических анализов обсуждаемого минерала с результатами химических анализов типичных псевдуртилов из гранитов Богемского массива Чехии.

Таблица 4

Химический состав псевдорутила и ильменита из гранитов
атолита Moldanubian Богемского массива Чехии

Table 4

The chemical composition of pseudorutile and ilmenite from
the Moldanubian batholith of Czech Bohemian massif [3]

Обр. №	Оксиды (Wt %)									
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	ZnO	Nb ₂ O ₅	Сумма
Пс-5	0,33	59,86	0,13	30,06	0,00	1,59	0,05	2,71	0,21	94,94
Пс-6	0,34	64,29	0,09	27,63	0,00	1,62	0,01	2,27	0,17	96,42
Пс-7	0,00	57,22	0,01	39,34	0,00	2,54	0,00	0,14	0,24	99,49
Ил-2	0,02	51,76	0,00	0,00	45,57	2,09	0,01	0,04	0,16	99,65
Ил-3	0,03	52,61	0,00	0,00	44,97	2,16	0,01	0,05	0,27	100,1
Ил-4	0,05	54,24	0,00	0,00	37,94	3,50	0,00	3,81	0,11	99,65

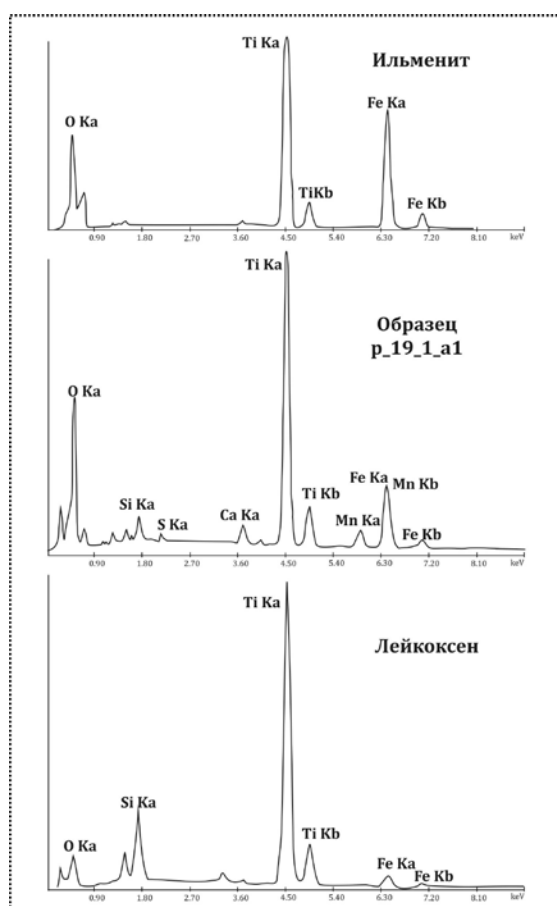


Рис. 3. Сравнение кривых EDS спектров типичного ильменита и типичного лейкоксена с кривой EDS спектра образца p_19_1_a1.

Fig. 3. Comparison of the EDS spectra of typical ilmenite and typical leucocoxene with the EDS spectrum of the sample r_19_1_a1.

Выводы

В карбонатных марганцевых рудах, вскрытых западным бортом карьера Ингулецкого ГОКа, обнаружен титансодержащий минерал, предварительно идентифицированный как псевдорутил. Ранее на территории Кривбасса псевдорутил не диагностировался. Он также не указывался и при опубликовании результатов минералогического исследования марганцевых руд Никопольского бассейна, в который входят останцы марганцевых руд юга Кривбасса. По своему химическому составу псевдорутил Кривбасса близок к псевдорутилу из гранитового батолита Moldanubického (Чехия). Для диагностики псевдорутила по результатам микрозондового анализа предлагается анализировать количество и соотношение между собой Fe₂O₃ и FeO. В псевдорутиле Fe₂O₃ будет заметно преобладать над FeO, в ильмените, наоборот, преобладать будет FeO.

Список литературы / References

1. Хорошева Д.П. К минералогии третичных марганцевых руд Криворожья. *Научные записки Днепропетровского государственного университета*. 1960. Том. 59. С. 41-52. Khorosheva D.P. 1960. An Addition to Mineralogy of the Tertiary Manganese Ore of the Krivoy Rog Region. *The Scientific Notes of Dnepropetrovsk State University*, vol. 59, pp. 41-52 (in Russian).
2. Gray I.E., Reid A.F. 1975. The structure of Pseudorutile and Its Role in The Natural Alteration of Ilmenite. *The American Mineralogist*, vol. 60, pp. 898-906.
3. Miloš René 2011. Ilmenit z dvojslídnych granitů šumavské větve moldanubického batolitu (Ilmenite from twomica granites of the Moldanubian batholith (Šumava Mts). *Zprávy o geologických výzkumech v roce. Mineralogie, petrologie a geochemie*, pp. 193-196.

Статья поступила 10.08.2015