

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

СМІРНОВ ОЛЕКСАНДР ЯРОСЛАВОВИЧ



УДК 553.31 (477.63)

**ГЕОЛОГІЯ ПОКЛАДІВ БІДНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД  
(ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ) ВАЛЯВКИНСЬКОГО РОДОВИЩА  
КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ**

Спеціальність 04.00.11 – «Геологія металевих і неметалевих корисних  
копалин»

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата геологічних наук

Дніпропетровськ – 2014

### Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі геології і прикладної мінералогії Державного вищого навчального закладу «Криворізький національний університет» Міністерства освіти і науки України.

#### Науковий керівник:

кандидат геологічних наук, доцент  
**ЄВТЄХОВ Євген Валерійович**,  
 головний геолог ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (м. Кривий Ріг).

#### Офіційні опоненти:

доктор геолого-мінералогічних наук, професор  
**ЗАГНІТКО Василь Миколайович**,  
 професор кафедри геології родовищ корисних копалин Київського національного університету імені Тараса Шевченка Міністерства освіти і науки України,

кандидат геологічних наук  
**БЕСПОЯСКО Едуард Олександрович**,  
 головний геолог ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат» (м. Кривий Ріг).

Захист дисертації відбудеться «    » \_\_\_\_\_ 2014 р. о \_\_\_\_ год. на засіданні спеціалізованої Вченої ради Д 08.080.05 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса 19.

Автореферат розісланий «    » \_\_\_\_\_ 2014 р.

Вчений секретар



спеціалізованої вченої ради

І.І. Курмельов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми** дисертації пов'язана з необхідністю залучення до розробки покладів нового виду залізорудної сировини – бідних гематитових руд (гематитових кварцитів) через вичерпання покладів багатих гематитових і бідних магнетитових руд, які традиційно видобуваються шахтами та гірничозбагачувальними комбінатами. Потреба у виконанні детальних геологічних досліджень обумовлена необхідністю: 1) загальної оцінки мінерально-сировинної бази родовищ Кривбасу; 2) визначення якісних показників бідних гематитових руд; 3) виділення їх мінеральних різновидів і технологічних сортів; 4) встановлення кількісних співвідношень різновидів і сортів руд у загальному об'ємі рудних покладів Валявкинського родовища; 5) розробки ефективних технологій видобутку, дроблення, подрібнення, усереднення та збагачення гематитових руд.

Вибір автором Валявкинського родовища за об'єкт досліджень обумовлений значною потужністю кори вивітрювання четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів, значними запасами гематитових кварцитів (близько 800 млн. т), розвинутою інфраструктурою району розташування родовища.

Систематичні дослідження можливості залучення гематитових кварцитів, як альтернативної залізорудної сировини виконувались під керівництвом Ю.А.Ашиткова, В.М.Малого, І.П.Богданової, Л.Ф.Суботи, В.П.Соколової, М.К.Воробйова, А.А.Лозіна, В.Д.Євтехова, Е.О. Беспояско, М.О.Зябрєва, С.А.Прокоп'єва та ін.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалась за ініціативою автора у відповідності з Регіональною науковою програмою дослідження мінерально-сировинної бази Криворізького залізорудного басейну, яку виконує Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет» (ДВНЗ КНУ) спільно з гірничозбагачувальними комбінатами, шахтами та іншими гірничодобувними підприємствами, а також геологорозвідувальними організаціями і науково-дослідними установами регіону.

Дослідження, пов'язані з написанням дисертаційної роботи, були складовою частиною Програми науково-практичної співпраці геологічної служби гірничозбагачувального комплексу (ГЗКу) комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» (АМКР) і кафедри геології і прикладної мінералогії КНУ, а також госпдоговірної науково-дослідної роботи з геологічного дослідження покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища (номер державної реєстрації 0111U001277).

**Мета і завдання досліджень** полягає у виявленні закономірностей геологічної позиції, морфології, внутрішньої будови покладів гематитових кварцитів, варіативності їх мінерального, хімічного складу, збагачуваності та

на цій основі – оцінка можливості розробки покладів гематитових кварцитів як перспективної залізорудної сировини Валявкинського родовища.

Досягненню мети сприяло вирішення автором дисертації таких **задач**:

- всебічний аналіз результатів раніше виконаних опублікованих і фондових робіт з питань геологічної будови покладів бідних гематитових руд Валявкинського родовища, їх якісних показників і збагачуваності;

- проведення геологічних досліджень покладів бідних гематитових руд у забоях кар'єру №3 ГЗК комбінату АМКР з відбором мінералогічних, хімічних і технологічних проб;

- систематичне вивчення локалізації, морфології, внутрішньої будови рудних покладів, мінерального та хімічного складу, структури, текстури гематитових кварцитів;

- формування інформаційного масиву геологічних мінералогічних, хімічних, технологічних даних;

- узагальнення відомостей про морфологію і будову рудних покладів, складання схем їх вертикальної та горизонтальної зональності;

- аналіз мінералогічних, хімічних, технологічних показників руд і обґрунтування оптимальних методів їх переробки з метою виробництва високоякісного залізорудного концентрату;

- розробка класифікації бідних гематитових руд родовища за їх якісними показниками і збагачуваністю;

- оцінка можливості використання гематитових кварцитів як перспективної залізорудної сировини Валявкинського родовища.

**Об'єкт дослідження** – Валявкинське родовище залізних руд Криворізького басейну.

**Предмет дослідження** – поклади гематитових кварцитів четвертого, п'ятого та шостого залізистих горизонтів Валявкинського родовища як бідних гематитових руд, що потребують збагачення.

**Методи дослідження**: 1) метод геологічної документації заоб'єктних кар'єру №3 комбінату АМКР з відбором геологічних проб і документацією точок їх відбору; 2) геолого-структурний з метою деталізації та уточнення локалізації і визначення закономірностей внутрішньої будови покладів бідних гематитових руд; 3) хімічний – з визначенням вмісту в складі гематитових кварцитів рудогенних і другорядних хімічних компонентів; 4) мінералогічний – зі встановленням варіативності складу руд у вертикальному і горизонтальному розрізах; 5) методи електронномікроскопічного, термографічного аналізу – з метою ідентифікації мінералів, які утворюють прихованокристалічні агрегати; 6) метод структурно-текстурного аналізу для обґрунтування ефективної схеми переробки руд; 7) метод мінералого-технологічний – з метою визначення показників збагачення бідних гематитових руд; 8) статистичний метод обробки геологічних, мінералогічних, хімічних і технологічних даних.

Збір, обробка і аналіз результатів досліджень, підготовка й оформлення дисертації виконувалось з використанням допоміжних методів макро- й мікрофотозйомки, комп'ютерної обробки цифрових і графічних даних тощо.

**Основні наукові положення, що виносяться на захист:**

1. Утворення промислово значущих покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища тільки в межах четвертого, п'ятого та шостого залізистих горизонтів і їх практично повна відсутність у розрізах третього, другого та першого залізистих горизонтів саксаганської світи обумовлене, головним чином, проявом седиментаційного фактору, який визначив різницю залізистих горизонтів за потужністю та петрографічним складом. Особливості тектогенезу, динамотермального метаморфізму, натрієвого метасоматозу, гіпергенезу мали другорядне значення.

2. Головними проявами неоднорідності внутрішньої будови покладів гематитових кварцитів усіх трьох залізистих горизонтів є їх зональність. Формування її горизонтальної складової було обумовлене наслідкуванням варіативності складу первинних магнетитових кварцитів у розрізах горизонтів; вертикальної складової – поступовим ослабленням з глибиною впливу гіпергенних факторів на первинні магнетитові кварцити.

3. Базовий тренд змін полімінеральних магнетитових кварцитів при вивітрянні полягав у граничному спрощенні їх хімічного і мінерального складу. Бімінеральність (гематит + кварц) гематитових кварцитів обумовлює оптимальність гравітаційної або комплексної магнітно-гравітаційної технологій їх збагачення з метою одержання концентрату з високим (66-67 мас.%) вмістом заліза.

**Наукова новизна отриманих результатів:** 1) вперше встановлені особливості морфології покладів бідних гематитових руд четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів Валявкинського родовища; 2) вперше складені схеми вертикальної і горизонтальної зональності покладів гематитових кварцитів; 3) у розрізах рудних покладів вперше встановлена закономірність зміни вмісту рудогенних мінералів (кварц, мартит, залізна слюдка, дисперсний гематит, магнетит, гетит, дисперсний гетит, лепідокрокіт, карбонати, силікати) і рудогенних хімічних компонентів (оксиди заліза, кремнезем); 4) вперше проаналізовані дані про гранулометричний склад, морфологію індивідів і агрегатів та їх вплив на технологічні показники збагачення бідних гематитових руд; 5) визначена пріоритетність та перспективність гравітаційної технології збагачення гематитових кварцитів за допомогою порівняння різних технологічних схем.

**Наукове значення роботи** полягає в обґрунтуванні та виділенні вертикальних і горизонтальних зон у розрізах покладів гематитових кварцитів і складанні їх детальної характеристики; встановленні основних трендів варіативності складу і будови бідних гематитових руд у залежності від активності впливу гіпергенних факторів на первинні магнетитові кварцити; виявленні

мінералогічних чинників, які дозволили оптимізувати технологічну схему виробництва з гематитових кварцитів високоякісного залізорудного концентрату.

**Практичне значення роботи** полягає в:

- уточненні будови кори вивітрювання верхньої частини розрізу саксаганської світи Валявкінського родовища;
- встановленні глибини нижньої межі покладів, виявленні особливостей перехідних зон від покладів гематитових кварцитів до покладів бідних магнетитових руд;
- проведенні геологічної, мінералогічної, петрохімічної та технологічної оцінки гематитових кварцитів як сировини для виробництва залізорудного концентрату.

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** обумовлена значним обсягом і систематичністю підбору вихідних даних, використанням надійно апробованих класичних і сучасних методів геологічних досліджень, всебічністю вивчення геологічних об'єктів з використання геологічних, мінералогічних, петрохімічних, технологічних даних.

**Реалізація результатів роботи.** Результати досліджень і практичні рекомендації, сформульовані в роботі, впроваджені у виробництво і використовуються при експлуатаційній розвідці покладів гематитових кварцитів (уточнення меж покладів гематитових кварцитів, картування рудних тіл різного складу і збагачуваності); розробці перспективних планів експлуатації родовища; складанні схем усереднення гематитової сировини перед подачею на збагачувальну фабрику; оптимізації технологічних схем рудопідготовки і збагачення гематитових кварцитів.

**Фактичний матеріал та особистий внесок автора.** Автором протягом 2007-14 рр. були систематично і ґрунтовно проаналізовані результати попередніх геологічних, а також петрохімічних, мінералогічних, технологічних досліджень. Детально опробовані поклади гіпергенно змінених залізистих кварцитів у забоях кар'єру № 3 комбінату «АрселорМиттал Кривий Ріг», були відібрані 129 геолого-технологічних проб гематитових кварцитів. Були досліджені умови локалізації, варіативності мінерального та хімічного складу, структури, текстури гематитових кварцитів родовища з використанням традиційних і новітніх методів вивчення руд. Виконана комплексна оцінка якісних показників гематитових кварцитів як бідних гематитових руд. На основі одержаних даних розроблені схеми вертикальної і горизонтальної зональності покладів гематитових кварцитів четвертого, п'ятого й шостого залізистих горизонтів родовища. З урахуванням мінералогічних, хімічних і структурних особливостей бідних гематитових руд розроблені рекомендації щодо вибору оптимальної схеми їх збагачення з метою одержання високоякісного залізорудного концентрату.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, одержаних в процесі роботи над дисертацією, були представлені на Міжнародній науково-технічній конференції «Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку – 2010» (м. Кривий Ріг, 25-28 травня 2010 р.), на VII Міжнародній конференції «Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів» (м. Кривий Ріг, 24-26 листопада 2010 р.), на Міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості» (м. Кривий Ріг, 25-28 травня 2011 р.), на IX Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців» (м. Кривий Ріг, 22-24 березня 2012 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, магістрантів і молодих дослідників «Молодий науковець XXI століття» (м. Кривий Ріг, 5 квітня 2012 р.), на Міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг, 22-25 травня 2012 р.), на V Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів» (м. Кривий Ріг, 22-24 листопада 2012 р.), на II Міжнародній науково-технічній конференції «Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів» (м. Кривий Ріг, 21-21 грудня 2012 р.)

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи висвітлені у 21 публікації, з яких, 6 – опубліковані у фахових виданнях, 2 – у журналах що входять до наукометричної бази Scopus, 13 – у збірниках конференцій

**Структура і об'єм роботи.** Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, які включають 49 фотографій, 30 рисунків, 20 таблиць, висновків, списку літератури з 229 найменувань, 5 додатків. Текстова частина дисертаційної роботи викладена на 118 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наукову новизну і практичне значення результатів, викладені основні наукові положення до захисту, наведені дані про апробацію і структуру роботи.

**Перший розділ «ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ВАЛЯВКИНСЬКОГО РОДОВИЩА».** Охарактеризована геологічна позиція родовища. Зазначено, що воно відноситься до Південного залізорудного району Криворізького басейну, який розташований між субмеридіональним Діагональним розломом і зоною відносно дрібних субширотних розривних порушень, яка відокремлює палеопротерозойську товщу криворізької серії від підстеляючих гранітоїдів дніпропетровського комплексу середнього архею. Наведена загальна характеристика шести залізистих (від першого до шостого) і шести сла-



нцевих (від першого до шостого) горизонтів, які складають розріз залізорудної саксаганської світи а також підстеляючи і перекриваючих її світ криворізької серії родовища. Наголошено, що продуктивну його товщу складають шостий, п'ятий і четвертий залізисті горизонти. Наведена загальна тектонічна характеристика родовища, а також детальний опис двох основних складчастих структур Південного залізорудного району – Тарапако-Лихманівської антикліналі (західна частина району) та Основної синкліналі (його південні та східна частини), а також основних розломів – Тарапаківського, Валявкинського та Скелюватського насувів. Основна синкліналь складається з трьох складок другого порядку: Західно-Інгулецької та Східно-Інгулецької синкліналей, розділених між собою Інгулецькою антикліналлю. Валявкинське родовище розташоване в західному крилі Західно-Інгулецької синкліналі. Містяться дані про склад магматичних порід родовища, поділених на три генетично-речовинні групи: 1) гранітоїди, представлені середньоархейськими мікроклін-плагіоклазовими гранітами, мігматитами саксаганського масиву дніпропетровського комплексу, які підстеляють товщу метаморфічних порід криворізької серії; 2) метабазити та метаультрабазити, які представлені амфіболітами конкської серії верхнього архею і новокриворізької світи нижнього протерозою, а також тальк-вмісними сланцями скелюватської світи нижнього протерозою; 3) незмінені базити – діабазити – неопротерозойські магматичні породи, які в межах Південного залізорудного району утворюють декілька даяок. Характеризується три види метаморфізму порід залізорудної товщі родовища: динамотермальний і локально проявлені термальний і динамометаморфізм. Родовище відноситься до перехідної зони між ділянками прояву динамотермального метаморфізму зеленосланцевої і епідот-амфіболітової фацій, більше тяжіє до останньої. Зазначається, що прояв метасоматичних і гідротермальних процесів у товщі порід залізисто-кремнистої формації родовища відносно слабкий. Найбільш характерним є натрієвий метасоматоз, який супроводжувався рибекітизацією залізистих кварцитів і альбітизацією сланців, а в ореольних зонах метасоматичних тіл – відносно слабким окварцюванням і карбонатизацією вмісних залізистих порід. Гідротермальні утворення представлені, переважно, кварцовими, залізнослюдко-кварцовими, карбонат-силікат-кварцовими жилами альпійського походження. Наведена загальна характеристика процесів вивітрювання залізистих і вмісних порід, які супроводжували три основних перериви в осадконагромадженні товщі криворізької серії та спричинили утворення покладів бідних гематитових руд – основного об'єкту досліджень автора дисертації. Неведені описи металевих (бідні магнетитові та бідні гематитові руди) і неметалевих (вохра, сурик, суглинки, кварцові піски, талькові сланці, некондиційні магнетит-силікатні і безрудні кварцити, різного складу сланці та інші гірські породи) корисних копалин Валявкинського родовища.

В розділі 2 «ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ» охарактеризований матеріал, на якому базується дисертаційна робота. Автором були проаналізовані результати попередніх геологічних і супровідних мінералогічних, петрохімічних, технологічних досліджень, які наведені в 229 літературних і 12 фондових джерелах. По уступах кар'єру №3 комбінату «АМКР» були пройдені близько 37 км геологічних маршрутів, при виконанні яких були задокументовані геологічні об'єкти, відібрані 129 проб бідних гематитових руд і вмісних гірських порід. З метою визначення якісних показників гематитових кварцитів біли виконані 129 хімічних аналізів, виготовлені 276 прозорих і полірованих шліфів. Для уточнення мінерального складу гематитових кварцитів, діагностики мінералів, які утворюють прихованокристалічні агрегати, використовувались електронно-мікроскопічний, термографічний аналізи. За результатами геологічних і супровідних мінералогічних, хімічних досліджень були виділені різновиди гематитових руд, зроблені схеми вертикальної й горизонтальної зональності рудних покладів. Матеріал проб використовувався як вихідний при виконанні 55 технологічних експериментів по збагаченню гематитових кварцитів. Узагальнення і аналіз текстової, цифрової, графічної геологічної інформації проводились за допомогою стандартних і адаптованих комп'ютерних програм.

**Розділ 3 «ГЕОЛОГІЧНА ПОЗИЦІЯ І МОРФОЛОГІЯ ПОКЛАДІВ ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ»** Охарактеризована геологічна позиція покладу гематитових кварцитів родовища. Зазначено, що гематитові кварцити як продукт вивітрювання магнетитових кварцитів складають верхні частин розрізу четвертого залізного і практично повністю – розрізи п'ятого і шостого залізистих горизонтів.

Максимальна потужність кори вивітрювання магнетитових кварцитів (500-550 м) характерна для шостого, п'ятого і четвертого залізистих горизонтів – сировинної бази майбутнього комбінату по збагаченню гематитових кварцитів. Наведені геологічні описи, відповідно, рудних тіл шостого, п'ятого і четвертого залізистих горизонтів. Детально охарактеризовані просторове положення, умови залягання рудних тіл. Простягання тіл північ-північно-східне; падіння західне, північно-західне, кути падіння від 35-40 до 70-75°. Дійсна потужність тіла шостого залізного горизонту становить 200-400 м, п'ятого залізного – 50-130 м., четвертого залізного – 50-400 м. Максимальний показник вертикальної потужності встановлений для шостого залізного горизонту (550 м), для п'ятого залізного горизонту він становить 450-500 м, для четвертого залізного – 100-450 м (рис. 1). В розрізах усіх трьох рудних тіл загальний вміст заліза закономірно збільшується від периферійних (20-25 мас.%) до центральних частин (39-45 мас.%), в середньому становить близько 38 мас.%. Для приповерхневих частин кори вивітрювання досліджених залізистих горизонтів характерний прояв гетитизації, а також маршалітизації і гіпергенного окварцювання гематитових кварцитів. З двома

останніми пов'язане суттєве зменшення в складі гематитових кварцитів вмісту заліза – до 10-15 мас.%. Наголошується на подібності речовинних показників гематитових кварцитів усіх трьох досліджених залізистих горизонтів. Загальний вміст заліза становить близько 38 мас.%, дещо більш високий (в середньому близько 39 мас.%) характерний для п'ятого залізистого горизонту.

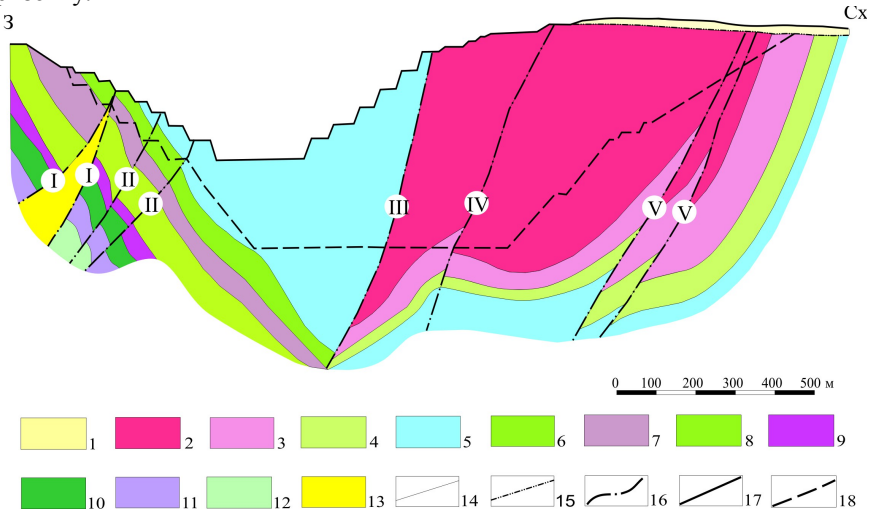


Рис. 1 – Геологічний розріз центральної частини Валявкінського родовища по лінії розвідувального профілю XIII.

1 – рихлі породи осадового чохла; 2-12 – породи залізистих і сланцевих горизонтів саксаганської світи; 2, 3 – кварцити гематитові шостого (2) і п'ятого (3) залізистих горизонтів; 4, 6, 8, 10, 12 – сланці кумінгтоніт-хлорит-кварц-біотитові п'ятого (4), четвертого (6), третього (8), другого (10), першого (12) сланцевих горизонтів; 5 – кварцити магнетитові (гіпергенно незмінені) четвертого залізистого горизонту; 7, 9, 11 – кварцити магнетит-біотит-хлорит-кумінгтонітові третього (7), другого (9), першого (11) залізистих горизонтів; 13 – сланці тальк-вмісні скелюватської світи; 14 – лінії стратиграфічно згідних контактів товщ; 15 – лінії стратиграфічно незгідних контактів товщ; 16 – розривні порушення; 17, 18 – сучасний (17) і проєктний (18) контури кар'єру.

Розломи: I – Західно-Тарапаківський; II – Тарапаківський; III – Валявкінський; IV – Скатерининський; V – Скелюватський.

Мінеральний склад гематитових кварцитів всіх трьох рудних тіл характеризується переважанням мартиту і другорядним значенням залізної слюдки, гетиту, реліктового магнетиту і незначною кількістю дисперсного

гематиту, дисперсного гетиту, лепідокрокиту. Подібність хімічного і мінерального складу обумовлює близькі значення фізичних і технічних характеристик гематитових кварцитів трьох горизонтів, які необхідно враховувати при видобутку і збагаченні гематитової сировини: густини, об'ємної маси, пористості, міцністю за шкалою М.М.Протод'яконова.

**В розділі 4 «ЗОНАЛЬНІСТЬ ПОКЛАДІВ БІДНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД»** детально охарактеризовані виявлені і досліджені автором горизонтальна й вертикальна зональність покладів бідних гематитових руд родовища. Зазначається, що в розрізах досліджених тіл гематитових кварцитів внаслідок поступового затухання з глибиною впливу гіпергенних факторів сформувались чотири мінералогічні зони (згори донизу за розрізом): гетит-мартитова → мартитова → магнетит-мартитова → мартит-магнетитова. Зона гетит-мартитова є зоною максимальних гіпергенних змін первинних магнетитових кварцитів. Верхня її межа співпадає з поверхнею виходу покладів залізистих кварцитів під перекриваючі осадові породи кайнозойського чохла. Вертикальна потужність зони змінюється від 30 до 60 м, вздовж розривних порушень досягає 120 м. В межах цієї зони дуже поширені прояви епігенетичних процесів маршалізації і гіпергенного окварцування вмісних гетит-мартитових кварцитів. Зона мартитова складена мартитизованими різновидами первинних магнетитових кварцитів. Верхня межа зони фіксується за вмістом гетиту нижче 5 мас.%. Процеси маршалізації й окварцування тут проявлені слабкіше. Вертикальна потужність зони найбільша з усіх зон кори вивітрювання, становить близько 100 м. Зона магнетит-мартитова – зона слабких гіпергенних змін магнетитових кварцитів. Контакт з вище розташованою мартитовою зоною проводиться за значенням вмісту магнетиту – в рудах магнетит-мартитової зони вміст  $Fe_{\text{магн}}$  перевищує 5 мас.%. Нижня межа зони відповідає вмісту  $Fe_{\text{магн}}$  в складі залізистих кварцитів 15 мас.%. Вертикальна потужність зони близько 30 м. Зона мартит-магнетитова є зоною початкових гіпергенних змін магнетитових кварцитів, складена їх відносно слабо мартитизованими мінеральними різновидами. Ця зона фіксується лише в розрізі четвертого залізистого горизонту, в межах п'ятого й шостого залізистих горизонтів вона розташована нижче сучасного рівня проведення гірничодобувних робіт і, таким чином, в кар'єрі не розкрита. Вертикальна потужність зони коливається від 15 до 45 м, в середньому становить близько 30 м. Наведені результати аналізу варіативності хімічного і мінерального складу гематитових кварцитів з глибиною. Показана закономірність зміни від гетит-мартитової до мартит-магнетитової зон вмісту рудоутворювальних мінералів гематитових кварцитів: гетиту, магнетиту, мартиту, кварцу. Встановлено, що через послаблення гіпергенних змін первинних залізистих кварцитів з глибиною одночасно зі збільшенням кількості магнетиту спостерігається поступове зростання вмісту сірки – від 0,05 на рівні гетит-мартитової зони до 0,070 на рівні мартит-магнетитової зони. Вміст кварцу практично не змінюється,

складає 52-53%. Наголошується, що горизонтальна зональність успадкована від первинної аутигенно-метаморфогенної зональності покладів магнетитових кварцитів досліджених залізистих горизонтів. В процесі вивітрювання кварц і залізна слюдка зберігали відносну стійкість до дії гіпергенних факторів; магнетит заміщувався мартитом; безглиноземні магнезіально-залізисті силікати (кумінгтоніт, магнезіорибекіт, залізистий тальк, селадоніт та ін.) – дисперсним гематитом в асоціації з гіпергенним кварцом; залізисто-глиноземні силікати (хлорит, біотит, гранат, стильпномелан та ін.) – агрегатом дисперсного гематиту, кварцу, каолініту. Внаслідок цього на гіпсометричному рівні мартитової зони, яка має найбільшу потужність у розрізі покладів гематитових кварцитів, фіксується така горизонтальна зональність тіл гематитових кварцитів (у напрямку від центральних до периферійних зон досліджених залізистих горизонтів): мартит-залізнослюдкові → залізнослюдко-мартитові → мартитові → дисперсногематит-мартитові → мартит-дисперсногематитові (рис. 2).

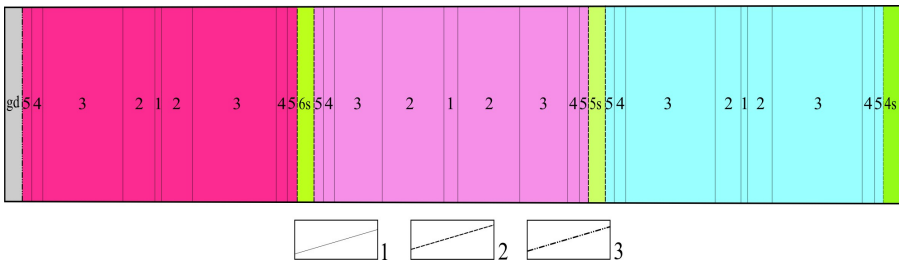


Рис. 2. Схема зональності покладів гематитових кварцитів шостого, п'ятого і четвертого залізистих горизонтів Валявкинського родовища (на гіпсометричному рівні мартитової зони кори вивітрювання).

1 – лінії контактів верств різного складу гематитових кварцитів; 2 – лінії контактів стратиграфічних горизонтів; 3 – лінії стратиграфічно незгідного залягання верств.

Стратиграфічні горизонти саксаганської світи: 4s – четвертий сланцевий; 4f – четвертий залізистий; 5s – п'ятий сланцевий; 5f – п'ятий залізистий; 6s – шостий сланцевий; 6f – шостий залізистий; gd – метакластоліти гданцівської світи.

Мінеральні різновиди залізистих кварцитів та інших гірських порід: 1 – кварцити мартит-залізнослюдкові; 2 – кварцити залізнослюдко-мартитові; 3 – кварцити мартитові; 4 – кварцити дисперсногематит-мартитові; 5 – кварцити мартит-дисперсногематитові; 6s, 5s, 4s – сланці кумінгтоніт-хлорит-кварц-біотитові шостого, п'ятого і четвертого сланцевих горизонтів.

**Розділ 5 «ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ ЯК ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ».** Показано, що існує низка геологічних чинників, які впливають на можливість залучення до розробки покладів гематитових кварцитів. Аналіз даних про локалізацію, морфологію, внутрішню будову, потужність, а також запаси бідних гематитових руд свідчать про кондиційність досліджених покладів, їх перспективність як сировинної бази проєктованого комплексу по виробництву залізорудного концентрату. Наведені детальні характеристики морфології, анатомії індивідів і агрегатів рудотворних (гематит, кварц) і другорядних (гетит, дисперсний гетит, дисперсний гематит, магнетит, новоутворені і реліктові силікати і карбонати) мінералів. За мінералогічними показниками гематитових кварцитів та даними про фізичні властивості мінералів всі вони за поведінкою при підготовці руд до збагачення (дроблення, подрібнення) поділені на дві групи: 1) такі, що при рудопідготовці схильні до утворення зернистого матеріалу (мартит, залізна слюдка, гетит, магнетит, кварц); 2) схильні до утворення пелітоморфного матеріалу (ошламовування) (дисперсний гематит, дисперсний гетит, каолінит, вивітрені різновиди залізистих силікатів і карбонатів). Основними операціями, які можуть забезпечити оптимальні показники збагачення гематитової сировини, є: 1) ефективна рудопідготовка; 2) оптимальна дешламація продуктів подрібнення; 3) раціональне збагачення підготовленого матеріалу. Викладені результати узагальнення і аналізу даних геолого-технологічних експериментів, задача яких полягала в обґрунтуванні оптимальної технології виробництва з гематитових кварцитів високоякісного залізорудного концентрату. Експерименти виконувались за магнітною і гравітаційною схемами. За результатами дослідів, магнітна технологія дозволяє одержати концентрат відносно низької якості (вміст заліза від 58,7 до 61,5 мас.%), але з високим його виходом (відповідно, 53,8-39,9%). Причина низької якості концентрату – інтенсивна флокуляція рудних частинок у потужному магнітному полі. З використанням гравітаційної технології був отриманий концентрат зі значно більш високим вмістом заліза (65,8-66,6 мас.%), який відповідає сучасним вимогам світового ринку. Вихід концентрату нижчий – 26,5-22,6%. За одержаними даними, автором була розроблена геолого-технологічна класифікація бідних гематитових руд родовища (табл. 1).

Таблиця 1.

Геолого-технологічна класифікація бідних гематитових руд Валякинського родовища

Сорти руд	Різновиди руд	Технологічні показники		
		$\alpha$ , мас. %	$\beta$ , мас. %	$\gamma$ , %
I	кварцити гематитові	36-40	65-67	30-33
II	кварцити гематитові маршалізовані	28-36	64-66	25-30
III	кварцити гематитові окварцовані	30-36	63-65	20-25

Технологічні показники:  $\alpha$  – загальний вміст заліза в складі руди;  $\beta$  – вміст заліза в складі концентрату;  $\gamma$  – вихід концентрату.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі виявлених особливостей геологічної позиції, внутрішньої будови покладів гематитових кварцитів, їх складу, структури і текстури вирішена важлива наукова і прикладна задача геологічного обґрунтування залучення до розробки покладів гематитових кварцитів як перспективної залізорудної сировини Валякинського родовища Криворізького басейну. В роботі доведено, що гіпергенні процеси, які відбувались у гетерогенних товщах четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів продуктивної товщі родовища, мали наслідки, в узагальненому вигляді проявлені двома основними трендами. Перший полягає у суттєвому спрощенні мінерального і хімічного складу первинних магнетитових кварцитів, набуття продуктами їх вивітрювання – гематитовими кварцитами – бімінеральності. Другий характеризує загальну спрямованість еволюції внутрішньої будови рудних покладів у напрямку підвищення їх гетерогенності через формування наслідуваної горизонтальної і новоутвореної вертикальної зональності. Показано, що зміна мінерального складу, структури і текстури бідних залізних руд у зв'язку з їх гіпергенними перетвореннями суттєво впливає на показники речовинного складу, які визначають їх збагачуваність. З урахуванням впливу цих факторів доведена важливість оптимізації процесів рудопідготовки (дроблення, подрібнення, класифікація) для підвищення ефективності збагачення гематитових кварцитів та пріоритетність гравітаційної технології у порівнянні з раніше запропонованими. Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному.

1. Основний поклад гематитових кварцитів представлений корою вивітрювання магнетитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів саксаганської світи. Горизонтальна його потужність до 600 м, довжина понад 2000 м. Вертикальна потужність змінюється від 50-70 до 500-550 м. Запаси гематитових кварцитів становлять близько 800 млн. т.

2. За вмістом основних хімічних компонентів гематитові кварцити досліджених залізистих горизонтів подібні. Середній вміст заліза в їх складі близько 38 мас.%. В тісному зв'язку з мінералогічною зональністю цей показник закономірно зменшується в горизонтальних розрізах кожного з трьох залізистих горизонтів від 39-45 мас.% в їх центральних частинах до 25-30 мас.% в периферійних. Низький вміст сірки (в середньому 0,010 мас.%) спричинений практично повним розкладанням сульфідів у процесі вивітрювання первинних магнетитових кварцитів. Незначна кількість глинозему

(близько 0,17 мас.%) свідчить про низький вміст силікатів у складі первинних магнетитових кварцитів.

3. Будова покладу характеризується чітким проявом вертикальної і горизонтальної зональності. У вертикальному розрізі кори вивітрювання виділяються чотири зони, формування яких було обумовлене затуханням з глибиною інтенсивності впливу гіпергенних факторів на вихідні магнетитові кварцити. Знизу догори за розрізом покладу гематитових кварцитів виділяються наступні зони:

– гетит-мартитова – зона максимальних змін первинних магнетитових кварцитів, рудоутворювальними мінералами тут є кварц і гематит, представлений мартитом, залізною слюдкою і дисперсним гематитом; значне поширення мають гідроксиди заліза (гетит, лепідокрокит, дисперсний гетит); вміст реліктового магнетиту не перевищує 1-1,5 мас.%; в межах зони дуже поширені тіла маршалітизованих і окварцованих гетит-мартитових кварцитів; вертикальна потужність зони 30-60 зрідка до 120 м;

– мартитова – зона інтенсивних гіпергенних змін первинних магнетитових кварцитів; основні рудоутворювальні мінерали – кварц і гематит; вміст реліктового магнетиту і новоутвореного гетиту не перевищує 5 мас.%; в межах цієї, як і в гетит-мартитовій зоні поширені тіла маршалітизованих і окварцованих гематитових кварцитів; вертикальна потужність зони найбільша серед всіх зон кори вивітрювання, становить близько 100 м;

– магнетит-мартитова – зона слабких гіпергенних змін вихідних магнетитових кварцитів; характеризується практично повною відсутністю гідроксидів заліза й підвищеним вмістом реліктового магнетиту (5-15 мас.%), основні рудоутворювальні мінерали – кварц, гематит, представлений мартитом і залізною слюдою, а також реліктовий магнетит; в межах цієї зони тіла маршалітизованих і окварцованих гематитових кварцитів зустрічаються відносно рідко, потужність її, зазвичай, не перевищує 30 м;

– мартит-магнетитова – зона початкових гіпергенних змін вихідних магнетитових кварцитів, для якої характерна кількісна перевага реліктового магнетиту над новоутвореним мартитом (вміст останнього від 5 до 15 мас.%; присутні також слабо гіпергенно змінені первинні силікати (кумінгтоніт, біотит, хлорит, магнезюорібекіт та ін.); в межах цієї зони тіла маршалітизованих і окварцованих гематитових кварцитів відсутні; вертикальна її потужність від 15 до 45 м; зона характеризується поступовими переходами до незмінених магнетитових кварцитів, які видобуваються в поточний час як сировина для діючих збагачувальних фабрик комбінату «АМКР».

3. Горизонтальна зональність покладу успадкована від аутигенно-метаморфогенної зональності четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів. На рівні найбільш потужної мартитової зони вона проявлена закономірною зміною в розрізах кожного залізистого горизонту верств, складених такими мінеральними різновидами гематитових кварцитів (в



напрямку від центру до периферії горизонтів): мартит-залізнослюдкові → залізнослюдко-мартитові → мартитові → дисперсногематит-мартитові → мартит-дисперсногематитові. Найбільш поширені мартитові та залізнослюдко-мартитові кварцити.

4. Аналіз геологічних передумов ефективності розробки покладів гематитових кварцитів показав, що за особливостями локалізації, морфології, внутрішньої будови, потужності покладів, за запасами бідних гематитових руд досліджені їх тіла є кондиційними як сировинна база комплексу по виробництву залізорудного концентрату який проектується.

5. За мінералогічними, хімічними, фізичними, технічними показниками рудотворні і другорядні мінерали гематитових кварцитів поділяються на дві групи: 1) схильні при рудопідготовці до утворення зернистого матеріалу (мартит, залізна слюдка, гетит, магнетит, кварц); 2) схильні до утворення пелітоморфного матеріалу (ошламовування) (дисперсний гематит, дисперсний гетит, каолінит, вивітрені різновиди залізистих силікатів і карбонатів). Перші підлягають ефективному розділенню при збагаченні, другі необхідно видаляти з продуктів подрібнення перед основними операціями збагачення, оскільки вони ускладнюють процес розділення рудних і нерудних мінералів, унеможливають одержання високоякісного концентрату.

6. Експериментальні дослідження збагачуваності гематитових кварцитів магнітним і гравітаційним методами показали більшу ефективність останнього. З його використанням може бути отриманий концентрат із загальним вмістом заліза 65-67 мас.%

7. За результатами геологічних досліджень і експериментів, автором була розроблена геолого-технологічна класифікація бідних гематитових руд родовища. У відповідності з показниками виходу концентрату, виділені три сорти руд, кожний з них забезпечує одержання концентрату із загальним вмістом заліза: 1 сорт – 65-67 мас.%, 2 сорт – 64-66 мас.%, 3 сорт – 63-65 мас. %.

### **Основні положення дисертації опубліковані в наступних роботах.**

#### **У фахових виданнях:**

1. Смірнов О.Я. Геологічна позиція і морфологія покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища Криворізького басейну / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов, Є.В.Євтехов // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.– 2010.– №1-2.– С. 17-28.

2. Смірнов О.Я. Мінералогічне обґрунтування оптимальної технології збагачення гематитових кварцитів Валявкинського родовища Криворізького басейну / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов, Є.В.Євтехов // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету.– 2011.– №1.– С. 38-50.

3. Смірнов О.Я. Обґрунтування компоновки представницьких проб бідних гематитових руд Криворізького басейну для виконання їх мінералого-технологічних досліджень (на прикладі Валявкинського родовища) /

**О.Я.Смірнов** // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2012.– №1.– С. 85-91.

4. Смірнов О.Я. Мінералогічна неоднорідність покладів гематитових кварцитів Криворізького басейну (на прикладі Валявкинського родовища) / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов, Є.В.Євтехов // Вісник Дніпропетровського національного університету. Серія Геологія. Географія.– 2012.– Випуск 14.– С.22-27.

5. Євтехов В.Д. Геологічний аспект оптимізації подрібнення гематитових кварцитів при їх підготовці до збагачення (на прикладі Валявкинського родовища Кривбасу) / Є.В.Євтехов, К.В.Ніколаєнко, В.В.Філенко, **О.Я.Смірнов** // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету.– 2012.– №2.– С. 47-53.

6. Смирнов А.Я. Минералогическая оценка результатов поисков оптимальной схемы обогащения гематитовых кварцитов Криворожского бассейна / В.Д. Евтехов, Л.Т. Дударь, Е.В. Евтехов, В.В. Филенко **А.Я.Смирнов** // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького національного університету. – 2013. – №1-2. – С. 84 – 92.

#### **Наукометрична база Scopus:**

7. Рузина М.В. Формационный, фациальный состав и рудоносность белозерской серии докембрия украинского щита в зеленокаменных структурах Среднего Приднепровья / Рузина М.В., Терешкова О.А., Иванов В.Н., **Смирнов А.Я.** // Науковий вісник НГУ. – 2013 – № 5. – С. 17-23.

8. Смирнов А.Я. Геологическое строение залежей гематитовых кварцитов Криворожского бассейна / **Смирнов А.Я.**, Евтехов Е.В., Евтехов В.Д. // Науковий вісник НГУ. – 2014 – № 2. – С. 17-22.

#### **У збірниках конференцій:**

9. Смірнов О.Я. Підвищення ефективності використання гематитових руд родовища шахти «Ювілейна» (Криворізький басейн) / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов / Гірничо-металургійний комплекс: досягнення, проблеми та перспективи розвитку-2012. Прикладна екологія, мінералогія і раціональне використання надр. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2010 р.) // Кривий Ріг, 2010.– С. 10-12.

10. Смірнов О.Я. Стадійність формування сучасного мінерального складу багатих гематитових руд родовища шахти «Ювілейна» (Криворізький басейн) / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов / Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 25-28 травня 2011 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 20-25.

11. Смірнов О.Я. Вертикальна мінералогічна зональність покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища (Криворізький басейн) / **О.Я.Смірнов**, А.В.Євтехова / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-

практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 березня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 15-21.

12. Смірнов О.Я. Вертикальна геохімічна зональність покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища (Криворізький басейн) / **О.Я.Смірнов**, Д.М.Прилепа, А.В.Євтехова / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 березня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 70-75.

13. Смірнов О.Я. Геологічна позиція і морфологія покладів гематитових кварцитів / **О.Я.Смірнов** // Молодий науковець ХХІ століття. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрантів і молодих дослідників (Кривий Ріг, 5 квітня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 164-166.

14. Смірнов О.Я. Мінералогічне обґрунтування оптимальної технології збагачення гематитових кварцитів Валявкинського родовища Криворізького басейну / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов, Є.В.Євтехов, В.В.Філенко, С.В.Тіхлівець / Сталій розвиток промисловості та суспільства. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-25 травня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 20-25.

15. Євтехова А.В. Варіативність хімічного складу гематитових кварцитів Валявкинського родовища (Криворізький басейн) / А.В.Євтехова, **О.Я.Смірнов**, Д.М.Прилепа // Сталій розвиток промисловості та суспільства. Геологія, прикладна мінералогія, екологія. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-25 травня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 66-71.

16. Смірнов О.Я. Поклади бідних гематитових руд Валявкинського родовища комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» / **О.Я.Смірнов** / Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 листопада 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 72-75.

17. Лебедев А.Г. Вариативность минерального состава железистых кварцитов в вертикальном разрезе коры выветривания Валявкинского месторождения / А.Г.Лебедев, **А.Я.Смирнов** / Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничодобувних регіонів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 22-24 листопада 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 121-123.

18. Євтехов В.Д. Технологічна мінералогія бідних гематитових руд Валявкинського родовища / В.Д.Євтехов, Є.В.Євтехов, В.В.Філенко, С.В.Тіхлівець, **О.Я.Смірнов** / Геомеханічні аспекти та екологічні наслідки відпрацювання рудних покладів. Збірник наукових праць II Науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 21-22 грудня 2012 р.) // Кривий Ріг, 2012.– С. 89-90.

19. Смірнов О.Я. Геологічна позиція і зональність тіл маршалітизації -гематитових кварцитів Валявкінського родовища Криворізького басейну / **О.Я.Смірнов**, В.Д.Євтехов / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали X Всеукраїнської науково-практичної конференції (Кривий Ріг, 21-23 березня 2013 р.) Кривий Ріг, 2013.– С. 77-81.

20. Смирнов А.Я. Геологическая и минералогическая характеристика гематитовых кварцитов как перспективного железорудного сырья Криворожского бассейна (на примере Валявкинского месторождения) / **А.Я. Смирнов** // Проблемы недропользования: сборник трудов Международного форума-конкурса – Санкт-Петербург, 2013.– С. 19-21.

21. Волков А.Г. Физические свойства гематитових кварцитів Валявкінського месторождения (Криворожский бассейн) / А.Г. Волков, **А.Я.Смирнов** // Сталий розвиток промисловості та суспільства. Геологія та економіка мінеральної сировини. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Кривий Ріг, 22-25 травня 2013 р.) // Кривий Ріг, 2013.– С. 113-115.

**Особистий внесок автора в роботах, написаних у співавторстві:** [1-2, 8] – вивчення локалізації рудних покладів, графічні роботи, участь у написанні статей; [3-6, 20] – проведення геологічного опробування рудних покладів, виконання експериментів, обробка їх результатів, вивчення варіативності складу гематитових кварцитів, розробка схеми зональності рудних покладів, участь у написанні статей; [6,7,9, 11-13, 15-17, 18,19, 21,22] – підготовка вихідного матеріалу, вивчення геології й складу рудних покладів, побудова схем їх зональності, вивчення спрямованості зміни складу руд у процесі вивітрювання, участь у написанні тез доповідей.

### АНОТАЦІЯ

Смірнов О.Я. Геологія покладів бідних гематитових руд (гематитових кварцитів) Валявкінського родовища Криворізького басейну. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.11 – геологія металевих і неметалевих корисних копалин. Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, 2014.

Валявкінське залізорудне родовище розташоване в Південному районі Криворізького басейну. До складу його продуктивної товщі входять четвертий, п'ятий і шостий залістисті горизонти саксаганської свити. Основні корисні копалини родовища – багаті гематитових руди, бідні магнетитові руди (магнетитові кварцити) і бідні гематитових руди (гематитові кварцити). Поклади багатих руд до теперішнього часу відпрацьовані. Поклади магнетитових кварцитів розробляються ГЗК «АрселорМітал Кривий Ріг» і є си-

ровиною для виробництва залізорудного концентрату. Гематитові кварцити є продуктом вивітрювання магнетитових кварцитів, в даний час вивчаються як перспективна залізорудна сировина родовища. Поклади гематитових кварцитів являють собою кору вивітрювання пластових тіл магнетитових кварцитів. Глибина її поширення досягає 500-550 м. Для покладів бідних гематитових руд характерна горизонтальна і вертикальна зональність. Горизонтальна зональність проявлена закономірною зміною в їх розрізах верств, складених наступними різновидами гематитових кварцитів (в напрямку від центру до периферії покладів) мартит–залазнослюдовкі → залізнослюдко–мартитові → мартитові → дисперсногематит–мартитові → каолініт–мартит–дисперсногематитові. Основним чинником формування вертикальної зональності було загасання з глибиною дії агентів гипергенеза, що спричинило таку зміну зон (зверху донизу за розрізом): гетит–мартитова → мартитова → магнетит–мартитова → мартит–магнетитова. Остання характеризується поступовими переходами до незмінним магнетитових кварцитів. Гематитові кварцити являють собою практично бімінеральну залізорудну сировину. Рудоутворювальними мінералами є гематит і кварц. Другорядні мінерали – гетит, реліктовий магнетит, каолініт, гіпергенно змінені силікати (біотит, кумінгтоніт, хлорит).

З урахуванням мінерального складу, структури, текстури руд, фізичних властивостей мінералів були вивчені способи виробництва з гематитових кварцитів високоякісного залізорудного концентрату, найбільш ефективним був визнаний гравітаційний, який забезпечує одержання концентрату з вмістом заліза 65-67 мас. %, при виході не менше 30%.

Результати геологічних досліджень впроваджені у виробництво, використовуються при якісній і кількісній оцінці покладів бідних гематитових руд, їх геолого-технологічному картуванні.

**Ключові слова:** геологія залізорудних родовищ, залізо-кремніста формація, кора вивітрювання, морфологія рудних покладів, зональність рудних тіл, мінеральний і хімічний склад залізних руд, збагачуваність залізних руд.

## АННОТАЦІЯ

Смирнов А.Я. Геология залежей бедных гематитовых руд (гематитовых кварцитов) Валявкинского месторождения Криворожского бассейна.– На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.11 – геология металлических и неметаллических полезных ископаемых. Национальный горный университет, Днепропетровск, 2014 г.

Валявкинское железорудное месторождение расположено в Южном районе Криворожского бассейна. В состав его продуктивной толщи входят

четвертый, пятый и шестой железистые горизонты саксаганской свиты. Основные полезные ископаемые месторождения – богатые гематитовые руды, бедные магнетитовые руды (магнетитовые кварциты) и бедные гематитовые руды (гематитовые кварциты). Залежи богатых руд к настоящему времени отработаны. Залежи магнетитовых кварцитов разрабатываются ГОКом комбината «АрселорМиттал Кривой Рог», являются сырьем для производства железорудного концентрата. Гематитовые кварциты являются продуктом выветривания магнетитовых кварцитов, в настоящее время изучаются как перспективное железорудное сырье месторождения. Залежи гематитовых кварцитов представляют собой кору выветривания пластовых тел магнетитовых кварцитов. Глубина ее распространения достигает 500-550 м. Для залежей бедных гематитовых руд характерна горизонтальная и вертикальная зональность. Горизонтальная зональность, унаследованная от первичной аутигенно-метаморфогенной зональности железистых горизонтов, проявлена закономерной сменой в их разрезах пластов руд, сложенных следующими разновидностями гематитовых кварцитов (в направлении от центра к периферии горизонтов) мартит-железнослюдковые → железнослюдко-мартитовые → мартитовые → дисперсгематит-мартитовые → каолинит-мартит-дисперсногематитовые. Основным фактором формирования вертикальной зональности являлось затухание с глубиной действия агентов гипергенеза. В разрезах залежей гематитовых кварцитов отмечается такая смена зон (сверху вниз по разрезу): гетит-мартитовая → мартитовая → магнетит-мартитовая → мартит-магнетитовая. Последняя характеризуется постепенными переходами к неизменным магнетитовым кварцитам.

Выветривание исходных магнетитовых кварцитов сопровождалось существенным упрощением их минерального состава. В результате гематитовые кварциты представляют собой практически биминеральное железорудное сырье. Рудообразующими минералами являются гематит (мартит, железная слюдка, дисперсный гематит) и кварц. Второстепенные минералы – гидроксиды железа (гетит, лепидокрокит, дисперсный гетит), реликтовый магнетит, каолинит, гипергенно измененные силикаты (биотит, куммингтонит, хлорит).

С учетом минерального состава, структуры, текстуры руд, физических свойств минералов были изучены способы переработки гематитовых кварцитов с целью производства из них высококачественного железорудного концентрата. По результатам сравнительных экспериментов, наиболее эффективным был признан гравитационный. С его использованием возможно производство концентрата с содержанием железа 65-67 мас. %, при выходе не менее 30%.

Результаты геологических исследований внедрены в производство, используются при качественной и количественной оценке залежей бедных гематитовых руд, и их геолого-технологическом картировании.

**Ключевые слова:** геология железорудных месторождений, железисто-кремнистая формация, кора выветривания, морфология рудных залежей, зональность рудных тел, минеральный и химический состав железных руд, обогащаемость железных руд.

### ABSTRACT

Smirnov O.Ya. Geology of low grade hematite ore deposits (hematite quartzites) of Valiavkinske deposit in Kryvyi Rih basin. – Manuscript.

Thesis for obtaining candidate of geological sciences degree on the specialty 04.00.11 geology of metalliferous and non-metalliferous minerals. National mining university, Dnipropetrovsk, 2014.

Valiavkinske iron ore deposit is located in the Southern region of Kryvyi Rih basin. Its productive rock mass comprises the fourth, fifth and sixth ferruginous horizons of the saksaganskaya suite. The main metal minerals of the deposit are high grade hematite quartzites are mined by “ArcelorMittal Kryvyi Rih” and are the raw materials for iron ore concentrate production the hematite quartzites are the product of weathering of magnetite quartzites, at the moment they are studied as promising iron ore raw material of the deposit. Deposits of hematite quartzites are the crust of weathering layered bodies of magnetite quartzites. Depth of its distribution makes up 500-550 m. Horizontal and vertical zonality is typical for low grade hematite ore deposits. Horizontal zonality is manifested by regular change in their sections of layers made up of the following varieties of hematite quartzites (in the direction from the center to circumferences of the deposits): martite-specularite → specularite-martite → martite → dispersed hematite-martite → kaolinite-martite-dispersed hematite. The major cause for vertical zonality formation was extinction with depth of hypergenesis agents activity which resulted in the following zones changes (from top to bottom of the sections): goethite-martite → martite → magnetite-martite → martite-magnetite. The latter one is characterized by gradual transition to unchanged magnetite quartzites. Hematite quartzites are practically bimineral iron ore raw materials. Ore forming minerals are hematite and quartz. Secondary minerals are represented by goethite, relict magnetite, kaolinite, hypergene way changed silicates (biotite, cummingtonite, chlorite).

Taking into account mineral composition, structure, ores texture, mineral physical properties ways of producing high quality iron ore concentrate from hematite quartzites, the most efficient being gravitational method providing concentrate, production having 65-67 mas.% of iron content with the yield not less than 30 %.

Results of geological studies have been implemented into production, are used for qualitative and quantitative estimation of low hematite ores deposits, for their geological and technological mapping.

**Key words:** geology of iron ore deposits, banded iron formation, crust of weathering, ore deposits, morphology, ore bodies zonality, mineral and chemical composition of iron ores, iron ores dress ability.



**СМІРНОВ ОЛЕКСАНДР ЯРОСЛАВОВИЧ**

**ГЕОЛОГІЯ ПОКЛАДІВ БІДНИХ ГЕМАТИТОВИХ РУД  
(ГЕМАТИТОВИХ КВАРЦИТІВ) ВАЛЯВКИНСЬКОГО РОДОВИЩА  
КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ**

**(Автореферат)**

Підп. до друку 02.10.2014. Формат 60х90/16  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 120 пр. Зам. №114

Державний вищий навчальний заклад  
«Криворізький національний університет»  
Видавничий центр  
50027, м. Кривий Ріг, вул. XX Партз'їзду, 11