

Губіна В.Г.

Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України

ДО ПИТАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

В роботі проаналізовано стан вивченості і можливостей видобутку і отримання відповідних концентратів та іншої промислової продукції з мінеральної сировини вмісних і розкривних порід залізорудних родовищ Кривбасу

Вступ

Видобуток мінеральної сировини відкритим способом супроводжується утворенням значної кількості відходів гірничого виробництва (розкривні та вмісні породи), які складаються на земній поверхні займаючи величезні території орних земель. Встановлено, що на 1 млн. т гірських порід при відкритій розробці вибухається з господарського обігу 100 га земель. Особливо це стосується Криворізького залізорудного басейну, де під відвалами зайнято понад 150 км² земель. Висота відвалів досягає 100-метрової відмітки. Проблема використання розкривних і вмісних порід, які продовжують складуватись у змішаних відвалах, тут залишається невирішеною.

Метою роботи є визначення можливостей отримання нетрадиційної товарної продукції з розкривних і вмісних порід залізорудних родовищ Кривбасу.

Стан проблеми

Попередні роки увага дослідників приділялась, в основному, геологічній будові та генезису залізних руд Кривбасу, їхньому речовинному складу. Вмісні породи вивчались також з точки зору генезису і мінерального складу, але не розглядалися як джерело іншої нерудної сировини або окремих рідкісних, рідкісноземельних чи благородних металів. Більшість розкривних і вмісних порід потрапляють у вигляді відходів у відвали.

Згідно державної статистичної звітності у 2010 р. в Україні утворилось 150 млн. т відходів видобутку залізної руди, з яких майже 70 млн. т утилізовано, а решта заскладовано. Станом на 2010 р. цих відходів накопичено 3,9 млрд. т. Обсяги відходів гірничого виробництва, що утворюються на ГЗК Кривбасу наведено на рис. 1.

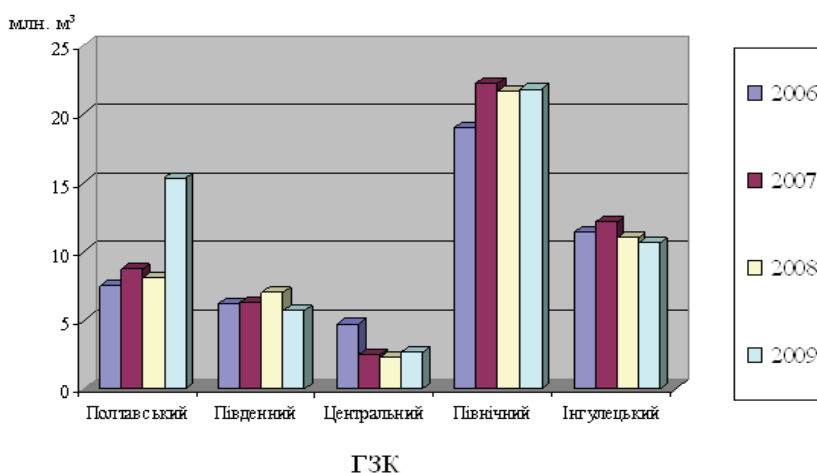


Рис.1. Обсяги утворення розкривних і вмісних порід ГЗК Кривбасу

За оцінками спеціалістів за 50 років роботи ГЗК відходів видобутку накопичено значно більше (до 10-13 млрд. т). В основному, вони використовуються комбінатами у

власних потребах в якості щебеню для будівництва доріг та дамб хвостосховищ. Деякі корисні копалини втрачають свої споживчі властивості у змішаних відвалах назавжди, інші – залишаються у надрах в бортах діючих кар'єрів, і за умови відпрацювання кар'єрних ємностей з подальшим складуванням в них розкритих порід або зневоднених відходів збагачення, також будуть втрачатися як матеріальні ресурси.

Починаючи з середини 80-х років минулого сторіччя, науково-дослідними установами проводились роботи щодо можливостей використання супутніх корисних копалин у промисловості. До них належать породи кристалічного фундаменту, а саме: різного складу сланці, граніти, мігматити, мінеральні пігменти, виробне та колекційне каміння та пухкі породи осадового чохла: глини, суглинки, мергелі, доломіти та інші.

Дослідження, проведені за останні роки, вказують на можливість видобутку нетрадиційної для залізорудних комбінатів сировини з подальшим отриманням товарної або нетоварної продукції (згідно Рамкової Класифікації ООН).

До того ж, не зважаючи на значні запаси залізних руд, розробка їх ускладнюється з глибиною. Видобуток на завеликих глибинах може стати недоцільним і тому назріла необхідність в розробці і реалізації нових напрямків освоєння мінерально-сировинної бази басейну - диверсифікації гірничодобувного і переробного виробництва (розширення асортименту продукції, що виробляється, і переорієнтація ринків збуту, освоєння нових виробництв з метою підвищення ефективності виробництва, отримання економічного прибутку). Використання розкритих і вмісних порід діючих залізорудних кар'єрів можливо тільки за умови переведення їх в супутні корисні копалини, а саме при затвердженні на них кондицій і підрахунку запасів з наступним прийняттям цих запасів на державний баланс.

Комплексність того чи іншого родовища характеризується наявністю у ньому багатокomпонентних за складом і генезисом руд та супутніх корисних копалин у розкритих та вмісних породах. Деяким корисним копалинам Криворізького басейну доцільно надати статус супутніх корисних копалин, а родовища вважати комплексними. За таких умов, буде передбачено роздільне складування різних за складом і генезисом порід, що дозволить зберегти їх споживчі властивості.

Законом України «Про відходи» передбачено відповідальність за належне зберігання та недопущення знищення і псування відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія, що відповідає вимогам екологічної безпеки (ст. 17). Проте власники гірничо-переробних підприємств, що дістались їм у спадок від колишнього СРСР, продовжують складувати відходи гірничого виробництва у змішані відвали, що не сприяє збереженню надр, які як відомо, згідно Конституції України, належать народу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботі [1] авторами вперше узагальнено інформацію щодо альтернативної мінерально-сировинної бази Кривбасу.

На різних залізорудних родовищах розкриті та вмісні породи за якістю, кількістю та можливостями отримання відповідних концентратів, або іншої промислової продукції вивчено з різним ступенем детальності.

Однією з особливостей Криворізького залізорудного басейну є значний розвиток тальковмісних порід, що не характерно для інших залізорудних басейнів світу, наприклад, Хамерслі в Австралії, Минас-Жерайс у Бразилії, район озера Верхнього в США, КМА в Росії. Орієнтовні розрахунки засвідчують, що до глибини 1000 м прогностичні запаси тальковмісних порід оцінено не менше ніж, 12 млрд. т. Щорічно у відвалах розміщують близько 1 млн. т талькових сланців, де вони втрачають свої споживчі властивості. [2]

Більша частина тальку вміщується у талькових сланцях, які складають верхню частину розрізу скелеватської світи, що підстеляє, у межах всіх родовищ басейну, продуктивну залізорудну саксаганську.

Тальк – мінерал підкласу шаруватих силікатів від білого до світло-зеленого кольору, жирний на дотик, який використовується в багатьох галузях промисловості. До найбільш важливих властивостей тальку відносяться білизна, низька твердість (2776 – 2824 кг/м³), висока температура плавлення (1500°С), низька тепло- та електропровідність, хімічна інертність та висока абсорбційна здатність до фарб і смол. Щорічно в світі виробляється понад 6 млн. т тальку. Тальк використовується в гумовій, паперовій, лакофарбовій, парфюмерно–косметичній галузях промисловості в якості наповнювача, а в техніці як тверде мастило. Так, наприклад, в США 31,8% тальку використовується в будівельно-керамічній промисловості, 20,1% - в лакофарбовій, 16,5% - в целюлозно-паперовій, 8,4% - в будівельно-покрівельній, 5,2% - в хімічно-полімерній. Вартість тальку на світовому ринку складає від 90 до 200 \$ за тону.

Талькові сланці вивчали в різні роки Ю.І. Половінкін, Я.М. Белєвцев, Є.К. Лазаренко та інші дослідники. За їх даними до складу тальково-карбонатного горизонту входять сланці наступного складу: талькові, тальково-хлоритові и хлорито-талькові, хлорито-талькові з магнезитом, тальково-хлорито-амфіболові, кварцовмісні талькові, серпентино-амфіболові і серпентино-талькові.

Основними породотворюючими мінералами тальковмісних порід Кривбасу є тальк (25-60%), хлорит (18 – 28%), амфібол (0 – 50%), карбонат (4 -16%).

Потужність горизонту тальковмісних порід і вміст основних породотворюючих мінералів кар'єрів діючих ГЗК (за даними Максименко Н.І.) наведено на рис. 2—3 [3].

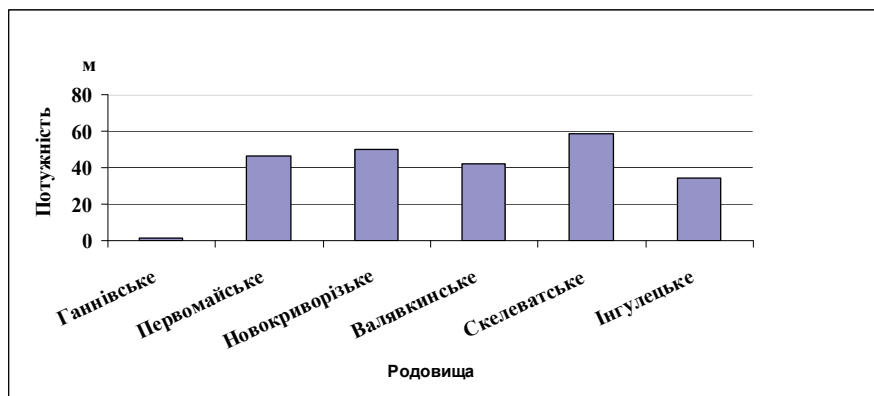


Рис. 2. Потужність тальковмісних порід родовищ Крив басу

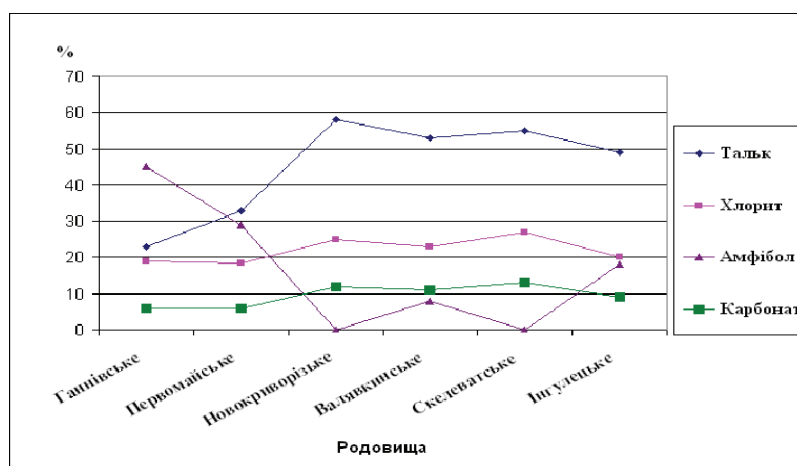


Рис. 3. Вміст основних породотворюючих мінералів в тальковмісних породах

Тальк в тальковмісних сланцях Кривбасу представлений лускатими і пластинчатими індивідами, розміром від 0,01-0,10 мм (в слабометаморфізованих сланцях) до 0,05-0,30 мм в їх високометаморфізованих різновидах у тісному зв'язку з хлоритом. Карбонати

представлені порфіробластами розміром від 0,1-0,3 до 3,0-5,0 мм, а у випадку їхнього високого вмісту утворюють самостійні прошарки і лінзи. З підвищенням ступеня метаморфізму карбонати, частково хлорит і тальк, заміщувалися амфіболами (актинолітом, тремолітом, частково купферитом), представленими голчастими та стовбчастими кристалами, складеними у радіально-променисті агрегати [4].

Горизонти талькових сланців простягаються більше, ніж на 100 км з півночі на південь, їхня глибина становить від 5-10 до 230-250 м. На сьогодні вони розкриті кар'єрами наступних ГЗК: Інгулецьким, АрселорМіттал Кривий Ріг, шахти «Гігант».

На Інгулецькому родовищі потужність талькового горизонту становить від 40—60 м на півночі до 100-160 м на півдні. Він розкритий кар'єром по простяганню на 1,5 км, при глибині розповсюдження більше за 400 м. В межах кар'єру горизонт представлений пластовим тілом з крутим падінням, ускладнений диз'юнктивними порушеннями [5].

У складі горизонту виділено три групи порід. Перша - перидотитові метакоматіїти (до 80% об'єму розрізу) складена суттєво тальком, хлоритом та карбонатом (по 15 об'ємн.%). Друга – піроксенові коматіїти (до 15% об'єму розрізу), - характеризується підвищеним вмістом хлориту (10—25 об'ємн.%), карбонатів (від 0 до 20%). Третя – коматіїтові metabazalti (не перевищує 5% розрізу) з вмістом до 75об'ємн.% хлориту. Тальк у їх складі є другорядним мінералом, і його вміст складає 10—20 об'єму породи [6].

Аналогічна будова та склад розрізу талькового горизонту характерні і для Валявкінського та Новокриворізького, Первомайського та Ганнівського родовищ залізистих кварцитів, що розробляються діючими ГЗК. Тальковмісні сланці Скелеватського родовища утворюють витриманий за потужністю горизонт зі згідними контактами з вмісними товщами середньої потужності 50-65 м, збільшуючись до 150 м в зонах Катерининського розлому і Скелеватського насуву [3].

В межах Валявкінського родовища, тальковий горизонт невитриманий за потужністю, в значній частині представлений лінзами, обмеженими площинами розриву Західно-Тарапаківського насуву з потужністю 5—10 м у приповерхневій частині, 5—10 м і 100—150 – на глибині.

На Первомайському та Ганнівському родовищах тальковий горизонт розміщений в лежачому боці продуктивних товщ. У межах Ганнівського родовища відмічено зрізання талькового горизонту розривним порушенням, що змінює потужність горизонту від 0 до 40-50 м. На окремих ділянках Ганнівського родовища вміст тальку в сланцях знижується до 3-5 об'ємних %, у зв'язку з чим тальковмісні сланці родовища, як сировина для одержання талькового концентрату не придатні.

На кафедрі мінералогії КТУ розроблена технологія збагачення тальковмісних порід, яка дозволяє отримати хлорит-тальковий концентрат з масовою часткою талька і хлориту 90-95 об'ємн.% і виходом концентрату від 50—55 до 80—90%, який можна застосовувати у лакофарбовій, гідроізоляційній, гумотехнічній, вогнетривкій та інших галузях промисловості. Крім того показана можливість отримання титан-хром-ванадій-нікелевого концентрату, який включає ільменіт, магнетит, титаномангнетит, хроміт і піротин [4].

В Інституті «Механобрчормет» (м. Кривий Ріг) досліджено магнітно-флотаційну технологію збагачення талькових сланців Інгулецького родовища діючих горизонтів кар'єру, яка дозволяє отримати два продукти: концентрат (пінний продукт), відповідний ГОСТ 21234 – 75 “Тальк молотый для керамической промышленности. Технические условия” і хвосты (магнітна фракція збагачення у слабкому і сильному полях), відповідний ГОСТ 21235 – 75 “Тальк и тальк-магнезит молотый. Технические условия”. Експериментально на малих пробах встановлено принципову можливість застосування пінного продукту у гумовій промисловості. Автори вважають, що необхідно проведення подальших дослідів у напівпромислових умовах з метою уточнення реагентного режиму флотації, складу оборотної води, технологічних показників збагачення, визначення можливих споживачів і розробки вимог до кінцевої продукції [7].

В зв'язку з тим, що шкідливою домішкою у криворізьких тальковмісних породах є залізо, в КТУ проведені дослідження щодо видалення зайвого заліза шляхом водної класифікації. Відмінність осаджування часток заліза і талькового сланцю у водному середовищі дозволяє зменшити кількість загального заліза в промисловому продукті в 1,05 – 1,1 рази і тим самим підвищити якість промислового продукту з талькових сланців кар'єру «Північний» шахти «Гігант» [8].

В роботі [9] проаналізовано перспективи промислового використання тальку Кривбасу, де зазначено, що тальк, який можна отримати із тальковмісних порід Кривбасу відповідає 6 держстандартам, а саме він придатний для застосування у покрівельному виробництві, при виробництві кераміки, електродів, у ливарному виробництві, при виготовленні асфальтобетонних сумішей.

Таким чином, найбільш повно якісні та кількісні особливості тальку, як корисної копалини, вивчені для Інгулецького родовища. Проте відносна витриманість складу та будови горизонту по простяганню Криворізької структури дозволяє, вважати інші прояви тальку перспективними для надання їм статусу супутніх корисних копалин.

Гранат – це породоутворюючий мінерал сланців, які перешаровуються з покладами залізистих кварцитів в межах Ганнівського, Первомайського, Інгулецького, Рахманівського, Петровського та інших родовищ. Середній вміст гранату у сланцях змінюється від 5—7 до 25—30 об'ємних % [1].

Гранат – це природно абразивний матеріал, який завдяки високій твердості здатний замінити у деяких випадках коштовні штучні, і саме його можна використовувати для шліфовки дерева, пластмас, шкіри, гуми, гірських порід, скла та інших матеріалів, а також для фільтрації води. Біля 70 % гранату в світі використовують в якості абразивів, водострумєневого матеріалу та для піскострумєневого різання. На російському ринку ціна гранату на початок 2012 р. складала 14 тис. руб за тунну.

Протягом останніх 15 років досліджено геологічну позицію гранатовмісних сланців, мінералогічну зональність їхніх пластів, морфологію тіл, мінеральних асоціацій гранату, вплив мінералогічних характеристик сланців на їхню збагачуваність, розроблено технологічні схеми отримання гранатового концентрату [10-13].

Найбільш поширені у сланцях родовищ Криворізького басейну гранати із вмістом FeO 10-15 мас. %, Fe₂O₃ 0-1 %, Al₂O₃ 8-12 %, які мають гранат-кварц-біотитовий склад. Середній вміст гранату в них змінюється від 20 до 30 об'ємн. % [10].

Для сланців з більш низьким вмістом глинозему характерні суттєво кумінгтонітовий або біотито-кумінгтонітовий склад, відносно низький вміст гранату і тісні зростання його кристалів з іншими породоутворюючими мінералами.

Оптимальні термодинамічні умови для утворення високоякісної гранатової сировини відповідають умовам епідот-амфіболітової фації метаморфізму (Ганнівське родовище). За умов зеленосланцевої фації, гранат утворювався у незначній кількості (не більше 3—5 об'ємн.%). В сланцях, що формувались в умовах амфіболітової фації гранат та інші породоутворюючі мінерали мають недосконалі кристалографічні форми, що негативно впливає на технологічні властивості сировини.

В межах Ганнівського родовища гранатовмісні сланці складають товщі першого та третього-п'ятого сланцевих горизонтів, які залягають в лежачому боці продуктивної товщі і розділені малопотужними (5—15м) першим-другим залізистим горизонтом. Середня потужність першого – 31,6 м третього-п'ятого сланцевих горизонтів 49,8 м. Товща останнього горизонту залягає безпосередньо під п'ятим залізистим горизонтом продуктивної товщі родовища, і тому вона повністю розкрита у східному борту кар'єру [11].

На кафедрі мінералогії КТУ (Свтехов В.Д., Ламрані О., Ковальчук Л.М.) в межах третього-п'ятого сланцевих горизонтів Ганнівського родовища виділено 5 мінеральних різновидів сланців, які утворюють самостійні пласти. Мінеральні різновиди та їх потужності наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Середні потужності мінеральних різновидів гранатовмісних сланців третього-п'ятого сланцевих горизонтів Ганнівського родовища

№	Мінеральні різновиди сланців	Середня потужність, м		
		Висячий бік горизонту	Лежачий бік горизонту	Всього
1.	гранат-кварц-біотит-кунінгтонітові сланці	7,0	4,5	11,5
2.	кунінгтоніт-гранат-кварц-біотитові сланці	6,8	3,4	10,2
3.	гранат-кварц-біотитові сланці	7,1	4,6	11,7
4.	гранат-мусковіт-кварц-біотитові сланці	3,8	3,9	7,7
5.	ставроліт-біотит-кварц-мусковітові сланці з гранатом	-	-	4,1
6.	Середня потужність горизонту			49,8

В межах третього-п'ятого сланцевого горизонту Ганнівського родовища спостерігається аутигенна мінералогічна зональність: у напрямку від контакту з підстеляючим першим залізистим горизонтом до центральної частини третього-п'ятого сланцевого горизонту у складі осадків зменшується вміст заліза і збільшується вміст глинозему. В подальшому напрямку від його центру до контакту з перекриваючим п'ятим залізистим горизонтом підвищується вміст заліза і знижується вміст глинозему, що проявляється у відповідній зміні мінеральних парагенезисів мінералів.

З периферії до центральних частин горизонту змінюється хімічний склад гранату. При цьому, максимальний вміст альмандину (96-98 мол.%) характерний для центральних частин горизонту, які складені мусковітовмісними сланцями. У приконтаткових зонах гранат представлений альмандином на 87-91 мол. %.

Хімічний склад гранатів третього-п'ятого сланцевого горизонту Ганнівського родовища відповідає альмандину $Fe_3Al_2[SiO_4]$ з невеликою домішкою (до 5-7 мол.% піропу та андрадиту (2-3 мол.%), гросуляру, спесартину тощо.

Щільність гранату зменшується від мусковітовмісних сланців центральних частин горизонту, через біотитові сланці проміжних зон до кунінгтонітовмісних сланців периферійних частин.

Розмір кристалів гранату коливається від 0,1-0,2 до 30-35 мм, у середньому складає 2,2 мм, що є оптимальним для його ефективного розкриття і збагачення. Найбільш правильні кристали гранату характерні для центральних частин горизонту. З переходом до шарів кунінгтонітовмісних сланців, зі збільшенням розміру індивідів гранатів, їх форма погіршується: зростає кількість тісних зростків кристалів гранату з кристалами кварцу, біотиту та кунінгтоніту.

На підставі мінералогічних досліджень і технологічних випробувань Ковальчук Л.М. та Євтехов В.Д. виділили два мінералого-технологічних типи гранатовмісних сланців Ганнівського родовища:

- гранат-кварц-біотитові і гранат-мусковіт-кварц-біотитові сланці центральних частин 1 і 3-5 сланцевих горизонтів;
- вивірені їх різновиди.

Для обох різновидів гранатовмісних сланців в лабораторних умовах розроблені технології отримання гранатового концентрату. Для першого типу сланців технологія збагачення включає двостадійне подрібнення, грохочення та двостадійну концентрацію матеріалу на столі. Вміст гранату в концентраті складає 98,0 – 99,4 % для різних класів крупності з виходом концентрату 0,7 – 9,4 % відповідно [12].

Для другого типу розроблена технологія отримання концентрату, яка полягає в грохоченні вихідного матеріалу, знешламлюванні, пневмосепарації та гідравлічній класифікації з подальшою концентрацією на столі та магнітною сепарацією в слабкому та сильному полях. Технологія дозволяє отримати концентрат з масовою часткою гранату 95,7 мас.% з виходом концентрату 16,1 % [13].

Гіпергеннонезмінені гранат–кварц–біотитові сланці залягають нижче гіпсометричного горизонту ведення гірничих робіт в Ганнівському кар'єрі родовища + 45 м. Вони утворюють пластові тіла потужністю 10—30 м в складі обох сланцевих горизонтів, яка підстеляє продуктивну товщу Ганнівського родовища, тому в процесі видобутку залізистих кварцитів гранатовмісні сланці поряд з іншими рудовмісними породами потрапляють до рудної маси, яка спрямовується на збагачувальні фабрики ГЗК.

Кушнірук Н.В. та Жавнерик В.С. (КТУ) для отримання гранатового концентрату з гранатовмісних сланців Ганнівського родовища запропонували в якості основної операції збагачення – суху магнітну сепарацію, що дозволило їм отримати концентрат з масовою часткою гранату 98,0—99,4 % [14].

На підставі технологічних випробувань гранатовмісних сланців, проведених в КТУ та Академії гірничих наук України (Бизов В.Ф., Губін Г.В., Гурін В.О.) складено техніко-економічний аналіз отримання гранатового концентрату із сланців Ганнівського родовища при переробці сировини в об'ємі 30,0 тис. т на рік при розміщенні установки на секції №27 РОФ-1 Північного ГЗК, який передбачав отримання гранатового концентрату 3 000 т на рік. Вартість 1 т концентрату складала 80 крб. (у цінах 1993 р.), рентабельність – 58,33 %, річна сума прибутку – 88 415,8 тис. крб. [11].

Запаси гранатовмісних сланців в межах контурів відпрацювання кар'єрів діючих родовищ Кривбасу оцінено в 1 – 1,5 млрд. т, при середньому вмісті гранату 15 — 20 % [1].

Мусковіт – біла калієва слюда, хімічний склад якої $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$. В промисловості використовується листовий та дрібнолускатий мусковіт (серицит) та скрап (мелені відходи виробництва листової слюди). Листовий мусковіт застосовується в якості ізоляційного матеріалу. Скрап і дрібнолускату слюду використовують в якості вогнетривких мінеральних фарб, покрівельних матеріалів (толю), гумових виробів, в якості теплоізоляторів в парових котлах, для лошіння паперу, при бурінні нафтових свердловин тощо. Найбільшими виробниками листової слюди в світі є Індія та Росія, подрібненої слюди і скрапів – Росія, США та Корея. Всього в світі щорічно виробляється понад 5 млн. т листової слюди і близько 300 тис. т подрібненої слюди і скрапів (за даними USGS). В залежності від подальшого використання слюду мелють сухим або мокрим способами. Слюди сухого помелу використовують при виробництві в'язучих (шпаклівки, затирки) для фінішного оздоблення гіпсокартону, слюду мокрого помелу – в якості наповнювачів для виробництва «перламутрових» фарб в автомобільній промисловості.

Мусковітовмісними сланцями складені центральні частини сланцевих горизонтів в межах Ганнівського, Первомайського, Інгулецького та ін. родовищ, де мусковіт як породоутворюючий мінерал присутній у породах криворізької серії: мусковіт–кварц–біотитових сланцях *новокриворізької* світи, кварц–двуслюдяних сланцях центральних зон сланцевих горизонтів *саксаганської* світи, кварц–мусковітових сланцях і мусковітових кварцитах *скелеватської* світи, кварц–двуслюдяних сланцях *гданцевської* і *глеєватської* світ. Найбільші скупчення мусковіту, особливо дрібнолускатого, приурочені до нижньої (скелеватської) світи криворізької серії порід, яка підстеляє продуктивну саксаганську.

Мусковітовмісні породи скелеватської світи були досліджені В.В.Стеценко і Є.В.Євтеховим (КТУ). Вони встановили, що для центральної частини Криворізького басейну (Саксаганська залізородна смуга), в межах якої ступінь метаморфізму метакластолітів відповідає зеленосланцевій фації, основним породоутворюючим мінералом є серицит, а не мусковіт. Із просуванням від Саксаганської смуги на північ (Ганнівська залізородна смуга) і на південь (Лихманівська смуга), де ступінь метаморфізму відповідає епідот–амфіболітовій фації, кількість мусковіту в метакластолітах світи поступово зростає. Його максимальний вміст виявлено в породах північної частини Ганнівської смуги, метаморфізм яких відповідає термодинамічним умовам амфіболової фації [15, 16].

На більшості родовищ спостерігається поступове зростання вмісту мусковіту і серициту від подошви світи вгору по її розрізу, але на Ганнівському родовищі кварц–

мусковітові сланці утворюють декілька порівняно малопотужних (зазвичай до 10—12 м) пластів серед товщі мусковітовмісних чи практично мономінеральних кварцитів.

Товща скелеватської світи Ганнівського родовища, складена пластами кварцитів (кварцових метапісковиків), мусковітових кварцитів (метаалевролітів) і кварц-мусковітових сланців (метапелітів), які чергуються. Мінеральний склад мусковітовмісних порід розрізу Ганнівського родовища наведено в табл. 2 [15].

Таблиця 2. Мінеральний склад мусковітовмісних порід розрізу Ганнівського родовища

№ п/п	Мінерали	Середній вміст мінералів, об'ємн. %.		
		Кварцит	Кварцит мусковітовий	Сланець кварц-мусковітовий
1.	Кварц	95,4	73,6	48,4
2.	Мусковіт	4,4	25,8	50,6
3.	Магнетит	0,1	0,2	0,3
4.	Гематит	0,0	0,1	0,1
5.	Дисперсний гематит	0,0	0,0	0,1
6.	Каолініт	0,0	0,1	0,2
7.	Плагіоклаз	0,1	0,0	0,1
8.	Мікроклін	0,	0.1	0,0
9.	Інші мінерали	0,0	0,1	0,2

Мономінеральні кварцити Ганнівського родовища складені ксеноморфними кристалами кварцу величиною від 0,1 до 5—6 мм (у середньому до 2 мм), іноді зі слабо збереженими слідами обкату. Субпаралельно орієнтовані лускаті кристали мусковіту (величина за найбільшим виміром – від $n \cdot 0,01$ до 1—1,5 мм), кількість яких не перевищує 5—7 об'ємн. %, утворюють рідке вкраплення в породі, а іноді складають нитковидні прошарки, по яких кварцит легко розколюється на пластини. Потужність шарів мономінеральних кварцитів змінюється від 1—2 до 12—15 м.

Мусковітові кварцити складають прошарки мономінерального кварцового і кварц-мусковітового складу. Потужність перших змінюється від 1—2 до 15-20 см, склад їх подібний до складу зазначених вище мономінеральних кварцитів (табл. 1). А потужність прошарків кварц-мусковітового складу змінюється від 1—2 мм до 3—5 см, їх мінеральний склад аналогічний до складу кварц-мусковітових сланців. Потужність шарів мусковітових кварцитів коливається від 0,5—1 до 7—10 м.

Кварц-мусковітові сланці є порівняно однорідна за складом порода сланцюватої текстури з рідкісними малопотужними (до 7—10мм) прошарками мономінерального кварцу. Величина луски мусковіту коливається від 0,1 до 1,5—2,0 мм. Максимальний ступінь кристалічності мусковіту властивий кварц-мусковітовим сланцям і мусковітовим кварцитам Ганнівського родовища.

Стеценко В.В. Євтехов Є.В. в лабораторних умовах розробили технологію подрібнення і збагачення кварц-мусковітових сланців і мусковітових кварцитів, яка включає операцію подрібнення і двостадійну класифікацію на повітряному класифікаторі з отриманням концентрату (вміст мусковіту 95,3—96,1 мас. %, вихід концентрату -20,2—32,3 %), проміжних продуктів і відходів збагачення. Отриманий дрібнолускатий мусковіт відповідає вимогам світового ринку. Відходи збагачення є практично мономінеральним кварцом, який за своїми показниками відповідає вимогам до піску, що може використовуватися для виготовлення скла. Проміжні продукти відрізняються, головним чином, зростанням вмісту кварцу і мусковіту та можуть використовуватися в будівельній промисловості для виготовлення бетонних розчинів.

Мінеральні пігменти – це природні мінерали, які традиційно використовують в малярній справі для виробництва лакофарбової, азбестотехнічної продукції, будівельних

матеріалів у зарядних сумішах вогнегасників, парфумерії, сірниках, сургучі, в іконописі під час виробництва фресок тощо.

Для якості мінеральної фарби важливим є ступінь кристалічності вихідної сировини. За цією ознакою виділяють два типи мінеральних пігментів: кристалічні (кіновар, гематит, лазурит) та земляні (лимоніт, ярозит, глауконіт).

В родовищах Кривбасу виділяють понад 20 різновидів пігментної сировини всіх кольорів: білого, жовтого, червоного, коричневого, зеленого, синього, сірого та чорного. Тільки сурик та вохра добуваються в промислових обсягах деякими гірничодобувними підприємствами. На ЗАО «Криворізький суриковий завод» виробляють пігменти залізоокисні (сурик, мумію). Для виробничої необхідності заводу потрібні пігменти блакитного та зеленого кольору.

Дані щодо найбільш розповсюджених і вивчених фарбувальних мінералів Кривбасу наведено в роботі [17]. Авторами акцентовано увагу на мінералах, які можна використовувати зокрема в художніх промислах (вохру, сурик, мартит, гетит, хлорит, рибекіт та селадоніт).

Вохра – полімінеральний агрегат жовто-коричневого кольору, який утворюється в процесі вивітрювання силікатних, кварц-силікатних, карбонат-силікатних порід саксаганської, гданцевської, глеєватської світ криворізької серії порід. Глибина розповсюдження вохри змінюється від 20—30 до 120—150 м від поверхні контакту залізородної товщі з породами осадового чохла. Поклади вохри приурочені до сланцевих горизонтів. Ресурси вохровмісних порід 150—200 млн. т, в т.ч. розкритих і підготовлених для розробки – близько 10 млн. т. Вохра розкрита забоями 7 кар'єрів 5 гірничозбагачувальних комбінатів Кривбасу.

Сурик – полімінеральний агрегат червоно-коричневого кольору, головними компонентами якого є дисперсний гематит та глинисті мінерали каолінітової групи, монтморилоніт, гідрослюди. Аналогічно вохрі, сурик приурочений до сланцевих горизонтів саксаганської світи, а також до приконтактних частин залізистих горизонтів. Прогнозні ресурси суриків складають 400-500 млн. т [1].

Мартит – породоутворюючий мінерал гіпергеннозмінених залізно-слюдко-магнетитових, магнетитових силікат- і карбонат-магнетитових кварцитів темно-вишневого, вишневого кольору. Потужність покладів коливається від 3-5 до 50—70 м, протяжність досягає 1000 і більше метрів. Мартитові руди розкриті гірничими виробками 6 кар'єрів.

Гетит - найбільше розповсюджений у верхніх частинах кори вивітрювання сланцевих і залізистих горизонтів саксаганської світи. В художніх промислах і живопису він використовується як коричневий пігмент. Скупчення гетиту мають лінзовидну, жиллоподібну форму розміром від десятків сантиметрів до 5—7 м. Зустрічається у верхніх гіпсометричних горизонтах 8 кар'єрів Кривбасу.

Хлорит - породоутворюючий мінерал сланців саксаганської світи криворізької серії порід темно-зеленого кольору. Найбільше розповсюдження має на Скелеватському, Новокриворізькому та Глеєватському родовищах.

Селадоніт – мінерал групи шаруватих силікатів яскравого зеленого кольору, який може бути використаний в якості мінерального пігменту [18]. Автори виявили дві основні зони поширення селадоніту: на півночі басейну (Ганнівське та Первомайське родовище) та на півдні (Інгулецьке родовище). Селадоніт Інгулецького родовища характеризується особливою оригінальністю, стійкістю кольору, а також досить простою технологією одержання його концентрату.

Рибекіт – натрієвий силікат заліза з рідкісним за густиною та стійкістю синім кольором, який має значне розповсюдження в продуктивних залізородних товщах Жовторіченського, Ганнівського, Первомайського, Глеєватського, Інгулецького та інших родовищ. Форма рибекітовмісних порід - жильна, лінзовидна, пластоподібна. Потужність від 1—2 до 30—40 м. На колір пігменту суттєво впливає хімічний склад мінералу. Для

отримання найякіснішого пігменту рекомендовано використовувати слабовивітрені різновиди рибекітових порід [19].

Ахкозов Ю.Л. та ін. виділили 26 різновидів мінеральних пігментів Криворізького басейну, наведених в таблиці 3. Найякіснішою сировиною, для першочергового використання, як мінеральних пігментів, автори вважають вохру залізоокисну та мумію бокситову Інгулецького родовища, мумію глинисту та мумію залізоокисну Валявкінського родовища, глинистий жовтий пігмент Петровського родовища, вохру залізоокисну Артемівського родовища, вохру залізоокисну Первомайського родовища та Ганнівського родовищ [20].

Таблиця 3. Мінеральні пігменти Кривбасу

Колір пігментів	Назва	Склад
Білі	біла глина	біла глина, Fe ₂ O ₃ - не більше 0,03%
	вапняк	вапняк, CaCO ₃ - не менше 98%
Жовті	глинистий жовтий	глина, Fe ₂ O ₃ - не більше 11%
	карбонатний жовтий	вапняк, Fe ₂ O ₃ - не більше 11%
	вохра глиниста	глина, Fe ₂ O ₃ - 12-23%
	вохра залізоокисна	лімонітовмісні породи, Fe ₂ O ₃ - не більше 23%
	сієна	глинисто-кремністо-лімонітові породи, Fe ₂ O ₃ -не менше 46%
Червоні	глинистий червоний	глина, Fe ₂ O ₃ - більше 20%
	мумія глиниста	гематито-глиниста порода, Fe ₂ O ₃ -21-40%
	мумія залізоокисна	глинисто-гематитова порода, Fe ₂ O ₃ - 41-65%
	мумія бокситова	гематито-глиноземиста порода, Fe ₂ O ₃ - не менше 20%, Al ₂ O ₃ – не менше 20%
	сурик залізоокисний	гематитова руда, Fe ₂ O ₃ - більше 65%
Коричневі	кассельський жовтий	озалізнене буре вугілля, Fe ₂ O ₃ – не менше 20%
	глинистий коричневий	глина, Fe ₂ O ₃ – не менше 20%
Зелені	глауконітовий глинистий	глауконіт – не менше 10%
	глауконітовий	глауконіт – не менше 90%
	кремністийселадонітовий	селадоніт – не менше 5%
	селадонітовий	селадоніт - не менше 90%
Сині	глинистий голубий	хлоритовмісні породи, хлорит – не менше 10%
	глаукофановий голубий	глаукофан – не менше 90%
Сірі	сірий глинистий	осадові глини (монтморилонітові та ін.)
	сірий металевий	залізна слюдка, гематит – не менше 88%
Чорні	чорний глинистий	елювіальні глини
	чорний слюдяний	графіт-хлорито-біотитовий сланець
	марганцевий чорний	піролюзит – не менше 50%
	магнетитовий чорний	магнетит – не менше 88%, гематит – не більше 5%, SiO ₂ – не більше 10%

Більшість мінеральних пігментів і фарбувальних мінералів розкрито у бортах діючих кар'єрів, частково вони містяться у розкривних породах, які спрямовуються у відвали ГЗК. Як показують вище наведені дані, на базі розкривних порід родовищ Кривбасу доцільно сформувати сировинну базу пігментної сировини для використання як у промисловості, так і в художніх промислах.

Геологам-любителям давно відомо, що за цікавим і гарним камінням треба йти на відвали діючих комбінатів. Останні роки в геологічній літературі з'явилась узагальнююча інформація щодо **виробного і колекційного каміння** Кривбасу [21, 22].

Перелік найцікавіших мінералів у родовищах наведені в таблиці 4.

Для деяких різновидів виробного, декоративного і колекційного каміння в межах окремих родовищ визначені закономірності локалізації їх проявів, просторова варіативність

їх кольору, фізичних та інших властивостей, важливих для оцінки їх як гемологічної сировини, а також виконані попередні розрахунки їх прогнозних ресурсів. Так наприклад, запаси візерунчатого халцедону на Інгулецькому родовищі становлять близько 15 т, гігантокристалічного гранату Петровського родовища – 10 т, халцедон-дисперсногематит-кварцових яшмоїдів кори вивітрювання Першотравневого і Ганнівського родовищ – 20 тис. т, люч-сапфіру Петровського родовища - 5 т [22].

Таблиця 4. Виробне, декоративне і колекційне каміння деяких родовищ діючих ГЗК Кривбасу

Родовище	Мінерали
Інгулецьке	гірський кришталь, димчастий кварц, моріон, аметист, цитрин тощо, яшмоїди
Відпрацьований кар'єр №2 Центрального ГЗК	тигрове, котяче, соколине око
Петровське	крупні кристали гранату альмандину (до 15 см), мономінеральні агрегати піротину, кордієрит
Артемівське	кристали альмандину (3-5 см)
Первомайське	гірський кришталь, димчастий кварц, моріон, аметист, цитрин тощо, яшмоїди
Ганнівське	гірський кришталь, димчастий кварц, моріон, аметист, цитрин, моріон, нефрит, яшмоїди

У Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року зазначено, що природне кольорове каміння (дорогоцінне, напівдорогоцінне та виробне) у ринкових умовах може бути однією з найбільш вигідних бюджетонаповнюючих корисних копалин. Окремі види і родовища цього каміння можуть давати значний прибуток при відносно невеликих затратах часу і коштів на їх розвідку і освоєння. Програмою передбачено здійснення пошукової оцінки перспективних проявів каменесамоцвітної сировини. Доцільно було б проведення таких робіт в діючих і відпрацьованих кар'єрах ГЗК Кривбасу.

Крім наведеної вище сировини в родовищах Кривбасу нараховано ще близько 50 видів корисних копалин, деякі апробовані в лабораторних умовах на отримання з них відповідних концентратів (піроксеновмісні породи, амфіболіти, доломітові мармури тощо), або іншої продукції.

Висновки

1. Збереження природних споживчих властивостей мінеральної сировини можливо лише за умов селективного видобутку і складування різних видів корисних копалин та проведення геолого-економічної оцінки комплексних залізорудних родовищ з переведенням певних розкривних і вмісних порід до супутніх корисних копалин.
2. Дослідження, що проводились за останні роки науково-дослідними закладами Кривбасу вказують на те, що є принципова можливість отримання нетрадиційної для ГЗК продукції з вмісних порід, такої як гранатовий, тальковий, мусковітовий концентрати, що відповідають технічним вимогам товарної продукції світового ринку.
3. За рахунок розкривних порід родовищ Кривбасу доцільно розширити сировинну базу мінеральних пігментів для використання їх як у промисловості, так і в художніх промислах.
4. Необхідно провести геолого-економічну оцінку перспективних проявів каменесамоцвітної сировини в діючих і відпрацьованих кар'єрах Кривбасу.
5. Доцільне подальше вдосконалення, в напівпромислових і промислових умовах, технологічних рішень отримання концентратів або інших видів товарної продукції із

вмісних і розкривних порід Криворізького басейну, апробованих в лабораторних умовах.

6. Одним із засобів заохочення власників промислових підприємств у більш повному комплексному використанні мінеральних ресурсів вбачається впровадження, з боку держави, податкового або фіскального стимулювання.

1. Евтехов В.Д., Паранько И.С., Евтехов Е.В. Альтернативная минерально-сырьевая база Криворожского железорудного бассейна. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. – 1999. – 68с.
2. Гладких Б.С., Гладких В.И. Геолого-генетические особенности тальковых пород Кривбасса // Проблемы горно-добывающей промышленности металлургического комплекса Украины. – 1994. – С. 196.
3. Максименко Н.І. Морфологічні особливості талькового горизонту Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник. – 2001. - №2. – С.88-92.
4. Меддахи Р. Минералогия тальк-содержащих сланцев Криворожского бассейна (на примере Ингулецкого месторождения): Дис. канд. геол. наук: 04.00.20 / Криворожский технический ун-т. — Кривой Рог, 1996. — 324 с.
5. Корчагин Н.В., Николашин Ю.М., Гайдукова Н.В. и др. Влияние геолого-структурных особенностей и прочностных свойств тальковых сланцев на выбор предельных параметров уступов и бортов карьера на предельных его контурах// ktu.edu.ua/Files/92_2006/st_05.pdf
6. Паранько И.С., Евтехов В.Д., Меддахи Р. К вопросу о формационной и стратиграфической принадлежности тальковых пород Криворожской структуры // Рукопись, депонированная в ГНТБ Украины, № 2077 - Ук 93 //Кривой Рог: Криворожский горнорудный институт. - 1993. - 16 с.
7. Дендюк Т.В., Юртаева А.Д., Шостак К.И., Тимошенко К.В., Литовка В.Г. Разработка и испытание в полупромышленных условиях технологии обогащения тальковых сланцев Ингулецкого ГОКа // Складирование и утилизация отходов переработки руд черных металлов. - М.: Недра. – 1991. - С. 84-88.
8. Капленко Ю.П., Фаустов Г.Т., Федько М.Б. и др. Оценка возможности повышения качества тальковых сланцев Криворожского бассейна способом водной классификации // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог. – 2000 - .Вып. 2. — С. 39 – 43.
9. Сыгтай В.А., Евтехов В.Д., Мамыс В.Б. Тальк Кривбасса: перспективы промышленного применения // Геолого-мінералогічний вісник. – 2004. - № 1. – С.185-191.
10. Евтехов В.Д., Ламрани О., Гурин В.А. Минералогия и обогатимость гранат-содержащих сланцев Анновского месторождения Кривбасса // Горный журнал. – 1994. - № 5. – С. 11-14.
11. Бызов В.Ф., Губин Г.В., Гурин В.А. Использование гранатовых сланцев Анновского и Первомайского месторождений СевГОКа //Разработка рудных месторождений. - Вып.59. - Кривой Рог. - 1996. - С.22-26.
12. Ковальчук Л.Н., Евтехов В.Д. Минералогические закономерности гравитационного обогащения гранат-кварц-биотитовых сланцев Северного района Кривбасса // Геолого-мінералогічний вісник. – 1999. - №1. – С. 36 - 40.
13. Ковальчук Л.М., Евтехов В.Д. Гранатвмісні сланці – перспективна мінерально-сировинна база Криворізького басейну // Матеріали 1 міської конференції інтелігенції Кривбасу. - Кривий Ріг: Мінерал. – 2001. - С.113 - 116.
14. Кушнірук Н.В., Жавнерик В.С. Отримання гранатового концентрату з розкривних руд Ганнівського родовища // Матеріали міжнар. наук.-техн. конференції «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку». - Кривий Ріг. - 2009. – С.271-272.
15. Стеценко В.В., Евтехов Є.В. Мусковіт Криворізького басейну // Мінеральні ресурси України. – 2001. – С.6–8.
16. Стеценко В.В. Прикладна мінералогія мусковіт-вміщуючих порід скелеватської світи Криворізького басейну. - Автореф. дис. канд. геол. наук: 04.00.20 / Кривор. техн. унів. — Кривий Ріг, 2001. — 18 с.
17. Мумряк М.И., Евтехов В.Д. Минеральные пигменты Криворожского бассейна // Геолого-мінералогічний вісник. – 2000. - № 1-2. – С.185-191.
18. Мумряк М.І., Евтехова Г.В. Селадоніт – новий мінеральний пігмент Криворізького басейну // Геолого-мінералогічний вісник – 2004. - №2.– С.51 – 56.
19. Евтехов В.Д., Мумряк М.І., Харитонов В.М. та ін. Рибекіт – новий мінеральний пігмент залізо-кремнистої формації Кривбасу / /Коштовне та декоративне каміння. – 2000. - № 2. – С.21 – 23.
20. Ахкозов Ю.Л., Гладких В.И., Ляженко Л.Л. и др. Проявления минерального пигментного сырья на месторождениях, разрабатываемых ГОКаами Кривбасса // Сборник научных трудов НИГРИ «Научно-технические аспекты стабилизации горно-добывающего производства. – 1996. – С.192 – 197.
21. Блоха В.Д. Недра Кривбасса – источник поделочного и коллекционного сырья // Геолого-мінералогічний вісник. - 2007. - №1(17). – С. 80 – 82.

22. Крапівка В.А., Євтєхов В.Д. Гемологічна сировина Криворізького басейну // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку-2010». - Кривий Ріг. – 2010. – С. 61-62.

Губина В.Г. К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА

В работе проанализировано состояние изученности и возможностей добычи и получения концентратов, другой промышленной продукции из минерального сырья вмещающих и вскрышных пород железорудных месторождений Кривбасса

Gubina V.G. ON THE PROBLEM OF COMPLEX USE OF MINERAL RESOURCES FROM KRYVVI RIG BASIN

The paper presents analysis of the state of research and possibility of mining and production of concentrates and other industrial products from the mineral ore from enclosing and overburden rock of Kryvbas iron ore deposits.