

УДК 549 : 553.494 (477.42)

Зима С.Н.

РУДНЫЕ МИНЕРАЛЫ ФЕДОРОВСКОГО И КРАПИВЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНСКОГО ЩИТА

Изложены результаты минералогических исследований апатит-ильменит-титаномагнетитовых руд Федоровского и Крапивенского месторождений, относящихся к габбро-перидотитовой формации. Рассмотрены условия образования руд.

Предметом исследований были ильменит, титаномагнетит и апатит Федоровского и Крапивенского месторождений Житомирской области. Комплексные руды обоих месторождений изучались в Научно-исследовательском и проектном институте «Механобрчермет» (г. Кривой Рог) в связи с их обогащением.

Известно, что вкрапленные руды изученных месторождений приурочены к массивам магматических пород – оливин-пироксен-плагиоклазового габбро (Федоровское месторождение) и габбро-перидотита (Крапивенское). Породы характеризуются крупнозернистой структурой; выделения рудных минералов распределены в них довольно равномерно, не образуют гнезд, полос или других агрегатов с повышенной концентрацией.

Средние значения общего содержания железа ($Fe_{\text{общ}}$) в рудах Федоровского и Крапивенского месторождений, по результатам анализов материала изученных проб, составляли, соответственно (мас.%), 20,7-21,5 и 21,2; TiO_2 – 6,9-7,8 и 6,35; P_2O_5 – 2,68-2,96 и 2,49. Руды характеризовались высоким содержанием породообразующих химических компонентов (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO) сумма которых в среднем составляла, соответственно, 58,6-57,1 и 58,7; суммарное содержание оксидов щелочей – 2,11-1,97 и 1,50 мас.%. Присутствие сульфидов обусловило повышенное содержание серы (0,29-0,27 и 0,215 мас.%) и железа, входящего

в состав сульфидов ($Fe_{\text{сд}}$) – 0,30-0,40 и 0,35 мас.%. Для руд характерно повышенное содержание V_2O_5 (0,12-0,18 и 0,115 мас.%) и Cr_2O_3 (0,08-0,09 и 0,04 мас.%).

Минералами, представляющими интерес для промышленного извлечения из руд, являются ильменит (8,0-10,1 и 5,1%), титаномагнетит (12,7-13,8 и 13,5%) и апатит (7,1-7,8 и 6,8%). Второстепенные рудные минералы – гематит, гидроксиды железа, рутил и др.

Нерудные минералы представлены плагиоклазом (андезин-лабрадор) – 28,4-30,1 и 28,6%, темноцветными минералами (оливин, моноклинный, реже ромбический пироксены) – в сумме 37,0-36,0 и 45,6%; в небольшом количестве (3,2-3,6%) биотитом.

Сульфиды (в основном, пирротин и пирит) в материале проб руд обоих месторождений содержались в количестве около 0,7%.

Для изучения химического состава титаномагнетита, который отличается высокой изменчивостью не только в пределах месторождений, но и отдельных их участков, из руд были выделены по несколько мономинеральных фракций. Средние данные химических анализов приведены в табл. 1.

Химический состав апатита и ильменита обоих месторождений был определен по результатам химических анализов их концентратов.

Химический состав концентратов рудных минералов Федоровского и Крапивенского месторождений

Концентраты	Месторождения	Содержание химических компонентов, мас.%													
		Fe _{общ.}	Fe _{сд.}	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	V ₂ O ₅
ильменитовый	Федоровское	36,50	0,50	2,20	47,60	0,34	0,072	3,00	43,50	0,40	0,20	1,50	0,03	0,03	0,141
	Крапивенское	36,40	0,60	3,40	46,00	0,27	0,026	3,60	42,80	0,55	0,30	1,70	0,03	0,03	0,113
титаномагнетитовый	Федоровское	50,30	3,30	6,30	16,30	4,20	0,190	20,40	42,20	0,30	0,84	2,00	0,23	0,13	0,750
	Крапивенское	51,50	3,40	4,60	16,90	4,00	0,200	22,20	42,00	0,29	1,01	1,60	0,21	0,12	0,850
мономинеральная фракция титаномагнетита	Федоровское	57,40	–	–	18,50	1,03	0,130	29,60	47,17	0,26	0,21	0,54	–	–	1,420
	Крапивенское	54,20	–	–	25,10	1,60	0,035	24,30	47,80	0,45	–	–	–	–	0,700
апатитовый	Федоровское	0,90	–	0,30	0,50	0,05	0,010	0,15	1,05	0,04	54,30	0,25	0,01	0,01	0,030
	Крапивенское	0,80	0,05	0,70	0,10	1,80	–	0,30	0,75	–	53,60	0,19	0,06	0,01	0,028

Концентраты	Месторождения	Содержание химических компонентов, мас.%					Сумма
		P ₂ O ₅	F	п.п.п.	S	CO ₂	
ильменитовый	Федоровское	0,109	–	–	0,390	0,26	100,270
	Крапивенское	0,102	–	–	0,430	0,27	100,220
титаномагнетитовый	Федоровское	0,210	–	2,80	2,400	0,28	100,150
	Крапивенское	0,190	–	2,70	2,410	0,27	100,270
мономинеральная фракция титаномагнетита	Федоровское	0,534	0,10	1,76	1,630	0,12	100,000
	Крапивенское	–	–	–	–	–	–
апатитовый	Федоровское	–	–	–	–	–	–
	Крапивенское	40,400	3,57	0,40	0,030	0,14	99,520
	Крапивенское	39,700	1,77	1,70	0,062	0,18	100,000

Fe_{общ.} – общее содержание железа; *Fe_{сд.}* – содержание железа в составе сульфидов.

В сумме компонентов учтено уменьшение содержания кислорода в связи с присутствием фтора в составе минералов.

Анализируя приведенные данные, можно заключить, что генетически однотипные руды Федоровского и Крапивенского месторождений в общих чертах идентичны по химическому и минеральному составу. Отличия отмечаются по ряду особенностей, установленных с использованием минералогических и петрографических методов исследований.

Поскольку образование минералов изверженных пород происходит путем кристаллизации из расплава по мере его охлаждения, формирование индивидов минералов (от первых ко все более поздним) происходит с постепенным уменьшением степени их идиоморфизма – от кристаллографически совершенных ко ксеноморфным. Ильменит и особенно титаномагнетит – последние по времени образования магматические минералы – не только кристаллизуются в стесненных условиях, но и располагаются в ограниченном пространстве. Поэтому их агрегаты часто имеют характер цемента по отношению к более идиоморфным индивидам силикатов, образуют сидеронитовые структуры. Индивиды и агрегаты их характеризуются сложными, заливообразными очертаниями.

Характерной особенностью магматического процесса является то, что минералы образуются в условиях постоянного изменения химического состава остаточного расплава и концентрации его компонентов. Может происходить дифференциация (расслоение) расплава, поступать новые его порции, что создает еще более сложные условия кристаллизации, сопровождающиеся оплавлением ранее образованных выделений минералов и даже полным их расплавлением и усвоением расплавом.

Кроме того, снижение температуры в магматическом очаге может привести к обособлению минеральных фаз уже на стадии твердого состояния вещества с образованием структур распада твердого раствора, например, включений ильменита, Mg-, Al-, Ti-шпинелей в кристаллах магнетита, пойкилитов магнетита в кристаллах пироксена и др.

Особенностью всех структур распада твердого раствора является очень малый, измеряемый микрометрами размер включений. При промышленной переработке руд, в том числе

обогащении это может привести к технологическим сложностям, ошибкам в оценке качества руд, эффективности их обогащения.

Ниже приведена характеристика рудных минералов изученных месторождений.

Апатит относительно равномерно распределен разных горных породах обоих месторождений. Но для габбро-перидотитов и перидотитов отмечается более высокое его содержание в сравнении с габбро. По химическому составу отвечает фтор-апатиту: содержание фтора в апатите Федоровского месторождения составляет 3,57 мас.%; Крапивенского – 1,77 мас.% (табл. 1). В небольшом количестве присутствуют анионы OH^- и CO_3^{2-} . Содержание других химических компонентов в составе апатитов близки.

Кристаллы апатита (рис. 1-3) характеризуются четко выраженным идиоморфизмом, преобладающие габитусные формы – гексагональная призма и гексагональная дипирамида. Размер их до 0,25 мм в поперечнике и до 0,4 мм в длину.

Для руд обоих месторождений характерна пространственная связь выделений апатита и рудных минералов – ильменита и особенно титаномагнетита. Кристаллы апатита часто образуют в них включения (рис. 2, 3).

Индивиды апатита изредка также содержат включения рудных минералов, обычно магнетита. Его мелкие кристаллы образуют закономерно распределенные включения или струйчатые скопления (одиночные или несколько субпараллельных), пересекающие кристаллы апатита.

Ильменит встречается в виде сравнительно крупных (0,06-0,7 мм) индивидов слегка вытянутой неправильной формы (рис. 2). В участках гипергенных изменений руд приобретают блочное строение (рис. 1а). При измельчении такие кристаллы обычно дают пластинчатые, скорлуповатые сколы.

В рудах обоих месторождений кристаллы ильменита обычно присутствуют в сростаниях с выделениями титаномагнетита. Значительно реже индивиды и агрегаты этих минералов наблюдаются отдельно (рис. 1-4).

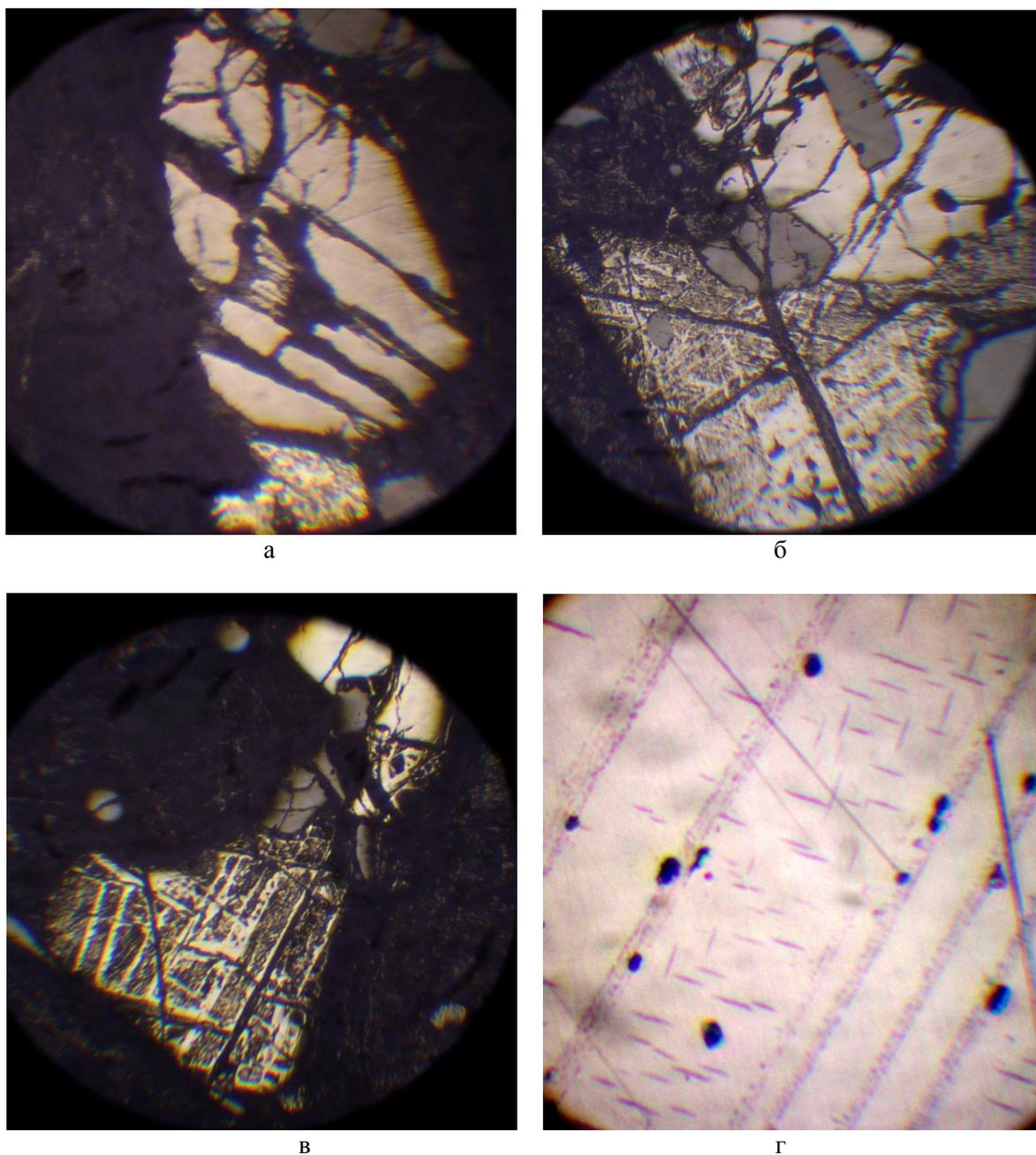


Рис. 1. Особенности морфология и анатомии индивидов и агрегатов рудных минералов Федоровского месторождения.

а – субпараллельное блоковое строение индивида ильменита; б – сросток ильменита, титаномагнетита со структурой распада твердого раствора и апатита (кристаллы темносерого цвета); в – тонкопластинчатый ильменит – продукт распада твердого раствора титаномагнетита, замещенного гидроксидами железа (темносерое); г – дисковидные включения шпинели и магнезиоферрита (цепочки мелких округлых нанокристаллов) в индивиде титаномагнетита.

Отраженный свет; без анализатора; увеличение: $95\times$ (а, б, в) и $900\times$ (г).

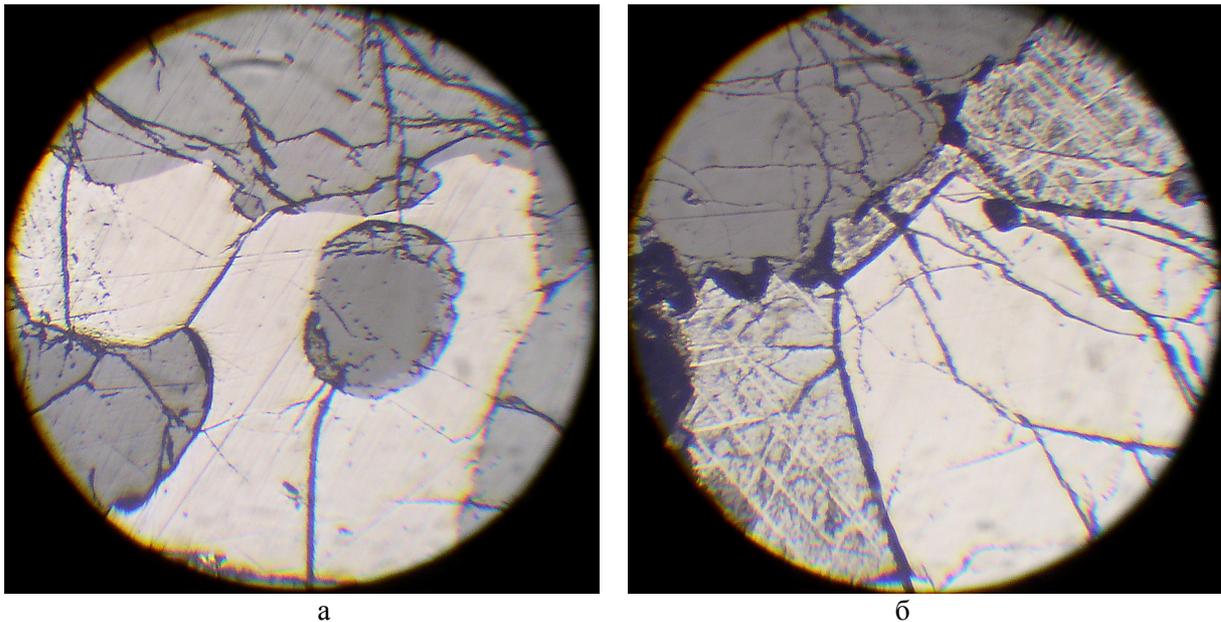


Рис. 2. Форма выделений ильменита и титаномагнетита в рудах Крапивенского месторождения.

а – формы кристаллов ильменита (светлосерое); серое – пироксен; темносерое – апатит; *б* – сросток кристаллов ильменита (светлосерое) и магнетита (серое); выделения магнетита содержат продукты распада твердого раствора, представленные пластинчатыми кристаллами ильменита второй генерации; темносерое – пироксен.

Отраженный свет; без анализатора, увеличение 95^x.

Размер совместных агрегатов ильменита и титаномагнетита до 1,4 мм, форма их сложная. Но и в сростках выделения ильменита, имеющие размером 0,1-0,6 мм, имеют четкие границы с кристаллами титаномагнетита, являются более идиоморфными по сравнению с ними.

В полированных шлифах ильменит отличается от магнетита более высокой степенью полировки, отражательная способность его выше, что, вероятно, объясняется присутствием в его составе заметного количества Fe_2O_3 . Наличие Fe_2O_3 в ильмените как Федоровского (3,0-3,6), так и Крапивенского (3,3)% месторождений подтвердили данные химических анализов (табл. 1). Однако структуры распада твердого раствора ильменита с образованием включений гематита не наблюдаются, что, по мнению П.Рамдора [1], характерно для ильменита, содержащего Fe_2O_3 в количестве менее 5%.

По содержанию минералообразующих химических компонентов ильмениты изученных месторождений близки: TiO_2 46,0-47,6 и 47,5; FeO 42,8-43,5 и 42,6 мас.%. Ильменит Федоровского месторождения по сравнению с ильменитом Крапивенского характеризуется более высоким содержанием V_2O_5 и Cr_2O_3 , соответственно, – 0,113-0,141 и 0,026 против 0,060 и 0,007%.

В качестве включений в кристаллах и агрегатах ильменита постоянно присутствуют идиоморфные кристаллы апатиты, реже ксеноморфные выделения сульфидов.

Титаномагнетит является основным рудным минералом, в рудах обоих месторождений его содержание составляет около 13 мас.%. Образует обособленные неправильной формы индивиды и агрегаты размером до 0,25 мм (Федоровское месторождение) и до 0,6 мм (Крапивенское месторождение), но чаще при-

существует в совместных агрегатах с ильменитом (рис. 1-3). Нередко выделения титаномаг-

нетита раздроблены, трещины в них залечены силикатами.

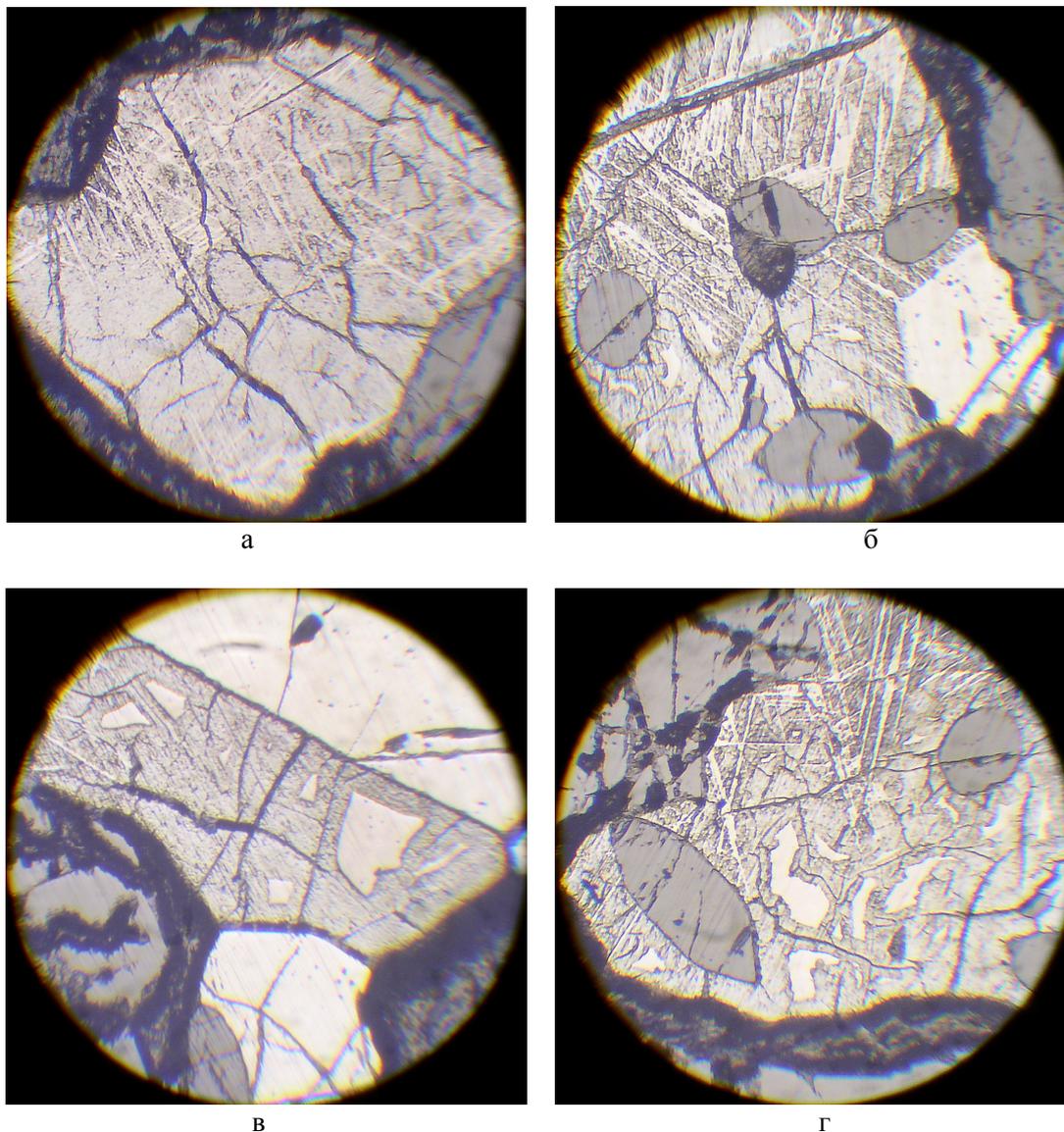


Рис. 3. Особенности морфологии и внутреннего строения выделений титаномагнетита Крапивенского месторождения.

а – однородный титаномагнетит (светлосерое), переходящий в магнетит с вростками пластинчатых кристаллов ильменита (белое) – продуктов распада твердого раствора; б – агрегат индивидов частично выветренного титаномагнетита с включениями кристаллов ильменита и апатита (темносерое); в, г – оплавленные включения ильменита в кристаллах титаномагнетита, в последних – пластинчатые включения апатита и ильменита – продукта распада твердого раствора.

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 95^x.

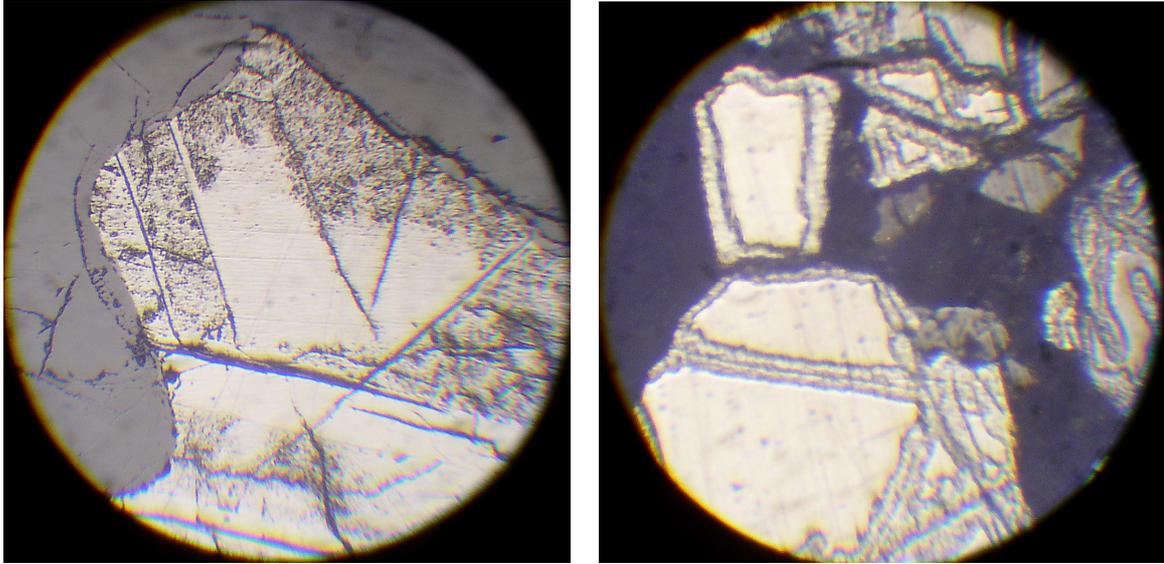


Рис. 4. Некоторые особенности генетического и пространственного взаимоотношения выделений титаномагнетита и других минералов Крапивенского месторождения.

а – многочисленные тонкие выделения силикатов (темносерое) в периферийных частях индивидов титаномагнетита (светлосерое); *б* – каймы и секущие прожилки лейкококсена (серое) – продукта гипергенного замещения кристаллов ильменита (белое).

Отраженный свет; без анализатора; увеличение 95^x.

Микроструктура титаномагнетита каждого месторождения достаточно сложна и своеобразна. Отличительной особенностью титаномагнетита **Федоровского месторождения** является неоднородность его не только по химическому составу, но и микроструктуре, наличию минеральных включений. Эти характеристики меняются не только от кристалла к кристаллу, но, иногда, и в пределах одного индивида, определяя его зональное строение.

По микроскопическим данным, только небольшое количество выделений титаномагнетита имеет однородное строение. Чаще в пределах его индивидов в разных количественных соотношениях присутствуют от 2 до 4 минеральных фаз, являющихся продуктами распада твердого раствора титаномагнетита.

Как правило, компонентами структур распада являются магнетит и ильменит. Первый количественно преобладает, среднее его содержание около 70%. Выделения с обратным количественным соотношением встречаются очень редко. Не исключено, что ильменит не

является стехиометрическим (FeTiO_3), а содержит примесь Mg и Mn.

Магнетит обычно образует матрицу продуктов распада, в которой образуют включения пластинчатые, дисковидные кристаллы ильменита толщиной от менее 1 до 2-3, реже до 5 мкм. В расположении пластинок ильменита иногда устанавливается их ориентировка по октаэдрической отдельности в кристаллах магнетита – вплоть до образования решетчатых структур (рис. 1б, 2б, 3г).

В отдельных индивидах титаномагнетита компонентами структур распада твердого раствора являются шпинели – титановая (ульвешпинель), алюминиевая (герцинит), магниевая (магнезиоферрит). В кристаллах магнетита они образуют пластинчатые, дисковидные, изометричные включения размером около 1 мкм (рис. 1 г).

Своеобразными продуктами распада твердых растворов являются изредка встречающиеся тонкозернистые включения силикатов в кристаллах титаномагнетита.

При микроскопическом изучении полированных шлифов руд **Крапивенского месторождения** отмечается близость оптических характеристик титаномагнетита и ильменита. При известном навыке титаномагнетит можно отличать по светлосерому цвету с красновато-коричневым оттенком; для ильменита характерен голубоватый оттенок.

Выветривание сопровождается окислением и частичным выщелачиванием магнетитовой составляющей титаномагнетита, четким проявлением пластинчатых включений ильменита, устойчивого к действию гипергенных факторов (рис. 3).

Размер индивидов титаномагнетита и ильменит близок (0,03-0,6 мм). Обычно они образуют в рудах совместные агрегаты.

Кристаллы титаномагнетита Крапивенского и Федоровского месторождений редко характеризуются однородным строением. Обычно они содержат включения мелких выделений двух и более минеральных фаз, являющихся продуктами распада твердого раствора титаномагнетита. В структурах распада крапивенского титаномагнетита обычно присутствуют выделения магнетита и ильменита. Магнетит обычно составляет матрицу структуры, в которой заключены пластинки ильменита толщиной от нескольких долей до 2-3, реже до 8-10 мкм. Характерна ориентировка пластинок согласно октаэдрической отдельности кристаллов магнетита, нередко с образованием решетчатых структур (рис. 2 б).

Еще одной особенностью крапивенского титаномагнетита является присутствие в его кристаллах и агрегатах включений полуоплавленных выделений ильменита размером до 0,05-0,10 мм (рис. 3 в, г). По нашему мнению, они являются реликтами первичных кристаллов ильменита, испытавшими расплавление в связи со снижением содержания титана в поздних порциях расплава. Эта особенность строения выделений титаномагнетита, вероятно, является причиной более высокого содержания TiO_2 (до 25,1 мас.%) в составе крапивенского титаномагнетита по сравнению с федоровским (18,5 мас.%). Это характерно и для титаномагнетитовых концентратов, полученных из руд месторождений (табл. 1).

С позиции своеобразия и высокой скорости кристаллизации рудных минералов Крапивенского месторождения объяснимы реакционные каймы вокруг индивидов титаномагнетита и присутствие в их периферийных зонах силикатных включений (рис. 4а).

Результаты минералогических исследований руд Федоровского и Крапивенского месторождений использовались при их оценке как исходного сырья и при разработке технологии их обогащения с целью производства фосфор- и титан-содержащих концентратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Рамдор П.** Рудные минералы и их сравнения // Москва: Изд. Иностранной литературы, 1962. – 1132 с.

ЗИМА С.М. Рудні мінерали Федорівського й Кропивенського родовищ Українського щита.

Резюме. Предметом досліджень були ільменіт, титаномагнетит і апатит Федорівського й Кропивенського родовищ Житомирської області в зв'язку з мінералогічним обґрунтуванням технології збагачення їх комплексних руд. Рудні поклади приурочені до масивів олівін-піроксен-плагіоклазового габро (Федорівське родовище) та габро-перидотиту (Кропивенське). Порооди характеризуються крупнокристалічною структурою; текстура руд рівномірно вкраплена. Середній вміст $Fe_{заг}$ в складі руд Федорівського й Кропивенського родовищ, відповідно (мас.%), 20,70-21,50 і 21,20; TiO_2 6,90-7,80 і 6,35; P_2O_5 2,680-2,960 і 2,490; вміст сірки 0,290-0,270 і 0,215 мас.%. Для руд характерний відносно високий вміст V_2O_5 (0,120-0,180 і 0,115 мас.%) і Cr_2O_3 (0,080-0,090 і 0,040 мас.%). Кількість рудних мінералів: ільменіту 8,0-10,1 і 5,1%; титаномагнетиту 12,7-13,8 і 13,5%; апатиту 7,1-7,8 і 6,8%. Переважна кількість індивідів рудних мінералів має розмір від 0,1 до 1 мм. Рудоутворювальні нерудні мінерали представлені плагіоклазом

(андезин-лабрадор) – 28,4-30,1 і 28,6% і темноколірними мінералами (олівін, моноклінний, рідше ромбічний піроксени) – загалом 37,0-36,0 і 45,6%. В незначній кількості (3,2-3,6%) присутній біотит. Вміст сульфідів (головним чином, пірротину й піриту) в середньому близько 0,7%. Руди Федорівського та Кропивенського родовищ багато в чому ідентичні. Індивіди ільменіту та особливо титаномагнетиту найбільш ксеноморфні з рудних мінералів, їх індивіди й агрегати характеризуються складними, затокоподібними обрисами, утворюють сидеронітові структури. Для кристалів титаномагнетиту обох родовищ характерна присутність дрібних пластинчастих, дископодібних, ізометричних включень ільменіту, ульвешпінелі, герциніту, магнезіофериту – продуктів розпаду твердого розчину. Ільменіт Федорівського й Кропивенського родовищ характеризується підвищенням (3,00-3,60 мас.%) вмістом Fe_2O_3 . За вмістом мінералотворних хімічних компонентів ільменіти родовищ близькі (відповідно): TiO_2 46,00-47,60 і 47,50; FeO 42,80-43,50 і 42,60 мас.%. Апатит обох родовищ відноситься до фтор-вмісного різновиду, характеризується високим ступенем ідіоморфізму кристалів діпірамідально-призматичного габітусу. Індивіди апатиту часто утворюють включення у виділеннях ільменіту й титаномагнетиту. Виявлена також низка відмінностей рудних мінералів досліджених родовищ. Ільменіт Федорівського родовища порівняно з ільменітом Кропивенського характеризується більш високим вмістом V_2O_5 і Cr_2O_3 , відповідно, – 0,113-0,141 і 0,026 проти 0,060 і 0,007 мас.%. Особливістю кропивенського титаномагнетиту є присутність у його кристалах і агрегатах напівоплавлених включень ільменіту першої генерації розміром до 0,05-0,10 мм. Це є причиною більш високого вмісту TiO_2 (до 25,10 мас.%) в складі кропивенського титаномагнетиту в порівнянні з федорівським (18,50 мас.%).

Ключові слова: Український щит, основні магматичні породи, магматогенні руди, ільменіт, титаномагнетит, апатит, хімічний склад мінералів, генезис руд.

ЗИМА С.Н. Рудные минералы Федоровского и Крапивенского месторождений Украинского щита.

Резюме. Предметом исследований были ильменит, титаномагнетит и апатит Федоровского и Крапивенского месторождений Житомирской области в связи с минералогическим обоснованием технологии обогащения их комплексных руд. Рудные залежи приурочены к массивам оливин-пироксен-плагноклазового габбро (Федоровское месторождение) и габбро-перидотита (Крапивенское). Породы характеризуются крупнокристаллической структурой; текстура руд равномерно вкрапленная. Среднее содержание $Fe_{общ.}$ в составе руд Федоровского и Крапивенского месторождений, соответственно (мас.%), 20,70-21,50 и 21,20; TiO_2 6,90-7,80 и 6,35; P_2O_5 2,680-2,960 и 2,490; содержание серы 0,290-0,270 и 0,215 мас.%. Для руд характерно сравнительно высокое содержание V_2O_5 (0,120-0,180 и 0,115 мас.%) и Cr_2O_3 (0,080-0,090 и 0,040 мас.%). Количество рудных минералов: ильменита 8,0-10,1 и 5,1%; титаномагнетита 12,7-13,8 и 13,5%; апатита 7,1-7,8 и 6,8%. Преобладающее количество индивидов рудных минералов имеет размер от 0,1 до 1 мм. Рудообразующие нерудные минералы представлены плагноклазом (андезин-лабрадор) – 28,4-30,1 и 28,6% и темноцветными минералами (оливин, моноклинный, реже ромбический пироксены) – в сумме 37,0-36,0 и 45,6%. В небольшом количестве (3,2-3,6%) присутствует биотит. Содержание сульфидов (в основном, пирротина и пирита) в среднем около 0,7%. Руды Федоровского и Крапивенского месторождений во многом идентичны. Ильменит и особенно титаномагнетит наиболее ксеноморфные из рудных минералов, их индивиды и агрегаты характеризуются сложными, заливообразными очертаниями, образуют сидеронитовые структуры. Для кристаллов титаномагнетита обоих месторождений характерно присутствие мелких пластинчатых, дисковидных, изометричных включений ильменита, ульвешпінелі, герциніта, магнезіоферрита – продуктов распада твердого раствора. Ильменит Федоровского и Крапивенского месторождений характеризуется повышенным (3,00-3,60 мас.%) содержа-

нием Fe_2O_3 . По содержанию минералообразующих химических компонентов ильмениты месторождений близки (соответственно): TiO_2 46,00-47,60 и 47,50; FeO 42,80-43,50 и 42,60 мас.%. Апатит обоих месторождений относится ко фтор-содержащей разновидности, характеризуется высокой степенью идиоморфизма кристаллов дипирамидально-призматического габитуса. Индивиды апатита часто образуют включения в выделениях ильменита и титаномагнетита. Выявлен также ряд отличий рудных минералов изученных месторождений. Ильменит Федоровского месторождения по сравнению с ильменитом Крапивенского характеризуется более высоким содержанием V_2O_5 и Cr_2O_3 , соответственно, 0,113-0,141 и 0,026 против 0,060 и 0,007 мас.%. Особенностью крапивенского титаномагнетита является присутствие в его кристаллах и агрегатах полуплавленных включений ильменита первой генерации размером до 0,05-0,10 мм. Это является причиной более высокого содержания TiO_2 (до 25,10 мас.%) в составе крапивенского титаномагнетита по сравнению с федоровским (18,50 мас.%).

Ключевые слова: Украинский щит, основные магматические породы, магматогенные руды, ильменит, титаномагнетит, апатит, химический состав минералов, генезис руд.

ZIMA S.M. Ore minerals from the Fedorivske and the Kropyvenske deposits of the Ukrainian Shield.

Summary. Ilmenite, titanomagnetite and apatite of the Fedorivske and the Kropyvenske deposits of Zhytomyrska oblast are the subject of the research. Complex ores of both deposits were studied by the scientific-research and design institute "Mechanobrchromet" (Kryvyi Rih) in relation to their concentration.

Disseminated ores deposits were limited to olivine-pyroxene-plagioclase gabbro (the Fedorivske deposit) and gabbro-peridotite (the Kropyvenske deposit) massifs. The rocks are characterized by coarse-grained structure; their texture is evenly disseminated.

Average Fe total content in ores of the Fedorivske and the Kropyvenske deposits is (mass.%) 20.7-21.5 and 21.2 accordingly; TiO_2 6.9-7.8 and 6.35; P_2O_5 2.68-2.96 and 2.49. Amount of non-metallic components (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , CaO) is 58.6-57.1 and 58.7 accordingly; that of alkali oxides is 2.11-1.97 and 1.50; sulfur mass.% 0.29-0.27 and 0.215; iron in sulphides mass.% 0.30-0.40 and 0.35. High V_2O_5 content (0.12-0.18 and 0.115 mass.%) and that of Cr_2O_3 (0.08-0.09 and 0.04 mass.%) are typical for the ores.

Ilmenite (8.0-10.1 and 5.1%), titanomagnetite (12.7-13.8 and 13.5%) and apatite (7.1-7.8 and 6.8%) are the minerals that are of industrial interest. Predominant amount of ore mineral individuals have size from 0.1 to 1 mm. Accessory ore minerals are hematite, iron hydroxide, rutile and others. Ore forming non-metallic minerals are represented by silicates: plagioclase (andesine-labradorite) 28.4-30.1 and 28.6% and dark-coloured minerals (olivine, monoclinous, less abundant rhombic pyroxene) 37.0-36.0 and 45.6% together. There is a small amount of biotite (3.2-3.6%). Sulphides content (mainly pyrite and pyrrhotine) is about 0.7% in average.

According to the data of petrological, mineralogical and geochemical studies, genetically homogeneous ores of the Fedorivske and the Kropyvenske deposits are mostly identical. Ilmenite, and particularly titanomagnetite, which are the latest magmatic minerals, are the most xenomorphic in ores. Their individuals and aggregates have complicated outlines, form sideronitic structures. Presence of small platy, disk-shaped, isometric inclusions of ilmenite, ulvespinel, hercynite, magnesioferrite, that are solid solution decomposition products, are typical for titanomagnetite crystals of both deposits. Ilmenite of the Fedorivske and the Kropyvenske deposits is characterized by increased Fe_2O_3 content (3.0-3.6 mass.%). After mineral forming chemical components, ilmenites of the deposits are quite close: TiO_2 46.0-47.6 and 47.5 accordingly; FeO 42.8-43.5 and 42.6 mass.%. The apatite of both deposits refers to fluorine containing variety; it is characterized by high degree of idiomorphism of crystals of bipyra-

midal-prismatic habitus. The apatite crystals often make inclusions in individuals of ilmenite and titanomagnetite.

A range of differences between ore minerals of the studied deposits has been determined. Ilmenite of the Fedorivske deposit is characterized by higher V_2O_5 and Cr_2O_3 content comparing to that of the Kropyvenske deposit: 0.113-0.141 and 0,026 against 0.060 and 0.007 mass.% accordingly. The Kropyvenske deposit titanomagnetite peculiarity is presence of semi-fritted ilmenite inclusions of the first generation having size up to 0.05-0.10 mm in its crystals and aggregates. This causes higher TiO_2 (up to 25.1 mass.%) content in the Kropyvenske deposit titanomagnetite comparing to the Fedorivske one (18.5 mass.%).

The results of mineralogical studies of ores from the Fedorivske and the Kropyvenske deposits were used when estimating them as initial raw material and when elaborating their beneficiation technology in order to produce phosphorus and titanium containing concentrates.

Key words: Ukrainian Shield, basic magmatic rocks, magmatic ores, ilmenite, titanomagnetite, apatite, chemical composition of minerals, ores genesis.

*Надійшла до редакції 23 грудня 2014 р.
Представив до публікації доц. Є.В.Євтехов.*