

Автори благодарны к геол.-мин. н. В.Л. Стефанскому за помощь в проведении исследований, сотрудникам КП «Кировгеология» к. геол. н. А.А. Калашник и ГП «Центрукргеология» А.Н. Нечаенко за предоставление kernового, фондового и графического материала.

Список литературы

1. Создание комплексной модели для проведения средне-крупномасштабных прогноз-но-поисковых исследований на коренные и россыпные месторождения алмазов (на примере центральной части Украинского щита (УЩ)) / [С.В. Бирук, С.Н. Бекеша, О.Ф. Макивчук и др.] // Материалы региональной научно-практической конференции «Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века». – Воронеж: ВГУ, 2003. – 742 с.
2. Перспективы коренной алмазоносности Украины / [Ю.В. Гейко, Д.С. Гурский, Л.И. Лыков и др.] – Л.: Центр Европы, 2006. – 224 с.
3. Калашник А.А. Геолого-структурные особенности пространственного размещения кимбер-литопроявлений и урановорудных объектов в Кировоградском рудном районе Украинского щита / А.А. Калашник, Г.М. Москаленко // Мінерал. ресурси України. – 2010. – № 2. – С. 8–17.
4. Федоришин Ю.І. Петрографічні особливості кимберлітового (лампроїтового) вулканізму мезо-кайнозойського віку в межах центральної частини Інгульського мегаблоку (Український щит) / Ю. Федоришин, Н. Тріска // Мінерал. зб. – 2008. – № 58, Вип. 1–2. – С. 73–79.
5. Никсон П. Алмазоносные вулканокластические кимберлиты в морских осадках мелового возраста / Никсон П., Лехи К. // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – Вып. 1. – С. 19–24.
6. Минерагения платформенного магматизма (траппы, карбонатиты, кимберлиты) / [С.В.Белов, А.В.Лапин, А.В.Толстов, А.А. Фролов] – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 537 с.
7. Зинчук Н.Н. Постмагматические минералы кимберлитов / Н.Н. Зинчук. – М.: Недра, 2000. – 538 с.
8. О проявлении флюидно-эксплозивных образований в осадочных комплексах северной части центрального района Ингульского мегаблока / М.В. Рузина, О.А. Терешкова, В.Л. Стефанский и др. // Тезисы VII Международной научно-практической конференции «Проблемы теоретической и прикладной минералогии, геологии, металлогении горнодобывающих регионов». – Кривой Рог: КТУ, 2010. – С. 105–108.

ТИТАНОМАГНЕТИТ КРОПИВЕНСЬКОГО РОДОВИЩА УКРАЇНИ

В.М. Харитонов, Криворізький технічний університет, Україна

Наведені відомості про особливості хімічного складу і морфології індивідів титаномagnetиту Кропивенського родовища. Пропонується розмежування поняття «титаномagnetит». Під цим терміном слід розуміти magnetит з вмістом двооксиду титану понад 5,0 мас.%. Окремий мінеральний вид – ульвошпінель (ульвіт) позначати власною назвою. Magnetит чи титаномagnetит (понад 5% TiO_2) з механічними вrostками ульвошпінелі або ільменіту розглядати як мінеральний агрегат з назвою «ульвошпінель+magnetитовий» «ульвошпінель+титаномagnetитовий», або «ільменіт+magnetитовий» чи «ільменіт+титаномagnetитовий».

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В сучасній і класичній літературі терміном „титаномagnetит” позначають: 1) різновид magnetиту з вмістом TiO_2 від декількох одиниць до перших десятків процентів; 2) самостійний мінеральний вид – ульвошпінель $Fe^{2+}(Fe^{2+}Ti^{4+})O_4$ – представник серії magnetиту групи шпінелі [3]; за О.С.Поваренних [5] це лідер

власної підгрупи в групі шпінелі і 3) магнетит з механічними включеннями ульвошпінелі, ільменіту, або рутилу – продуктів розпаду твердих розчинів в мінералі-носії. В рудах Кропивенського родовища містяться мінеральні індивіди і агрегати, які підпадають під всі три варіанти визначення титаномагнетиту. З врахуванням різного рівня титаноносності магнетиту, ільменіту і ульвошпінелі, важливим є більш чітке розмежування поняття „титаномагнетит”. Посилюється ця науково-прикладна проблема в зв'язку зі сталою зацікавленістю науковців і представників бізнес-структур корінною титановою сировиною, адже проведення лабораторно-технологічних досліджень з вдосконалення методик її переробки, вимагатимуть експресного високоякісного мінералогічного аналізу вихідних руд та продуктів їх збагачення. Ця потреба буде актуальною і під час освоєння родовищ, оскільки будь-яка технологічна схема потребує остаточної доводки під час впровадження у виробництво.

Аналіз досліджень та публікацій. Кропивенське родовище Житомирської області – яскравий представник в Україні корінних джерел фосфор-титанової сировини. Просторово і генетично воно пов'язано з Володарськ-Волинським масивом основних порід Коростенського плутону. В межах масиву виявлена Кропивенська інтрузія титаноносних габро-перидотитів [1, 4]. Головними рудними мінералами на родовищі є титаномагнетит, ільменіт і ульвошпінель (ульвіт). Втрюх вони складають рудні сидеронітові включення в силікатній матриці базит-гіпербазитів. Апатит спостерігається у вигляді тонких видовжених індивідів в зрощеннях з іншими мінералами руд. Нерудні мінерали представлені піроксеном, олівіном, роговою обманкою, рідше плагіоклазом. Сульфіди (піротин, пентладнит, пірит і халькопірит) присутні в рудах як акцесорії.

Титанові руди родовища Л.С.Галецьким і О.О.Ремезовою віднесені до специфічного, єдиного відомого в межах українського щита, апатит-ільменіт-титаномагнетит-ульвошпінелевого типу. Серед інших мінеральних типів корінних Р-Ті-руд також виділяють: 1) апатит-титаномагнетит-ільменітові руди крайових фацій; 2) апатит-ільменітові і 3) ільменітові руди малих інтрузій [1]. Таким чином, в назві мінерального типу кропивенських руд зберігається нерозмежованність поняття „титаномагнетит”.

Постановка завдання. Своїми дослідженнями автор намагався конкретизувати змістовний сенс назви „титаномагнетит”, закріпивши її за одним з мінеральних видів титану і заліза в рудах Кропивенського родовища. З цією метою були проведені експерименти з визначення вмісту титану в трюх рудних мінералах – магнетиті, ульвошпінелі та ільменіті. Досліди проводились за допомогою растрового електронного мікроскопу-мікроаналізатору «РЭММА-102-02». Кількість точок зондування становила близько двохсот.

Викладення матеріалу та результати. Для вирішення поставленої задачі вивчались зразки фосфор-титанових руд Кропивенського родовища. Було відібрано 81 мінералогічну пробу методом 9-точечного опробування [2], тобто з кожної з дев'яти точок було відібрано по 9 рядових проб для виготовлення прозорих і полірованих препаратів. Мінералогічні проби були відібрані з технологічної проби, на якій співробітниками науково-дослідної частини ДВНЗу «Криворізький національний університет» проводились дослідження фосфор-титанових руд Кропивенського родовища на збагачуваність. Маса проби становила 1720,0 кг. Середній вміст двооксиду титану – 6,18, пентаксиду фосфору – 2,86 мас. %.

Технологічну пробу представляли у певному співвідношенні фосфор-титаносні габро-перидотити і перидотити. Макроскопічно це породи темно-сірого кольору з зеленуватим відтінком, зі світло-сірими плямами. Структура породи середньо-, крупнозерниста, порфіровидна. Текстура однорідна, вкраплена, рідше плямиста (рис.1).



Рис.1. Структурно-текстурні особливості габро-перидотитів (а) і перидотитів (б), що складають технологічну пробу титаномагнетитової руди Кропивенського родовища.
а – рядова проба 5/3; б – рядова проба 9/4.

Мінеральний склад фосфор-титанових руд, досліджених автором, досить однорідний і характеризується невеликим набором мінералів. Нерудні мінерали представлені плагіоклазом, олівіном, піроксеном, рідше біотитом, хлоритом, серпентином, роговою обманкою; рудні – ільменітом, титаномагнетитом, ульвошпінеллю, апатитом (табл.1).

Таблиця 1

Середній мінеральний склад фосфор-титанової руди Кропивенського родовища

№ точки відбору (кількість рядових проб)	Мінерали										
	апатит	олівін	піроксен	плагіоклаз	інші**	рудний	титаномагнетит	ільменіт	ульвошпінель	сульфіди*	Всього
1	6,75	14,46	45,68	10,19	0,64	22,29					100,00
							11,89	4,07	5,94	0,40	22,30
2	6,99	13,25	41,70	10,73	0,55	26,79					100,00
							14,26	4,73	7,13	0,68	26,80
3	8,26	14,46	45,78	7,30	1,88	22,31					100,00
							11,94	3,88	5,97	0,53	22,31
4	7,19	15,31	48,76	4,86	1,78	22,10					100,00
							11,77	3,89	5,89	0,50	22,05
5	7,20	14,26	44,99	5,48	1,61	26,46					100,00
							14,06	4,67	7,03	0,69	26,44
6	8,01	15,58	46,42	6,93	1,99	21,08					100,00
							11,3	3,65	5,65	0,48	21,07
7	5,74	13,30	41,77	18,43	2,00	18,78					100,00
							10,13	3,19	5,06	0,40	18,78
8	4,64	16,64	53,01	3,34	0,99	21,39					100,00
							11,47	3,72	5,73	0,48	21,39
9	6,64	14,80	41,01	12,96	1,26	23,33					100,00
							12,64	3,65	6,32	0,70	23,31
Середнє по пробі	6,82	14,67	45,46	8,91	1,41	22,72					100,00
							12,16	3,94	6,08	6,08	28,26

* – піротин, пентландит, халькопірит, пірит

** – біотит, хлорит, серпентин, рогова обманка, гідрогетит

Піроксен є головним породоутворюючим мінералом в досліджених пробах (значення його вмісту змінюється від 18,7 до 57,1, в середньому 45,46 об.%). Зустрічається у вигляді окремих ксеноморфних, рідше гіпідіоморфних зерен розміром від 0,7 до 5,3 в середньому 2,7 мм, а також гніздовидних скупчень неправильної форми. Для мінералу властиві тісні зрощення з олівіном, титаномагнетитом, ільменітом і апатитом.

Олівін зустрічається у вигляді ксеноморфних зерен. Переважний розмір – 0,2-6,9, в середньому 3,4 мм. Просторово пов'язаний з піроксеном і рудним мінералом, рідше плагіоклазом, апатитом. В окремих рядових пробах утворює облямівку коло рудного мінералу.

Плагіоклаз присутній в різних кількостях в дослідженій руді. Як правило, відіграє підпорядковану роль порівняно з піроксеном і олівіном, проте, іноді, утворює широкі лінзовидні та жилоподібні скупчення більш крупних кристалів, ніж в основній масі сировини. Розмір зерен коливається від 0,6 до 15,4, в середньому 3,7 мм.

Апатит представлений ідіоморфними, гіпідіоморфними, рідше ксеноморфними зернами розміром 0,2-2,3 мм по видовженню і 0,01-0,8 мм в поперечному перетині. Міститься в піроксені, титаномагнетиті, олівіні, плагіоклазі у вигляді окремих включень та двійників (рис.2).

Біотит в дослідженій руді за поширеністю відіграє різко підпорядковану роль. Зустрічається у вигляді включень в піроксені, рідше в апатиті. Також утворює облямівки навколо зерен титаномагнетиту, ільменіту, піроксену і олівіну. Розмір зерен біотиту за видовженням зрізів крутонахилених лусок – 0,01-0,7 мм, в середньому – 0,33, за шириною 0,002-0,22, в середньому – 0,078.

Хлорит типовий вторинний мінерал – виповнює прожилки в темнокольорових мінералах – олівіні і піроксені. Іноді виповнює інтерстиції індивідів головних породоутворюючих мінералів.

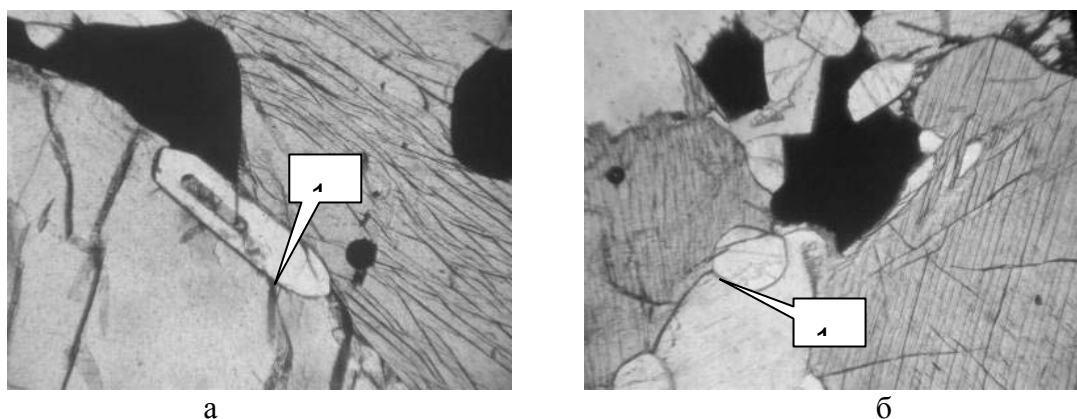


Рис. 2. Включення апатиту (1) в плагіоклаз-титаномагнетит-олівін-піроксеновій масі. Прохідне світло. Ніколі II. а, б – зб. 180^х.

Титаномагнетит є головним рудним мінералом, його вміст коливається від 6,7 до 27,53, в середньому 18,24 об.%. Власне під цією назвою зазначають магнетит, зерна якого містять механічні вrostки ільменіту і ульвошпінелі, що обумовлено розпадом твердих розчинів. За формою, скупчення титаномагнетитових зерен, є ксеноморфними, що визначає сидеронітовий характер мікроструктури руди (рис.3). Іноді зустрічаються сферолітоподібні і гіпідіоморфні зерна титаномагнетиту.

Частина рудних включень не містить наслідки розпаду твердих розчинів, тобто являють собою власне магнетит. Зерна останнього за поширеністю поступаються титаномагнетиту, тому окремо не підраховувались в мінеральному складі руди. Титаномагнетит утворює складні контури зростання з плагіоклазом, піроксеном, олівіном і сульфідами. З апатитом характер зростань простіше, що обумовлене ідіоморфізмом першого. Але наявність дрібних включень апатиту в окремих зернах титаномагнетиту магнетиту, буде ускладнювати розкриття цих двох рудних мінералів.

Розмір магнетитових індивідів коливається в широких межах від 0,001 мм до 1,23 мм, в середньому становить 0,59 мм. В частково вивітрілих відмінах руд онтогенію

титаномагнетиту доповнюють фізичні (тріщинуватість) та хімічні зміни (розчинення, заліковування вторинними мінералами).

Ільменіт другий за поширеністю рудний мінерал. Його кількість змінюється від 1,10 до 6,24, в середньому становить 3,94. Зустрічаються у вигляді гіпідіоморфних зерен, а також утворює структури розпаду твердих розчинів з магнетитом. У зростаннях найчастіше зустрічається з магнетитом, піроксеном, олівіном, апатитом. Іноді ільменітові зерна мають біотитову облямівку. Розмір зерен по видовженню зрізів косонахилених пластин 0,34-1,87 мм, по ширині – 0,02-0,30 мм (рис. 3).

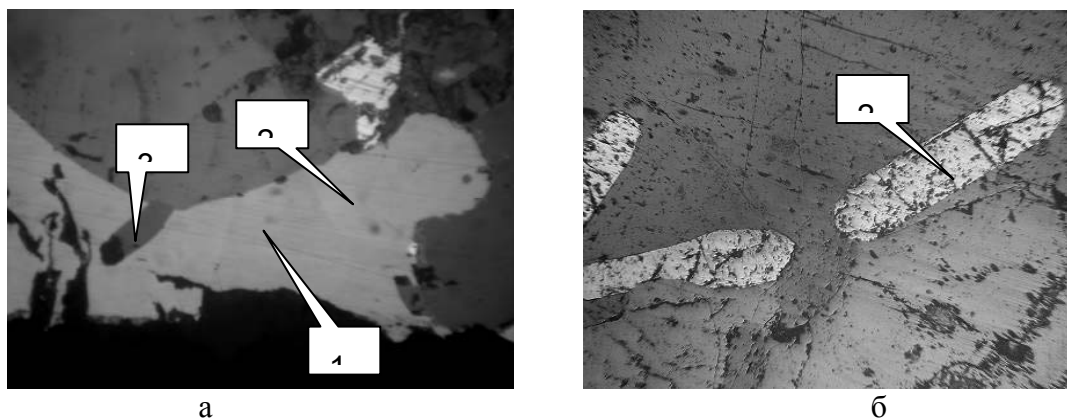


Рис. 3. Титаномагнетит та ільменіт Кропивенського родовища. Відбите світло.
а – полімінеральне включення в силікатній масі: 1 – магнетит, 2 – ільменіт, 3 – апатит; зб. 150^х;
рядова проба 5/3; б – рядова проба 9/3; зб. 80^х.

Піротин є головним сульфідом в дослідженій руді. Зустрічається у вигляді видовжених, ізометричних краплевидних включень в піроксені, титаномагнетиті, олівіні. Розмір зерен піротину змінюється в інтервалі 0,001-0,630 мм, в середньому 0,078 мм. *Пентландит*, пірит, халькопірит утворюють включення в породоутворюючих мінералах. За формою це ізометричні вкраплення, ксеноморфні (халькопірит, пентландит), рідше гіпідіоморфні зерна (пірит). Для пентландита властивими також є структури розпаду твердих розчинів з піротином. *Халькопірит* зафіксований також у вигляді дрібних прожилків. Вміст цих мінералів сумарно не перевищує 0,3 об.%. Розмір їх скупчень потрапляє в діапазон крупності піротину.

Гідрогетит зустрічаються в частково змінених мінералах досліджених руд. Переважно розповсюджений у вигляді прожилків габро-перидотитів. Утворюються по темно-кольоровими мінералам, частково їх заміщує.

З метою виявлення внутрішньої структури рудних зерен, поліровані препарати, виготовлені з руд Кропивенського родовища, попередньо були оброблені концентрованою соляною кислотою. В результаті було встановлено, що рудні зерна (надалі включення) являють собою полімінеральні агрегати, тобто носять трикомпонентний (ульвіт-ільменіт-магнетит), або двокомпонентний (ульвіт-магнетит, чи ільменіт-магнетит) характер. Також деякі включення містять вrostки апатиту або олівіну.

Трикомпонентні рудні включення являють собою прямолінійні, або плавно-хвилясті зрощення магнетиту та ільменіту; третя фаза (ульвіт) утворює орієнтовані пластинчасті вrostки в магнетиті – продукт «віджиму» титан-залізної речовини в тріщини відокремлення. Двокомпонентні рудні включення морфологічно близькі до трикомпонентних: ільменіт+магнетит утворюють окремі сектори (рис. 4); ульвіт+магнетит – утворюють структури розпаду твердих розчинів.

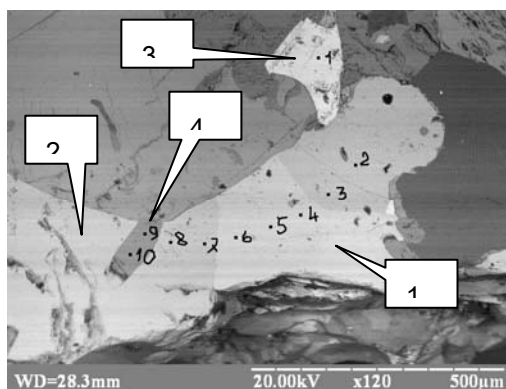


Рис. 4. Двокомпонентне рудне включення в габро-перидотитах Кропивенського родовища.
Режим відбитих електронів. г – адаптоване фото рудного включення.
1 – титаномагнетит; 2 – ільменіт; 3 – піротин; 4 – апатит.

Технічні характеристики мікроаналізатора дозволяють отримати дані про вміст хімічних елементів в складі мінералів без врахування кисню. Для більш реальної картини про титаноносність досліджених мінералів отримані результати були перераховані на безкисневий склад. Сума хімічних елементів-катіонів для магнетиту була прийнята 72,3, ільменіту – 68,4, ульвошпінелі – 71,4 мас.%. Довідкові дані про вміст титану в цих мінералах отримані розрахунково за допомогою стехіометричних формул – в магнетиті титан не міститься, в ільменіті – 31,6, в ульвіті – 21,4 мас.%. Експериментальні дані показали наступні рівні титаноносності мінералів Кропивенського родовища:

- магнетит (мінімальне-максимальне / середньоарифметичне значення, мас.%) – 15,17-17,02 / 14,86;
- ільменіт – 30,08-31,32 / 30,57;
- ульвошпінель – 14,95-29,39 / 22,03.

Отже, всі досліджені рудні фази містять в своєму складі титан. Експериментальні дані про кількість титану в ільменіті і ульвіті близькі до довідкових, тобто підтверджують мікроскопічну діагностику мінералів у відбитому світлі.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Автором для кропивенських руд пропонується розмежування поняття «титаномагнетит», яке закріпити за магнетитом з вмістом двооксиду титану понад 5,0 мас.%; під час мікрозондування ділянки з низьким вмістом титану не виявлені. Окремий мінеральний вид – ульвошпінель позначати виключно власною назвою, або синонімом – ульвіт. Магнетит чи титаномагнетит (понад 5% TiO_2) з механічними вrostками ульвошпінелі або ільменіту розглядати як мінеральний агрегат з назвою «ульвошпінель-магнетитовий» «ульвошпінель-титаномагнетитовий», або «ільменіт+магнетитовий» чи «ільменіт+титаномагнетитовий».

Подальші дослідження автор планує направити на дослідження другорядного рудного мінералу Кропивенського родовища – апатиту.

Список літератури

1. Галецкий Л.С., Ремезова Е.А. Металлогения титана Украины / тез. докл. наук. Між нар. конф. «Наукові засади геолого-економічної оцінки мінерально-сировинної бази України та світу, 18-22 квітня 2011 р., м Київ.– К.: Ніка-центр, 2011.– С. 16-18.
2. Джонс М.П. Прикладная минералогия. Количественный подход: Пер. с англ./ Пер. Е.А.Годовиковой. – М.: Недра.– 1991.– 391 с.
3. Дир. У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Пороодообразующие минералы. Т. 5. Несиликатные минералы // Москва: Мир, 1966.– 408 с.
4. Митрохіна Т., Митрохін О. Титаноносні інтрузії в анортозитових комплексах протерозою // Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, сер. Геологія, 48/2010.– С.22-26.
5. Поваренных А.С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов // Киев: Наукова думка, 1966.–547 с.