

Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій
і глобального інформаційного простору

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА СУЧАСНІ ГЕОЛОГО- ЕКОНОМІЧНІ Й ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИДОБУТКУ І ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ЗОНИ



**Національна академія наук України
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного
простору**

**С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, В.В. Іванченко,
М.М. Курило, В.В. Покалюк, Є.О. Яковлев, В.В. Стеценко,
М.В. Беліцька, С.К. Кошарна, А.І. Стеценко**

**ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА
ТА СУЧАСНІ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ
Й ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИДОБУТКУ
І ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД
КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ЗОНИ**

Київ
Ніка-Центр
2017

УДК 55; 504; 574

Г 36

Автори:

С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, В.В. Іванченко,
М.М. Курило, В.В. Покалюк, Є.О. Яковлев, В.В. Стеценко,
М.В. Беліцька, С.К. Кошарна, А.І. Стеценко.

Рецензенти:

Д-р геол.-мін. наук, професор В.І. Павлишин
Д-р екон. наук, професор, Є.В. Хлобистов

Науковий редактор: д-р геол.-мін. наук, професор М.М. Коржнев

*Рекомендовано до друку вченою радою Інституту телекомунікацій
і глобального інформаційного простору НАН України
(протокол № 10 від 25 грудня 2017 року)*

Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні
Г36 умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / С.О. Довгий, М.М. Коржнев (ред.), О.М. Трофимчук та ін.; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208 с.
ISBN 978-966-7067-26-1

У монографії наведені дані з геології Криворізько-Кременчуцької зони, охарактеризовані геолого-економічні проблеми й екологічні наслідки експлуатації її залізрудних родовищ та намічені шляхи їх подолання зі збереженням сировинної бази чорної металургії й одночасним підвищенням рівня екологічної безпеки у регіоні.

УДК 55; 504; 574

© С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук,
В.В. Іванченко, М.М. Курило, В.В. Покалюк,
Є.О. Яковлев, В.В. Стеценко, М.В. Беліцька,
С.К. Кошарна, А.І. Стеценко, 2017.

© Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України, 2017.

ISBN 978-966-7067-26-1

Зміст

| | Стор. |
|--|-------|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ | 3 |
| ВСТУП (С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук) | 5 |
| Глава 1. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА КРИВОРІЗЬКО- КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ЗОНИ (ККЗ) УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА (М.М. Коржнев, В.В. Покалюк) | 7 |
| Глава 2. ЗАЛІЗОРУДНІ РОДОВИЩА ККЗ | 22 |
| 2.1. Геологічна будова родовищ (М.М. Коржнев, М.М. Курило) | 23 |
| 2.2. Проблемні питання геолого-економічної оцінки (М.М. Курило) | 43 |
| Глава 3. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД У КРИВБАСІ | 57 |
| 3.1. Вплив гірничодобувної промисловості на розломно- блокову тектоніку геологічного середовища та геоморфоло- гічні компоненти Кривбасу (В. В. Стеценко) | 60 |
| 3.2. Літологія і технологічні властивості донних осадків річок у прилеглих районах Кривбасу (В.В. Іванченко, М.В. Беліцька) | 80 |
| 3.3. Мінеральні новоутворення та важкі метали на техногенних об'єктах ГЗК (С.К. Кошарна, А.І. Стеценко, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев) | 116 |
| 3.4. Екологічні витрати підприємств (С.К. Кошарна) | 136 |
| 3.5. Шляхи покращення екологічної ситуації у Кривбасі в сучасних умовах (М.М. Коржнев, В.В. Іванченко, М.М. Курило, С.К. Кошарна) | 145 |
| Глава 4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОВЕДЕННЯ ДІЯЛЬ- НОСТІ З ВИДОБУТКУ І ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД ... | 151 |
| 4.1. Фактори екологічної небезпеки при видобутку і переробці руд (О.М. Трофимчук, Є.О. Яковлев) | 151 |
| 4.2. Геодинамічні чинники виникнення надзвичайних екологічних ситуацій у Кривбасі (В. В. Стеценко) | 167 |
| 4.3. Можливості оцінки екологічних ризиків Кривбасу з врахуванням асиміляційного потенціалу його території (С.К. Кошарна) | 172 |
| ВИСНОВКИ (С.О. Довгий, М.М. Коржнев, О.М. Трофимчук, В.В. Іванченко, М.М. Курило, В.В. Покалюк, Є.О. Яковлев, В.В. Стеценко, М.В. Беліцька, С.К. Кошарна, А.І. Стеценко) ... | 179 |
| ЛІТЕРАТУРА | 184 |
| ДОДАТКИ | 201 |

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

АП - асиміляційний потенціал
АППС - асиміляційний потенціал геологічного середовища
ВМ - важкі метали
ГДР - гірничодобувні роботи
ГІС - геоінформаційна система
ГЗК - гірничо-збагачувальний комбінат
ГЗО - граніт-зеленокам'яна область
ГМК - гірничо-металургійний комплекс
ГС - геологічне середовище
ДЕГУ ВМГОР НАНУ - Державна наукова установа Відділення морської геології та осадового рудоутворення НАН України
ЗСС - Західно-Саксаганська смуга
ККЗ - Криворізько-Кременчуцька зона
КМА - Курська магнітна аномалія
КПМА - Криворізька промислово-міська агломерація
МСБ - мінерально-сировинна база
НКГЗК - Новокриворізький гірничо-збагачувальний комбінат
НПС - навколишнє природне середовище
ОВНС - оцінка впливу на навколишнє середовище
ПАТ - публічне акціонерне товариство
ПрАТ - приватне акціонерне товариство
ПТГС - природно-техногенна геосистема
РГВ - рівень ґрунтових вод
РПМ - рудопородна маса
ССС - Східно-Саксаганська смуга
ЦГЗК - Центральний гірничо-збагачувальний комбінат
ВІФ - banded iron formation

ВСТУП

Викладені у монографії результати наукових досліджень фактично, є продовженням попередніх робіт за науково-технічними проектами в рамках програми «Мінерально-сировинна база України як основа безпеки держави», у якій Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору традиційно виконує дослідження, пов'язані с проблемами раціонального використання мінеральної сировини, його екологічними наслідками та екологічною безпекою.

Абсолютна більшість світових запасів залізних руд (біля 80 %) пов'язана з ранньпротерозойськими залізісте-кремневими формаціями, відомими в англійській літературі як BIF (banded iron formation) [166]. Основні об'єми ранньпротерозойських BIF зосереджені в декількох залізородних басейнах, що відносяться до розряду великих і дуже великих родовищ. Відомий давно феномен масового залізнакопичення у ранньому протерозої більшість дослідників пов'язують з якісною зміною складу гідросфери і атмосфери на межі архею і протерозою і появою вільного кисню.

Аналіз розташування ранньпротерозойських залізородних басейнів щодо архейських структур земної кори однозначно виявляє їх просторовий зв'язок з архейськими граніт-зеленокам'яними областями (ГЗО), закладення яких пов'язують з еволюцією цих областей. Геологія ГЗО узагальнена у фундаментальній роботі К. Конді [59]. З еволюцією ГЗО зв'язана корінна структурна перебудова континентального сегменту земної кори у докембрії [61]. Активна магматична діяльність у ГЗО обумовила їхнє переродження. На відміну від ранньоархейського часу, коли ці області були рухливими геосинклінальними, наприкінці архею вони перетворилися в консолідовані (кратонізовані) стабільні блоки. Саме кратонізацією більшої частини континентального сегмента земної кори знаменується умовна вікова границя між археєм і протерозоєм. Почав формуватися новий структурний план континентальної земної кори – кратони, оточені рухливими поясами. З кратонізацією і подальшим ізостатичним вирівнюванням ГЗО областей пов'язане в подальшому формування в їхніх межах чи обрамленні великих басейнів ранньпротерозойського залізнакопичення.

Проведений аналіз геохронологічних даних [61] дозволяє стверджувати, що в першій половині раннього протерозою (2,5-2,3 млрд. років назад) накопичилися смугасті залізісте-кремневі і

залізисте-кременево-доломітові формації таких крупних басейнів як Хамерслі (Австралія), Трансваальського (Африка), Мінас-Жерайс (Південна Америка), Криворізького і КМА (Європа), а в другій половині (2,1-1,9 млрд. років назад) – залізисте-кременево-сланцеві гранулярні оолітові формації басейну Анімікі і Лабрадорського трого (Північна Америка) та басейну Наберу (Австралія).

Раньопротерозойські залізорудні басейни добре вивчені й є постачальниками сировини для чорної металургії більшості країн. Криворізький, Правобережний і Кременчуцький залізорудні райони Українського щита входять до складу Криворізько-Кременчуцької зони (ККЗ), залізорудні родовища якої є основою сировинної бази чорної металургії України.

Але тривала експлуатація залізорудних родовищ у ККЗ з економією на екологічних витратах призвела до відпрацювання найкращих покладів руд, погіршення гірничо-геологічних умов їх видобутку та кризового наближеного до катастрофічного стану навколишнього середовища у багатьох гірничодобувних районах. Надмірно зростає кількість відходів і виведених з обороту земель, а необхідні фінансові ресурси на екологічну реабілітацію територій перевищують витрати на видобуток і переробку руд, що ставить під сумнів економічну доцільність їх видобутку. Метою монографії є розглянути питання геології, геолого-економічних умов експлуатації родовищ і переробки залізних руд та їх впливу на довкілля головного залізорудного регіону України – Криворізько-Кременчуцької зони у сучасних умовах.

Глава 1.

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ЗОНИ (ККЗ) УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

У появу відомостей та розвиток уявлень про геологічну будову ККЗ, мінералогію та залізорудні родовища регіону зробили внесок цілі покоління геологів, починаючи з XIX століття: М.П. Барбот-де-Марні, В.А. Домгер, С.О. Конткевич, П.П. Пятницький, І.І. Танатар, М.І. Свитальський, Я.М. Белевцев, Р.Я. Белевцев, І.М. Бордунов, Ю.Г. Гершойг, Б.О. Горлицький, Б.І. Горошніков, М.П. Гречишніков, М.М. Доброхотов, А.Д. Додатко, В.Д. Євтехов, Б.О. Занкевич, Г.І. Каляєв, В.М. Кравченко, Д.О. Кулік, Є.К. Лазаренко, Ю.П. Мельник, І.С. Паранько, Б.І. Пирогов, О.В. Плотніков, Ю.Ір. Половинкіна, Л.Г. Прожогін, М.П. Семененко, Т.А. Скаржинська, Г.В. Тохтуєв, І.С. Усенко, В.Ю. Фоменко, Л.Я. Ходюш, М.І. Черновський, М.П. Щербак, М.О. Ярошук, та багато інших, перелічити яких неможливо у цьому дослідженні.

Уявлення про геологію, стратиграфію, тектоніку й умови формування ККЗ еволюціонували протягом майже двох століть з постійним уточненням. Розуміючи дискусійність багатьох питань її геології, ми не будемо зупинятись на розгляді цієї еволюції, а наведемо дуже стисло характеристику ККЗ з посиланнями, в основному, на власні дослідження, що стосуються тектонічних умов формування зони і формаційного складу її товщ. На рисунку 1.1 жирна пунктирна лінія обмежує сучасну площу ККЗ зі збереженими в полях гранітоїдів дніпровського комплексу Українського щита з великими залізорудними структурами (Криворізькою і Кременчуцькою) та окремими ділянками і родовищами, розповсюдженими у Правобережному районі.

Загальні відомості щодо стратиграфії. Розрізи товщ, якими складена ККЗ, починаються з Латівської товщі. Латівські кварцити, метапісковики та метатравеліти є найдавнішими базальними осадовими утвореннями ККЗ, які неодноразово пропонувалися виділяти у ранг самостійної світи [101]. Ці відклади мають регіональне поширення в межах Кривбасу, Правобережному та Кременчуцькому районах Їхня потужність становить в основному 10–60 м, на ділянці замикання Основної синкліналі Кривбасу – до 200 м. Визначення віку магматичних порід, що перекривають і підстеляють латівську товщу, вказують на її мезоархейський вік (3,0–2,96 млрд років).

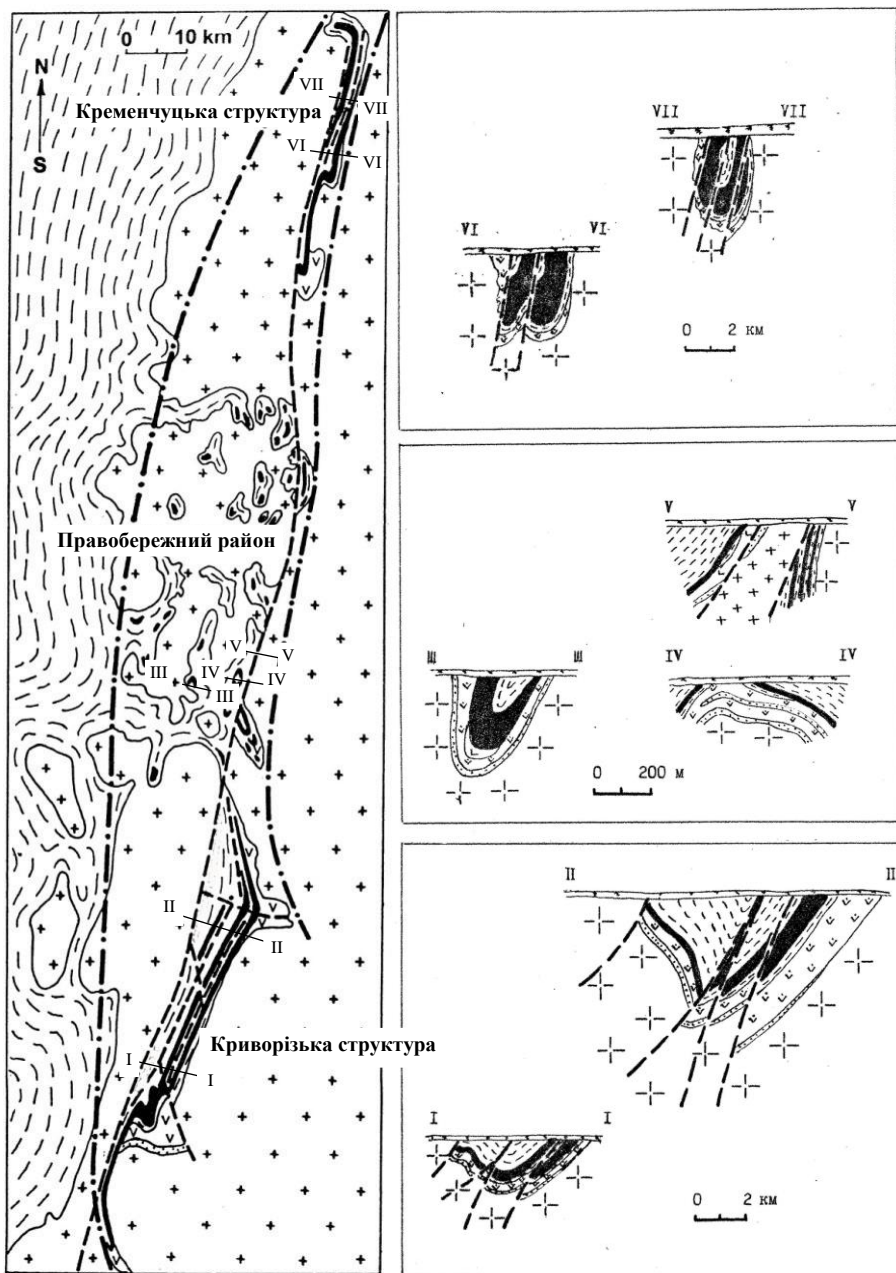


Рис. 1.1. Криворізько-Кременчуцька зона та окремі розрізи її структур.

Стратиграфічна перерва між цими породами та метавулканітами новокриворізької світи, що їх перекривають, є цілком можливою. Але вона, скоріше, була незначною та не супроводжувалася структурною перебудовою і формуванням стародавнього елювію.

Новокриворізька світа – єдиний істотно вулканогенний комплекс зараз пропонується виділятися в ранзі серії [102], що корелюється з конкською серією Середнього Придніпров'я зі стратифікацією у вертикальному розрізі та поділом у латеральному напрямку на ряд формацій. Особливості структури і будови локальних вулканогенних розрізів новокриворізької світи дали змогу провести їхню типізацію за потужність розрізів та розташування відносно зон найбільшого прогинання. Ділянки скороченої потужності вулканітів (міжтрогові) характеризуються простою будовою. Тут наявна малопотужна толейтова формація, або поєднання толейтової та сублужної андезит-базальтової (один цикл). Потужніші розрізи відрізняються як більш повним набором формацій (коматітова, толейтова, сублужна андезит-базальтова), поліциклічністю внутрішньої будови, так і ускладненою тектонікою. Встановлюються фрагменти грабен-синклінальної будови. До трогових ділянок приурочені й центри (зони) найвищої активності вулканічних процесів.

Скелюватська світа поширена вздовж усього простягання Криворізької структури, а також на більшій частині простягання Кременчуцької структури. Її вік оцінюється як палеопротерозойський, максимальна потужність – 500 м. Світа згідно перекривається продуктивною залізородною товщею саксаганської світи, і в цьому відношенні є передзалізородним метатеригенним комплексом в докембрії ККЗ. Світа зі стратиграфічною перервою, кутовою незгідністю і корою вивітрювання залягає на основних метавулканітах новокриворізької світи, а там, де останніх немає, – на метаелювії архейських плагіогранітів. Її складають метаконгломерати, метагравеліти, метапісковики, а також різні метаалевропелітові сланці кварц-серицитового, біотит-серицитового та іншого складу.

Скелюватській світа має такі особливості: 1 – в цілому трансгресивний тип розрізу; 2 – загальне поступове зниження поліміктності відкладів і зростання їхньої мінералогічної та хімічної зрілості вгору за розрізом; 3 - найбільшу високу структурну зрілість мають крупнопіщані й дрібногравійні відклади, приурочені до

середньої частини розрізу світи (це руслові малослюдисті олігоміктові калішпатвмісні метапісковики і метагравеліти).

Літологічні дослідження дали змогу підтвердити потокову пролювіально-алювіальну фаціальну природу головних різновидів метаконгломератів світи.

Товща порід талькового або карбонат-талькового горизонту стратиграфічно приурочена до межі скелюватської (нижньої теригенної) та саксаганської (залізорудної) світ. Товща характерна не тільки для Кривбасу, а й для Кременчуцького району та району Правобережних магнітних аномалій, де є літолого-стратиграфічні аналоги цих порід. Роботами 1950-70-х років отримані незаперечні свідчення ефузивної природи більшої частини порід талькового горизонту. Метавулканіти талькового горизонту, як другорядні члени всередині осадової товщі, які до того ж розташовані на різних стратиграфічних рівнях, не можуть мати самостійного стратиграфічного значення в ранзі підсвіти, як це прийнято на цей час. Вони можуть бути лише складовою частиною теригенної товщі, яка їх вміщує.

Саксаганська світа представлена чергуванням рудоносних горизонтів залізистих кварцитів і сланцевих горизонтів. Є відмінності у будові світи між Криворізькою та Кременчуцькою структурами. У Кременчуцькому районі в основному рудоносному горизонті, який відповідає п'ятому залізистому горизонту Кривбасу, відсутні залізисті кварцити окисної фації, він збагачений силікатами і залізистими карбонатами. У розрізі всіх сланцевих горизонтів з'являються метапісковики, а в другому сланцевому – внутрішньоформаційні метаконгломерати з дрібною галькою вуглистих сланців і безрудних кварцитів. Це може свідчити про внутрішньоформаційні перерви і мілководні умови седиментації під час формування саксаганської світи.

Залізисті горизонти саксаганської світи вміщують родовища бідних і багатих залізних руд, розробка яких ведеться як відритим, так і підземним способом майже півтора століття. Це привело до критичних порушень породного масиву.

Гданцівська світа складається, головним чином, метатеригенними породами – вуглистими, алюмосилікатними і високоглиноземистими сланцями, метапісковиками, залізисте-кластогенними псефопсамітами, з підлеглою роллю вуглисте-карбонатних сланців і мармурованих доломітів. У 80-х роках минулого століття доводилось існування в розрізі гданцівської світи декількох пластів хомогенно-

осадових залізистих кварцитів, що складають самостійну формацію, окрему від саксаганської залізорудної світи. У Криворіжжі ця формація утворює так звані Дальне-Західні смуги (ДЗС), стратиграфічна приналежність яких досі залишається дискусійною.

Глеєватська світа є самою верхньою (наймолодшою) стратифікованою ранньодокембрійською товщею Криворізького залізорудного басейну (в Кременчуцькому районі вона відсутня). Верхня вікова межа світи – 2000 млн років, що відповідає часу її метаморфізму та віку січних субзгідних ін'єкцій апліт-пегматоїдних гранітів кіровоградського комплексу. Ця товща складена головним чином метатеригенними породами – метаконгломератами, метапісковиками, метаалевролітами з рідкісними малопотужними лінзами мармурованих доломітів. Між гданцівською і глеєватською світами припускається істотна перерва в осадконакопиченні, яку показана у багатьох стратиграфічних схемах, хоча в розрізах цю перерву у вигляді будь-яких базальних горизонтів або кір вивітрювання ніде конкретно не задокументовано.

Сучасне розчленування світи на дві підсвіти, як і більш раннє поділення на чотири підсвіти, досить недосконале й умовне.

Кількісні підрахунки параметрів шаруватості порід, ступеня обкутаності й сортування галькового матеріалу, гранулометрії піщаного заповнювача метаконгломератів глеєватської світи дали змогу встановити басейновий генезис відкладів світи і довести хвильову (прибережно-басейнову) природу метаконгломератів і метатеригенних осадів, що їх вміщують.

Наприкінці 80-х років минулого століття у ранньому докембрії ККЗ визначено три рівня розвитку залишкових метаморфізованих кір вивітрювання, які відповідають великим епохам короутворювання – передлатівсько-передновокриворізькій, передскелюватській, передгданцівській. Ці рівні мають регіональне поширення не тільки в ККЗ, а й у межах КМА. З ними пов'язані великі структурні кутові незгідності, які свідчать про тривалі континентальні перерви і значні ерозійні зрізи. За значущістю перерв історія ККЗ розділяється на два найбільших періоди – архейський (передскелюватський) і палеопротерозойський.

Крім великих регіональних перерв у розрізі ККЗ є також локальні внутрішньоформаційні. До їхнього числа можна віднести кілька внутрішньоформаційних перерв і локальних розмивів всередині саксаганської світи в Кременчуцькій структурі (з ними пов'язані

малопотужні пласти конгломератобрекчій і псамітів), а також перерву між гданцівською і глеєватською світами.

Дослідження даних щодо просторового співвідношення порід, їхнього структурного положення, типоморфних літолого-речовинних особливостей та інших ознак дало змогу надати пропозиції стосовно удосконалення стратиграфічної схеми докембрійських утворень ККЗ [102]. Найбільш важливі з них такі:

1. Плагіогранітоїди західного і східного бортів ККЗ пропонується розглядати у складі єдиного комплексу.

2. Вичленити новокриворізьку світу зі складу криворізької серії і розглядати її як самостійну серію, що складається з двох світ – латівської і новокриворізької.

3. Обсяг криворізької метаосадової серії обмежити скелюватською та саксаганською світами. Гданцівська і глеєватська світи складуть верхню, наймолодшу серію – гданцівсько-глеєватську. Весь розріз ККЗ буде складатися з трьох серій – латівсько-новокриворізької, криворізької та гданцівсько-глеєватської.

Верхню частину стратиграфічних розрізів ККЗ складають кайнозойські четвертинні породи чохла Українського щита. Вплив на довкілля видобутку і переробки залізних руд, зосереджених у докембрійських породах, та чорної металургії у значному ступеню відчувається саме в них.

В *бучацький час*, який відповідає першій половині середнього еоцену палеогенового періоду (50,5-48,0 млн. років) в межах ККЗ накопичувалися піщано-глинисті відклади з прошарками вуглистих порід, характерних для середньої частини бучацького розрізу. Накопичення осадків відбувалося в умовах неглибокого теплого моря.

Кінець першої половини середнього еоцену у ККЗ ознаменувався *київською трансгресією*, що стало причиною формування серед товщі алевролітів, аргілітів, глин і вапняків малопотужних прошарків піщано-гравійно-галечникових відкладів.

Олігоценовий час ознаменувався *борисфенською трансгресією*, що сприяло накопиченню тільки теригенних (пісків, гравелітів, галечників) і вапнякових черепашкових відкладів.

В *півносарматський час* міоцену борисфенське море суттєво зменшилося, але не залишило території ККЗ. Воно значно обміліло, що призвело до накопичення здебільшого теригенних уламкових відкладів (пісків) і збіднення органічного світу.

Головною геологічною подією на *початок меотичного віку* неогену (14 млн. років тому) було зменшення площі морського басейну, проте воно зовсім не відступило з території ККЗ, яка знову була покрита морем вже у *другій половині меота*. Меотичний басейн був мілководним (глибина не перевищувала 25м) і в ньому накопичувалися теригенні та карбонатні осадки.

З пліоценовим періодом, який тривав від 5 до 2 млн. років тому в Кривбасі, пов'язана *понтська трансгресія*. В прибережній частині накопичувалися виключно теригенні породи, а у відкритому морі відбувалося формування карбонатних осадків.

Понтська трансгресія була останньою в історії геологічного розвитку ККЗ. Після неї територія району перетворилася на суходіл де відбувалося і відбувається формування тільки континентальних відкладів пов'язаних з геологічною роботою вітру, вод поверхневого та підземного стоку, а на ділянках відслонення кристалічних порід утворюються кори вивітрювання, спричинені сучасними гіпергенними процесами.

Тектонічна еволюція ККЗ. Розвиток ККЗ розглядається як еволюція трогової зони у межах кратонізованої Середньопридніпровської ГЗО [63, 168]. Середньопридніпровський і Кіровоградський блоки УЩ, на границе яких зараз розташована ККЗ, в археї (перший повністю, другій частково) входили до складу єдиної ГЗО, етапи розвитку якої зафіксовані в архейських структурах Середнього Придніпров'я [62].

У ранньому протерозою можна виділити етапи, що характеризують накопичення тих чи інших товщ ККЗ та їх аналогів у Кіровоградському блоці. Описані тектонічні умови (розтягнення, стискання, здвигових деформацій) і часові межі цих етапів [63].

Накопичення базальтів, по яких потім сформувались амфіболіти новокриворізької свити, було наслідком тектонічного розширення архейської кори на початку епохи потеплення клімату після глобального зледеніння на границі архею і протерозою. Але потеплення знову змінилося похолоданням клімату під час якого у ККЗ відбувались тектонічні деформації правого здвигу в умовах стискання зі складчастістю товщ, що вже накопичились, виводом їх на рівень ерозії і формуванням них кори вивітрювання. Наприкінці новокриворізького часу знову відновились тектонічні умови розтягнення, які супроводжувалось інтенсивною дегазацією надр з викидом в атмосферу CH_4 і CO_2 , що створювали парниковий ефект. Почалася трансгресія вод світового океану.

Тектонічні умови розтягнення призвели до вивільнення блоків гранітоїдів архейського фундаменту, які почали „впливати”, товщі накопичених на них вулканітів сповзати у міжблокові зеленокам'яні структури, що отримали можливість просідати. Внаслідок цього і нового прояву тектонічних рухів досить швидко рельєф став більш розчленованим і створились умови для накопичення груботеригених порід за рахунок руйнування архейських гранітоїдів. Причому в напрямку від подошви до кривлі скелюватської свити ці породи змінюють свій гранулометричний склад від конгломератів і пісковиків до філітів, що свідчить про поступове вирівнювання області зносу. Кожний гранітоїдний блок, фактично, представляв окремо таку область. У скелюватський час у ККЗ переважали лівоздвигові переміщення по її розломах в умовах розтягнення.

Збільшення рівня світового океану призвело до проникнення його вод, збагачених двовалентним залізом, до сформованого трогу. Бурхливий розвиток морської органіки (планктону і сине-зелених водоростей) призвели до масового надходження у води кисню, окислення заліза і накопичення залізистих осадків, які розмішувались теригеним матеріалом, що надходив з прилеглих частин суші. В результаті у трозі була накопичена товща осадків, які потім були перетворені у залізисті і сланцеві горизонти саксаганської свити. Товщі залізистих осадків меншої товщини накопичувались і на бортах трогу. Потім вони були перетворені у залізисті кварцити, що зараз розповсюджені у Правобережному районі Українського щита. Епізодичне відкриття трогу призвело до накопичення залізисте-кремневих осадків великої товщини спочатку у південних частинах ККЗ, а потім – у північних.

Саксаганський час характеризувався відносно спокійною тектонікою і малим надходженням в атмосферу парникових газів, що призвело до часткового похолодання клімату, регресії вод світового океану і припинення накопичення залізистих осадків. Тектонічних умов розтягнення змінилися на умови стискання. У цей час відбувається вивід значної частини залізисте-кремневих порід, що утворилися, на рівень ерозії з їх вивітрянням і перервою у накопиченні осадків.

До етапу накопичення осадків, вихідних для порід гданцівської свити, відноситься відновлення тектонічних рухів у ККЗ на тлі правоздвигових деформацій в умовах стискання. Подальше посилення стискання приводило до насування гранітоїдних блоків архейського фундаменту один на одній з нахилом цих блоків (а

може і всієї ГЗО) у західному напрямку, куди зміщувався центр седиментації. Відбувалося накопичення теригенних товщ у великої товщини глеєватської свити у ККЗ та її аналогів у Інгуло-Інгулецькій зоні.

Наприкінці глеєватського часу відбувається підйом у Інгуло-Інгулецькій зоні мантийного астеноліту зі складкоутворенням, проявленням метаморфізму і ультраметаморфізму в товщах, що залягають вище, та формування гранітоїдів кіровоградсько-житомирського комплексу з одночасним розвитком західних насувів у ККЗ, що ховають значну її частину. Західні крила складчастих синклінальних структур і в Криворізькому районі насунуті на східні, а Правобережному і в Кременчуцькому районах зазвичай перекинуті на схід. Вдовж центральної частини ККЗ формується Криворізький глибинний розлом, який має характер правого здвигу, ККЗ «замикається». У цей період склався сучасний вигляд Криворізької і Кременчуцької структур, які багато у чому зберігають риси поперечних перерізів трогового басейну (рис. 1.2).

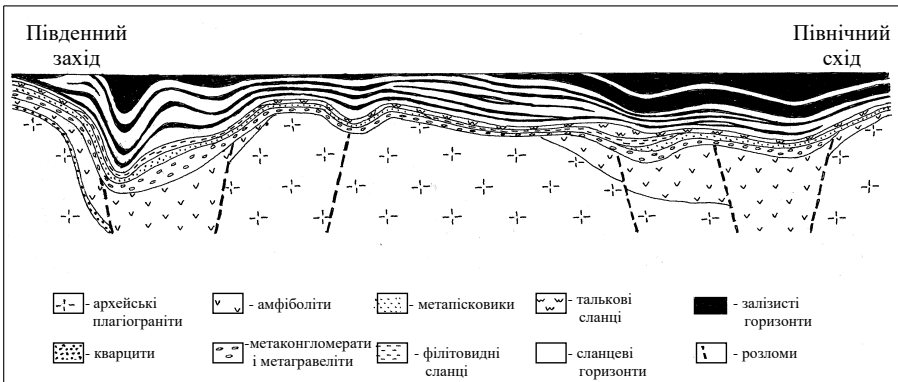


Рис. 1.2. Реконструйований поперечний розріз Криворізької структури (вирівняно по кривлі саксаганської свити).

Тектонічне походження Криворізької структури. Її можна трактувати як міжблокову – таку, що сформувалась під впливом переміщень блоків гранітоїдів архейських фундаменту [64]. Фактично збереглися окремі фрагменти загальної структури у вигляді складок другого порядку, що її ускладнюють. Усі великі складчасті структури (за винятком Ганнівської) занурюються на північ під кутом 18-20°. Форма Криворізької структури визначається

конфігурацією оточуючих його куполовидних піднять архейських гранітоїдів: Інгулецького валу, Демурінського і Саксаганського куполів, які в протерозої були консолідованими блоками. Уздовж цих куполовидних структур у вигляді смуг простягаються основні залізородні райони: уподовж Інгулецького валу - Тарапако-Ліхмановський, Саксаганського куполу - Саксаганський, уподовж Демурінського куполу - Східно-Ганнівський. До південної частини складнопобудованого Саксаганського куполу, що виділяється в самостійне підняття, примикає із заходу Тарапако-Ліхманівська ділянка, а з північного заходу – Центрально-Криворізький район. В межах залізородних районів залістисті породи простежуються безперервно, але між собою вони граничать через великі розривні порушення. Розрізи залізородних районів порівнянні, хоча і мають свої особливості.

Безперервну зміну на великій відстані будови окремих горизонтів і усієї залізородної товщі саксаганської світи можна простежити в Саксаганському районі в двох паралельних субмеридіальних смугах розвитку залістистих порід - Західно-Саксаганської (ЗСС) і Східно-Саксаганської (ССС). Порівняння розрізів цих смуг показало, що при загальній слабкій зміні розрізу кожної з них між ними існують відмінності, незважаючи на те що на великому протязі вони знаходяться у безпосередній просторовій близькості. Це дозволяє зробити висновок, що спочатку обидві смуги були значно віддалені одна від одної, а Саксаганський розлом, завдяки якому вони тепер зближені просторово, мав велику амплітуду. Наскільки розділені ці залізородні смуги в плані, добре відомо – південне закінчення ССС (район НКГЗК) віддалено від північного закінчення ЗСС (район шахти ім. Фрунзе) на 19,5 км. Напрямо переміщення по Саксаганському розлому перпендикулярно шарніру стислої синклінальної складки в залістистих породах ССС в районі шахти ім. Держинського, яку можна вважати складкою волочиння.

У плані Саксаганський розлом вигнутий на захід. У тому ж напрямі вигнуті і порушення, що його оперяють, – підкіді, наприклад Східний, обмежуючий Східно-Інгулецьку синкліналь зі сходу.

Розривні порушення в західній частині Криворізької структури мають здвиго-насувний характер. Зокрема, великим насувом з амплітудою до 3 км являється Тарапаківський розлом, відділяючий Тарапако-Ліхмановський залізородний район від Центрально-Криворізького. Цьому розлому зазвичай відводиться роль основного

структуруючого елементу Криворізької структури. Порушення, що оперяють Тарапаківський розлом, є так само здвигонасувами з меншими амплітудами переміщень. Усі здвигонасувні порушення західної частини Криворізької структури вигнуті в плані на схід.

У плані усі здвигонасувні порушення Криворізької структури конформні Інгулецькому валу, а Саксаганський розлом і підкиди, що оперяють його, – Саксаганському куполу. Це дозволяє вважати, що дані дві системи розривних порушень в породах структури появились в результаті руху блоків гранітоїдів архейського фундаменту, яким вони конформні. Спостерігається накладення (інтерференція) цих двох систем розломів як в плані, так і в розрізах.

З такими висновками не узгоджується широко поширена інтерпретація природи Саксаганського розлому як насуву.

Породи ЗСС і ССС круто падають на захід і залягають приблизно паралельно. Саксаганський розлом, що розділяє їх, має так само круте західне падіння і в плані не є прямолінійним, а вигинається плавною дугою на захід. Ця особливість не дозволяє його трактувати як насув, оскільки тоді він був би вигнутий на схід. Крім того, у разі насувного характеру розлому ССС разом з Східно-Ганнівською смугою повинні представляти собою східне крило загальної структури, на яке насувають західніші частини Криворізької структури. Але розріз ССС досить значно відрізняються від розрізів інших залізородних районів Криворізької структури. У районі шахти ім. 1 Травня ССС по розлому граничить зі Східно-Ганнівською смугою. Відмінності в складі і будові цих смуг такі великі, що вони не можуть бути безпосереднім продовженням одна одної. Східно-Ганнівська смуга по складу і будові ближче до ЗСП. Усе це дозволяє припускати, що ССС була приєднана до загальної структури Криворізького синклінорію зі сходу, а Саксаганський розлом, по якому відбувалося її переміщення, є не насувом, а підсувом.

Зважаючи на зазначене вище, єдиною можливою причиною підсування ССС під Криворізьку структуру зі сходу могло бути обертання Саксаганського блоку гранітоїдів, на якому вона залягає, навколо осі, паралельної осям занурення основних криворізьких складчастих структур під кутом 18-20° на північ. У такому випадку переміщення по Саксаганському розлому буде складати біля 6 км. З цим добре узгоджується факт дроблення порід закінчення ССС на стику Саксаганського і Демурінського блоків гранітоїдів в зоні Девладівського розлому.

Пояснення причин обертання архейських блоків гранітоїдів можна знайти в інерційних ефектах, що виникали при різких змінах швидкості обертання Землі, і переміщенні під ними (блоками) астеносфери.

Метаосадові петрохімічні серії ККЗ. На основі 1280 повних силікатних хімічних аналізів метаморфічних порід ККЗ був складений зведений перелік петрохімічних літотипів ККЗ представлений в обсязі 137 елементарних літотипів і 39 об'єднаних кластерів у форматі петрохімічних асоціацій, груп і підгруп [102]. Результати перерахунку хімічного складу 103 кластерів метаосадових метакластогенних порід ККЗ на нормативний мінеральний склад за методом «MNLITH» показали його відповідність кліматичним параметрам гумідного літогенезу аж до початку накопичення в кінці палеопротерозою осадів глеєватської світи, коли клімат почав змінюватися в напрямку аридизації.

Загальним підсумком літолого-петрохімічних досліджень стало виділення метаосадових і метавулканогенних петрохімічних серій. За аналогією з магматичними серіями осадові серії утворюють закономірно пов'язані асоціації осадових порід, сформовані на певному геотектонічному етапі або циклі в конкретних структурно-тектонічних умовах і виявляють зв'язок з конкретним джерелом знесення.

Петрохімічні метаосадові серії ККЗ в цілому поділяються на два серіальні типи (рис. 1.3):

I. Високодиференційований серіальний тип, властивий гумідному літогенезу у разі домінування кислих порід в областях розмиву; він складається з двох гілок, які перекриваються в області глиноземистих пелітів – кварцево-високоглиноземистої псефопсаміт-пелітової континентальної та карбонат-магнезійно-глиноземно-залізисто-кременистої пеліт-колоїдної басейнової; до цього серіального типу відносяться відклади латівської, скелюватської, саксаганської та гданцівської світ ККЗ. Розгалуження цього серіального типу на дві гілки (тренду, серії) є його головною особливістю. Ця особливість відображає загальну властивість еволюції гумідних осадів у напрямку розподілу в кінцевих продуктах з одного боку алюмінію і калію, з іншого – заліза.

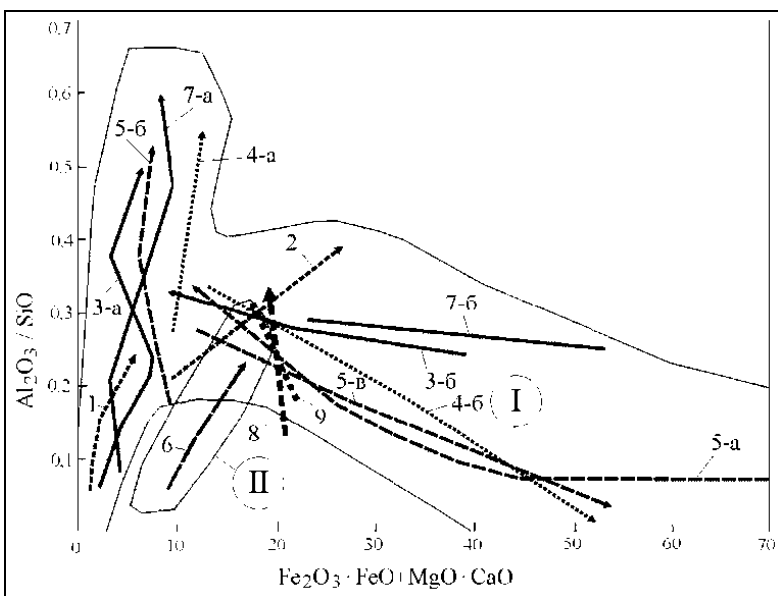


Рис. 1.3. Генералізована схема диференціації метаосадових порід ККЗ в координатах $Al_2O_3/SiO_2 - Fe_2O_3 + FeO + MgO + CaO$ [102]

1 – латівська товща (світа), високозрілі метапсефо-псаміти; 2 – новокриворізька світа, вулканоміткові метапісковики, піскуваті сланці; 3-а, 3-б – скелюватська світа: 3-а – головний тренд – високозрілі метапсефо-псаміт-пеліти, 3-б – другорядний тренд – зрілі метаалєвро-пеліти, пов'язані з розмивом покривів ультрабазитів; 4-а, 4-б – саксаганська світа: 4-а – високозрілі метаалєвро-пеліти; 4-б – кластогенно-хемогенні метапеліт-колоїдні карбонат-магнезіально-глиноземно-залізисті осади; 5-а, 5-б, 5-в – гданцівська світа: 5-а – залізисто-кластогенні зрілі метапсефо-псаміт-пеліти, пов'язані з розмивом залізистої формації саксаганської світи; 5-б – високозрілі високоглиноземисті метаалєвро-пеліти; 5-в – кластогенні карбонат-магнезіально-залізисто-глиноземисті метапеліти і кластогенно-хемогенні карбонат-магнезіально-глиноземно-залізисті метапеліт-колоїди; 6 – глеватська світа – незрілі поліміткові метапсефо-псаміт-алєврити; 7-а, 7-б – гумідні псаміт-алєвро-пеліти крейди Східного Казахстану; 8 – аридні псаміт-алєвро-пеліти неогену Фергани; 9 – олістостромові (мікстітові) псаміт-пелітові відклади крейди Малого Кавказу.

II. Низькодиференційований грауваковий псефо-псаміт-алевритовий серіальний тип, утворений у разі домінування розмивних порід кислого складу, проміжний за своїми петрохімічними параметрами між гумідними й аридними серіями фанерозою, а також близький до мікстітових серій зон активного тектоногенезу; до цього типу належать відклади глеєватської світи (ми припускаємо тектонічно активні напіваридні басейнові умови седиментації).

Загальна кількість головних конкретних петрохімічних метаосадових серій ККЗ дорівнює дев'яти (відповідають трендам на рис.1.3). Тут не враховані через малий розвиток і нестачу петрохімічних даних ще й силікатно-вапняні серії, пов'язані з карбонатонакопиченням. Їхня кількість може дорівнювати трьом (у скелюватській, гданцівській і глеєватській світах). Конкретні петрохімічні серії в першому наближенні відповідають формаціям.

Характер послідовності формацій у ККЗ. Комплексні літологічні дослідження, які були доповнені ознаки палеогеографічної і палеотектонічної типізації формацій, привели авторів до переконання про існування не геосинклінальної, а рифтогенно-протоплатформної послідовності формацій у ранньому докембрії ККЗ. Головні ознаки, що не узгоджуються з геосинклінальною послідовністю формацій для ККЗ, наступні [101- 103]:

1. Майже на всіх стратиграфічних рівнях розрізу ККЗ фіксуються горизонти високоглиноземистих метаалевро-пелітів із супутніми уламково-кварцовими високозрілими псамітолітами. Такі асоціації являють собою типово платформні утворення (Головенко, 1973; Цейслер, 2002).

2. Метавулканіти новокриворізької світи найбільше відповідають вулканогенним комплексам внутрішньоконтинентальних рифтів або авлакогенів. Вулканіти часто виходять за межі крайових розломів грабен-прогинів і покривають бортові континентальні блоки на зразок платобазальтів.

3. Головні структуроутворювальні осадові комплекси ККЗ, які сформовані протягом скелюватсько-саксаганського і гданцівського осадових циклів, складені однотипними рядами рівнинноутворювальних платформних формацій, що розділені перервою, пенеппленізацією і короутворенням. На початку цих рядів залягають типові континентальні моласи – базальні грубоуламкові наземні пролювіально-алювіальні відклади, що змінюються вище по розрізу мілководно-басейновими фаціями. Така циклічність типова для

платформних структур і свідчить про близький геотектонічний режим в період формування зазначених циклів.

4. Залізисте-кременисто-сланцеві породи саксаганської світи не є подобою флішевої формації фанерозойських геосинкліналей, а являють собою мілководно-басейнові відклади, найбільш близькі до утворень тектонічно стабільних платформних ділянок, типу стабільного мілководного шельфу або внутрішньократонних мілководних озерних басейнів.

5. Глеєватська світа не є аналогом моласової формації, оскільки складена не наземними відкладами, а басейновими. Її можна зіставити з флішоїдною формацією, судячи з граувакового незрілого складу відкладів і тектонічно активного басейнового режиму седиментації. Вона фіксує період епіплатформної блокової активізації або арко-тафрогенезу. Використання термінів "моласові, моласоїдні" у застосуванні до глеєватських метаконгломератів, на думку авторів, не цілком коректне. У повному сенсі наземними континентальними моласами є не відклади глеєватської світи, що завершують розріз ККЗ, а грубоуламкові конгломерат-піщані відклади скелюватської світи, а також базальна наземно-теригенна кластогенно-залізиста формація гданцівської світи, що залягають на початку трансгресивних рівнинноутворювальних платформних циклів.

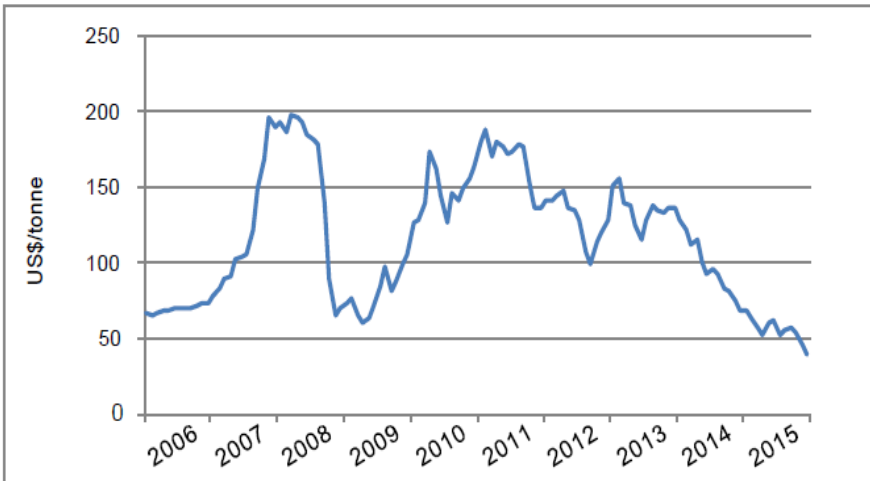
6. Широкий розвиток на різних стратиграфічних рівнях ККЗ формацій залишкових кір хімічного вивітрювання свідчить про умови, сприятливі для їх формування та поховання – періоди склепінневої активізації епіплатформних пенепленів.

7. Уся послідовність формацій ККЗ не є єдиним геосинклінальним циклом, а поділяється на два різні структурні поверхи – архейський і палеопротерозойський, що поділені найбільшою у докембрії перервою, тектонічною та структурною перебудовою. Об'єднувати ці два яруси в один геосинклінальний цикл неправомірно. Палеопротерозойський ярус, в свою чергу, складається з трьох менших осадових платформних циклів. Перший і другий з них розділені перервою, пенепленізацією, короутворенням, другий і третій – блоковою активізацією.

Глава 2. ЗАЛІЗОРУДНІ РОДОВИЩА ККЗ

Ця глава містить відомості про геолого-економічні умови розробки родовищ і переробки залізних руд ККЗ.

Економіка України є сировинною і залежить від цін на сировину на світових ринках. На світовому ринку залізної руди у 2015 році спостерігалось падіння цін завдяки перевиробництву і зниженню на її попиту в Китаї (рис. 2.1).



Джерело: World Bank Commodity Price Data.

Рис. 2.1. Ціни на залізню руду, середнє по місяцях, 2006-15 рр.
[170]

П'ять країн найбільших виробників залізної руди у 2015 році склали 86 % її світового виробництва. Китай з 41 % світового видобутку був на першому місці, Україна – на сьомому попереду Канади і США [170].

За запасами сирової залізної руди році наша країна також знаходиться на сьомому місці. На першому – Австралія, на другому – Росія, на третьому – Китай і Бразилія.

Найбільші запаси залізних руд в Україні зосереджені у родовищах Криворізьке-Кременчуцької зони.

2.1. Геологічне положення і структура родовищ

Криворізький район. Фактично вся Криворізька структура, відома для більшості геологів як Криворізький залізорудний басейн (Кривбас), є великим родовищем, окремі частини якого, на яких підраховані запаси і ведеться (чи відбувався) видобуток залізних руд, вважаються окремими родовищами. Вони добре відомі та вивчені, а їх геологія, склад і умови розробки руд можна знайти у багаточисельних працях. Сучасні відомості з геології родовищ та геолого-економічної оцінки їх руд наведені у роботі 2010 року Г.І. Рудька, О.В. Плотнікова, М.М. Курило і С.В. Радованова, [115], з використанням якої ми даємо їх дуже стисло характеристику з додаванням матеріалів з інших наших досліджень. Більше уваги приділимо тим родовищам, що знаходяться у розробці.

Інгулецьке родовище залізистих кварцитів за структурою приурочене до виходу на поверхню розмиву корінних порід ядра Лихманівської синкліналі, що складена породами середньої залізорудної світи і простягається на 30 км. Структура Лихманівської синкліналі з півдня на північ (тобто з наближенням до Західного розлому) змінюється від відкритої синклінальної складки до монокліналі. Східне крило синкліналі характеризується субмеридіональним простяганням і західним, часто зворотним падінням. Західне крило синкліналі невитримане за простяганням. У межах родовища воно обмежене Західним насувом, на північ від родовища виявляється спорадично. Характерною особливістю Лихманівської синкліналі є стрімке (30—65°) занурення шарніру. Загальна структура синкліналі ускладнена інтенсивно розвиненими складками вищих порядків і розривними порушеннями. За даними геолого-структурної зйомки, в товщі порід Інгулецького родовища повсюдно спостерігаються асиметричні складки волочиння, які переважно приурочені до ядер більших складок і до зон зім'яття.

Розривні порушення в межах Інгулецького родовища характеризуються широким розвитком. Більшість із них на структуру родовища не впливає. Найважливішу роль у структурі родовища відіграє Західний насув і два повздовжні розривні порушення в центральній і східній частинах родовища.

Скелюватське Магнетитове родовище розміщене у замиканні Основної синкліналі Південного рудного поля. В межах рудного поля розвинені кристалічні породи, які вмщують метаморфічні

утвори залізисто-кременистих формацій докембрію (криворізька серія) і переkritі майже суцільним чохлам кайнозойських відкладів.

Основною продуктивною товщею Скелюватського Магнетитового родовища залізистих кварцитів є четвертий залізистий горизонт (PR₁SX^{4f}). Кварцити, що утворюють горизонт, характеризуються неоднорідністю мінерального складу і різноманіттям текстурно-структурних особливостей. У середній частині горизонту за даними геолого-структурного картування виділено такі основні мінеральні відміни кварцитів: магнетитові, карбонат-магнетитові, силікат-магнетитові, карбонат-силікат-магнетитові; гематит-магнетитові; магнетит-силікатні; магнетит-карбонат-силікатні. Кварцити з вищим вмістом заліза, що пов'язано з магнетитом, зосереджені в центральній частині горизонту. Безпосередньо під кайнозойськими відкладами породи горизонту зазнали окиснення і представлені мартитовими, гематит-мартитовими, лімоніт-мартитовими і мартит-гематитовими різновидами.

До продуктивної товщі родовища належать також окиснені кварцити п'ятого і шостого залізистих горизонтів.

П'ятий залізистий горизонт сформований, в основному, мартит-гематитовими, мартитовими, гематитовими, гематит-мартитовими джеспілітоподібними кварцитами.

Шостий залізистий горизонт складений переважно мартитовими, гематит-мартитовими, мартит-гематитовими кварцитами. В межах Скелюватського Магнетитового родовища горизонт формує центральну частину ядра Західноінгулецької синклінали.

Рудне тіло Скелюватського Магнетитового родовища представлене неокисненими залізистими кварцитами четвертого залізистого горизонту. Горизонт залягає у вигляді синклінальної складки, видовженої в субмеридіональному напрямку, яка полого, під кутом 12—15°, занурюється в північному напрямку. Максимальна глибина занурення порід горизонту від поверхні (800 м) спостерігається на півночі у шарнірі складки.

Рудне тіло розділене кількома поздовжніми розривними порушеннями на низку самостійних блоків (Східний, Центральний, Західний) із притаманними їм особливостями внутрішньої будови. Загальною особливістю рудного тіла, яка впливає на геолого-економічні показники Скелюватського Магнетитового родовища, є неоднорідність морфології, мінерального складу і технологічних показників залізистих кварцитів.

Валявкинське родовище знаходиться в межах Південного рудного поля і приурочене до західного крила Західноінгулецької синкліналі. У структурно-генетичному плані воно є північно-західним продовженням Сkelюватського Магнетитового родовища.

Валявкинське родовище сформоване породами скелюватської, саксаганської і гданцівської світ. Породи скелюватської світи, які представлені тальковими сланцями, розкриті в північно-західній частині кар'єру, де вони по Західнотарапаківському розлому виходять на поверхню кристалічних порід. Гданцівська світа на родовищі представлена тільки нижньою її частиною, що складена міцними масивними кварцитами, хлоритовими сланцями, прошарками багатих залізних руд. Породи гданцівської світи розкриті в північно-східній частині родовища. Основою будови родовища є саксаганська світа, загальна потужність якої тут досягає 550 м.

Продуктивна товща родовища представлена четвертим, п'ятим і шостим залізними горизонтами.

Основне рудне тіло — некондиційні кварцити четвертого залізнитого горизонту, розробляється кар'єром № 3 Новокриворізького ГЗК. Воно має плаstopодібну форму, простежується з півдня на північ на відстань близько 3000 м і має східне падіння під кутом 50—80°. Потужність пласта від 260 до 540 м (середня — 390 м).

Складене рудне тіло магнетитовими, гематит-магнетитовими, силікат-магнетитовими і магнетит-силікатними різновидами.

Запаси неокиснених кварцитів станом на 01.01.2003 р. за категоріями В+С, становили 1 млрд 124,8 млн т.

Друга частина продуктивної товщі в межах родовища представлена окисненими кварцитами шостого, п'ятого та кварцитами зони окиснення четвертого залізнитих горизонтів. Просторово вони розміщені у східному крилі Західноінгулецької синкліналі. Межею двох продуктивних товщ є зона Валявкинського розлому, вертикальна амплітуда переміщення порід по якому перевищує 500 м.

Запаси окиснених кварцитів у межах гірничого відводу НКГЗК, що затверджувались як сировинна база Криворізького ГЗК з переробки окиснених руд, станом на 01.01.2003 р. за категоріями В+С, становили 863,7 млн т.

Родовище Велика Глеюватка знаходиться у західному крилі Саксаганської антикліналі, складене першим, другим, четвертим і п'ятим залізними горизонтами саксаганської світи.

Залізисті горизонти картуються як пласти зі стрімким падінням, різної потужності, ускладнені дрібною складчастістю і розривними порушеннями. Напрямок простягання зберігається майже сталим, кути падіння змінюються від 30 до 75° з домінуванням 50—65°.

Потужність залізистих горизонтів зменшується з півдня на північ до повного виклинювання. Характерною особливістю родовища є доволі значна і вельми непостійна глибина зони окиснення, що має як площинний, так і лінійний характер. Її глибина змінюється від 30—70 до 150—200 м, на окремих ділянках — до 500 м і більше. Нижня межа зони окиснення доволі складна, з численними підняттями й опусканнями.

Склад залізистих горизонтів у неокисненій їх частині хоча й неоднорідний, проте різновиди залізистих кварцитів, які виділяються за даними геолого-технологічного картування, посідають певне місце у стратиграфічному розрізі, тому внутрішня будова залізистих горизонтів досить проста.

Родовище Велика Глеюватка має досить просту геологічну будову, характеризується витриманістю залізистих горизонтів за складом і технологічними властивостями руд. Основним геологічним чинником, що впливає на геолого-економічну оцінку промислових запасів, є складна зона окиснення залізистих порід.

Новокриворізьке родовище сформоване породами залізородної світи першого, другого і четвертого залізистих горизонтів. До середини 1980-х років основною продуктивною товщею був четвертий залізистий горизонт, запаси якого розроблялись кар'єром № 1. Нині кар'єр № 2-біс розробляє перший і другий залізисті горизонти. Вони залягають у вигляді двох зближених рівнобіжних смуг, розділених другим сланцевим горизонтом невеликої потужності (10—20 м), подібні між собою за складом, текстурно-структурними особливостями, фізико-механічними й технологічними властивостями руд.

У складі обох горизонтів виділяють подібні карбонат-магнетитові і магнетитові відміни, близькі за вмістом розчинного (32—33 %) і магнетитового заліза (24—25 %).

У межах горизонтів спостерігається чітка закономірність у виділенні різновидів: у приконтактних зонах — це магнетит-карбонат-силікатні кварцити; в напрямку до центральної частини горизонту вони поступово переходять у карбонат-силікат-магнетитові, які, в свою чергу, змінюються магнетитовими.

Потужність рудного тіла першого залізистого горизонту змінюється від 55 до 80 м (середня — 65 м), другого залізистого горизонту — від 30 до 50 м (середня — 35 м).

Станом на 01.01.2003 р. балансові запаси неокиснених кварцитів у контурах підрахунку запасів за категоріями В+С₁ становили 1191,6 млн т.

Кар'єри Новокириворізького і Валявкинського родовищ є виробничими підрозділами гірничозбагачувального виробництва, входять до складу гірничого департаменту "АрселорМіттал Кривий Ріг", який займається відкритим видобутком і збагаченням магнетитових кварцитів із низьким вмістом магнетитового заліза з наступною агломерацією отриманих концентратів.

Першотравневе родовище. У межах Першотравневого родовища представлені всі залізисті горизонти саксаганської світи. Продуктивною є нерозчленована товща п'ятого—шостого залізистих горизонтів.

У межах родовища лінійна структура Криворізького синклінорію зазнає різкого вигину (під кутом до 90°) з утворенням поперечної синклінальної складки. Вигин супроводжувався численними розривними порушеннями, які закономірно орієнтовані відносно складчастої структури й утворюють складну блокову структуру родовища. Блоки порід, розміщені між розривами, часто зміщені та повернуті. Вздовж самих розривів розвинені зони тріщинуватості, тектонічної брекчії. Розміри і морфологічні типи порушень різноманітні: потужні зони розривів, що пересікають усе родовище, супроводжуються дрібнішими порушеннями по поверхнях відриву, сколу, напластування.

Зони розривних порушень майже повсюдно розвиваються по контактах різнорідних порід. Контакти стратиграфічних горизонтів практично завжди є тектонічними. В зонах розривів і поблизу них породи, як правило, змінені, що ускладнює картування різновидів руд.

Склад залізистих горизонтів доволі неоднорідний, але витриманий у межах різних ділянок родовища і відокремлених тектонічних блоків. П'ятий залізистий горизонт складений тонкосмугастими, в основному силікат-магнетитовими залізистими кварцитами, що є єдиним технологічним різновидом. Шостий залізистий горизонт вирізняється частим перешаруванням магнетитових, силікат-магнетитових, магнетит-силікатних кварцитів і сланців, що мають різні показники збагачення.

Технологічні різновиди залізистих кварцитів родовища характеризуються незначною мінливістю якісних і технологічних показників.

Ганнівське родовище залізистих кварцитів є вузькою дуже видовженою смугою порід криворізької метаморфічної серії. Ширина смуги 400-1000 м, довжина - понад 15 км. Продуктивною товщею є п'ятий, шостий, сьомий залізисті горизонти. В середині горизонту чітко виділяються дві пачки: порівняно багата на залізо лежача пачка магнетитових і гематит-магнетитових кварцитів ($Fe_{\text{заг}}=36\%$, $Fe_{\text{магн}}=27\%$) і бідна на залізо висяча пачка, складена переважно магнетит-силікатними кварцитами ($Fe_{\text{заг}}=22,4\%$, $Fe_{\text{магн}}=14...16\%$). Потужність лежачої пачки 60-140, висячої – 50-180 м. Кондиційними за якістю є кварцити лежачої пачки і частини висячої сумарною потужністю 30-120 м.

Руди висячої і лежачої пачок відрізняються за показниками збагачення, тому їх співвідношення в рудній шихті, що подається на збагачувальну фабрику, слід регламентувати.

Загальне залягання порід у родовищі моноклінальне зі стрімким близьким до вертикального падінням. Переважає західне, в південній частині - східне перекинуте залягання.

Важливою особливістю структури родовища є наявність плавних поперечних вигинів пластів залізистих порід, які утворюють Б-подібну структуру родовища в плані. Проте відхилення від середньої лінії про стягання невелике – усього 5-10°.

Другою важливою особливістю структури родовища є інтенсивний розвиток поперечних розривних порушень.

За особливостями структури Ганнівське родовище чітко поділяється на три ділянки: північна— з доволі витриманим простяганням, західним падінням під кутом 60–80°, слабким розвитком розривних порушень і невеликою амплітудою зміщень по них; центральна — з невитриманим простяганням, стрімким падінням (кут 55–90°), й головне – інтенсивним розвитком поперечних розривних порушень, значною амплітудою переміщень по них, поворотом блоків один відносно одного; південна – з перекинутим крутим заляганням порід і середньою інтенсивністю розвитку розривних порушень.

Багато родовищ Криворізької структури, по яких підраховані запаси, у сучасній період за різних причин не розробляється. Їх детальну характеристику можна знайти у роботі [115].

Залізородні товща і родовища Правобережного району. На захід від Криворізького розлому на смузі шириною 20 км і завдовжки

75 км, що простягається від північного закінчення Криворізького басейну на північ до р. Дніпро, залізисті кварцити розкриті в розрізах більшості магнітних аномалій: Артемівської, Петрівської, Кам'яно-Потоцької, Онуфрієвських, Іванівських, Лозоватських, Мар'ївської, Зибківських, Червонофедорівської, Горіхівської, Пролетарською, Миколаївською, Ленінських, Березнеговатських, Камчатських, Жовтянських, аномалій в районі «хутору Петровського» та інших [134].

Будова Правобережного району складноскладчаста. Його основний структурний план визначений куполовидними підняттями, складеними плагіогранітами і плагіомігматитами дніпровського комплексу, між якими розташовані вузькі синкліноні зони, що облямовують їх (рис. 2.2). Аналіз матеріалів по геологічним взаємовідношенням плагіогранітів і плагіомігматитів із залізорудною товщею метаморфічних порід синклінонічних зон дозволяє дійти висновку, що накопичення порід, початкових для залізорудної товщі, відбувалося на плагіогранітном фундаменті, який мав блокову будову. Рухи блоків фундаменту один відносно одного і створили основний структурний малюнок району, розкритий сучасним ерозійним зрізом.

Розрізи синклінонічних зон представлені глибокометаморфізованими (від амфіболітової до низів гранулітової фації) породами, серед яких зустрічаються залізисте-кременисті породи (залізисті кварцити і залізисте-силікатні сланці). Поширені залізисте-кременисті породи переважно в середній і нижній частинах залізорудної товщі. Тому в плані вони фіксуються положенням локальних магнітних аномалій в прибортових частинах синклінонічних зон або в антиклінальних підняттях їх внутрішніх частин. З найбільш великими магнітними аномаліями пов'язані окремі залізорудні ділянки і родовища. Їх структури різноманітні. Залізорудні ділянки в центральних частинах синклінонічних зон мають антиклінальну будову, в прибортових – частіше спостерігається моноклінальне залягання порід або ж (як на Артемівському і Петрівському родовищах) породи зім'яті у великі синклінальні складки. Рідше залізорудні ділянки мають складнішу будову. Наприклад, структура Західне-Жовтянської ділянки є поєднанням великих синклінальної (західна частина) і антиклінальної (східна частина) складок, розділених розривним порушенням із зонами мілонітів і бластомілонітів.

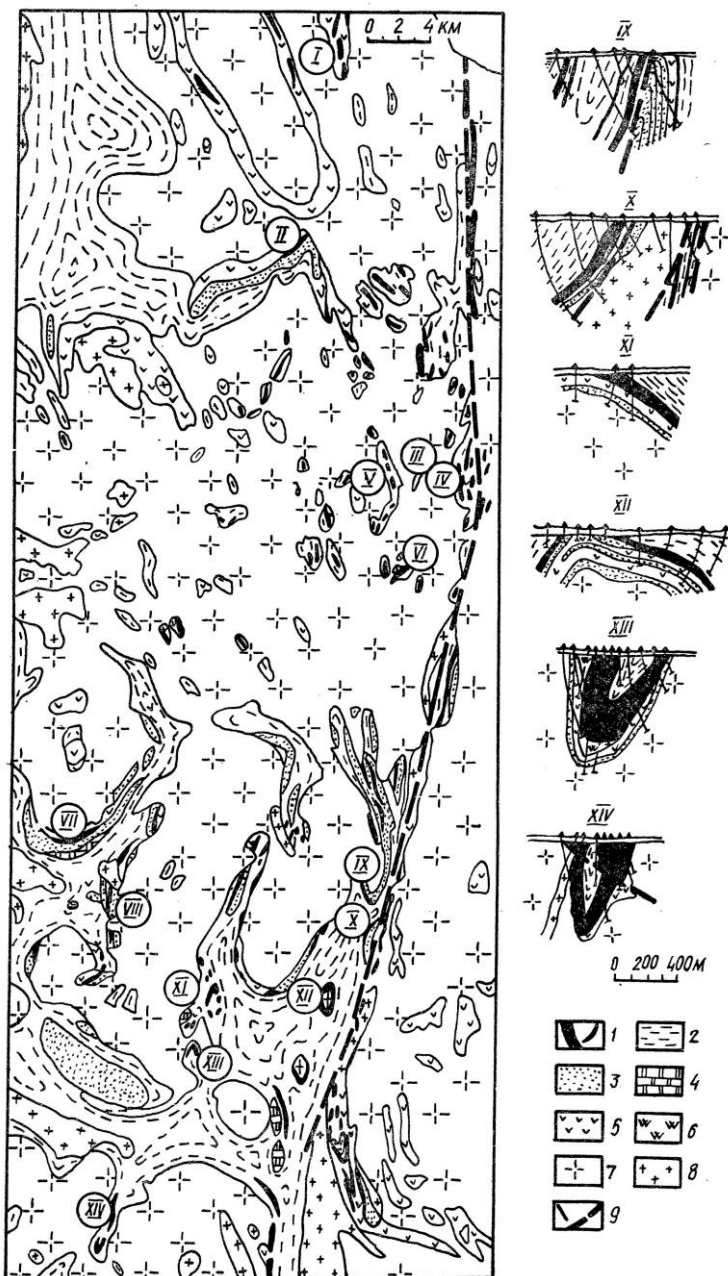


Рис. 2.2. Схема геологічної будови Правобережного району [134].

Умовні позначки до рис. 2.2: 1 - кварцити магнетитові рудні і силікатні малорудні, залізисте-силікатні сланці; 2 - гнейси біотитові, графіт-біотитові (іноді з гранатом), кордіерит- і силіманітвмісні; 3 - кварцити безрудні білі; 4 - карбонатні породи; 5 - амфіболіт і гнейси біотит-амфіболіві; 6 – ультрабазити; 7 – плагіогранітоїди; 8 – мікроклінвмісні гранітоїди; 9 - розривні порушення. Залізородні ділянки (цифри на рисунку) : I – Кам'яно-Потоцька, II - Іванівський, III - Горіхівська, IV - Миколаївська, V – Червонофедорівська, VI - Пролетарська, VII - Овнянська, VIII - Ленінська, IX - Західне-Жовтянська, X - Південно-Жовтянська, XI - Західне-Зеленорченська, XII - Камчатська, XIII - Артемівська, XIV – Петрівська.

У розрізі залізородної товщі, що складають синклінорні зони, можна виділити три основні частини: 1) нижню, вулканогенно-осадову, потужністю від 50 до 400 м, представлену, в основному, амфіболітами і білими безрудними кварцитами з прошарками гнейсів, сланців, рідше безрудних і малорудних залізисте-кременистих порід; 2) середню, хомогенно-залізисте-кременисту, потужністю від 20 до 200 м, складену залізистими кварцитами і залізисте-силікатними сланцями з горизонтом високоглиноземистих гнейсів і сланців у нижній частині; 3) верхню, карбонат-теригенно-осадову, найбільшу по потужності (до 2500 м на окремих ділянках), представлену графітовими гнейсами і сланцями, що містять прошарки карбонатних порід, нерідко з білими безрудними кварцитами у нижній частині. Ці частини розрізу товщі відповідають зеленоріченській, артемівській і родіонівській світам інгуло-інгулецької серії, які зіставляються зі схожими з ними за складом світами криворізької серії, що відмічалось дослідниками ще у 60-х роках минулого століття [13].

Контакт між плагіогранітами дніпровського комплексу і метаморфічною товщею, що вміщує залізисте-кременисті породи, найчастіше тектонічний. Нерідко він ускладнений січними жильними тілами апліто-пегматоїдних гранітів кіровоградсько-житомирського комплексу, що чинять активну дію на метаморфічні породи, аж до утворення артеритових різновидів мігматитів. Але там, де тектонічні контакти не спостерігаються, сліди активної дії плагіогранітів на метаморфічні породи не встановлені. Це, наряду із звичайною наявністю в основі метаморфічної товщі горизонту білих безрудних кварцитів з прошарками високоглиноземистих гнейсів, які являються, поза сумнівом, первино теригенними утвореннями, що містять продукти розмиву древньої кори вивітрювання, дозволяє говорити

про первинне залягання усієї залізорудної товщі на розмитій поверхні гранітоїдів дніпровського комплексу.

Вище за безрудні білі кварцити залягають амфіболіти, нерідко перетворені у біотит-роговообманкові плагіогнейси. Потужність амфіболітів мінлива - від перших десятків метрів до 200 м. По своєму хімізму ці породи близькі до основних вулканітів. Серед амфіболітів зустрічаються безрудні кварцити, аналогічні тим, що підстилають. Нерідко у безрудних кварцитах, що залягають серед амфіболітів, з'являються прошарки, збагачені темнокольоровими мінералами (піроксенами, роговою обманкою, гранатом) та магнетитом, і породи переходять в залістисте-силікатні сланці й малорудні силікатні залістисті кварцити. Потужність залістистих порід тут дуже непостійна і часто складає перші метри. Тільки на Горіхівській ділянці зустрінутий пласт залістистих кварцитів, що залягають серед амфіболітів, потужністю до 100 м. Залістисті кварцити в нижній вулканогенній частині розрізу зустрічаються і в криворізькій серії, хоча їх знахідки тут досить рідкісні. Так, вони зустрінуті в товщі амфіболітів новокриворізької свити в замку Жовтореченської синкліналі, де ці породи підстилають і перекриваються кварцовими і польовошпат-кварцовими метапісковиками.

На окремих ділянках Правобережного району залістисті кварцити нижньої частини розрізу залізорудної товщі перекриваються біотитовими гнейсами потужністю до 30-80 м. У верхній частині горизонту амфіболітів на східних ділянках району широко розвинені сланці кварц-польовошпат-кумінгтоніт-біотитового складу, що нерідко містять гранат. За своїми петрохімічними характеристиками вони відповідають туфітам [134].

У середній частині залізорудної товщі Правобережного району всюди поширені залістисте-кременисті породи. Їх товщина змінюється від перших десятків метрів до 200 м. Серед залістисте-кременистих порід залізорудної товщі Правобережного району виділяються дві різновиди, що тісно асоціюють, - залістисті кварцити і залістисте-силікатні сланці, які утворюють між собою поступові переходи. Залістисті кварцити зазвичай є смугастими породами, що складаються з кварцу (>50 %), магнетиту і темнокольорових мінералів. Залістисте-силікатні сланці складаються з тих же мінералів, але з різким переважанням темнокольорових і значно меншим вмістом магнетиту. Зазвичай вони підстилають і перекривають залістисті кварцити, але нерідко і перешаровуються з ними. У товщі сланців по розрізу в

напрямі до залізистих кварцитів кількість магнетиту збільшується, а темнокольорових мінералів зменшується.

Мінеральні парагенезиси залізисте-кременистих порід відповідають амфіболітовій і низам гранулітової фації метаморфізму, а в зонах діафторезу – зеленосланцевій. Основними силікатними мінералами в них є піроксен (ферогіперстен, саліт), амфібол (кумінгтоніт, грюнерит, синьо-зелена рогова обманка, іноді напівлужні амфіболи типу родуситу), гранат, рідше зустрічається коричневий або трав'янисто-зелений біотит. Основним рудоутворюючим мінералом є магнетит, в деяких випадках значну роль грають гематит і мартит. З акцесорних встановлений апатит.

Підстилаються залізисте-кременисті породи середньої частини розрізу зазвичай горизонтом кордієрит- і силіманітвмисних гнейсів, які, як і високоглиноземисті породи, в основі усієї залізорудної товщі фіксують, мабуть, перерва в осадконакопиченні. На окремих ділянках високоглиноземисті гнейси відокремлені від залізисто-кременистих порід, що залягають вище, тонкими тілами ультрабазитів. Останні нерідко змінені і перетворені в серпентин-карбонатні породи.

Перекриваються залізисте-кременисті породи середньої частини розрізу залізорудної товщі Правобережного району товщею графітових гнейсів з горизонтами карбонатних порід, потужність якої на окремих ділянках досягає 2500 м. На Петрівському і Артемівському родовищах та інших ділянках в нижній частині цієї товщі серед графітових гнейсів виділяється малопотужний горизонт залізистих порід. На найзахідніших ділянках (Овнянській, Іванівській та ін.) в основі товщі графітвмисних гнейсів залягає горизонт білих безрудних кварцитів потужністю до 500 м. Структурно-текстурні особливості вихідних порід в них майже повністю стерті. Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що первинне це були кварцові, рідше аркозові пісковики. У деяких шліфах в них спостерігаються бластопсамітові структури, кластогенні зерна і обкатані зростки рудних мінералів і циркону. На ділянках, розташованих ближче до Криворізького розлому, горизонт білих безрудних кварцитів або зовсім виклинюється з розрізу, або різко скорочений за потужністю.

У нижній частині розрізу товщі графітових гнейсів нерідко зустрічаються породи, що за складом відповідають амфіболітам; складаються вони з рогової обманки, плагіоклазу, а також кварцу і біотиту. Потужність їх невелика – зазвичай перші метри, іноді до 10-

15 м. Спостерігаються поступові переходи за мінеральним складом від амфіболітів до тих порід, що їх вміщують – графітових біотитових і гранат-біотитових гнейсів. Іноді з ними асоціюють відносно малопотужні безрудні силікатне-залізисте-кременисті породи (залізисте-силікатні сланці кварц-гранат-піроксенового складу). Малопотужні тіла амфіболітів розділяють товщі графітових гнейсів на пачки, що мають закономірну будову. У їх нижніх частинах серед графітових гнейсів зазвичай спостерігаються прошарки білих безрудних кварцитів потужністю 2-3 м, а вище - прошарки карбонатних порід (кальцифірів) потужністю від 0,5 до 3 м.

Різні думки дослідників про стратиграфію залізорудної товщі Правобережного району часто відносяться не до ув'язки її розрізів між собою, а до вікових і структурних взаємовідношень товщі з комплексами метаморфічних порід сусідніх районів. У безпосередній близькості від Правобережного району розташована Криворізька структура (басейн). Верхня і нижня вікові межі криворізької серії і залізорудної товщі Правобережного району співпадають. Їх породи залягають на розмитій поверхні плагіогранітів дніпровського комплексу. Крім того, породи залізорудної товщі Правобережного району січуться жилами апліто-пегматоїдних гранітів і гранітизуються масивами гранітів кіровоградсько-житомирського комплексу, час утворення яких співпадає із завершенням накопичення порід криворізької серії. Звертає на себе увагу і явна схожість розрізів залізорудних товщ Правобережного району і Криворізького басейну: нижні їх частини складені метаморфизованими теригенними породами і основними метавулканітами, середні – залізисте-кременистими породами, верхні – теригенними графітовими з прошарками карбонатних порід. Навіть горизонт карбонат-талькових сланців, що виділяється у розрізах обох товщ, займає одно і те ж стратиграфічне положення під залізисте-кременистими породами. Потужності залізорудної товщі Правобережного району цілком порівнянні з такими порід криворізької серії на залізорудних ділянках, що примикають зі сходу до Криворізького розлому в Правобережному районі (Жовтянській, Попельнастовській, Млинківській та ін.), хоча вони і значно менше потужності порід криворізької серії в Криворізькому басейні. Проте, загальні з криворізькою серією нижня і верхня вікові межі, схожий склад і послідовність накопичення порід дозволяють вважати залізорудну товщу Правобережного району аналогом криворізької серії за віком і речовим складом. Про це свідчить й ізотопний склад сірки сульфідів

порід залізорудної товщі. Порівняння його з ізотопним складом сірки сульфідів порід криворізької серії показує, що встановлена для криворізької серії закономірність обважнення ізотопного складу від середньої залізисте-кременистої частини розрізу до верхньої - карбонат-теригенної зберігається і для залізорудної товщі Правобережного району [134].

На жаль, немає прямих даних про структурних взаємовідношеннях залізисте-кременистих порід, поширених у Правобережному районі й Криворізькому басейні. Тільки гнейси верхньої частини залізорудної товщі Правобережного району у вигляді «затоки» заходять у Криворізький басейн на півночі, в районі ділянки «хутору Петровського» і переходять в породи глееватської світи. Схожість розрізів гнейсово-сланцевих комплексів верхніх частин криворізької серії Кривбасу з товщею порід Родіоновської ділянки, розташованої на південь від Правобережного району із заходу від Криворізького басейну, за складом, будовою і розподілом елементів-домішок переконливо показана дослідниками раніше [120].

По більшості залізорудних ділянок Правобережного району оцінені прогнозні запаси (табл. 2.1). Петрівське і Артемівське родовища нині експлуатуються.

Петрівське родовище знаходиться на захід від північного закінчення Криворізької структури. Це синклінальна складка з північним зануренням шарніру під кутом $75-80^\circ$ у південній частині й незначним виположуванням у північній.

Крила мають західне падіння: західний пласт під кутом $60-85^\circ$, східний – $45-75^\circ$, простягання родовища субмеридіональне, його протяжність з півдня на північ - 4 км.

Структура родовища ускладнена поздовжніми й поперечними тектонічними порушеннями з амплітудами зміщення від 30-40 до 60—100 м. Найпотужніший із них Центральний розлом, по якому північна частина родовища підкинута на 100-150 м.

Таблиця 2.1.

Прогнозні запаси неокиснених залізистих кварцитів родовищ
Правобережного району за бортового вмісту магнетитового заліза
14% [115]

| Родовище | Прогнозний запас, млн т |
|------------------------|-------------------------|
| Петрівське | 180 |
| Артемівське | 102,8 |
| Жовтянське | 650 |
| Миколаївське | 700 |
| Млинківське | 75 |
| Успенське | 28 |
| Хутору Петровського | 60 |
| Північнозеленівське | 54 |
| Східнозеленоріченське | 34 |
| Західнозеленоріченське | 52 |
| Ленінське | 75 |
| Червонофедорівське | 220 |
| Горіхівське | 110 |
| Лозоватське | 20 |
| Північнолозоватське | 319 |
| Іванівське | 35 |
| Кам'яно-Потоцьке | 41,5 |
| Всього | 2 756, 3 |

Продуктивною товщею є другий горизонт зеленівської світи, сформований перехідною і кондиційною пачками залізистих кварцитів. Різновиди останніх, виділені за даними геолого-технологічного картування (магнетитові, гематит-магнетитові), в межах східного і західного пластів залягають у вигляді пачок, що перешаровуються в розрізі і мають переважно плаstopодібну, іноді лінзоподібну форму. Їх потужність по простяганню змінюється різко (в 2-3 рази) за повільної мінливості потужності пласта в цілому від 220 на півдні до 120 м на півночі в східному крилі й відповідно від 100-120 до 30-15 м в західному крилі. Характерні доволі різкі переходи від одного різновиду до іншого. Внутрішня будова пластів ускладнена накладеними метасоматичними процесами, внаслідок чого окремі інтервали збіднені на гематит і магнетит і переходять у силікатно-магнетитові відміни. Ці відміни значно поширені в

центральної і північної частинах родовища. Тут також досить поширені жильні утвори пегматиту і кварцу.

Магнетит-піроксен-амфіболові породи перехідної пачки, що облямовують родовище із зовнішнього боку, мають порівняно невелику потужність (від 0,5 до 30 м). Вміст заліза в них поступово збільшується з наближенням до контакту із залізистими кварцитами.

Для родовища характерна доволі висока мінливість вмісту заліза ($Fe_{\text{заг}}=8,6-49$, $Fe_{\text{магн}}=0,7-45$ %). Всі різновиди руд Петрівського родовища досить легко збагачуються, з них можна отримати концентрат із вмістом заліза 69-70 %.

Розробка Петрівського родовища економічно ефективна.

Артемівське родовище, як і Петрівське, є останцем метаморфічних порід інгулецької серії серед мігматитів. Воно подібне до Петрівського родовища не тільки за загальною геологічною позицією, а і за тектонічною структурою, складом, будовою рудоносною тонші, ступенем метаморфізму залізистих порід. Воно є відкритою на південь лінійною синклінальною складкою західного крила Зеленівської синкліналі. Шарнір складки ундулююче занурений у південному напрямку. Складка має асиметричну будову із західним падінням обох крил. Її довжина досягає 3 км, розмах крій у південній частині – до 1 км. Крила Артемівської синкліналі ускладнені дрібною складчастістю вищих порядків.

Структура родовища ускладнена також субмеридіональними і поперечними розривними порушеннями скидо-зсувного і скидовою характеру. Вони ділять родовище на низку тектонічних блоків, розмір яких змінюється від 180x193 до 1800x600 м. Кут падіння поверхонь скидів коливається в межах 35—90°. Горизонтальне зміщення блоків досягає 100-160, вертикальне — 5—160 м. Найбільшими субмеридіональними порушеннями є Поздовжнє і Діагональне. Поперечне порушення ділить родовище на південну і північну частини.

Поширені тріщини розриву, виповнені жильним матеріалом пегматитового і кварцового складу.

Продуктивною товщею в Артемівському родовищі є другий залізистий горизонт маякської світи інгулецької серії. У складі горизонту виділяють магнетитові і силікат-магнетитові кварцити, серед яких переважає (80 %) перший різновид. Силікат-магнетитові кварцити залягають у нижній частині горизонту і перехідною зоною між магнетитовими кварцитами і залізисто-силікатними сланцями. Обидва різновиди характеризуються близькими мінералого-

петрографічним і хімічним складами, а також технологічними властивостями.

Руди родовища легко збагачуються, що пояснюється зернистістю магнетиту.

Морфологія рудного покладу цілком обумовлена структурою родовища. Поклад різниться мінливою потужністю, що збільшується з глибиною: у східному крилі та ядрі - від 50-80 до 170-280 м, у західному крилі – від 70-90 до 115 м.

На південь від поперечного порушення форма рудних пластів значно ускладнена внаслідок тектоніки і процесів мігматизації. Залізисті кварцити тут залягають у вигляді відокремлених видовжених по простяганню блоків.

У родовищі широко проявляються процеси лужного, кальцієво-магнезійно-залізного і карбонатного метасоматозу.

Згідно з результатами геолого-економічної переоцінки Артемівського родовища, відпрацювання його запасів достатньо рентабельне за збереження сприятливих умов кон'юнктури ринку залізорудної сировини.

Кременчуцький район. Частини меридіональної смуги залізистих кварцитів Кременчуцької структури, по яких підраховані запаси, є родовищами. Її південна частина названа Горішне-Плавнинським родовищем, експлуатується Полтавським ГЗК. Безпосереднім північним продовженням Горішне-Плавнинської смуги залізистих кварцитів і є Лавриківське родовище, яке далі на північ продовжує Єристівське родовище, а ще далі – Біланівське і Галещинське. ВАТ Полтавський ГЗК – гірничодобувне підприємство з повним циклом: від видобутку до переробки руди і випуску залізорудних обкотишів для доменного виробництва. Основними видами продукції підприємства є залізорудні флюсовані обкотиші і щебінь. Нині кар'єром ведеться розробка двох родовищ (Горішне-Плавнинського і Лавриківського), на третьому – Єристівському – виконуються підготовчі роботи.

Горішне-Плавнинське родовище залізистих кварцитів – перше розроблюване родовище Кременчуцької магнітної аномалії.

Родовище простягається з півдня на північ на 3,5 км. Його геологічну будову формують докембрійські породи кристалічного фундаменту й осадові утворення третинного і четвертинного періодів. З докембрійських утворів відомі тільки нижня частина середньої (саксаганської) світи криворізької серії, представлена

першою, другою і третьою залізистими підсвітами, першою та другою сланцевими підсвітами.

Докембрійські кристалічні пороли залягають неглибоко від поверхні. Потужність розкривних порід, представлених суглинками, пісками, глинами, мергелями, змінюється від 5,34 (на півдні) до 43 м (на півночі), середня на ділянці – 22,3 м.

Родовище – це вузька синклінальна складка, шарнір якої заглиблюється на північ під кутом 35-40°. Породи західного крила мають східне падіння тільки в південній частині ділянки, на півночі східне падіння порід західного крила змінюється на західне. Падіння порід східною крила в південній частині ділянки західне, під кутом 50-60°, далі на північ воно стає стрімкішим і переходить у східне з кутом падіння 65-80°. Потужність окисненої зони змінюється від 50 м на півдні ділянки до 0 м і становить, у середньому на площі поширення 15-16 м. Середня потужність напівокисненої зони 10-12 м із колюванням від 0 до 30 м.

Лавриківське родовище. Родовищем його можна називати лише умовно, оскільки воно не має природних меж по простяганню. У межах родовища виділено три рудні тіла. Перше представлене червоно- і сіросмугастими магнетитовими кварцитами підсвіти K^2_2 і нижньою пачкою залізистих кварцитів підсвіти K^3_2 (K^3_1). Друге і третє рудні тіла представлені відповідно кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами пачок K^3_2 і K^3_3 , що потребують збагачення, дають концентрат трохи нижчої якості за меншого його виходу.

Єристівське родовище. Єристівське родовище сформоване амфіболітами, кварц-роговообманково-біотитовими і кварц-слюдяними сланцями та залізистими кварцитами.

Метаморфічні породи утворюють смугу меридіонального простягання завдовжки до 5,0, завширшки – 0,2-0,7 км.

За структурою родовище є частиною східного крила Горішне-Плавнинської синклінали.

Залізні руди представлені залізистими кварцитами підсвіт K^2_2 , K^2_5 і пачки K^2_3 . середня потужність яких у межах родовища становить відповідно 50, 65 і 130 м. Рудні поклади мають пластоподібну форму, простягання субмеридіональне, падіння стрімке (75—90°).

Єристівське родовище є резервною сировинною базою Полтавського ГЗК.

Біланівське родовище. Біланівське родовище залізистих кварцитів – безпосереднє продовження Єристівського родовища, розташоване за 4-5 км на захід від залізничної станції Галещино.

Родовище приурочене до крупної Галещинської синклінали субмеридіонального простягання, його протяжність близько 6 км, ширина — 0,5-3,0 км. Падіння порід, що утворюють структуру - західне, під кутами від 15 до 75°.

Рудними є підсвіти K_2^2 , K_3^2 , K_5^2 і K_7^2 із середньою потужністю відповідно 120, 345, 80 і 175 м.

Руди представлені магнетитовими і кумінгтоніт-магнетитовими кварцитами з масовою часткою загального заліза 30-35, магнетитового – 21-26 %.

Родовище розвідане до глибини 500-600 м. Запаси класифіковані за категоріями В, С, і С₂.

Біланівське родовище є резервною сировинною базою Полтавського ГЗК.

Галещинське родовище багатих залізних руд знаходиться на території Козельщинського р-ну Полтавської області. Приурочене воно до східного крила Галещинської синклінали північно-східного простягання. Шарнір синклінали занурюється на північ під кутами 15-60°. Ширина складки - 1,3 км.

Більша частина західного крила структури зрізана тектонічними порушеннями насувного типу. Східне крило простежується на десятки кілометрів. Крила складки мають центриклінальне падіння під кутами 70-80°, у південній і північній частинах виплоджуються до 50—65°.

На родовищі виявлено понад 40 покладів дуже складної морфології, які мають звивисті (хвилясті) контури і мінливу потужність. Вони часто розділяються на окремі рудні тіла або зливаються між собою у крупні поклади.

Довжина покладів за простяганням змінюється від 150 до 2950 м, потужність - від 2 до 34 м. Окремі рудні поклади простежуються на глибину понад 1500 м.

Структурні умови розміщення багатих руд на родовищі вивчені ще недостатньо. Це пов'язано з певними труднощами у виділенні рудоконтролюючих структур тільки за даними глибокого буріння, оскільки на розрізах і погоризонтних планах розкриті зазвичай їх окремі елементи, які не завжди вдається пов'язати між собою. Тому для виділення таких структур у свій час була зроблена спроба вивчити «топографію» поверхні основного рудовміщуючого горизонту залізистих кварцитів за допомогою проєкцій товщин горизонту, його підшови і покрівлі на площину, що йде приблизно паралельно йому [60]. Проєкції на цю ж площину товщин окремих

різновидів руд дозволили з'ясувати роль в рудоутворенні виділених складчастих і розривних структур (рис. 2.3).

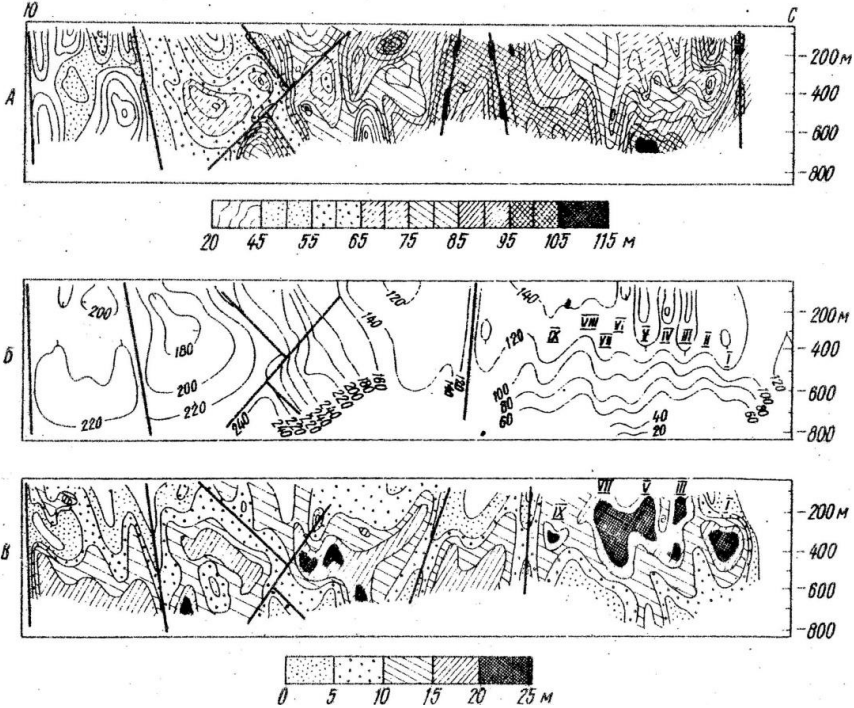


Рис. 2.3. Проекції основного рудовміщуючого горизонту залізистих кварцитів Галещинського родовища [60]:

А - товщин горизонту, Б - підосви, В - товщин дисперсногематит-маритових руд. Римськими цифрами на проекції Б пронумеровані замки складок в північній частині родовища. Проекції складені на підставі даних 52 профілів глибокого буріння.

Проекція товщин основного рудовміщуючого горизонту дає якісну картину, оскільки розривні порушення і складчасті структури нерідко підкреслюються зміною потужності горизонту. Тут, наприклад, виділяється ряд вузьких лінійно витягнутих зон підвищеної і зниженої потужності, чітко фіксуючих розривні порушення.

Складчасті структури добре виділяються на проекціях підосви і покрівлі основного рудовміщуючого горизонту. Так, на проекції його

підосви, у південній частині родовища видно полого синклінальна складка, обмежена з трьох сторін розривними порушеннями, виділеними на проекції товщин горизонту. Складка в першому наближенні має форму рівностороннього трикутника із стороною 700 м. У північній частині родовища спостерігається полого поперечна складчастість, виражена в чергуванні дрібних синклінальних і антиклінальних складок. Відстань між замками однойменних складок складає 200-300 м

Для того, щоб з'ясувати чи мають процеси зруденіння зв'язок з виділеними структурними формами, були побудовані проекції товщин руд за окремими різновидами, виділеними на родовищі М.М. Доброхотвим [31]: дисперсногематит-мартитовими; мартитовими, залізнослюдково- і карбонат-мартитовими; хлорит-мартитовими і хлорит-дисперсногематит-мартитовими. Ці різновиди зазвичай мають узгоджені контакти і чітко стратифіковані в межах основного рудовміщуючого горизонту із-за різного мінерального складу вихідних залізистих кварцитів. Хлорит-мартитові і хлорит-дисперсногематит-мартитові різновиди складають зазвичай пласт у лежачому боці горизонту, дисперсногематит-мартитові приурочені до його центральних частин, а мартитові, залізнослюдково-карбонат-мартитові - до його висячого боку. Виявилось, що перелічені вище різновиди руд контролюються переважно складчастими структурами, за винятком мартитових, карбонат- і залізнослюдково-мартитових руд, для яких встановлюється зв'язок з розривними порушеннями.

У південній частині родовища рудне тіло дисперсногематит-мартитових руд в деталях повторює форму розташованою тут синклінальної складки. З конфігурації цього тіла і змінам його товщини можна стверджувати, що зруденіння в даному випадку пов'язано із складчастістю вищого порядку, що ускладнює крила цієї складки.

У північній частині родовища тіла дисперсногематит-мартитових руд приурочені до замків антиклінальних складок, що виділяються на проекції підосви основного рудовміщуючого горизонту. Із замками синклінальних складок пов'язані тіла хлорит-мартитових і хлорит-дисперсногематит-мартитових руд. Швидше за все, складчастість, що тут спостерігається, ускладнює крила великою синклінальною структури приблизно 1500 м у поперечнику. Ця велика синкліналь і синклінальна складка в південній частині родовища є структурами третього порядку по відношенню до Кременчуцького синклінорію. Структурою другого порядку буде

сама Галещинська синкліналь. Зруденіння приурочене до замків складок четвертого порядку, ускладнюючих крила синклінальних структур третього порядку.

Положення в межах родовища мартитових, карбонат- і залізнослюдково-мартитових руд визначається, переважно, не складчастими, а розривними структурами. Їх тіла мають ясно виражену лінійно витягнуту форму і контролюються розривними порушеннями як січними до родовища, так і обмежувачими його з флангів. Але приуроченість якоїсь частини багатих руд до розривних порушень ще не дає основи для яких-небудь генетичних висновків.

Основним з приведеного вище фактичного матеріалу є контроль більшості багатих залізних руд Галещинського родовища складчастими структурами. Це дозволяє зробити висновок, співпадаючий з висновками Я.Н. Белевцева [10], що формування багатих залізних руд у межах Криворізько-Кременчуцької зони носило переважно гіпогенний характер і пов'язано з метаморфізмом і складчастістю залізісте-кременистих порід з наступним накладенням процесів гіпергенезу. Приуроченість процесу рудоутворення переважно до складчастості не виключає можливої ролі в нім будиначу, як структурної форми, через яку він може безпосередньо реалізуватися [128].

2.2. Проблемні питання геолого-економічної оцінки залізних руд

Проблемних питань геолого-економічної оцінки залізних руд родовищ Криворізько-Кременчуцької існує багато. Зупинимось на деяких з них.

Економічна доцільність розробки окислених залізістих кварцитів. При видобутку магнетитових кварцитів щорічно з надр вилучається понад 60 млн. т. окислених залізістих кварцитів, які складаються в окремі відвали та склади, займаючи величезні площі, що завдає екологічне навантаження на оточуюче середовище [98]. Незважаючи на досить тривалий час різноманітних і всебічних досліджень, окислені залізісті кварцити не використовуються в якості мінеральної сировини внаслідок відсутності рентабельних і екологічно безпечних схем їх збагачення і отримання високоякісного конкурентоспроможного концентрату.

В останні часи з'являються роботи, в яких зазначається необхідність залучення запасів окислених залізістих кварцитів до розробки. В більшості випадків розглядають варіант спільної

розробки з балансовими неокисленими кварцитами або багатими рудами, рекомендують різні технологічні схеми для переробки сировини [7, 23, 75]. В деяких роботах навіть пропонують зобов'язати надкористувачів, в межах ліцензійних ділянок яких поряд з основною корисною копалиною (магнетитовими кварцитами, багатими залізними рудами та ін.) є поклади окислених залізистих кварцитів, в примусовому порядку їх видобувати та переробляти в концентрат [23]. В обґрунтуваннях і висновках таких робіт автори помилково кажуть про промислове значення корисної копалини виключно на підставі врахування лише одного з факторів оцінки родовищ, тобто технологічного. Як відомо, балансова приналежність запасів корисних копалин визначається за значним переліком критеріїв, серед яких геологічні, гірничотехнічні, технологічні, економічні, екологічні та інші. За визначенням Класифікації запасів і ресурсів [108] балансовими є «запаси корисних копалин ділянки надр, для яких на момент проведення геолого-економічної оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками та/або матеріалами фінансової звітності доведено, що коефіцієнт рентабельності продукції гірничодобувного підприємства (розрахунковий та/або фактичний) є достатнім для економічно ефективного видобування корисних копалин». Нажаль в названих публікаціях не обговорюється собівартість переробки корисної копалини та виробництва товарної продукції із окислених залізистих кварцитів, не береться в розрахунок вихід та якість залізородного концентрату.

В даній роботі на підставі геолого-економічних оцінок запасів окислених залізистих кварцити Інгулецького, Валявкинського, Скелеватського магнетитового родовищ та родовища «Велика Глеюватка» дана спроба з'ясувати промислову цінність цього виду мінеральної сировини.

Окислені кварцити є результатом прояву чотирьох різновікових гіпергенних процесів протягом геологічної історії розвитку Криворізької структури [118]. Під час цих процесів із порід, які підлягали вивітрюванню, активно виносились і виносяться лужні елементи (калій, натрій) та основні компоненти (кальцій, магній), а також частково – кремній. Через високу фугітивність кисню в гіпергенних розчинах залізо (II) переходило в залізо (III). Внаслідок слабкої рухливості в корах вивітрювання залізистих кварцитів накопичувались Fe_2O_3 , а в корах вивітрювання сланців – Al_2O_3 і Fe_2O_3 . Разом із кремнеземом та водою вони були і є основними породо- й мінералоутворювальними хімічними компонентами кори

вивітрювання залізистих і вміщуючи останні докембрійських порід Кривбасу.

Породоутворювальними мінералами гіпергенно змінених залізистих кварцитів є кварц і мартит (продукт заміщення магнетиту тонколускуватим агрегатом залізної слюдки). Другорядними є дисперсний гематит, або “гідрогематит” (продукт вивітрювання залізовмісних карбонатів і силікатів), гетит і дисперсний гетит (“гідрогетит”).

Кори вивітрювання сланців зазвичай утворені кварцом, дисперсним гематитом і глинистими мінералами (каолінит, монтморилоніт, бейделіт та ін.) – продуктами вивітрювання глиноземовмісних силікатів (хлорит, сидерит, біотит, мусковіт), а також гетитом, дисперсним гетитом, ярозитом, копіапітом, алунітом та іншими мінералами. Остання група мінералів трапляється дуже рідко у складі кори вивітрювання сланців. Потужність площинної кори вивітрювання в межах Криворізького басейну змінюється від 5–10 до 25–30 м. Лінійні кори вивітрювання в потужних зонах розривних порушень досягають глибини в кілька десятків і навіть сотні метрів.

Із корама вивітрювання вміщуючих Криворізьку структуру кристалічних утворень докембрію пов’язані родовища і прояви титану, алюмінію, нікелю, кобальту, рідкісноземельних елементів, каоліну, а гіпергенно змінені породи залізисто-кременистої формації Кривбасу є джерелом таких цінних корисних копалин, як вохри та сурик. Проте основний продукт гіпергенних процесів – окислені залізисті кварцити, які містяться в усіх залізородних родовищах. Серед останніх на сьогодні найдетальніше вивчені окислені кварцити Інгулецького, Валявкинського, Глеюватського родовищ і родовища “Ділянка № 6”.

В окислених залізних рудах основними рудоутворювальними мінералами, які визначають технологію збагачення, є мартит і гематит. Інші залізовмісні мінерали – магнетит, гідроксиди, силікати і карбонати заліза поширені підпорядковано, проте вони мають певний вплив на технологічні особливості збагачення і якість кінцевих продуктів [118].

Як закордоном, так і в країнах колишнього СРСР, найбільшого поширення набуло збагачення крупно- і середньовкраплених гематитових руд, які легко збагачуються. Збагачення землистих багатих руд, що легко шламуються і важко збагачуються, тонковкраплених бідних руд стало розвиватися у 70-ті роки.

Переробка окислених залізних руд ведеться практично всіма

відомими методами механічного збагачення. Найбільшого поширення набули магнітні, гравітаційні, випал-магнітні і флотаційні методи.

Комбіновані схеми збагачення дозволяють вирішити завдання комплексного вилучення всіх залізвмісних мінералів, оптимальній застосовувати технологічні процеси, раціонально використовувати властивості рудних і нерудних мінералів.

Гематитові руди з точки зору технології їх збагачення поділяють на масивні та вкраплені. Тому для цих руд також широко використовується дроблення, яке при видобутку і переробці природно багатих руд дозволяє частину бідніших руд перевести в дрібну фракцію, а потім виділити її [118]. При переробці бідних тонковкраплених окислених залізистих кварцитів значна кількість корисних мінералів переходить у тонкі фракції, збагачення вилучення яких традиційними методами недостатньо ефективно.

Альтернативою традиційним методам збагачення є: колонна флотація, селективна флокуляція з подальшою флотацією, селективна флокуляція з наступною магнітною сепарацією та ін.

Застосування того чи іншого методу збагачення визначається звичай мінеральним складом руд, вмістом заліза у вихідній руді, а також вкрапленням рудних і нерудних мінералів.

Всі дослідження довели, що отримані концентрати не відповідають сучасним вимогам промисловості до якості мінеральної сировини, а зазначені схеми досить дорогі та громіздкі.

Відсутність на сьогодні рентабельних схем збагачення і переробки окислених кварцитів унеможливило їх віднесення до категорії “корисна копалина”, оскільки використання їх технологічно неможливе й економічно недоцільне. Відповідно окислені кварцити можна розглядати як розкривні породи, що потребує їх складування у відвалах, а це породжує нову проблему гірничодобувних регіонів – екологічну, пов’язану з істотним техногенним навантаженням, яке створюють відвали розкривних порід на довкілля. У зв’язку з цим пошуки шляхів використання окислених кварцитів у промисловості – одне з пріоритетних завдань гірничодобувної і переробної галузей Кривбасу.

Балансова приналежність запасів корисних копалин визначається за результатами розрахунку їх вартості, прибутковості, терміну окупності капіталовкладень та інших показників. Техніко-економічні розрахунки доцільності розробки окислених залізистих кварцитів проводились для варіантів гравітаційного та магнітного збагачення

гематитових руд в умовах діючого підприємства із наявною інфраструктурою. Найбільший вплив на вартість і рентабельність відпрацювання запасів мали показники виходу концентрату та його якості. Зокрема, для варіанту гравітаційного збагачення руд фіксувались прийнятні значення якості концентрату – 68,12% корисного компоненту із невисоким виходом концентрату – 29%; для варіанту магнітного збагачення сировини вміст корисного компоненту в концентраті значно погіршувався до 60,5% із покращенням виходу концентрату до 39%. Ці параметри істотно впливають на собівартість і ціну товарної продукції. Негативним фактором при вартісній оцінці також є істотне збільшення інвестицій, яке необхідне для залучення окислених залізистих кварцитів. Найчастіше, це в результаті спричиняє від’ємну вартість запасів, що свідчить про їх невідповідність вимогам балансових запасів. На рис. 2.4 наведено співставлення показників вартості та рентабельності розробки всього родовища, в структурі якого виділені магнетитові кварцити як балансові запаси та окислені залізисті кварцити.

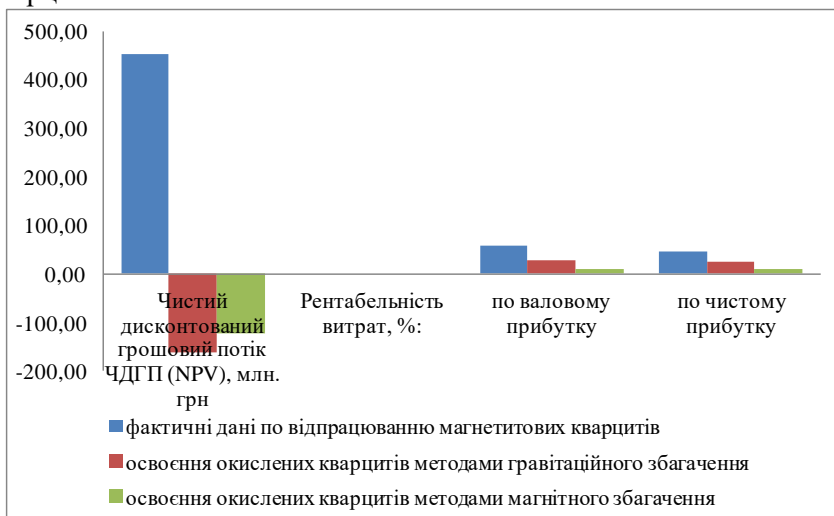


Рис.2.4. Співставлення показників вартості та рентабельності відпрацювання родовища за варіантами освоєння

Порівняння варіантів освоєння окислених кварцитів гравітаційним і магнітним методами збагачення проводилось по відношенню до показників економічної ефективності роботи діючого гірничо-збагачувального комбінату по видобутку магнетитових кварцитів.

Фактичні дані роботи підприємства свідчать про достатні показники рентабельності, промислове значення родовища. Натомість варіанти техніко-економічних розрахунків щодо залучення в експлуатацію окислених кварцитів доводять від'ємну вартість цих запасів.

Таким чином, одночасне освоєння магнетитових і окислених кварцитів родовища як гравітаційним, так і магнітними методами збагачення руд, призведе до значного погіршення показників економічної ефективності роботи підприємства, а саме зниження рентабельності роботи, зменшення вартості запасів, збільшення в декілька разів терміну окупності капіталовкладень.

Геолого-економічна оцінка родовищ залізистих кварцитів довела економічну недоцільність одночасного видобутку і переробки окислених залізистих кварцитів і основної корисної копалини в сучасних гірничо-геологічних та техніко-економічних умовах роботи гірничодобувних підприємств. Відсутність рентабельних технологічних схем переробки окислених залізистих кварцитів обумовлена не тільки технічними чинниками, але й, на думку авторів, також недостатньою геологічною вивченістю родовищ, а саме геологічних чинників промислової цінності родовищ окислених залізистих кварцитів. Крім цього, істотний вплив на поточну вартість таких запасів має кон'юнктура ринку залізорудної продукції, яка в останні роки не є сприятливою. За визначенням мінерально-сировинної бази, окислені залізисті кварцити можна віднести до резерву, але негативні показники рентабельності їх освоєння та від'ємна вартість запасів свідчать про їх позабалансовий статус.

Комерційне значення запасів магнетитових залізистих кварцитів для підземної розробки. Мінерально-сировинна база українських залізних руд складається з багатих руд (Fe 52-65%), залізистих кварцитів - магнетитових (Fe 26-39%), окислених залізистих кварцитів (вміст Fe 35-38%) і куммінгтоніт-магнетитових кварцитів (вміст Fe 27-29%). Магнетитові кварцити складають більше половини обсягу запасів і видобутку, як правило, через відкритий кар'єр у Кривому Розі та Кременчуцькому регіоні. Багаті залізні руди видобувають підземним способом у Кривому Розі та Белозерському районі.

Магнетитові кварцити вимагають переробки для виробництва залізорудного концентрату. Їх комерційне значення залежить від співвідношення багатьох факторів: кількості і концентрації запасів, вмісту заліза, пов'язаного з магнетитом, і шкідливих домішок,

технологічних властивостей руди, складності геологічної будови, гірничотехнічних умов і т. д.

В сучасний період магнетитові кварцити можуть мати комерційне значення при підземному видобутку, з яким пов'язана з висока собівартість руди. Для цього потрібна наявність цілої низки сприятливих геологічних та економічних факторів. Нами були оцінені запаси глибозалягаючих магнетитових кварцитів підземного видобутку в 2 випадках [169]:

- коли вони пов'язані корисних копалин за підземного видобутку багатих руд і останні експлуатації;
- коли доведені запаси залишилися після завершення багатих руд.

Об'єктами нашого дослідження були родовища магнетитових кварцитів підземного видобутку Криворізького регіону в межах Українського щита. Нами вивчені кількісні та якісні характеристики запасів руди. Це визначається складністю їх геологічної будови та можливості експлуатації. Промислову значимість родовища оцінювалася в результаті геолого-економічна оцінка. Ми оцінювали родовища залізної руди з використанням традиційних методів геолого-економічної оцінки запасів залізородних родовищ. Були використані статистичні методи обробки геологічної інформації, підрахунок запасів по геологічним розрізам і блокам. Оцінка родовищ була проведена за методикою розрахунку комерційної вартості ресурсів і запасів твердих корисних копалин з використанням індексів геологічних ризиків і вимог і методів Державної комісії України по запасам корисних копалин.

Є більш ніж 500 млрд запасів з 53% середнім вмістом Fe на балансі підприємств, які використовують шахти. Починаючи з 1980-х років багаті руди були вилучені в 23 шахтах, більшість з яких зараз законсервовані. В полях діючих та законсервованих шахт, як і раніше, існують залізні кварцити та інші пов'язані з ними корисні копалини. На кар'єрах кварцити видобувають гірничо-збагачувальні комбінати (ГЗК) з середини 1950-х-початку 1960-х років. Балансові запаси їх залістих кварцитів доходять до 9 млн т. Річна продуктивність цих підприємств дозволяє отримувати до 56 млн т концентрату, 14 тис. т окатишів і 15 тис. т агломерату. Більшість кар'єрів в даний час більше 300 метрів глибини і проектною глибиною понад 500 м, що викликає зростання вартості виробництва.

Було проведено порівняння розподілу запасів залізної руди в Криворізькому районі, в межах якого локалізовано максимальна

кількість залізної руди гірничодобувних компаній, у результаті чого зроблені такі висновки.

1. Сприятливим чинником для видобутку магнетитових кварцитів є наявність основних засобів для підземних гірничих робіт, які раніше використовувалися для видобутку багаті руди. Також компанія має мати устаткування для дроблення, переробки та виробництва концентрату. Особливим фактором може бути близькість запасів до переробки.

2. Результати геолого-економічної оцінки показали, що оптимальним балансом всіх цих факторів може привести до комерційне значення видобутку магнетитових кварцитів підземного способом. Основні причини ефективності гірничих робіт є наступні: підвищення якості пов'язане зі збільшенням гранулометричного складу магнетиту, ступенем складності геологічних структур, достатньої кількістю запасів, наявністю інфраструктури (вали, видобуток, рівнів діяльності тощо). Навіть невелика втрата якості руди або негативні коливання цін на сировину приведе до нерентабельності її розробки.

Проблема визначення параметрів дисконтування при геолого-економічних оцінках родовищ залізних руд. Сучасні методики проведення геолого-економічної оцінки родовищ корисних копалин передбачають достовірне вивчення всіх даних, що характеризують родовище, не лише геологічних, гірничотехнічних, але й технологічних умов розробки, збагачення і переділу мінеральної сировини, і в решті - економічних параметрів його експлуатації [98]. На різних стадіях вивчення встановлюють перспективність, промислове значення об'єкту та ефективність його використання у майбутньому. При цьому відбувається прогнозування як геологічних параметрів, так і економічних; останні в свою чергу відрізняються істотними коливаннями і динамічністю в часі. В кожному конкретному випадку вплив різних факторів буде неоднаковим і тому при дослідженні та оцінці надр всі параметри повинні оцінюватись кількісними та якісними показниками в натуральному та вартісному вигляді.

Всі фактори, що визначають промислову цінність родовища, як правило, об'єднуються в групи – геологічні, гірничотехнічні, технологічні, екологічні, економічні та ін.. При цьому найбільш значущі - кількість і якість корисної копалини та можливість їх вилучення – визначають вартість родовища та рентабельність відпрацювання запасів корисних копалин. Згідно із сучасними

вимогами до оцінювання надр існує і протилежний зв'язок у встановленні промислового значення. Таким прикладом є віднесення запасів корисних копалин до балансових або таких, що не мають промислового значення, в залежності від значень техніко-економічних показників – вартості запасів, коефіцієнту рентабельності гірничодобувного підприємства, терміну окупності капіталовкладень та ін..

Основною метою проведення геолого-економічної оцінки є виявлення інвестиційно привабливих геологічних об'єктів для їх освоєння, встановлення їх промислового значення та економічної ефективності експлуатації. Тому економічні параметри оцінки, які швидко змінюються в часі, мають істотний вплив на промислове значення і балансову приналежність запасів.

Відповідно до п.9.4 [86] розподіл запасів за промисловим значенням відбувається за результатами техніко-економічних розрахунків – «до балансових (видобувних) запасів відносяться запаси корисних копалин ділянок надр, для яких на момент проведення геолого-економічної оцінки згідно з техніко-економічними розрахунками та/або матеріалами фінансової звітності доведено, що вони відповідають вимогам Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр, до видобувних балансових запасів корисних копалин. Віднесення запасів корисних копалин до позабалансових (економічно неефективних) здійснюється тільки на підставі техніко-економічних розрахунків».

Згідно з вітчизняними вимогами до оцінювання вартості запасів обов'язковим є розрахунок наступних показників [86, 87, 104]:

1. коефіцієнт рентабельності продукції гірничодобувного підприємства;
2. чистий дисконтований грошовий потік;
3. індекс прибутковості капіталовкладень
4. внутрішня норма прибутковості та ін..

Розрахунок перелічених показників (пп. 2-4) відбувається за допомогою дисконтування – приведення різночасових грошових потоків до моменту оцінки запасів родовища. Методика дисконтування грошових потоків вважається стандартною при фінансовій оцінці родовищ і дозволяє звести всі параметри оцінки гірничорудного підприємства до єдиного показника – поточної вартості запасів (NPV/ЧДГП). У всіх цих показниках присутній фактор дисконтування, за допомогою якого зіставляють різночасові грошові потоки. В міжнародній практиці оцінювання ставка

дисконтування не може бути нижче безпечної ставки. Такою вважається ставка довготермінових державних облігацій, гарантованих Урядом.

Відповідно абсолютні значення вартісних показників напряму залежать від встановленої ставки дисконтування, яка приймається у стандартному варіанті рівною обліковій ставці НБУ на момент оцінки. У комерційному варіанті норма дисконтування приймається на рівні прийнятної для інвестора норми доходу на капітал п.7.6 [86]. Також, п. 7.13. [86] визначено, що «створення гірничодобувного підприємства вважається доцільним, якщо визначені під час державної експертизи і оцінки запасів техніко-економічні показники: внутрішня норма прибутковості та коефіцієнт рентабельності підприємства перевищують ставку рефінансування Національного банку України, а накопичений чистий дисконтований грошовий потік є позитивний».

Крім цього прив'язку до облікової ставки має показник коефіцієнту рентабельності, оскільки згідно з п. 3 [108] в групі балансових запасів за умовами видобутку і використання виділяються видобувні і дотаційні за критеріями рентабельності, а саме «для видобувних запасів - рентабельність виробничої діяльності гірничодобувного підприємства (промислу), що проектується, визначена ДКЗ, перевищує ставку рефінансування Національного банку за умови раціонального використання технічних засобів і технологій та дотримання вимог щодо охорони надр і навколишнього природного середовища». Логічною в такому випадку буде ситуація, коли частина запасів (ділянок надр) буде втрачати промислове значення через зміну обов'язкової ставки дисконту, особливо в періоди стрімкого зростання значень цього показника. Істотне зростання ставки НБУ спостерігається в останній рік, при цьому темпи росту перевищували усі минулі періоди (рис. 2.5).

Треба зауважити, що поряд із цим зміна коефіцієнта дисконту може не призводити до негативних наслідків для промислового значення запасів у періоди позитивної динаміки цін на мінеральну сировину, що врівноважує доходну частину при оцінках родовищ. Для ілюстрації такого прикладу наведемо динаміку цін на залізну руду (за даними [160]). В період 2008-2009рр. було зафіксовано зростання ставки дисконту на +2% для оцінок вітчизняних родовищ, але це істотно не вплинуло на значення вартості запасів, оскільки також зростала і ціна реалізації товарної продукції (рис.2.6).

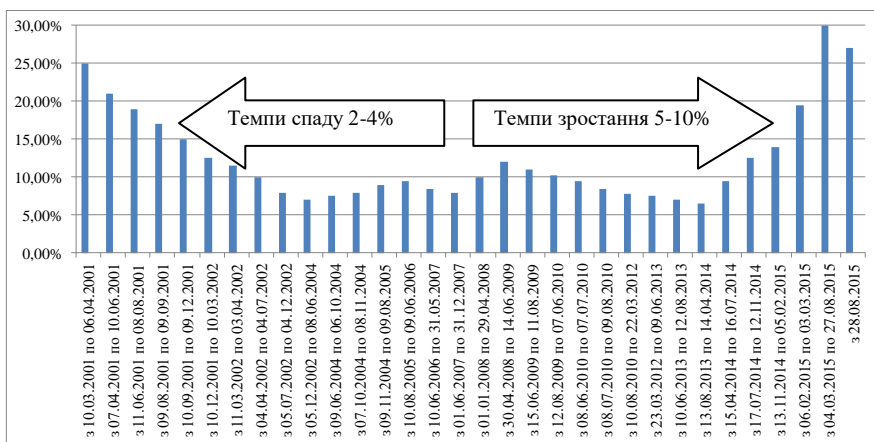


Рис. 2.5. Динаміка облікової ставки за період 2001-2015 рр. (побудовано за даними [92])

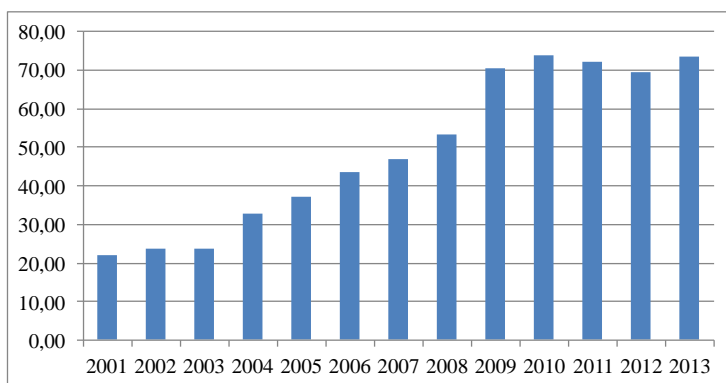


Рис. 2.6 Динаміка цін на залізну руду (побудовано за даними [160])

На відміну від названого періоду, в 2014-2015рр. відбулось погіршення економічних параметрів, які найбільше впливають на вартість запасів та їх промислове значення.

Для прикладу, розглянемо зміну вартісних показників при розробці одного з родовищ залістистих кварцитів, яке розробляється відкритим способом, у випадку зміни параметрів дисконтування (таб. 2.2). Для всіх варіантів розрахунку запаси, продуктивність по видобутку, капіталовкладення в промислове освоєння, собівартість видобутку і переробки залишаються сталими. Змінними є лише коефіцієнт дисконтування – 5%, 14, 30% та ціна реалізації мінеральної сировини.

Таблиця 2.2.

Співставлення показників вартості та рентабельності при зміні параметрів дисконтування

| Найменування показників | Варіанти розрахунку | | | |
|---|---------------------|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Термін експлуатації, років | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Собівартість видобутку і виробництва, грн/т | 750-780 | 750-780 | 750-780 | 750-780 |
| Капітальні вкладення в промислове освоєння | 9500 | 9500 | 9500 | 9500 |
| Ціна на мінеральну сировину, грн/т | 900 | 900 | 830 | 830 |
| Ставка дисконтування, % | 14 | 30 | 14 | 5 |
| NPV, млн грн | +6844 | -4916 | 4900 | +910 |
| Коефіцієнт рентабельності, % | 16 | 16 | 8,7 | 8,7 |

З аналізу таблиці можна зробити висновок, що промислове значення родовища зберігається у випадку збереження ціни на рівні 900 грн/т товарної продукції та ставки дисконту 14%, або у випадку зменшення ціни до 830 грн/т та зменшення ставки дисконту до 5%. У варіантах розрахунку 2 і 3 зафіксована втрата промислового значення через від'ємні показники вартості запасів NPV та значення коефіцієнту рентабельності, яке стає меншим ніж мінімально встановлений.

Певним вирішенням такої проблеми, що спричинена динамічністю економічних параметрів оцінки, є можливість проведення не лише стандартного варіанту оцінки, але й комерційного. Згідно з п.7.2 [104] «комерційний варіант розробляється як додатковий, якщо це передбачено технічним завданням користувача надр. Техніко-економічні розрахунки в цьому варіанті можуть урахувувати умови, які сприяють більш вичерпному порівняно із стандартними використанню корисних копалин, у тому числі такі, що можуть бути забезпечені тільки конкретним користувачем надр, у тому числі...використання наявних основних фондів для розробки родовища і зменшення за рахунок цього капітальних витрат; застосування більш високих споживчих цін для товарної продукції гірничого виробництва, у тому числі за рахунок кооперації з виробництвом продукції вищого технологічного рівня; уведення

новітніх високопродуктивних технологій видобутку і переробки корисних копалин, а також напрямів використання товарної продукції; застосування норми дисконту вищої або нижчої від облікової ставки НБУ».

В комерційному варіанті оцінки можна передбачити максимально точне моделювання економічних параметрів і відповідно визначити граничні межі, в яких запаси мають промислове значення, і які забезпечують необхідну ефективність відпрацювання. Також рекомендується враховувати міжнародний досвід обґрунтування параметрів дисконтування. Вибір ставки дисконтування для при проведенні вартісної оцінки родовищ корисних копалин залежить від багатьох факторів. Крім визначальних фінансово-економічних чинників (позиковий або депозитний відсоток по вкладах, на ліквідність, потужність підприємства, відсутність чи наявність інфраструктури), існують суто геологічні фактори: 1) складність геологічної будови об'єкту; 2) ступінь геологічної вивченості родовища; 3) вид і якість мінеральної сировини. Так, при проведенні вартісної оцінки запасів нафти за міжнародними правилами, рекомендується використання єдиної для нафтової галузі норми дисконту 10 %, хоча на практиці російських нафтових компаній прийнято враховувати більш реалістичну ставку – 15 %, а деякі великі компанії вважають для себе прийнятною ставку не менше 18-20 % [136, 146]. Для золоторудних родовищ рекомендується ставка в 8-10%.

В цілому норма дисконту повинна відображати можливу вартість капіталу, що відповідає можливому прибутку інвестора, яку він міг би отримати, вклавши кошти в інше місце, тобто відповідає мінімально припустимій для інвестора нормі прибутку. За іншими джерелами [66, 89] така норма за умови постійних цін дорівнює при розробці золота – до 25%, розробці будівельних матеріалів 10-12%, а при розробці родовищ кольорових металів – 15-18%. Як правило, розподіл ставок в залежності від видів мінеральної сировини пов'язаний з ситуацією на міжнародному, регіональному та локальному ринках цього продукту. Щодо залежності ставки дисконтування від геологічної вивченості території, то в розвинутих країнах прийняті наступні значення: 20% для опішуканих ділянок; 15% для ділянок, на яких проведено пошуково-оцінювальні роботи; 10% для розвіданих ділянок; 5-8 % для ділянок з діючими гірничо-видобувними підприємствами.

Згідно із практикою оцінки ділянок надр, які мають різний ступінь геологічного і техніко-економічного вивчення, дисконтування при

геолого-економічній оцінці родовищ є не лише інструментом приведення різночасових потоків до моменту оцінки, але й важливим інструментом врахування геологічних ризиків. Таким чином, визначення ставки дисконтування повинно базуватись не лише на економічних передумовах господарювання добувного підприємства, але й ступеня вивченості, складності геологічної будови ділянки надр, ліквідності мінеральної сировини. Ці факти свідчать про беззаперечну необхідність врахування фактору часу при проведенні оцінки родовищ корисних копалин, але розрізненість показників і їх розтягнутість у часі викликає складності щодо їх практичного застосування. Рішення подібних задач повинно виходити із максимально достовірної інформаційної бази та модельно-прогностичного інструментарію.

Глава 3.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВИДОБУТКУ ТА ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД У КРИВБАСІ

Експлуатація родовищ корисних копалин практично не можлива без негативного впливу на довкілля передусім тому, що відбувається вилучення природних ресурсів з біосфери і залучення їх у економічну систему. В тій чи іншій мірі зміни відбуваються в усіх його складових: геологічному і водному середовищах, атмосферному повітрі, тваринному і рослинному світі (рис. 3.1).

Питанням негативного впливу на довкілля видобутку и переробки корисних копалин в Україні стали приділяти значну увагу, в основному, у 90-х роках минулого століття. Вони розглядались декілька разів на РНБО України, у 1999 році урядом була прийнята концепція поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України [109]. Відповідно до неї стан довкілля у ККЗ на той час характеризувався так [65].

Криворізький залізорудний гірничодобувний регіон (басейн). Залізну руду видобувають на 10 кар'єрах глибиною до 300 м і 23 шахтах (включаючи й допоміжні) з максимальною глибиною до 1125 м, характеризується критичним станом довкілля. Загальна площа гірничого відведення сягає 700, а гірничих робіт – 360 км². Регіональна порушеність порідного масиву з розвитком техногенної тріщинуватості та підвищенням проникненості сприяє формуванню значних водопрпливів (до 45 – 50,0 млн м³/ рік), при цьому до 70 % їх обсягу надходить з техногенних водойм та місцевої річкової мережі.

Наявність слабопроникних покривних порід та розташування значної кількості шламосховищ загальною площею 71,0 км² з обсягом 1,4 км³ відходів обумовило розвиток підтоплення на площі до 500 км² зі суттєвим ускладненням стану промислових і житлових агломерацій, дамб хвостосховищ тощо. Крім того, активна інфільтрація техногенних і природних вод у гірничі виробки сприяє активному вилуговуванню розчинних солей, підвищенню загальної мінералізації до 20 г/ дм³ і більше за загального солевиносу в річкову мережу 180 тис. т/ рік (17 % загального надходження з шахтними водами).

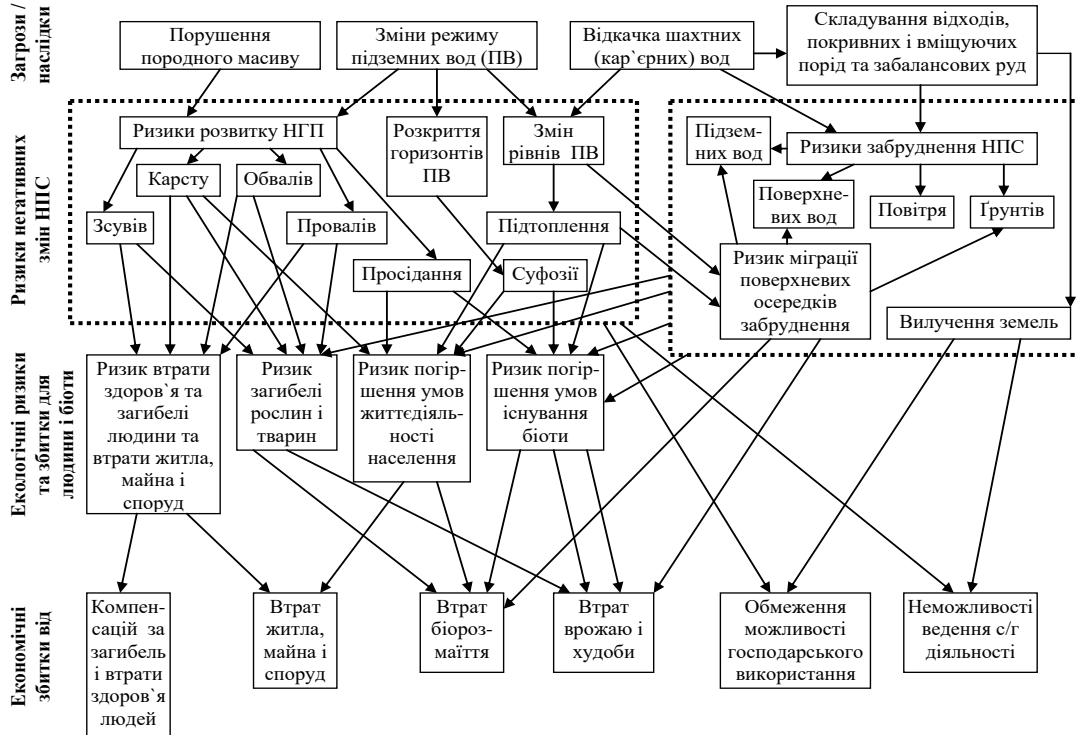


Рис. 3.1. Загальні наслідки гірничодобувної діяльності [33]

Основним чинником впливу часткового або повного затоплення шахт Кривбасу, де значна частина порід має високу геомеханічну стійкість, буде підсилення регіонального підтоплення з розвитком деформацій підвалин інженерних об'єктів та посиленням впливу небезпечних екзогенних геологічних процесів (карсту, суфозії, зсувів та ін.).

Кременчуцький залізрудний район. Залізні руди видобуває Полтавський гірничозбагачувальний комбінат (ГКЗ) на двох кар'єрах; одним з них розроблюють Єристовсько-Плавнинське, іншим – Лавриківське родовища. Перший з кар'єрів має довжину близько 4,0 км, площу – майже 4,0 км², об'єм – близько 0,5 км³, глибину – понад 150 м; другий кар'єр має довжину до 2,0 км, глибину – до 100 м. Комбінат утворив 11 відвалів пустої породи загальною площею 5,4 км² і об'ємом 1,8 км³. Відходи збагачування (близько 0,15 км³) накопичують у спільному шламосховищі площею 14,0 км³.

З кар'єрів відкачують 0,57 м³/с води (2050,0 м³/год. – 50000 м³/добу). Внаслідок інтенсивного відкачування значних водоприпливів гірський масив навколо кар'єрів осушено в радіусі понад 1,5 км (піщано-глиняні відклади кайнозою та вивітрені кристалічні породи докембрію); площа осушених гірських порід – близько 15 км², їх об'єм – близько 1,0 км³. Екзогенні процеси, пов'язані з видобутком залізної руди, в цьому районі проявляються у вигляді обрушення та зрушення гірської породи по периметру кар'єрів. З нагромадженням розкривних порід в численних відвалах пов'язане інтенсивне запилення атмосферного повітря та забруднення ґрунтів на великій площі.

У ГКЗ зафіксовано техногенне забруднення природних вод ураном та іншими радіонуклідами у м. Жовті Води навколо створених шламосховищ, заповнених продуктами переробки уранових руд на гідрометалургійному заводі. Більшість виявлених поверхневих радіоактивних об'єктів є техногенними, які стали наслідком неконтрольованого використання кам'яного матеріалу для будівництва, що містить уран, радій, торій тощо.

Найбільш складний екологічний стан довкілля має Криворізький залізрудний басейн – район, що охоплює в основному Криворізьку структуру і прилеглі території, інші райони видобутку залізних руд

ККЗ характеризуються менш значними масштабами техногенного впливу на довкілля та геологічне середовище, що спрощує заходи щодо їх реабілітації.

Системний підхід щодо розгляду екологічних проблем Кривбасу наведений у дослідженнях І.М. Малахова [33, 77, 78, 141, та ін.].

3.1. Вплив гірничодобувної промисловості на розломно-блокову тектоніку геологічного середовища та геоморфологічні компоненти Кривбасу

Вплив на розломно-блокову тектоніку. Провідне місце в формуванні структури земної кори загалом і геологічного середовища, як її верхньої частини, зокрема належать тектонічним процесам. Найпоширенішим їх відображенням є порушення первинних фізико-механічних властивостей порід, утворення на окремих ділянках земної кори зон розущільнення, підвищеної проникності, тріщинуватості тощо. Вони відіграють певну роль складових структури земної кори, суть якої полягає у відновленні природної рівноваги в земній корі, як самостійній системі відповідного рівня організації речовини. Таким чином, тектонічні процеси та явища є невід'ємною складовою еволюції земної кори і негативного впливу на природне середовище не несуть. Іншого змісту набувають природні тектонічні порушення, які зазнали впливу діяльності людини.

Гірничодобувні регіони загалом і Криворізький зокрема характеризуються високим ступенем ураженості геологічного середовища, що обумовлено видобутком корисних копалин і техногенним навантаженням на довкілля, спричиненим складуванням відходів гірничодобувної та переробної промисловості.

Криворізький залізорудний басейн приурочений до потужної зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. Тобто тут природні тектонічні процеси зумовили суттєві порушення монолітності масивів докембрійських гірських порід, утворивши густу мережу розломів, зон підвищеної тріщинуватості, подрібнення порід тощо. Завдяки розломній тектоніці докембрійський фундамент розбитий на низку рівновеликих блоків, відокремлених один від одного зонами відкритої тріщинуватості, що позбавляє їх жорсткого

зчеплення та знижує ступінь сейсмостійкості в регіоні. Своєрідним «покривалом», яке приховує тектонічну мозаїку фундаменту слугує малопотужний осадовий чохол кайнозойських порід, які залягають субгоризонтально. Серед них переважають суглинки (здебільшого лесоподібні), глини, піски та вапняки. Практично всі розломи перетинаються підземними і поверхневими гірничими виробками, а окремі виробки безпосередньо закладені в межах потужних розломних зон. Таке «сусідство» кар'єрів і шахт з розломами як природними тектонічними об'єктами негативно відображається на їх властивостях. Відомо, що розробка залізорудних родовищ з залученням вибухових і вібраційно-відбійних технологій призводить до поновлення природної тріщинуватості й формування техногенної.

Таким чином, сьогодні масиви гірських порід – це у високій ступені розуцільнені в фізико-механічному відношенні ділянки верхньої частини земної кори. При цьому слід зазначити, що техногенна тріщинуватість наявна також і в осадовому чохлі, що сприяє формуванню зон розуцільнення порід. Як наслідок, суттєво знижується ступінь сейсмостійкості території регіону, виникають техногенні зони підвищеної водопроникності і, враховуючи переміщення значних мас гірських порід внаслідок видобутку залізних руд відкритим та підземним способами, зростає ймовірність вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків, які через поновлення природної тріщинуватості і формування техногенної позбавлені жорсткого зчеплення. Потенційною причиною останнього явища може бути надмірне техногенне навантаження на блоки і зони тріщинуватості, зумовлене спорудженням відвалів, шламосховищ і ставків-накопичувачів. Сюди також слід віднести порожнини в масивах гірських порід, створені в результаті підземної розробки родовищ і поглиблення та розширення кар'єрів.

На поточний час територія Криворізького басейну являє собою потенційну зону, в межах якої досить чітко проявляється вплив гірничодобувної промисловості на розломно-блокову тектоніку геологічного середовища. Цей чинник виникнення надзвичайних ситуацій має техногенно-природний характер, пов'язаних з суттєвими змінами природного стану геологічного середовища. У зв'язку з цим районування території Криворізького басейну за

ступенем впливу розломно-блокової тектоніки на ураженість геологічного середовища є актуальною науковою проблемою.

Криворізька агломерація є техногенно-перевантаженим регіоном унаслідок функціонування потужних підприємств гірничодобувної промисловості. Кар'єри, шахти, відвали і шламосховища мають свій вплив на зміну розломно-блокової будови (рис.1 додатків).

Розробка родовищ відкритим способом приводить до виникнення землетрусів завдяки досить потужним вибухам. Це приводить до активації інженерно геологічних явищ і процесів в межах кар'єру та прилеглому геологічному середовищі. Підземна розробка приводить до виникнення деформаційних процесів пов'язаних головним чином з просідання масиву за рахунок стискання окремих блоків порід. Шламосховища, які головним чином будуються в низинних формах рельєфу, активують процеси руху блоків. Відвали, будуються на більш менш стабільних ділянках, утворюють додатковий тиск на окремі блоки що приводить просідання або вижимання окремих блоків.

Аналіз впливу розробки родовищ відкритим способом показав, що під час експлуатації кар'єрів значно погіршуються гірничо-геологічні умови видобуту корисних копалин. Причинами цього явища є поглиблення гірничих виробок, виснаження запасів корисних копалин і зниження їх якості, а також порушення екологічного стану геологічного середовища, що сприяє створенню передумов виникнення надзвичайних ситуацій (осуви, осипи, обвали тощо).

Раніше проведеними роботами, для всієї території Кривбасу, була визначена загальна картина тріщин, які утворилися при формуванні геологічних структур. Криворізька структура, приурочена до потужної зони Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому. Тут природні тектонічні процеси зумовили суттєві порушення в монолітності масивів докембрійських гірських порід, утворивши густу мережу розломів, зон підвищеної тріщинуватості, подрібнення порід тощо. Завдяки розломній тектоніці докембрійські породи, які є своєрідним "фундаментом" для інфраструктури міста розбиті на низку різновеликих (від 5-7 до 10-20 км²) блоків, відокремлених один від одного зонами відкритої тріщинуватості, що позбавляє їх жорсткого зчеплення та суттєво знижує ступінь сейсмостійкості в регіоні.

Докембрійські блоки перекриті малопотужним чохлам (від перших метрів до перших десятків метрів) осадових порід кайнозою серед яких переважають суглинки (здебільшого лесоподібні), глини, піски та вапняки.

Розробка залізорудних родовищ відкритим способом з залученням вибухових і вібро-відбійних технологій призводить до поновлення природної тріщинуватості й формування техногенної.

Дослідження впливу буровибухових робіт на геологічне середовище вивчалось у кар'єрах Криворізького басейну за допомогою інструментального геолого-структурного картування. Прогнозування тріщинуватості уступів базувалося на результатах геолого-структурного картування. На дослідних уступах кар'єрів уточнювались петрографічні та мінералогічні відміни порід і руд, зони розривних порушень, складчасті порушення, основні напрямки тріщин, визначалось загальне простягання порід та тріщин. Якщо схили були недоступні для безпосереднього огляду, то породи уточнювались шляхом вивчення уступів розташованих нижче та вище по відношенню до дослідного. За допомогою цифрового теодоліта встановлювалась опорна сітка. Точки опорної сітки являли собою основу для проведення теодолітної зйомки міток. Складалась схема прив'язки з масштабом зарисовки, номером, орієнтуванням, горизонтом гірничих робіт. На зарисовку виносились мітки зон розривних порушень, елементи складчастих порушень, геологічні границі, елементи залягання порід і тріщин тощо. Замірялись і відмічались кути занурення шарнірів складок, кути падіння порід і тріщин, кути падіння крил складок на схилі уступу. Наносились контакти виділених порід. Визначалось простягання верств, площин розривних порушень, осьових поверхонь складок.

Для виділення ділянок з підвищеним рівнем тріщинуватості порід і прогнозування тріщинуватості визначався коефіцієнт тріщинуватості порід. В залежності від величини коефіцієнту тріщинуватості були виділені наступні групи тріщинуватості порід: слабо тріщинуваті – 0,05-2; середньої тріщинуватості – 2-5; сильно тріщинуваті – 5-10; дуже сильно тріщинуватості – > 10. Це дало можливість виділити окремі ділянки з різним ступенем впливу кар'єрів на геологічне середовище.

В процесі геолого-структурного картування були виявлені основні фактори, які визначають зміну розломно-блокової тектоніки геологічного середовища кар'єру та прилеглих територій.

Серед головних факторів, які визначають блочність порід можна відокремити:

- склад порід і їх текстурно-структурні особливості;
- напрямок і кут падіння порід;
- наявність та орієнтир зон повздожньої тріщинуватості;
- наявність ділянок зі складками високих порядків.

При проведенні робіт було встановлено, що для різних ділянок пріоритетне значення мають різні фактори.

Так на контакті залізистих кварцитів зі сланцевими горизонтами де чергуються пачки кварц-біотитових, кварц-хлоритових сланців, магнетитових і малорудних кварцитів. Значні за потужністю сланцеві пачки мають досить велику тріщинуватість, потужні пачки кварцитів різного складу, є слабкотріщинуватими. Особливо спариятливі умови для стійкості порід відмічаються в тих ділянках, де напрямок і кут падіння порід в значній мірі співпадає з орієнтуванням і кутом відкосу уступів кар'єру. Таких місць в межах дослідної ділянки досить багато.

Блочність порід підвищують зони розвитку поперечних (субширотного простягання) тріщин, які мають широкий розвиток в межах Криворізької структури.

Вузькі витягнуті по простягання зони високотріщинуватих порід виникають в місцях різкої зміни їх кутів падіння в замкових частинах складок „волочиння” високих порядків. Такі „смуги” особливо характерні для центральної частини Криворізької структури.

Там де породи поступово змінюють своє падіння на західне. Серед сланців часто зустрічаються біотитові і хлоритові верстви. Після вибуху вони мають високу блочність, так як мають ослаблені зони, які підсилюються складками високих порядків.

Сумарний вплив геолого-структурних чинників, визначило відповідну блочність докембрійських порід Криворізької структури.

З наведеного вище випливає, що при розробці залізородних родовищ, використання буро-вибухових технологій призводить до відновлення природною тріщинуватості, а також формування нової, техногенної тріщинуватості, що суттєво змінює природні фізико-

механічні властивості гірських порід і цілих масивів. Таким чином, з упевненістю можна говорити, що гірничодобувна діяльність людини сьогодні призводить до формування нової *техногенної тектоніки*, яка в подальшому буде визначати характер будови земної поверхні і яка є одним з основних потенційних чинників виникнення надзвичайних ситуацій через зниження ступеня сейсмостійкості територій, утворення техногенних високопроникних для атмосферних і підземних вод зон, виникнення вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід, створення передумов для осувоутворення.

Враховуючи зазначене, можна стверджувати, що з позиції зміни тектонічних властивостей геологічного середовища найбільш сприятливими для проявлення надзвичайних ситуацій є територія Саксаганського простягання в межах якої зосереджені всі шахти, зона Криворізько-Кременчуцького розлому, як зона розрядки напружень гірських масивів, зони розломів вищих порядків, що контролюють долини малих річок і балок у яких споруджено шламосховища і ставки-накопичувачі.

Вплив на геоморфологічні компоненти Кривбасу. Останніми роками відбувся корінний перегляд традиційних уявлень про роль геодинамічного чинника при оцінці еколого-промислової небезпеки об'єктів надрокористування. Виявилось, що навіть у платформно - рівнинних (не сейсмоактивних) регіонах мають місце небезпечні розломи, в яких розвиваються деформації, що здатні призводити до аварійних ситуацій із значними екологічними і соціально-економічними наслідками. Причиною цього явища є антропогенне порушення властивостей геологічного середовища і, в першу чергу, його сейсмостійкості внаслідок розробки родовищ корисних копалин [12]. Яскравим прикладом може слугувати територія Криворізького залізорудного басейну, де тривалий час (більше 125 років) проводяться гірничодобувні роботи підземним і відкритим способами, що призвело до суттєвих фізико-механічних змін в кристалічних породах, розкриття природних тектонічних зон, формування техногенної тріщинуватості в докембрійських комплексах і проявлення сучасних вертикальних рухів земної кори. Все це вимагає невідкладного проведення експертної оцінки

екологічної й промислової безпеки об'єктів Кривбасу з урахуванням геодинамічних чинників.

Протягом тривалого проведення в регіоні карто-морфометричних досліджень [29] встановлено диференційований характер сучасних тектонічних рухів на прикладі вивчення зміни рельєфу Інгулецького і Саксаганського блоків, розділених зоною Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, в межах якої локалізуються основні поклади залізних руд, що підлягають експлуатації. Геоморфологічним вираженням диференційованих вертикальних рухів зазначених блоків є конфігурація сучасного вододілу між лівою притокою р. Інгульця і правими допливами середньої течії Дніпра. Перехід від Інгулецького блоку до Саксаганського супроводжується різким переломом лінії згаданого вододілу, зміною його орієнтування з субширотного на субмеридіальне. На площі Саксаганського блоку простягання вододілу знов субширотне. Амплітуда зсуву вододілу на південь складає до 35 км.

Згідно з результатами сучасних геолого-геодезичних досліджень на картах, які наведено в роботах [1, 29], район Криворізького залізорудного басейну характеризується підвищеною сучасною тектонічною активністю. На карті швидкостей сучасних вертикальних рухів земної кори (СВРЗК) Східної Європи, яка опублікована в 1958 р., досліджуваний регіон характеризується швидкостями підняття, що перевищують +10 мм/рік. Карта неодноразово уточнювалася [1, 20] за матеріалами нових повторних нівелювань і зрівноваження старих даних з урахуванням одержаних додатково. У міру уточнення карти за новими матеріалами і при складанні карти СВРЗК Східної Європи [29, 110] абсолютні значення швидкостей змінювалися. На карті Східної Європи максимальні значення швидкості підняття зменшилися до +8,6 мм/рік. Розбіжності в швидкостях рухів на картах одних і тих же пунктів дослідники [1, 20, 21, 29 та ін.] пов'язують з двома чинниками: 1) похибками вимірювань і прорахунками в обчисленнях, що виникають за наявності розривів у лініях повторних нівелювань; 2) зміною швидкості рухів земної кори в часі.

Геолого-геодезичні дослідження показали що:

- У платформно-рівнинних (не сейсмоактивних) регіонах мають місце небезпечні розломи, в яких розвиваються деформації, що

здатні призводити до аварійних ситуацій із значними екологічними і соціально-економічними наслідками. Причиною цього явища є антропогенне порушення властивостей геологічного середовища і, в першу чергу, його сейсмостійкості внаслідок розробки родовищ корисних копалин. Яскравим прикладом може слугувати територія Криворізького залізорудного басейну, де тривалий час (більше 125 років) проводяться гірничодобувні роботи підземним і відкритим способами, що призвело до суттєвих фізико-механічних змін в кристалічних породах, розкриття природних тектонічних зон, формування техногенної тріщинуватості в докембрійських комплексах і проявлення сучасних вертикальних рухів земної кори. Все це вимагає невідкладного проведення експертної оцінки екологічної й промислової безпеки об'єктів Кривбасу з урахуванням геодинамічних чинників.

- Розробка залізорудних родовищ з залученням вибухових і вібро-відбійних технологій призводить до поновлення природної тріщинуватості й формування техногенної. Таким чином, сьогодні масиви гірських порід регіону, на яких споруджені промислові та житлові комплекси – це у високій ступені розущільнені в фізико-механічному відношенні ділянки верхньої частини земної кори.
- Внаслідок розломної тектоніки докембрійські породи, які є своєрідним "фундаментом" для регіону розбиті на низку різновеликих (від 5-7 до 10-20 км²) блоків, відокремлених один від одного зонами відкритої тріщинуватості, що позбавляє їх жорсткого зчеплення та суттєво знижує ступінь сейсмостійкості в регіоні. Виникають потенційні передумови вертикальних і горизонтальних переміщень.
- Згідно з результатами сучасних геолого-геодезичних досліджень район Криворізького залізорудного басейну характеризується підвищеною сучасною тектонічною активністю.
- Зона Криворізько-Кременчуцького розлому, яка розділяє мегаблоки, достатньо чітко відокремлюється градієнтом горизонтальної розчленованості та швидкостей вертикальних рухів земної поверхні. Характер розподілу швидкостей рухів земної поверхні в межах Криворізької структури свідчить про підвищену мобільність ділянок в зонах розривів, де відбуваються накопичення і розрядка

напруженого стану масиву, яка призводить до горизонтальних переміщень і підняття або опускання блоків.

- Вивчення неотектонічних рухів має велике значення при експлуатації існуючих і проектуванні нових гідроспоруд (дамб, гребель, шламосховищ, ставків-накопичувачів), великих промислових об'єктів (атомних і гідроелектростанцій, заводів, збагачувальних фабрик тощо), житлових масивів, автодоріг, залізниць, трубопроводів тощо, так як зони тектонічних порушень, які розділяють блоки гірських порід, з позиції екологічної геології, належать до потенційних зон екологічного ризику та зон виникнення надзвичайних ситуацій.

Зазначене вище знайшло своє відображення в сучасному рельєфі Криворіжжя, де переважають техногенні форми, походження яких пов'язано як зі зміною фізико-механічних властивостей масивів гірських порід і формуванням зон підвищеної тріщинуватості так і з активізацією вертикальних коливних рухів земної кори. До таких форм рельєфу, які несуть безпосередню загрозу виникнення надзвичайних ситуацій належать, перш за все, зони обрушення земної поверхні з формуванням провальних воронок, тріщин відриву в масивах гірських порід і, як наслідок, утворення зсувів.

При підземній розробці рудного покладу утворюється вироблений простір, який змінює напружений стан масиву вміщуючих порід. При досягненні виробленим простором критичних розмірів порушується стійкість вміщуючих порід, і вони приходять в рух утворюючи нові тектонічні порушення. Процес зсуву гірничих порід і земної поверхні приводить до появи руйнівних деформацій в гірничих виробках, будівлях і спорудах, а також до проникнення води в гірничі виробки з водних об'єктів, що підробляються.

Як видно з рисунку 3.2, під час проведення буро-вибухових робіт утворюються розривні порушення які мають субмеридіональне простягання і азимут падіння 90° . Таке розташування розривних порушень та порожнин приводить до переміщення окремих блоків породи по вертикалі, причому у першу чергу переміщуються блоки в нижній частині яких спостерігаються досить великі об'єми порожнин. Завдяки цьому на поверхні утворюються провалля, які характеризуються ізометричною формою та досить великими амплітудами переміщення до 100м, ширина тріщин, які утворюються

в наслідок переміщення складає від 1 до 2 м. Така ширина тріщин зберігається до нижніх горизонтів шахт, свідотством цього є наявність червоно-бурих глин на горизонтах -1200 – -1500м. Потрапляння глин на таку глибину можливе тільки при наявності потужних зон тріщинуватості.

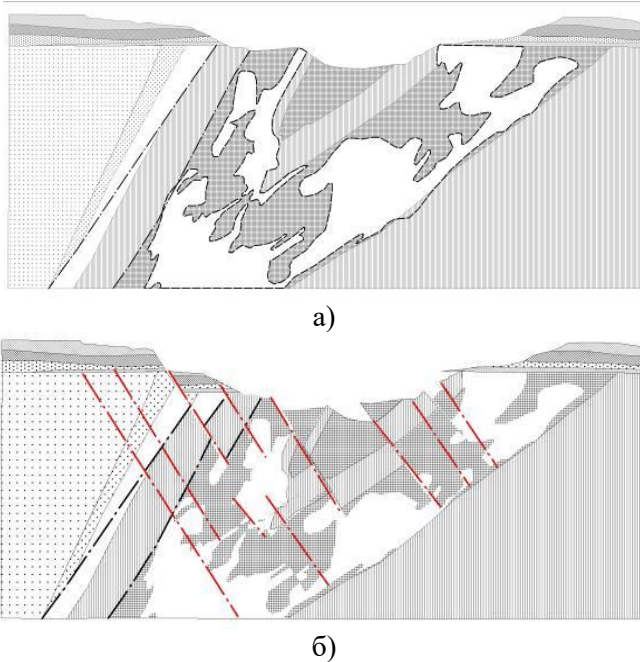


Рис. 3.2. Загальна геологічна модель формування провального рельєфу на території гірничого відводу шахти ім. С. М. Кірова.

а) – схематичний геологічний розріз гірничого відводу шахти ім. С.М. Кірова; б) – схематичний геологічний розріз гірничого відводу шахти ім.. С. М. Кірова з тектонічними порушеннями

На основі аналізу геологічної документації проведено вивчення тектонічних умов формування провальних процесів створено картографо-аналітичної модель. В результаті обстеження провалів встановлено їх приуроченість до зон тектонічної активності. В межах гірничих відводів шахт спостерігається дві основні системи тріщин. Перша найбільш активна представлена зоною насувів

субмеридіанального простягання. Друга зона простягається з північного-заходу на південний схід та ускладнена дрібними розломами. Тектонічну ситуацію в межах Криворізького району ускладнює наявність в розрізі різних за фізико-механічними властивостями порід (сланці, залізисті кварцити, тальки).

Підземна розробка горизонтів залізистих руд у межах гірничих відводів шахт здійснюється на глибинах до 1200-1500 м. У результаті утворення підземних порожнин значних сумарних об'ємів відбувається активізація процесів зсуення гірських порід над відпрацьованим простором й утворення зон провальних форм техногенного рельєфу (рис. 3.3 та у додатках рис. 2 і 3). На ділянці підвищеного ризику неконтрольоване самопровалення виникає за рахунок проведення буро-вибухових робіт.

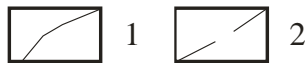


Рис.3.3. Поширення провалів в межах гірничого відводу шахти ім. С. М. Кірова.

1 – зони утворення провалів; 2 – діючий кар'єр.

За даними Криворізької ГРЕ, загальна площа зон зрушення гірських порід над відпрацьованим простором становить понад 42% від загальної площі гірничого відводу діючих шахт.

Провальні зони тяжіють до ділянок розвитку тектонічних зон. Породи, якими складені ці зони, за своїми структурно-текстурними особливостями, механічними параметрами і гідрогеологічними властивостями, також впливають на активізацію провальних і зсувних процесів. Підвищенню ступеня активізації цих явищ сприяє інженерно-геологічна діяльність людини. На території гірничого відводу постійно проводяться вибухові роботи, як на поверхні так і під землею, що приводить до підвищення сейсмічної активності, розкриття древніх тектонічних зон, формування нових і, ймовірно, виникнення технотектонічних рухів. На півдні відводу частина провалів засипана відходами, що збільшує тиск на гірські породи та активізує процес їх руйнування.

Форма прояву, характер розвитку і параметри процесу зсуву гірничих порід і земної поверхні залежать від наступних чинників:

- форми і розмірів виробленого простору;
- розвитку розривних порушень;
- глибини залягання верхнього контуру виробленого простору;
- кута падіння покладу і вміщуючих порід;
- структурних особливостей масиву;
- обводнення гірничих порід.

Залежно від поєднання чинників, які впливають на процес зсуву гірничих порід, може локалізуватися в масиві або досягти земної поверхні і виявитися у формі *воронки, провалу, терас, тріщин, плавних зсувів і їх різних поєднань*. Частина масиву, що піддається зсуву, під впливом підземної розробки покладу, і де деформації перевищують критичні значення, називається *областю зсуву гірничих порід*.

Ділянка земної поверхні, що піддається зсуву, під впливом підземної розробки покладу і де деформації перевищують критичні значення, називається *зоною зсуву земної поверхні*. За областю зсуву гірничих порід і зоною зсуву земної поверхні можуть мати місце плавні зсуви (мікрозсуви з осіданням до 100мм), але деформації не можуть досягати критичних значень.

Критичними називаються гранично допустимі, безпечні деформації гірничих порід і земної поверхні, встановлені для найвідповідальніших споруд:

- розтягування 2 мм/м;
- нахил 4 мм/м;
- кривизна 0,2 мм/м.

Ці ж значення деформації прийняті для визначення кутів зсуву і положення ліній зсуву в масиві за наслідками інструментальних спостережень.

Інструментальні спостереження за розвитком процесу зрушення гірських порід земної поверхні в гірських відводах шахт виконуються по існуючій спостережливій станції, що складається з профільних ліній, закладених у всячому боці покладів. В лежачому боці покладів профільні лінії відсутні, тому що границя зони зрушення збігається із границею зони обвалення, що чітко простежується на земній поверхні.

Спостережлива станція складається із ґрунтових реперів, які являють собою металеві стрижні діаметром 25 - 30 мм і довжиною 1500 – 1800 мм. Репери повністю розташовані в землі на відстані друг від друга 10 – 55 м.

Інструментальні спостереження (нівелювання реперів і вимір довжин між ними), їхня обробка й аналіз розвитку процесу зрушення. Натурні інструментальні спостереження виконуються за допомогою електронного тахеометра ELTA R55. Аналіз результатів інструментальних спостережень показав, що положення границь зони зрушення в лежачому боці покладу не змінився в порівнянні з минулим роком.

У всячому боці покладу по профільних лініях границя зони зрушення проходить в інтервалі $v=0,0 - 1,2$ мм/мес.

Продовження проведення видобувних робіт сприяє подальшому розвитку процесу утворення розривних порушень, зрушення земної поверхні, що потребує постійного моніторингу поверхні землі. Такі спостереження повинні проводитися щорічно.

По результати спостережень за процесом зрушення гірських порід і земної поверхні на шахтах можна виділити три зони: зона мульди, зона зрушення та провальні зони.

Зона мульди – це незначні зміни рельєфу з розривом суцільності до 1 – 3 м (рис. 4 додатків). Ця площа знаходиться на *стадії підготовки деформації*, під час якої утворення провалів не відбувається, але ряд чинників (або один чинник) приводять територію в нестійкий стан. Головним чинником є утворення нових тектонічних порушень в кристалічних породах, які мають простягання з півдня на північ. Для цієї зони характерно утворення в осадовому чохлі *плавних зсувів*, які контролюють розривні порушення кристалічних порід і мають однакове простягання.

При порушенні зчеплення порід в одному місті утворюються центр деформації і виникають фактори її самостійного розвитку. Поступово виникають *тераси у поєднанні з плавними зсувами*, які мають детрузивний (шттовхаючий) вид зрушення. Такі прояви характерні для зони зрушення. Причиною активації процесу є порушення стійкості окремих блоків у кристалічному фундаменті.. Швидкість розвитку деформації збільшується з збільшенням інтенсивності впливу гірничо-видобувних робіт на геологічне середовище. Таким чином тераси переходять у провали (рис. 5 додатків).

Провалні зони характеризуються деплясивними (сковзаючими) зрушеннями з утворенням *воронки, провалів у поєднанні з терасами, тріщинами, плавними зсувами*. Причиною є порушення стійкості в нижній частині схилу. Сила, що викликає зрушення штучна й природна. Штучна - це поштовхи, струси при веденні вибухових робіт на глибині. Природна, котра допомагає формувати контури зони зрушення - це зона розвитку тектонічних порушень. По цих ослаблених зонах і відбувається сковзання порід у лійках обвалення. Таким чином, формується будова схилів і всієї зони обвалення порід.

Цей процес проходить досить швидко та на досить великій глибини. Воронки, які формуються, сягають у діаметрі 300 - 500 м. та глибиною від десятків метрів до кількох сотень метрів. Маси породи зміщуючись утворюють землетруси до 4 - 5 балів.

Воронки мають ізометричну або клиноподібну форму. Ізометричні характеризуються майже вертикальними стінками, достатньо великою глибиною та відсутністю терас і плавних зсувів Основним чинником утворення провалів такої форми, є порожнини, які утворилися внаслідок розробки родовищ.

Клиноподібні воронки утворюються за рахунок розривних порушень, які мають простягання північно-західне з азимутом $16 - 28^{\circ}$ і південно-західне з азимутом $112 - 120^{\circ}$, що співпадає з поперечно-діагональними розломами.

Центральна частина зони провалів поверхні ш. „Гвардійська” характеризується воронками ізометричної форми. Її південно-східна частина має рівний контур котрий проходить паралельно простяганням порід. Північно-західна частина представлена чотирма воронками клиноподібної форми. У північному напрямку мають інтенсивний розвиток воронки клиноподібної форми, що характеризує розвиток утворення розривних порушень у кристалічних породах.

Утворення провалів поділяється на закономірне та випадкове. Закономірні провали – це провали, на появлення і активізацію яких йдуть заплановано, так як їхня поява і розвиток є невід’ємною частиною гірничо-видобувного процесу. Випадкові провали утворюються внаслідок виникнення непередбачених факторів, які активують процес зрушення. На території гірничого відводу ш. „Гвардійська” знаходяться головним чином закономірні зрушення. Однак аналізуючи поверхню землі гірничого відводу, а особливо зону утворення провалів (границя ВОВ), можна сказати, що клиноподібні провали мають випадковий характер.

Вивчення тектонічних умов формування провальних зон дозволили створити картографо-аналітичну модель формування сучасних тектонічних рухів (рис 3.4).

Як видно з моделі інтенсивний розвиток розривних порушень у північному напрямку, приводить до утворення і інтенсивного розвитку провалів клиновидного типу. Процес зміщує у цьому напрямку границю зони зрушення та активує процес утворення терас і плавних зсувів. Враховуючи випадковий характер утворення провалів і напрямок під загрозою руйнації знаходиться селище «Роза».

Процес розвитку у цьому напрямку маркшейдерськими службами підприємства не проводиться. Реперні профілі, як показано на схемі, встановлені у центральній та південній частині гірничого відводу. Контроль вертикальних рухів проводиться паралельно розривним порушенням, а не на окремих блоках.



Рис. 3.4. Катрографо-аналітична модель формування сучасних тектонічних рухів у районі шахти «Гвардійська».

Виходячи з вищеприведеного, можна зробити висновок про те, що детальне вивчення зон розвитку тектонічних порушень допоможе надалі більш точно прогнозувати площі зсуву й контури зрушення порід у зоні обвалення, встановлювати маркшейдерські знаки в потрібних місцях та контролювати закономірні та випадкові утворення провальних зон.

Припускаємо, що за аналогічною схемою відбулося протягом 2010 р. формування провалів у районі шахти ім. Орджонікідзе, а також центрального ринку м. Кривого Рога.

В районі шахти ім. Орджонікідзе, разом з утворенням провальної воронки площею до 18 га і глибиною понад 80 м поза межами провалля, сформувались тріщини відриву в породах осадового чохла, що вже є потенційною загрозою виникнення осувів. Суттєвих змін зазнали і схили балок в районі обрушення, на яких активно почали розвиватись терасоподібні форми, що також є передумовою розвитку осувних явищ.

Наведені свідчать про суттєвий вплив зміни фізико-механічних і тектонічних властивостей геологічного середовища на формування техногенних елементів рельєфу земної поверхні, а також про потенційну небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених техногенними змінами геоморфологічних компонентів геологічного середовища.

Регіональна система маркшейдерсько-геодезичного моніторингу. Розвиток такої системи у Кривбасі є необхідною умовою попередження надзвичайних екологічних ситуацій, пов'язаних з активізацією техногенної неотектоніки. Повинні бути створені пункти опорної маркшейдерсько-геодезичної мережі, які б слугували основою для спостережень за розвитком вертикальних і горизонтальних переміщень окремих блоків гірських порід. Проте пункти, які були створені ще на початку освоєння гірничодобувних регіонів сьогодні фізично і морально застаріли. Більшість з них потрапили і зони впливу гірничих робіт і, як наслідок, змінили своє положення, а частина їх взагалі ліквідована. Разом з тим слід зазначити, що традиційні маркшейдерсько-геодезичні методи в основі яких лежать теодолітні та нівелірні спостереження сьогодні не забезпечують необхідної точності, а головне оперативності, при проведенні спостережень які б дозволили передбачити розвиток осувів або провалів. Такі явища проявляються раптово, але динаміка їх формування поступова, в даному випадку важливим моментом при їх попередженні є момент фіксації початкової стадії зміщення мас гірських порід, величини яких складають мікрони. В зв'язку з цим виникає нагальна необхідність у пошуках принципово нових методів і засобів маркшейдерсько-геодезичного контролю за станом земної

поверхні та штучних споруд з метою попередження та запобігання виникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних зі зміщенням масивів гірських порід.

У Криворізькому технічному університеті розроблено та запатентовано прилад для спостереження за зміщенням масивів гірських порід на основі волоконно-оптичних вимірювальних систем, який дозволяє проводити заміри в тримірному просторі.

Упускаючи всі технічні можливості даного приладу слід відмітити, що його застосування дає можливість фіксувати зміщення масивів гірських порід з точністю до 1 мкм у тримірному просторі, а також завдяки використанню кварцових світлопровідних волокон усунути залежність показників від температурних коливань, магнітних та електричних полів.

Обладнання такими приладами пунктів моніторингової маркшейдерсько-геодезичної мережі дозволить оперативно отримувати інформацію ще на початкових стадіях зміщення масивів гірських порід. Це дасть можливість передбачити формування осувів, провалів, просідання окремих ділянок території, деформацію покриття автомобільних доріг, трамвайних і залізничних колій тощо. Відповідно, це дозволить прогнозувати виникнення надзвичайних ситуацій як природного характеру до яких відносяться осуви, провали, осипи, обвали, селеві потоки спричинені проривами гребель тощо, так і техногенних, обумовлених руйнуванням будівель, шляхопроводів, нафто- та газопроводів під впливом переміщення масивів гірських порід систем тощо і запобігати їх розвитку.

Запобігти останньому можна лише шляхом створення моніторингової мережі спостереження за змінами природних геологічних процесів і явищ в регіонах і терміновій розробці заходів направлених на ліквідацію факторів, які сприяють розвитку надзвичайних ситуацій пов'язаних з видобутком та переробкою корисних копалин (зсуви, обвали, карст, забруднення поверхневих і підземних вод, вітрова і водна ерозія на відвалах, просідання ґрунту, засолення ґрунтів тощо).

Наведений вище перелік є узагальненням тих питань, які необхідно вирішити в кожному з зазначених напрямків для того щоб можна було науково обґрунтувати модель розвитку гірничодобувних регіонів з врахуванням економічних, екологічних і соціальних

проблем. Проте, навіть з такої узагальненої програми чітко випливає, що майбутнє гірничо видобувних регіонів в комплексному використанні їх надр і комплексному їх використанні. Вирішення окремих проблем відповідними відомствами, як показує практика, не зможе забезпечити ефективності роботи гірничодобувних комплексів в цілому згідно з екологічними та економічними вимогами часу для цього необхідна узагальнююча модель, яка б враховувала усі проблеми з позиції покращення життєзабезпечення населення регіону.

Для розробки і апробації такої моделі необхідне створення в Криворізькому залізорудному басейні інформаційно-аналітичного центру основна задача якого полягає в моніторингу геологічних, екологічних змін природного середовища, а також економічного стану з метою розробки рекомендацій направлених на прогресивний сталий розвиток регіону.

Інформаційно-аналітичне забезпечення мінімізації впливу гірничодобувної промисловості на геологічне середовище. Необхідною умовою успішного розвитку суспільства за умови потенційної загрози екологічної кризи є отримання об'єктивної і всебічної інформації про просторові дані природного середовища та їх зміни в часі. Найбільш результативним у цьому відношенні, на нашу думку, є створення єдиного інформаційного простору, що дозволяє оперувати як з просторовими даними, так і різними інформаційними базами, які створюються на певний момент, та тими, що зберігаються в різних державних і комерційних структурах. У багатьох роботах науково обґрунтовані напрямки організації та планування діяльності Інформаційно-аналітичного центру геологічного, екологічного та маркшейдерсько-геодезичного моніторингу Криворізького басейну, який не тільки дозволить забезпечити безпеку гірничих робіт і прогнозувати ступінь впливу їх на навколишнє середовище але й забезпечить високий рівень управління регіональними службами.

Метою створення web-порталу «Інформаційно-аналітичний центр геолого-екологічного і маркшейдерсько-геодезичного моніторингу «Кривбас» є комплексний аналіз природно-техногенного стану геологічного середовища Криворізького залізорудного басейну. Для досягнення цієї мети потрібна система накопичення, відображення та

комплексного аналізу геологічної, гірничодобувної, маркшейдерсько-геодезичної та екологічної інформації, отриманої шляхом обробки первинних даних спостережень з промислових об'єктів шляхом застосування новітніх геоінформаційних технологій єдиним структурним підрозділом, яким може являтися Інформаційно-аналітичний центр. Дана система надасть можливість поліпшити інформаційне забезпечення органів державної влади, місцевого самоврядування, інших організацій та відомств, громадськості та підвищить рівень підготовки управлінських рішень в галузі охорони довкілля внаслідок надання наявної та оперативної інформації до Інформаційно-аналітичного центру маркшейдерсько-геодезичного моніторингу Кривбасу. Наукова складова проекту спрямована на забезпечення систематичного інформаційного обміну з об'єктами державного і регіонального рівнів та отримання інтегральної оцінки стану навколишнього природного середовища системами регіонального рівня за допомогою даних спостережень і узагальненої аналітичної інформації про стан земної поверхні, геологічного середовища та вплив на них природно-техногенних чинників.

Функціонування Інформаційно-аналітичного центру забезпечується за допомогою роботи його наступних основних функціональних підсистем:

1. Підсистеми збору та накопичення інформації.
2. Бази даних показників стану геологічного і техногенного середовища:
 - стан промислових об'єктів гірничо-металургійного комплексу (ГМК);
 - стан об'єктів спеціального призначення;
 - стан природних комплексів, включаючи при поверхневі підвладні діяльності людини породні комплекси літосфери, ландшафти, поверхневі і підземні води, рослинний та тваринний світ тощо;
 - узагальнена інформація (аналітичні висновки, оцінки, прогнози).
3. Підсистеми взаємодії з регіональними системами маркшейдерсько-геодезичного моніторингу.
4. Підсистеми автоматизованої аналітичної обробки даних.
5. Підсистеми адміністрування.

Сукупність підсистем інформаційно-аналітичного центру, а саме, його документації та програмної частини - представлені у вигляді Web-сайту.

Сайт (надалі WEB-портал) надає користувачам можливість ознайомитись із діяльністю центру, переглядати результати його роботи та користуватись додатковими сервісами інформативного характеру.

Результати виконання такого проекту мають бути використані для вирішення першочергових екологічних проблем на державному та регіональному рівнях, налагодження інформаційної взаємодії між об'єктами системи маркшейдерського і геодезичного моніторингу довкілля та забезпечення інформаційних потреб користувачів. Слід підкреслити основні переваги представленої геоінформаційної системи.

Система відповідає запиту часу – відстеження напруженої геодинамічної обстановки гірничодобувного регіону із складними геологічними умовами, прогнозування розвитку, перш за все, негативних процесів і зможе надавати рекомендації щодо ліквідації або зниженню найбільш небезпечних з них. Вона може бути розрахованою на широке коло користувачів, не вимагатиме дорогої комп'ютерної техніки.

Технічні можливості геоінформаційної системи (ГІС) дозволять одночасно звертатися до різних інформаційних фундацій, зіставляти необхідні інформаційні шари і, таким чином, проводити необхідний геодинамічний та екологічний аналіз. Кожен користувач зможе створювати свою групу шарів інформації зі своїми стилями відображення. В подальшому ГІС може бути базовою основою для створенні опорної екологічної ГІС м. Кривого Рогу. Сумісне використання даного інформаційного ресурсу дозволить здійснювати рішення сучасних проблем на якісно новому рівні.

3.2. Літологія і технологічні властивості алювію річок Криворізького басейну і прилеглих територій

Останніми десятиріччями стрімко зростає антропогенне навантаження на водні артерії України, головним чином за рахунок діяльності гірничо-видобувних, металургійних, хімічних та інших

підприємств, а також агросектору. Це вносить зміни у ландшафт регіонів, приводить до утворення нових форм рельєфу – кар'єрів, відвалів, хвостосховищ, ставків-відстійників та інших. Відбувається докорінна трансформація водозбірної території в прилеглих районах Кривбасу, і, відповідно, донних осадків річок. Урбанізовані та трансформовані території додають до річкового алювію нових компонентів, відсутніх у природним системам. Тому питанням впливу техногенезу на стан сучасного геологічного середовища приділяється все більше уваги.

В руслових відкладах річок Дніпро, Південний Буг, Інгул, Інгулець та інших виявлені численні рудопрояви і точки мінералізації альмандину, ільменіту, циркону, оксидів заліза та інших важких мінералів. Перелік ділянок підвищеної мінералізації останнім часом доповнився за рахунок надходження до річок важких штучних сполук з хвостосховищ, шламосховищ та інших споруд індустріального походження. Виникла необхідність оцінки технологічних властивостей сучасних природних і техногенно - природних осадків.

В основу роботи покладено результати дослідження проб донних осадків, відібраних під час польових експедицій з 2011 по 2015 роки. Для вивчення можливостей комплексного використання донних осадків як перспективної сировини для збагачення та отримання з них мінеральних концентратів, використовували комплекс методів сепарації осадків у гравітаційному і магнітному полях. Теоретичне осмислення отриманих результатів дозволило визначити особливості літології сучасних донних осадків водойм, які знаходяться під техногенним впливом та запропонувати рішення по відновленню природного стану річок.

Загальна характеристика району. Центральні та південно-східні степові регіони України розташовані у зоні недостатньої водності і займають значну площу України. Сюди входять річки, що належать до басейну нижньої течії Дніпра та Південного Бугу. Кожна велика річка має розгалужену мережу приток, малих річок, балок, які відіграють помітну роль у формуванні річкових відкладів. На водозбірній площі річкової мережі поширені різноманітні породи Українського кристалічного щита та осадового чохла неоген-палеогенового віку. Кора вивітрювання осадкових, метаморфічних,

ультраметаморфічних та магматичних порід, а також численні рудопрояви і родовища корисних копалин живлять алювій річок і в значній мірі формують його мінеральний склад.

Характер алювію змінюється від витoku до гирла річок. У верхів'ї водотоків (північні ділянки дослідженого району) поширені валуни, глиби, гальково-гравійні літокласти. Далі на південь, в напрямку гирла, розріз річкових осадків збільшує свою потужність, алювій змінюється на переважно піщаний, а в гирлових і дельтових ділянках – алеврито-глинистий.

Наявність на водозбірній території річок району дослідження потужних підприємств і нагромаджень промислових відходів обумовлює особливі умови формування сучасного річкового алювію. В науковій літературі останніх років відзначається зростаючий вплив техногенезу на склад річкових осадків [9, 74, 80]. Тому при визначенні місць відбору проб особливу увагу приділяли місцям річкових долин зі значним техногенним навантаженням: відвалами розкритих порід, зосередженим в межах природних балок ланцюгам хвостосховищ та шламосховищ, відвідним каналам металургійних підприємств, тощо. В межах Криворізького залізрудного басейну зберігаються 2,3-2,6 млрд. т дрібнодисперсних шламів. Швидкість їх накопичення – 50-70 млн. т/рік. У відвалах накопичено більш як 5 млрд. т гірської маси, складеної осадовими породами, матеріалом скельного й пухкого розкриття, некондиційними різновидами залізних руд, сланцями, кварцитами, амфіболітами, мігматитами, тощо.

Діяльність промислових підприємств суттєво змінила геоморфологію долини р. Інгулець будову і склад річкового алювію в техногенній зоні. В роботі [80] наведено районування р. Інгулець за ступенем техногенного забруднення. Від витoku до гирла річки виділені три ділянки: умовно чиста (природно-антропогенна), техногенно забруднена і техноплагенна (ділянка, де відбуваються процеси природного відновлення річки). Автори досліджували і порівнювали проби алювію, відібрані в кожній з виділених ділянок.

Значна кількість проб алювію для літолого-технологічних досліджень відібрана саме в зоні впливу потужних гірничо-металургійних комбінатів Кривбасу.

Водозбірна площа Інгульця розчленована великою кількістю балок (Червона, Лозуватка, Грушувата, Кобильна та інші). В межах Криворізького залізородного басейну в об'ємі балок розміщені шламосховища, відстійники, відвали гірських порід, ставки-накопичувачі техногенних вод, тощо. Балка Червона розташована в центрі м. Кривий Ріг і межує з територіями потужних промислових підприємств. Постійний водотік з Південного водосховища по балці надходить в р. Інгулець. Балка та кілька утворених в ній ставків забрудненні промисловими відходами ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», нафтобаз і транспортних підприємств. По тальвегу балки забруднюючі речовини потрапляють до р. Інгулець

Методи опробування і дослідження. *Техніка відбору проб* для виконання досліджень залежала від морфології річкових долин та характеру донних осадків. Для опробування заплави використовували дослідні свердловини ручного буріння та ґрунтові розрізи, з русла та річкового пляжу відбирався верхній шар осадку. Відібрані проби в достатній мірі відображають мінливість складу та умов формування донних відкладів річок дослідженої території.

Дослідження відібраних проб виконували методами *хімічного, спектрального, мінералогічного, гранулометричного (ситового) аналізу*, з використанням поляризаційного та електронного мікроскопів. Електронно-мікроскопічні та мікрозондові аналізи мінералів алювію виконані в лабораторії електронно-мікроскопічних досліджень Інституту Геологічних наук НАНУ на скануючому електронному мікроскопі з енерго- та хвильодисперсійним спектрометром (Jeol – 64 LVEDS WDS Oxford), аналітик – В.В. Пермяков. Повна характеристика процесу підготовки проб і виконання мінералогічного аналізу наведено на (рис. 3.5).

Після аналізу результатів мінералогічних досліджень і визначення перспективних ділянок, з відквартованих дублікатів вихідних проб формували об'єднані проби для виконання технологічних досліджень і випробувань. Метою їх було виділення концентратів важких мінералів та відходів збагачення, вивчення напрямків використання у народному господарстві усіх продуктів, розробка стратегії комплексного використання річкового осадку як цінної полімінеральної природної і техногенно-природної сировини.

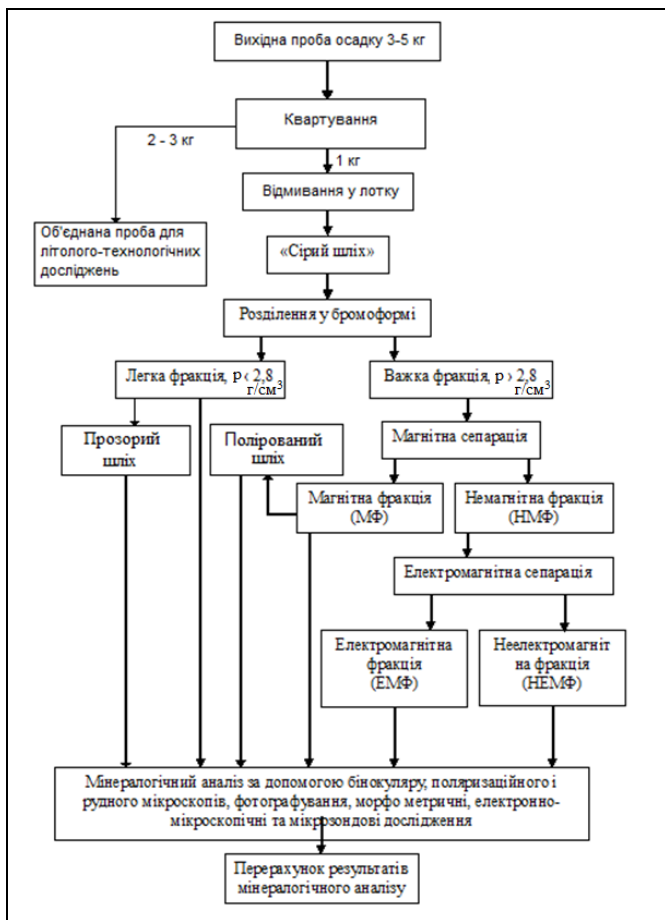


Рис. 3.5. Схема розділення матеріалу проб річкового осаду і виконання мінералогічного аналізу, за [71] з доповненнями.

Технологічні випробування проб алювію виконували методами комплексної магнітно-гравітаційної сепарації, розробленою у Криворізькому відділі ДНУ МГОР НАНУ (Ю.Д. Чугунов та інші) [138, 139].

При розробці схеми розділення матеріалу проб річкового осаду враховували градієнт питомої ваги, магнітних властивостей, твердості, пластичності або крихкості, розміру і морфології індивідів

(здатність утворювати пластинчаті лускуваті, або ізометричні зерна) рудних і нерудних мінералів осаду. При збагаченні алювію використовували подрібнення матеріалу, розділення за крупністю зерен (грохочення), сепарацію в магнітних полях різної інтенсивності (від 0,2 до 1,1 Тл), гравітаційну сепарацію у повітряному потоці. Якість сепарації контролювали дослідженням продуктів під оптичним мікроскопом, використовували хімічні та спектральні аналізи, електронну мікроскопію, мікрозондовий аналіз та інші аналітичні методи.

Результати. Річковий алювій обстежених об'єктів представлений широким спектром гранулометричних класів, при домінуючій ролі глинисто-алеврито-псамітових відмін. Висока ступінь зрілості осадків та особливий гідрологічний режим гирлових і дельтових фацій зумовив формування на окремих ділянках підвищених природних концентрацій золота, мінералів титану, циркону, альмандину та інших. Крім того, донні осадки річок містять і інші корисні мінеральні компоненти: глину, карбонати, кварц, маршаліт, слюди, тощо. Використання їх може підвищити масштаби залучення алювію до господарської діяльності, зменшити обсяги накопичення промислових відходів та сприяти покращенню екологічного стану довкілля.

В алювії річки Інгулець найбільш поширені піски: від дрібнозернистих до грубозернистих, з домішками мулу, карбонатними стяжіннями, органічними рештками, тощо. За мінеральним складом домінують олігоміктові кварцові та полімінеральні піски, подекуди грауваки з великим вмістом дрібнозернистих уламків залізистих кварцитів з продуктів збагачення ГЗК. На дні Карачунівського водосховища накопичуються річкові мули з великою кількістю мушель річкових моллюсків та мушлевого детриту, рослинних залишків. В прибережних фаціях та на перекатах псамітові осадки змінюються щербисто-гравійно-жорствяною сумішшю, галькою та валунами корінних порід. Уламки гірських порід у верхів'ї річки представлені архейськими граніто-гнейсами, мігматитами, амфіболітами. В середній течії Криворізького залізорудного басейну домінують уламки порід залізисто-кременистої формації, а у пониззі – палеогенові вапняки.

За даними буріння дослідних свердловин, у витоках та верхів'ї Інгульця алювіальний поклад малопотужний – від 0 до 2-3м. Він залягає безпосередньо на кристалічних породах УЩ (рис. 3.6).

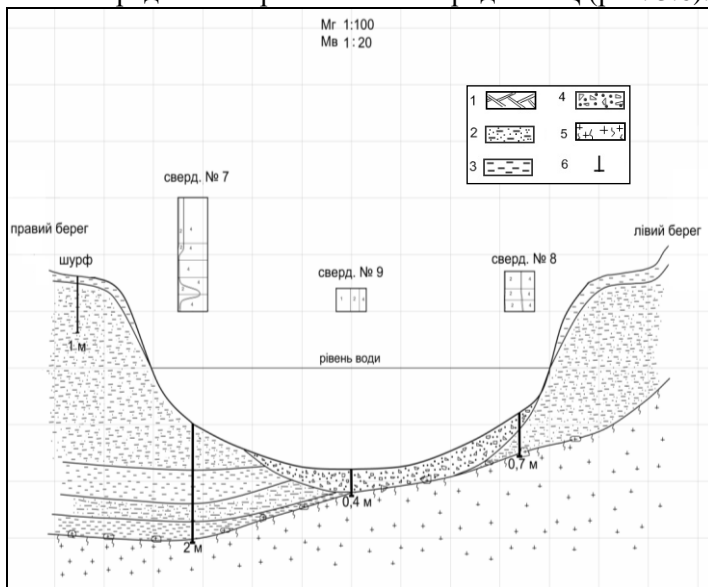


Рис. 3.6. Літологічні колонки та розріз донних осадків р. Інгулець у північному районі Криворізького басейну, с. Іскрівка, (1 - чорнозем, 2 - алеврити, 3 - алевритові пеліти, 4 - піски і гравійні піски, 6 - дослідні свердловини). Цифри 1-4 в літологічних колонках даного і наступних рисунків відображають дисперсність осаду: 1 - псефіти (фракція >2 мм); 2 - псаміти (фракція 2-0,1 мм); 3 - алеврити (фракція 0,1-0,01 мм); 4 - глинисті алеврити (фракція < 0,1 мм).

В середній течії, в межах Криворізького залізородного басейну, донний осад річки значно потужніший. У його розрізі спостерігаються численні розмиви та накопичення техногенного матеріалу, що надходить з розташованих на відстані від першим метрів до 1 км відвалів розкривних порід та численних відстійників ГЗК, шламосховищ металургійного комбінату тощо (рис. 3.7).

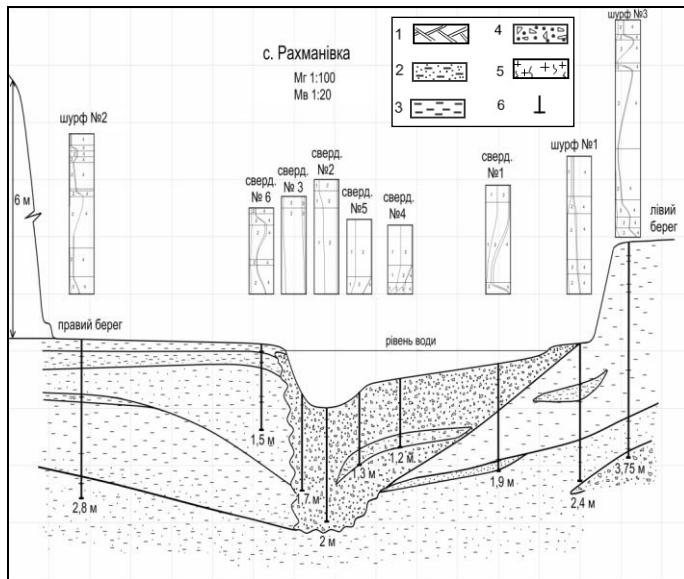


Рис. 3.7. Літологічні колонки та розріз донних осадків р. Інгулець в межах Криворізького залізородного басейну, (1 - чорнозем, 2 - алеврити, 3 - алевритові пеліти, 4 – піски і гравійні піски, 6 - дослідні свердловини).

Верхній шар сучасного алювію тут залягає на розмитій поверхні природних річкових осадів. За гранулометричним, мінеральним та хімічним складом він відповідає відходам гірничо-металургійного виробництва, і фактично є їх продовженням (ближнім ореолом зносу). В межах південного промислового району Криворіжжя р. Інгулець перетворилася у проточний відстійник комплексу промислових підприємств чорної металургії.

В нижній течії Інгульця розріз алювію знову змінюється і наближається до природного стану (рис. 3.8). Для нього характерні спокійні витримані у поперечному розрізі та вздовж долини шари. Літологічні відміни осаду змінюються у часі, відображаючи природні тектонічні рухи, ймовірно, загальні для усієї території Причорноморської низовини.

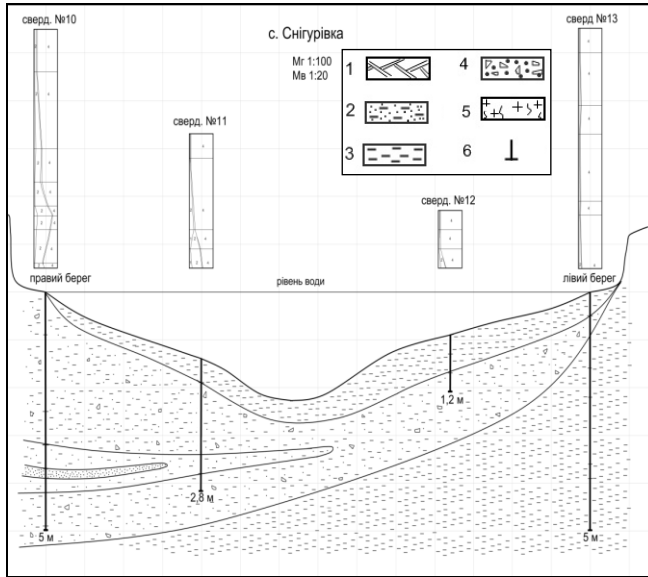


Рис. 3.8. Літологічні колонки та розріз донних осадків р. Інгулець у південному районі, (1 - чорнозем, 2 - алеврити, 3 - алевритові пеліти, 4 – піски і гравійні піски, 6 - дослідні свердловини).

Таким чином, як у розрізі алювіального покладу, так і у фаціальних відмінах з витoku до гирла р. Інгулець, накопичений алювій закономірно змінює свою будову і склад. Тим самим створюються природні умови для накопичення у певних ділянках річкового ложа донних осадків певного мінерального та хімічного складу. Вони можуть мати пошуковий інтерес для супутнього або цілеспрямованого використання за різними напрямками: виробництво залізородного концентрату, будівельних матеріалів тощо.

Алювій Дніпро, Південного Бугу та Інгулу в основному, представлений рівномірно зернистим кварцовим піском, записоченим мулом, піском з уламками мушель, заплавленими ґрунтами, тощо. Дослідні свердловини, пробурені на островах у пониззі Дніпра (район селищ Корсунка, Львове), в товщі алювіальних пісків виявили шари глини потужністю 30-50 см яскраво-червоного (гідрослюдисті)

та синьо-зеленого (глауконітові) кольорів, які можуть мати морське походження.

Особливості хімічного складу сучасних річкових осадків. Хімічний склад алювію змінюється в широких межах. На прикладі р. Інгул (табл. 3.1) видно, що вміст окремих хімічних сполук в різних ділянках річкової долини може відрізнятися в декілька разів.

Таблиця 3.1.

Хімічний склад донних осадків р. Інгул, % [84]

| Показ-- ники | Діапазон коливань | Верхня частина ріки | Середня частина ріки | Нижня частина ріки | Середнє |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| Fe _{заг.} | 1,00-3,50 | 1,17±0,06 | 1,93±0,86 | 2,94±0,33 | 2,39±0,85 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,57-3,67 | 1,05±0,16 | 1,71±1,03 | 2,82±0,51 | 2,25±0,94 |
| FeO | 0,50-1,50 | 0,53±0,06 | 0,97±0,21 | 1,22±0,23 | 1,03±0,34 |
| SiO ₂ | 54,60- 87,16 | 87,05±0,13 | 71,4±9,56 | 61,04±4,11 | 68,31 ±11,57 |
| Al ₂ O ₃ | 3,48-10,70 | 3,86±0,36 | 7,78±1,70 | 9,12±0,95 | 7,80±2,32 |
| TiO ₂ | 0,20-0,75 | 0,25±0,05 | 0,43±0,13 | 0,58±0,09 | 0,48±0,16 |
| MnO | 0,04-0,19 | 0,04±0,01 | 0,06±0,02 | 0,11±0,04 | 0,09±0,04 |
| CaO | 1,06-10,31 | 1,15±0,12 | 5,11±2,41 | 6,63±2,38 | 5,23±2,98 |
| MgO | 0,25-2,50 | 0,39±0,20 | 0,98±0,60 | 1,70±0,39 | 1,30±0,67 |
| Na ₂ O | 0,32-1,35 | 0,41±0,11 | 1,06±0,25 | 0,60±0,07 | 0,65±0,25 |
| K ₂ O | 1,00-2,21 | 1,20±0,19 | 1,81±0,34 | 1,77±0,24 | 1,66±0,33 |
| P ₂ O ₅ | 0,14-0,39 | 0,17±0,03 | 0,22±0,08 | 0,25±0,06 | 0,23±0,06 |
| ВПП | 3,63-16,89 | 3,94±0,35 | 8,36±3,22 | 14,0±2,12 | 10,86 ±4,69 |
| S ²⁻ | 0,04-0,32 | 0,07±0,03 | 0,12±0,02 | 0,17±0,09 | 0,14±0,08 |
| SO ₄ ²⁻ | 0,12-0,95 | 0,21±0,08 | 0,37±0,05 | 0,49±0,27 | 0,41±0,24 |
| Cl ⁻ | 0,08-0,20 | 0,08±0,01 | 0,11±0,05 | 0,13±0,04 | 0,12±0,04 |
| S _{заг.} | 0,15-1,13 | 0,16±0,01 | 0,26±0,05 | 0,44±0,33 | 0,35±0,28 |

В напрямку від витoku до гирла алювій Інгулу збагачується сполуками заліза, глиноземом, двоокисом титану, окисами мангану, кальцію, магнію та п'ятиокису фосфору на фоні зменшення вмісту кремнезему. Мінливість хімічного складу осадів відображає збільшення в напрямку гирла вмісту глинистої компоненті осаду,

збагаченої мінералами слюд та карбонатного мулу. Це підтверджується також різким збільшенням втрат при прожарюванні – з 3,94 до 14,0 та вмісту сполук сірки внаслідок діяльності сульфоредакуючих бактерій. За даними хімічних аналізів, значна частина кварцу та силікатів осаджується у пісках верхів'я та середньої течії річки.

В таблиці 3.2 наведені дані щодо хімічного складу алювію р. Інгулець. Вони не мають суттєвих відмінностей з середнім складом глин та пісковиків [5, 6], проте, різниця між максимальними та мінімальними значеннями тут досить значна.

Таблиця 3.2.

Хімічний склад донних осадків р. Інгулець, % [3]

| Компоненти | Статистичні показники | | | |
|--------------------------------|-----------------------|---------|------------|---------------------------------------|
| | максимум | мінімум | середнє | середній склад глин і пісковиків, [6] |
| Fe _{общ.} | 12,60 | 0,40 | 2,66±2,29 | 2,54 |
| Fe ₂ O ₃ | 11,30 | 0,30 | 2,48±2,14 | 2,37 |
| FeO | 6,10 | 0,10 | 1,19±1,06 | 1,13 |
| SiO ₂ | 87,46 | 58,40 | 74,88±7,62 | 67,24 |
| Al ₂ O ₃ | 12,40 | 1,85 | 6,57±2,69 | 9,62 |
| TiO ₂ | 0,70 | 0,06 | 0,38±0,18 | 0,49 |
| MnO | 0,10 | 0,02 | 0,05±0,02 | 0,08 |
| CaO | 10,20 | 1,25 | 3,82±1,94 | 5,21 |
| MgO | 2,57 | 0,17 | 1,07±0,48 | 1,69 |
| Na ₂ O | 1,02 | 0,32 | 0,63±0,18 | 0,78 |
| K ₂ O | 3,00 | 0,40 | 1,20±0,53 | 1,86 |
| P ₂ O ₅ | 0,27 | 0,06 | 0,12±0,04 | 0,60 |
| ППП | 15,55 | 2,20 | 7,28±2,81 | - |

Головними чинниками варіативності алювію р. Інгулець виступають залізні руди Криворізького басейну та відходи їх збагачення і металургійної переробки. Максимальний вміст оксидів заліза та мінімальне накопичення кремнезему спостерігається в

місцях природного залягання руд та надходження до алювію промислових відходів.

Петрографічний і мінеральний склад річкового осаду. Алювій досліджених річок містить широкий спектр уламків гірських порід, мінералів, матеріалів промислового походження, органічних решток. В таблиці 3.3 наведені результати мінералогічного аналізу донних відкладів р. Інгулець.

Таблиця 3.3.

Петрографічний і мінеральний склад алювію річки Інгулець, г/т

| Компоненти | Ділянки опробування | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|-----------|
| | с. Іскрівка | Карачунівське водосх. | б. Грушувата | с. Рахманівка | м. Снігурівка | с. Садове |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Гірські породи і руди | | | | | | |
| амфіболіт | 80 | | | | | |
| бурий залізняк | | | | 1178 | | |
| вапняк | | 637,42 | 1050 | 14958 | 6 | 164080 |
| гнейс | 820 | 4,04 | 2 | | 20 | |
| граніт | 1980 | 165,53 | 22 | | | |
| залізна руда | | | 64 | | | |
| кварцити безрудні | | | | 177144 | | |
| кварцити гематитові | | | 20516 | 22908 | 18 | |
| кварцити гетит-мартит-магнетитові | | 1176,65 | | | | |
| кварцити магнетитові | | 18472,55 | 29420 | 116086 | 224,3 | |
| кварцити слюдяні, метапісковик | 1140 | | 364 | | | |
| каолін | | 39893,36 | | | | |
| пісковик | | 331,86 | 236 | | | 18 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------|--------|-----------|--------|--------|----------|--------|
| вохра | | | | | 0,6 | |
| сланці | 1320 | 1038,07 | 2056 | 61686 | 18 | |
| філіти | | | 24 | 5882 | | |
| Мінерали | | | | | | |
| актиноліт | 220 | 22,14 | | | | 24 |
| андалузит | | | | 12 | | |
| апатит | 180 | | | 4 | | 4 |
| біотит | 5860 | | 24 | 258 | 98,1 | 6 |
| вади | | | | 84 | | 86 |
| гематит | 2320 | 2329,89 | 41804 | 13720 | 66,5 | 348 |
| гематит емульсійний | | | | 40 | | |
| гетит | 5380 | | 19874 | 10524 | 553,3 | 190 |
| гіпс | | | 58 | | | 30 |
| глауконіт | 220 | | | 2784 | 14,9 | 340 |
| гранат | 600 | 639,66 | 136 | 5380 | | 32 |
| золото | | | | | 0,08 | |
| егірін | 20 | 25,14 | | | | |
| епідот | 200 | 24,07 | 22 | | | 66 |
| ільменіт | 180 | 10,33 | 24 | 1400 | | 762 |
| кальцит | 51460 | 40044,88 | 1940 | 4614 | 156398,5 | 36416 |
| кварц | 690600 | 704808,65 | 537278 | 503308 | 831773,1 | 714844 |
| куммінгтоніт | | 56,52 | 406 | 3868 | 0,8 | |
| лейкоксен | 180 | 6,06 | 24 | | | 66 |
| магнетит | 1600 | 4920,96 | 328538 | 23290 | 350,4 | 62 |
| малахіт | | | | | | 4 |
| монацит | 20 | | | | | |
| мусковіт | 240 | | | 12 | 88,7 | 52 |
| опал | 60 | | | 126 | 0,6 | |
| пірит | 6 | 360,25 | 6442 | 1624 | 1,1 | 10 |
| піротин | | | 178 | 128 | | |
| плагіоклаз | 340 | 10,70 | 4 | 7326 | 0,8 | |
| рогова обманка | 280 | 93,91 | | 16 | 972,5 | 34 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------------------------|--------|---------|---------|-------|--------|-------|
| рутил | 40 | | 136 | 12 | 9,4 | 10 |
| силіманіт | 180 | | | 8 | | |
| ставроліт | 160 | | | 12 | | |
| сфен | | 2,14 | | | | 10 |
| тальк | | | | 4 | | |
| тантало-ніобати | | | | 136 | | |
| топаз | 60 | | | | | |
| турмалін | 40 | | | 98 | | 94 |
| халцедон | | | | 126 | | 356 |
| халькопірит | | 2,64 | | | | |
| хлорит | 160 | 90,50 | 14 | 418 | | 40 |
| циркон | 180 | | 24 | 12 | 0,5 | 34 |
| флюорит | | 1,96 | | | | |
| фуксит | | | | 188 | | |
| Органічні залишки | | | | | | |
| вугілля деревне | | | | | | 18 |
| вугілля кам'яне | 40 | 458,94 | 458,94 | | 45,5 | 18 |
| вуглефікова на деревина | | 101,86 | 101,86 | | | |
| мушлі, мушлевий детрит, копроліти | 174280 | 5826,50 | 5826,50 | 20180 | 4065,5 | 8956 |
| залишки рослин | 58720 | 267,83 | 267,83 | | 3986,8 | 71564 |
| залишки комах | 360 | 101,86 | 101,86 | | 1249,5 | 1424 |
| Техногенні утворення | | | | | | |
| залізорудний агломерат | | 803,48 | | | | |
| Графіт | | | | | 8,4 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------------|---|---------|-----|-----|------|---|
| зола | | | 36 | | 0,6 | |
| кокс | | 1020,50 | | 130 | | |
| скло | | | | | 9,4 | 4 |
| скло металургійне | | 1,68 | 346 | | | |
| скляні кульки | | | | 4 | 0,9 | |
| магнітні кулі | | | 24 | 16 | 10,3 | |
| шлак металургійний | | 472,27 | 20 | | 6,1 | |
| цегла | | 33,11 | | | | |

Наявність уламків гірських порід у складі річкового осаду є індикатором місцевого зносу. Вони домінують в покладах алювію у верхній течії річок, а в гирлових ділянках залишаються лише у підніжжі прибережних круч та в плотикових ділянках розрізу.

Петрографічний склад галечно-гравійних утворень різноманітний і відображає геологічну будову річкового ложа. Зустрічаються уламки гранітів, пегматитів, гнейсів, порід залізо-кременистої формації та осадові породи: вапняки, пісковики, кам'яне вугілля, аргіліти та інші.

В районах діючих гірничо-збагачувальних комбінатів Криворіжжя алювій р. Інгулець містить прошарки рудних граувак – середньодрібнозернистих пісків від темно-сірого до чорного кольору, що складаються з уламків магнетитових кварцитів і сланців. На відміну від часточок гематитових кварцитів та бурих залізняків, що надходять з кори вивітрювання, в даних породах магнетит переважає над гематитом і гетитом. Крім того, вони мають чітко виражені магнітні властивості. У складі рудних граувак зустрічаються незмінені сульфіди, лужні залізисті амфіболи та інші індикаторні мінерали порід і руд криворізької серії.

У верхів'ї та середній течії досліджених річок донний осад представлений переважно полімінеральними відкладами з кварцом та іншими силкатами, карбонатами, різноманітними оксидами, рідше

сульфідами, сульфатами, самородними елементами природного та індустріального походження. В нижній течії річок поширені олігоміктові піски, які на окремих ділянках річищ мають підвищений вміст розсипоутворюючих мінералів (г/т): альмандину - 408552,1; ільменіту - 100033,2; монациту - 13758,7; циркону - 6458,4. У відкладах пониззя Дніпра встановлені рудопрояви і точки мінералізації золота [145]. Округла форма мінеральних зерен свідчить про тривале транспортування і багаторазове перевідкладення осаду.

Легка фракція осаду складається з кварцу та кальциту у вигляді уламків кристалів, друз, кірок, жовн, а також перевідкладених та сучасних мушель. Зерна обкатані або кутасті. Найпоширенішим мінералом легкої фракції річкового алювію є кварц. Він домінує в олігоміктових пісках, або утворює асоціацію з карбонатами, глинистими мінералами і мушлевим детритом в полімінеральних річкових осадах (рис. 6а, 6б додатків). Найбільшу кількість твердих включень (оксидів і гідроксидів заліза, силікатів, сульфідів, рутилу, тощо) має метаморфогенний кварц в алювії р. Інгулець. Його супроводжують польові шпати та інші силікати (рис. 9в – 9є). В донних осадах р. Вісунь (ліва притока Інгульця) легка фракція осаду складається з гіпсу і глинистих мінералів, знесених з гіпсоносних суглинків у берегових кручах річкової долини (рис. 9ж).

У складі **важкої фракції** діагностовані алмаз, ільменіт (рис. 7а додатків), апатит (рис. 7б додатків), андалузит, барит, біотит, бронза, гематит, гетит, графіт, дістен, залізо металеве, золото, кордієрит, лейкоксен, магнетит (рис. 7в додатків), альмандин (рис. 7г додатків), магнітні кульки, марказит, мідь природна та техногенна, монацит, муассаніт, пірит, піроп, корунд, рутил, свинець і олово (сплав), срібло самородне, сфен, турмалін, епідот, хроміт, циркон, кульки скляні, шпінель.

Група мінералів алювію представлена мікросферолітами, натічними агрегатами, фромбоїдальними виділеннями, ідіоморфними кристалами, пухкими агрегатами голчастих кристалів мікроскопічних розмірів. Такими є барит, гетит, пірит, гіпс, карбонати, галогеніди та інші мінерали, віднесені за походженням до **аутигенних (новоутворених) мінералів** річкового седиментогенезу (рис. 3.8). Як правило, їх виділення мають мікроскопічні розміри.

Тому діагностика та вивчення даної групи можливі лише з використанням сучасних електронно-мікроскопічних методів.

| Element | Weight% | Atomic% |
|---------|---------|---------|
| O | 64.56 | 86.40 |
| Mn | 1.33 | 0.52 |
| Fe | 34.11 | 13.08 |
| Totals | 100.00 | |

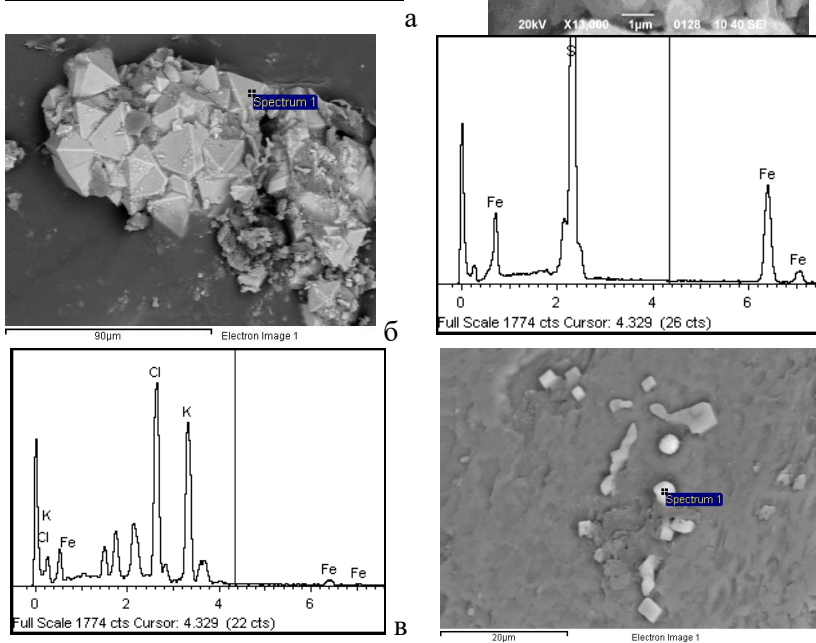


Рис. 3.8. Аутигенні мінерали річкового осаду: а - мікрозернистий агрегат лускуватих кристалів марганцювистого лепідокрокіту у донному осаді р. Інгулець; б – щітка окраєдричних кристалів піриту в мулистому осаді придельтових ділянок Дніпра; в - кубічні кристали сильвіну і галіту на обкатаному зерні епідоту, там же. РЕМ, МЗА.

Асоціація природних мінералів у донних відкладах річок протягом останнього часу доповнилась мінеральними частками промислового походження. Серед них продукти діяльності підприємств чорної і кольорової металургії, машинобудування і приладобудування, гірничозбагачувальних фабрик тощо (рис. 8

додатків). Їх поширенню у навколишньому середовищі сприяє висока дисперсність більшості відходів та неналежні умови зберігання, переробки і повторного використання вторинної мінеральної сировини.

У продуктах сучасного річкового седиментогенезу співвідношення теригенних, аутигенних і техногенних компонентів у порівнянні з минулими геологічними епохами змінилося на користь аутигенних і техногенних компонентів. Це може служити одним з критеріїв кількісної оцінки масштабів техногенної зміни екосистеми. У замулених ділянках річок за участю мікроорганізмів посилюються процеси аутигенного мінералоутворення і перетворення осаду. Вони відбуваються як в аеробних (гідрооксиди заліза), так і в анаеробних (сульфіди, сульфати) умовах. Мікроскопічні розміри сприяють виносу новоутворених мінералів в лимани і відкрите море. Тому частина широко розвинених в сучасних морських осадах «аутигенних» мінералів може надходити разом з твердим стоком річок і бути насправді теригенними.

За мінеральним складом алювію окремі водойми суттєво відрізняються одна від одної. У його формуванні беруть участь процеси накопичення теригенного матеріалу, хемогенного осадження, вторинного заміщення природних і техногенних утворень, біомінералогії. Кожна з досліджених річок має характерний набір важких мінералів (мінералогічну спеціалізацію), обумовлену особливостями геологічної будови водозбірної площі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4.

Теригенно-мінералогічна спеціалізація річок Південної та Центральної України, за даними шліхового опробування

| Річка | Мінералогічна спеціалізація алювію |
|-----------------|---|
| Південний Буг | Біотит + рогова обманка + епідот + апатит + сфен + альмандин |
| Інгул | Берил + ставроліт + альмандин + піроп + пірит + марказит + ільменіт |
| Дніпро (дельта) | Турмалін + ставроліт + рутил + оксиди мангану + лейкоксен + ільменіт + альмандин + циркон + монацит + дістен+золото |
| Інгулець | Залістисті кварцити + егірін + магнетит + ільменіт |

Аналіз асоціацій важких мінералів річкового алювію свідчить про походження їх з різноманітних магматичних, метаморфічних (у тому числі метасоматично та гідротермально змінених) і осадових комплексів, поширених на водозбірної території. Їх знахідки у складі алювію річок мають важливе пошукове значення.

Техногенне забруднення річкової мережі. Територія центральної та південно-східної України характеризується надзвичайно інтенсивним антропогенним навантаженням на довкілля, істотну роль у якому відіграє гірничо-видобувне та металургійне виробництва. Передумовою зазначених виробництв є наявність значних покладів корисних копалин, головно, залізної, марганцевої руд, поліметалічних руд. Техногенний вплив на геологічне середовище визначається, насамперед, у наявності великих і численних кар'єрів глибиною до сотень метрів; відвалів металургійних шлаків, розкривних і вміщуючи порід, некондиційних руд; відстійників, хвостосховищ, шламосховищ та інших промислових об'єктів. Екологічний стан зазначених площ, що в цілому займають до 10% територій регіону, порушений до ступеня непридатності для життєдіяльності людини.

Наявність величезних покладів залізної руди Криворізького залізорудного басейну обумовило щільне розміщення значної кількості промислових підприємств на відносно невеликій території (біля 530 км²), Даний факт в край негативно позначився на стані навколишнього середовища регіону. Змін зазнали всі складові екосистеми: геологічне середовище, ґрунти, повітря, гідросфера, біота. В ґрунтах техногенно забрудненої території Криворізького гірничопромислового басейну виявлено підвищений вміст заліза, марганцю, свинцю, цинку, міді, хрому, олова та інших елементів [3, 84]. З даним явищем безпосередньо пов'язане хімічне забруднення води та донних осадків річок Інгулець і Саксагань, які перетинають територію Криворіжжя з півночі на південь, і в донних осадках якої накопичуються свинець, цинк, хром та інші важкі метали (табл. 3.5, 3.6) [4].

Таблиця 3.5.

Забруднення водної системи на прикладі р. Інгулець, за [79]

| Кількісний та якісний склад скидів | Джерела забруднення | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------|---|---|
| | Шахти | Кар'єри | Шламосховища | Скиди підприємств |
| середньорічний обсяг скидів, млн. м ³ | 20,2 – 27,4 | 9,8 – 12,6 | 15 - 30 | 70 - 76 |
| рівень мінералізації г/дм ³ | 2,8 – 68,3 | 3,6 – 14,5 | 5,1 – 8,5 | 3,8 – 5,2 |
| наявність токсичних речовин | селен, бром, важкі метали, та інше | бром, важкі метали, та інше | Важкі метали, нафтопродукти, феноли та інше | родоніти, ціаніди, фенол, нафтопродукти та інше |

Найбільшими джерелами забруднення річки Інгулець та її приток у межах Кривбасу, як видно з таблиці 5, виступають підприємства гірничо-металургійного комплексу, з відходами яких пов'язані значні надходження поллютантів у навколишнє середовище. Безпосередніми джерелами надходження до річкового алювію неприродного матеріалу є: відвали металургійного та гірничо-видобувних підприємств; шламо- та хвостосховища, відстійники стічних вод; проммайданчики, з яких техногенний матеріал змивається до водотоків дощовими водами; пило-газові хмари з газоочисних споруд промислових підприємств.

Окремої уваги заслуговують специфічні для гірничо-видобувних регіонів об'єкти – шламосховища та хвостосховища – водойми, в яких води шахт і кар'єрів у суміші утворюють техногенні солоні озера. Середня мінералізація їх знаходиться в межах 5-8 г/дм³. Загалом, хвосто- та шламосховища Кривбасу акумулюють до 200 млн. м³ води. Абсолютні відмітки дзеркала води в них перевищують абсолютні відмітки природного рельєфу на 15-25 м, що інтенсифікує фільтрацію і процеси засолення та підтоплення прилеглих територій. Раз на рік частину води з шламо- та хвостосховищ скидають до річок

міста. Обсяги річних скидів солоної води із шламосховищ знаходяться в межах 15 - 30 млн. м³. Обсяги скидів промислових підприємств складають 40-50% природного, середньорічного стоку (220-260 млн. м³/рік) [8, 78].

Промислові надходження суттєво змінили хімічний склад алювію, погіршили екологічний стан сучасної річкової мережі регіону. В ній істотно збільшився вміст важких металів (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

Розподіл вмісту важких металів у донних осадах р. Інгулець [3]

| Важкі метали | ГДК _г , мг/кг | Регіональний фон, мг/кг | Середні концентрації важких металів М±m, (мг/кг) | | |
|--------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------|--------------|
| | | | 1990 | 2000 | 2010 |
| Be | - | - | 2,07±0,37 | не визнач. | 0,75±0,12 |
| Cd | 4 | - | 1,60±0,41 | не визнач. | не визнач. |
| Co | - | 15 | 8,68±1,91 | 12,6±3,1 | 8,6±0,2 |
| Mn | 1500 | 700 | 910,0±227,0* | 760,0±189,0* | 880,0±203* |
| Cu | 55 | 30 | 30,4±8,5 | 25,0±8,1 | 28,0±7,5 |
| Mo | 5 | 1,5 | 7,4±1,8** | 0,9±0,2 | 0,9±0,2 |
| As | 2 | 2 | 1,2±0,1 | не визнач. | не визнач. |
| Ni | 85 | 40 | 215,2±86,3** | 48,0±8,5* | 38,0±8,2* |
| Nb | - | 10 | 12,2±1,3* | 7,0±1,8 | 10,0±1,7 |
| Pb | 30 | 20 | 36,9±5,1** | 32,5±4,4** | 42,0±4,8** |
| Ti | - | 5000 | 2914,0±658,0 | 3320,0±776,0 | 3250,0±693,0 |
| Cr | 100 | 60 | 69,6±10,5* | 85,0±19,2* | 88,0±15,4* |
| Zn | 300 | 70 | 152,0±31,0* | 210,0±39,0* | 274,0±35,0* |
| Ag | - | 0,03 | - | 6,4±2,9* | 28,0±12,6* |
| Sr | - | 310 | 16,9±3,6 | 38,5±9,8 | 20,0±5,6 |
| Hg | 2 | - | 0,13±0,04 | 3,0±0,8** | 3,0±0,8** |

* - перевищення регіонального фонового рівня

** - перевищення ГДК_г

На окремих ділянках річища відбулося збагачення алювію природними і техногенними мінералами заліза, а їх концентрація перевершила кондиції для залізистих кварцитів Криворізького басейну [25, 39]. За результатами, наведеними в роботі [74], найбільш збагачені магнітними мінералами ділянки річища у

південній частині Криворізького залізорудного басейну розташовані від балки Грушувата, в місці знаходження хвостосховища Новокириворізького і Південного ГЗК, до с. Інгулець. На вказаному відрізку, внаслідок відсипки берегів річки щебенем розкривних порід, ширина русла зменшилась, а швидкість течії зросла. Це призвело до того, що твердий стік балки Грушуватої переноситься на кілька кілометрів вниз за течією, за межі гірничого відводу підприємства. Результати ситового аналізу донних відкладів балки і прилеглих до неї ділянок річища Інгульця наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7.

Гранулометричний склад донного осаду р. Інгулець і
б. Грушуватої

| | Класи крупності, мм, % | | | | | | | | | | |
|----|------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|--------|
| | +10,0 | -10,0 +5,0 | -5,0 +3,0 | -3,0 +2,0 | -2,0 +1,0 | -1,0 +0,45 | -0,45 +0,35 | -0,35 +0,25 | -0,25 +0,1 | -0,1 +0,063 | -0,063 |
| 1. | 19,03 | 9,16 | 3,67 | 2,85 | 7,37 | 2,37 | 6,46 | 1,62 | 12,57 | 1,26 | 33,64 |
| 2. | - | 0,53 | 0,53 | 0,43 | 0,62 | 0,63 | 0,49 | 1,55 | 23,87 | 19,47 | 51,88 |
| 3. | 15,38 | 1,97 | 1,35 | 1,3 | 3,36 | 2,83 | 11,75 | 5,29 | 39,59 | 7,75 | 9,43 |
| 4. | - | 0,3 | 0,3 | 0,33 | 0,76 | 0,94 | 0,85 | 0,84 | 24,93 | 10,76 | 59,95 |

Місця відбору проб: 1 – тальвег б. Грушуватої на відстані 50 м до гирла; 2 – гирло б. Грушувата; 3 – берег р. Інгулець, 200 м нижче від гирла балки; 4. – тальвег р. Інгулець, 200 м нижче від гирла балки.

З таблиці видно, що в матеріалах проб спостерігаються три максимуми: +10,00 мм; -0,25+0,10мм та -0,063 мм. Перший з них відповідає розміру шматочків щебеню, другий – природній компоненті осаду, третій співпадає з технологічно обумовленою гранулометриєю хвостів збагачення магнетитових кварцитів (-0,07 мм).

У більшості гранулометричних класів алювію домінують літокласти: уламки залізистих та силікатних кварцитів і сланців залізисто-кременистої формації Криворіжжя. Піщані осадки даного складу місцями утворюють грубошаруваті темно-сірі поклади рудних граувак з підвищеним вмістом мінералів заліза, в першу чергу, магнетиту, гематиту, гетиту. Шаруватість відкладень

зумовлена варіацією гранулометрії та мінерального складу літокластів. Головною компонентою її є уламки дрібнозернистих метаморфічних гірських порід і руд: магнетитових і гематитових кварцитів, сланців, силікатних кварцитів. Зустрічаються також шлакові та шламкові часточки металургійного походження з металевим залізом і його оксидами, шматочки вогнетривів та інших дрібнозернистих техногенних мінеральних агрегатів [48].

Уламки залізистих кварцитів кутасті або частково обкатані. Складені рівномірнотзернистим або порфіробластичним кварцом, магнетитом, гематитом. Гіпідіоморфні кристали оксидів заліза розміщені по периферії кварцових зерен, або утворюють пилоподібні розсіяні вкраплення у фрагментах кварцових прошарків залізистого кварциту.

На відміну від кори вивітрювання залізистих кварцитів Криворізької серії, оксиди заліза у складі алювію не мають ознак розчинення і заміщення гідроксидами та гідросилікатами заліза. За даними робіт [49, 74], з ними асоціюють також незмінені сульфіді і навіть лужні алюмосилікати. Таким чином, за гранулометрією, морфологією, мінеральним і хімічним складом техногенно перетворені (переміщені, подрібнені та збагачені) літокласти чітко відрізняються від природних, що потрапили до алювію через кору вивітрювання.

Мономінеральні кристалокласти зустрічаються лише у найбільш тонкозернистих (алевритових і глинисто-алевритових) прошарках осаду. Оксиди заліза в них представлені уламковими зернами магнетиту, гематиту, гетиту, лепідокрокіту, гідрогематиту і гідрогетиту. Зустрічаються також вюстит і металеве залізо [48].

Присутність у річковому осаді сульфідів, лужних силікатів та інших нестійких в екзогенних умовах мінералів не може бути зумовлено перенесенням їх з кори вивітрювання порід залізисто-кременистої формації. Вони є додатковим свідченням постійного надходження до річки поточних відходів збагачення ГЗК.

Використання алювію. Донні відклади річок мають давню історію освоєння та широкий спектр застосування. Гравій і пісок здавна використовуються у будівництві. Також з давнини відомо видобування самородного золота та інших мінералів. Кора вивітрювання осадових, метаморфічних, магматичних порід з

численними родовищами та рудопроявами різноманітних корисних копалин постійно живить алювій річок і, значною мірою, формує його мінеральний склад. Тому дослідження річкових відкладів має важливе пошукове значення [54, 142, 144, 156].

Видобуток річкового алювію, як і іншої мінеральної сировини, супроводжується його збагаченням. Найчастіше воно використовується для видобутку самородних металів, дорогоцінного каміння, каситериту та інших розсипоутворюючих мінералів [145].

З метою розширення спектру кінцевих продуктів сепарації і комплексного використання алювію, проби донних осадків збагачували гравітаційно-магнітними методами у вихровому повітряно-мінеральному потоці за інноваційною технологією, розробленою співробітниками Відділу проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ ДНУ ВМГОР НАНУ (Ю.Д. Чугунов та ін.) [138, 139]. Вона виявилася ефективною при збагаченні природних і техногенних руд чорних, кольорових дорогоцінних металів, рідкоземельних елементів та інших корисних копалин. При сепарації річкових відкладів використовується градієнт властивостей рудних і нерудних мінералів: питомої ваги, магнітних властивостей, електропровідності, твердості, ковкості чи пластичності, морфології кристалів та їх уламків (табл. 3.8).

Перед збагаченням проби алювію вивчали літолого-мінералогічними методами, визначали вміст, домінуючий розмір, фізичні властивості, морфологію та внутрішню будову рудних і нерудних мінералів. Для підвищення ефективності сепарації *природного алювію* матеріал обробляли у роторному млині без суттєвого подрібнення з метою відділення пилоподібної фракції. Потім зернистий матеріал збагачували у вузьких класах крупності на магнітних, електростатичних та гравітаційних сепараторах. Послідовно виділяли концентрати важких мінералів, кварцовий, маршалітовий та пилоподібний глинисто-карбонатний продукти (рис. 3.9).

Таблиця 3.8.

Фізичні властивості, морфологія зерен і режими сепарації рудних мінералів річкового осаду

| Мінерали | Магнітна сприйнятливість, 10 ⁻³ од. СІ | Питома вага, г/см ³ | Твердість, механічні властивості | Електропровідність | Характер зерен у річковому осаді | | Режими сепарації | | |
|--------------|--|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--|--------------------------|--------------------------------------|--|---|
| | | | | | Морфологія і внутрішня будова | домінуючий розмір, мм | напруженість магнітного поля, Тл. | лінійна швидкість мінерального потоку, м/сек | швидкість повітряного потоку, м/сек |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| магнетит | +1000-+5700 | 7,87 | 4,5-5 крихкий | + | кугасті щільні зерна, включення і зростки з кварцом | 0,040 | 0,1- 0,2 | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| гетит | +1,1-+12 | 3,7 | крихкий | + | пухкі землисті агрегати, натічні форми | 1 | 0,5- 0,7 | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| лепідокрокіт | +1,7-+2,9 | 3,84- 4,1 | крихкий | - | пухкі землисті агрегати, натічні форми | 2 | - | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| рутил | -1- +10 | 4,2- 4,3 | крихкий | + | добре обкатані щільні зерна | 0,02- 0,1 | - | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |

| | | | | | | | | | |
|-----------|------------|----------------|--------------------|---|--|---------------|-------------|--------------|-------------|
| ільменіт | +2,2-+3800 | 4,72 | 5-6 крихкий | + | добре обкатані щільні, частково лейкоксени- зовані пористі зерна | 0,02- 0,1 | 0,3- 0,7 | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| альмандин | +61-+450 | 3,47- 3,83 | 6,5-7,5 крихкий | - | кугасті ізометричні щільні зерна | - | - | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| монацит | +11-+35 | 6,506 | 7 крихкий | - | таблитчасті частково обкатані щільні зерна | 0,040- 0,1 | 0,85 -1 | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| циркон | -10 | 4,6- 5,7 | 5-5,5 крихкий | - | добре обкатані щільні зерна, рідко метаміктні часточки | 0,040- 0,1 | - | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |
| золото | -29,59 | 19,3- 19,32 | 2,5-3 ковке | + | тонкі луски, деформовані і часточки, дендрити, пористі зерна складної форми | - | - | 0,25- 0,4 | 0,5- 0,7 |

Природно-техногенні донні осадки Інгульця представлені дрібнозернистими продуктами збагачення та металургійної переробки залізних руд, що потрапляють по системі балок і ярів з хвостосховищ, шламосховищ та відвалів видобувних, гірничо-збагачувальних і металургійних комбінатів. Забруднений алювій Інгульця має підвищений вміст оксидів заліза, особливо магнетиту (328538 г/т), гематиту (41804 г/т) та гетиту (19874 г/т). Це

максимальні з відомих концентрацій цих мінералів у сучасному алювії досліджених авторами річок. Також, на даній ділянці, визначено максимальну кількість залізовмісних техногенних утворень: магнітних куль (24 г/т) та часточок металургійного шлаку (16 г/т). В різних ділянках алювіального розрізу загальний вміст заліза складав від 22,3 до 28,7 мас. %. Доля рудних мінералів у зростках з кварцом становила 90-95%.

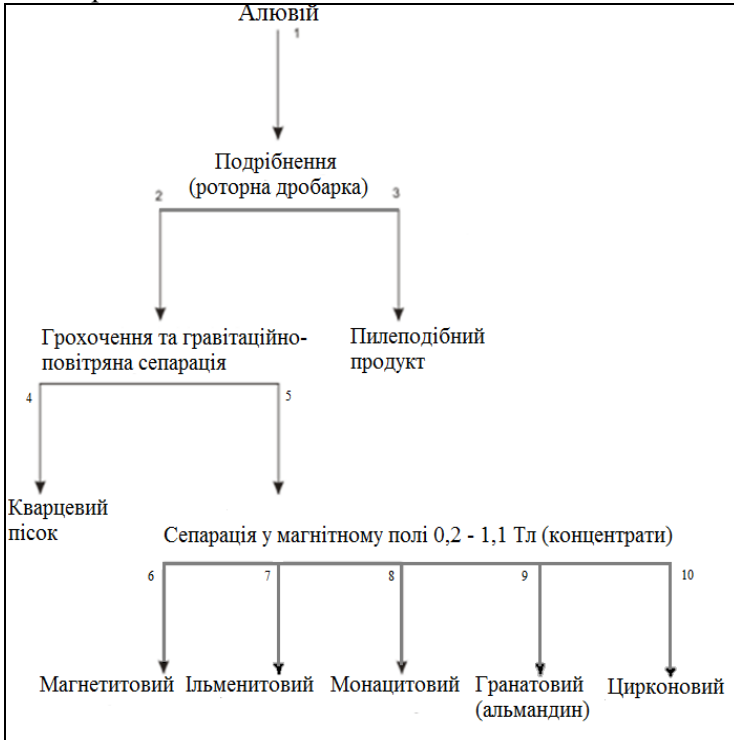


Рис. 3.9. Принципова схема гравітаційно-магнітного збагачення річкового алювію у вихровому повітряно-мінеральному потоці.

Збагачення природно-техногенних розсипів виконували за схемою, зображеною на рис. 3.10. Висушений матеріал проби розділяли на ситах (грохоті) за класом 0,5 мм. Часточки розміром більше 0,5 мм, складені в основному кварцом і карбонатами, направляли у

хвості сепарації. Клас 0-0,5 мм розділяли у магнітному полі з інтенсивністю 0,2 Тл. Немагнітну фракцію направляли у хвості збагачення, а магнітний промпродукт подрібнювали у роторному млині до розміру часточок 0,04 мм для розкриття зростків рудних і нерудних мінералів і знову піддавали магнітній сепарації у магнітному полі 0,35-0,7 Тл. Це дало можливість отримати залізорудний концентрат у вигляді магнітної фракції і немагнітних хвостів збагачення (рис. 3.11).

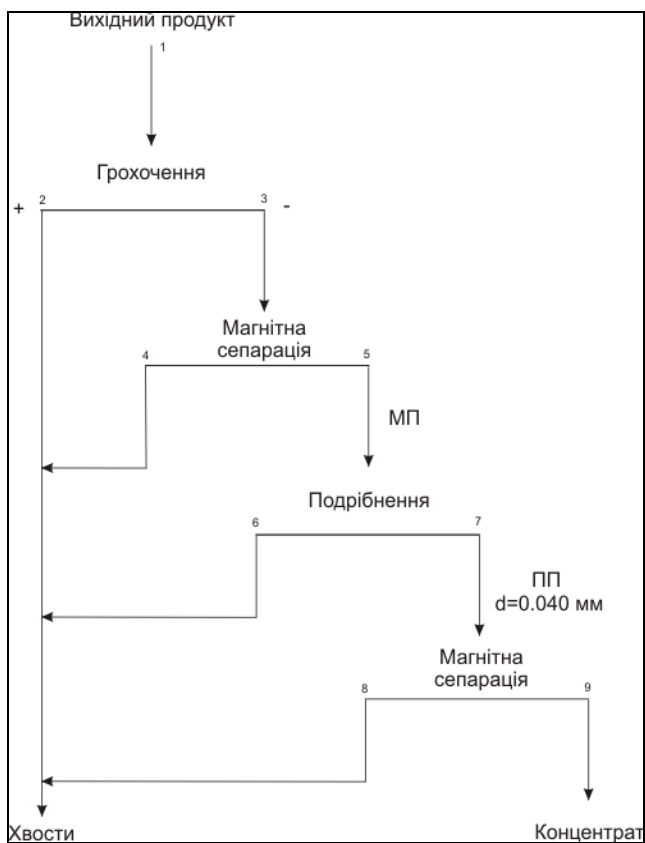


Рис. 3.10. Принципова схема збагачення осаду р. Інгулець з виробництвом залізорудного концентрату, (МП – магнітний продукт, ПП - промпродукт).

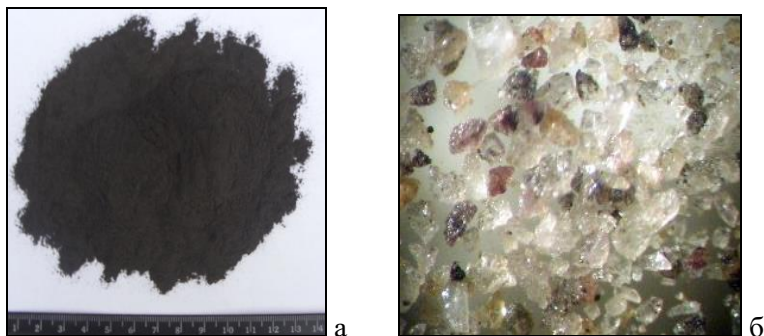


Рис. 3.11. Продукти комплексного гравітаційно-магнітного збагачення донного осаду р. Інгулець (м. Кривий Ріг): а – залізорудний концентрат; б – хвости збагачення. Бінокуляр, збільшення 180^x.

Хвости збагачення, утворені на різних стадіях сепарації об'єднували. Загальний вміст заліза в отриманому концентраті становив 65,4 мас. %. Він відповідає складу залізорудного концентрату середньої якості, що виготовляється гірничо-збагачувальними комбінатами.

Таким чином, результати літолого-технологічних досліджень алювію р. Інгулець свідчать про значне накопичення в ньому техногенних залізовмісних мінералів. Такі локальні накопичення можна збагачувати із виробництвом залізорудного концентрату, з наступним поверненням його на ГЗК та відновленням природного стану річки.

Відходи збагачення у вигляді кварцового піску можна використовувати у будівництві. Внаслідок запилення кварцу дрібними включеннями мінералів заліза використання його у виробництві скла не рекомендується.

Наведені приклади свідчать про необхідність сепарації алювію з урахуванням індивідуальних особливостей осаду, зумовлених дією різноманітних природних і техногенних (антропогенних) факторів. Алювіальні відклади у різних ділянках річкової мережі збагачуються за різними технологічними схемами. Продуктами збагачення в одному випадку можуть бути концентрати гранату, ільменіту, циркону і монациту, а також кварцовий пісок і глина, в іншому –

залізорудний концентрат та змішаний кварц-силікатний продукт тощо.

Обговорення результатів. Формування річкових відкладів - складний та довготривалий процес, що обумовлюється геологічною будовою територій, кліматичною зональністю, особливостями рельєфу місцевості, гідрологічним режимом, біорізноманіттям та ступенем антропогенного впливу. Як свідчать виконані дослідження, сучасні алювіальні відклади представлені різними за генезисом субаеральними і субаквальними відкладами долин річок і балок, в тому числі терас. Вони складаються з різних літологічних типів осадків – від глин і пісків до гравелітів і галечників в складному їх перешаруванні і фаціальному заміщенні.

За даними буріння дослідних (Криворізький відділ ДНУ ВМГОР НАНУ) та пошукових (державні геологічні організації) свердловин, розріз алювіальних відкладів досліджуваної території має досить складну будову. У нижній приплотиковій частині він містить гальку, щебінь та гравійно-жорствяну суміш корінних порід річкового ложа, переважно місцевого походження. Середня (головна) частина алювіальних відкладів представляє собою перешарування піщаних, алевритових та мулових відкладів, ускладнених частими розмивами і внутрішніми неузгодженнями. Завершуються колонки алювіального розрізу сучасними мулами, перевідкладеними лесоподібними осадками, антропогенними утвореннями.

У складі осаду досліджених річок постійно зустрічаються продукти техногенного походження: часточки металургійних шлаків, шламів, хвостів збагачення та інших відходів. На півдні Криворізького залізорудного басейну алювій річки Інгулець перетворений на рудну грауваку, більшу частину якої становлять переміті річкою продукти діяльності гірничих і металургійних комбінатів, що містять залізо, вюстит, магнетит, гематит, маггеміт, гетит, металургійне скло. Їх супроводжують металургійний графіт, частинки шламів і шлаків, а також мідь, бронза, сплави свинцю і олова, вогнетриви та інші промислові матеріали [80, 152]. Нижче за течією техногенні мінерали заміщаються асоціацією вторинних оксидів, гідроксидів та карбонатів. Вміст заліза в річковому осадку знижується і його форми набувають природного вигляду.

Алювій пониззя Дніпра також збагачений техногенними компонентами. Тут зустрічаються зерна металургійного заліза, радіотехнічного припою, бронзи та інших сплавів, що походять, вірогідно, з промислових підприємств Дніпра, Дніпродзержинська та інших міст. З ними асоціюють ідіоморфні кубічні кристали SiO_2 , попередньо діагностовані як високотемпературний β -кристобаліт. Даний мінерал утворюється при температурах вище 1470°C . Він постійно зустрічається у складі пилу і шламів металургійних підприємств [50].

У складі зливових стоків разом з піском та глиною до річкової мережі надходять також відходи нафтопродуктів. Їх джерелами слугує територія населених пунктів; складів паливно-мастильних матеріалів; нафтопереробних, промислових, транспортних і інших підприємств. Перенесення відбувається системою ярів і балок, що формують річкову мережу.

Результати індустріально-аграрної діяльності людини докорінно змінили джерела живлення і характер твердого стоку зливових вод на водозбірній площі. Природна система «кора вивітрювання – річка» доповнена, а місцями повністю замінена потужними системами транспортування техногенно-змінених і техногенних мінералів: «відвал-річка», «хвостосховище-річка», «шламосховище-річка», «промисловий пил – річка», «місто-річка» та іншими. В сучасних донних відкладах річок потужних промислових регіонів постійно відзначається підвищений вміст мінеральної речовини техногенного походження. Вплив промислових підприємств на геоекосистему привів до суттєвих змін у будові алювіальних відкладів, їх гранулометрії, мінеральному та хімічному складу [152, 153, 171].

На водозбірній площі річок південно-східної частини України, де поширені різноманітні породи Українського кристалічного щита та осадового чохла, у річковому алювії спостерігаються місця концентрації цінних мінеральних компонентів. Зазначений регіон є місцем концентрування видобутку та збагачення різних руд та мінералів. Тому, дані особливості, слід враховувати у дослідженні та подальшому поводженні з донними відкладами річкової мережі. Це стосується не тільки власне видобутку та використання піску, гравію, важких мінералів тощо, а й діяльності по очищенню забруднених ділянок річкового русла, прилеглих ярів та балок, поглиблення річищ

з метою судноплавства, природоохоронних дій та іншої діяльності в акваторії річок Центральної та Південної України. *Без виконання спеціалізованих очисних робіт, заповнені промисловими та побутовими відходами яри, балки та малі річки району досліджень перетворилися в еконебезпечні зони сучасного геологічного середовища.*

Найбільш значний вплив промислові та сільськогосподарські джерела забруднення мають на літологію верхніх ділянок алювіального розрізу. Шар донного річкового мулу від його поверхні до глибини 1-2 м містить значну кількість різноманітних часточок антропогенного походження. В деяких місцях відбувається формування косових і руслових покладів, що простежуються на відстані до кількох кілометрів.

Таким чином, сучасний алювій річок формується в принципово різних умовах: природних та техногенно змінених. Чинниками формування донних осадків, у першому випадку, виступають природні фактори: геологічні, географічні, фізико-хімічні та біологічні. Господарська діяльність передбачає втручання людини в природні процеси, у тому числі, і процес осадконакопичення. Це втручання може бути різним за ступенем впливу – від незначного до надзвичайного, та призводити до формування принципово нового типу алювію, а саме *техногенних донних осадків.*

Наявність покладів корисних копалин на даних територіях обумовила інтенсивний розвиток гірничо-видобувної та металургійної промисловості і, як наслідок, значний техногенний пресинг на геологічне середовище. Техногенний вплив визначається, насамперед, у наявності потужних і численних кар'єрів і шахт, відвалів металургійних шлаків, розкривних і вміщуючих порід, некондиційних руд, відстійників, хвостосховищ, шламосховищ та інших промислових об'єктів. Екологічний стан зазначених площ, що в цілому займають до 10% територій регіону, порушений до ступеня непридатності для життєдіяльності людини. Промислові надходження суттєво змінили будову, склад і властивості алювію, погіршили екологічний стан річкової мережі регіону та, водночас, створили «техногенні рудопрояви і родовища» – місця істотної концентрації мінеральної сировини індустріального походження [78].

Алювій досліджених річок характеризується значною мінливістю складу та будови покладів. Навіть утворений у схожих фаціях річкового седиментогенезу, алювій різних річок суттєво відрізняється. Все це слід враховувати при проведенні літолого-технологічних досліджень і використанні алювію.

Річкова мережа району зазнала надзвичайно інтенсивних антропогенних навантажень. Екологічний стан площ порушений наближається до ступеню непридатного для життєдіяльності людини. Істотну роль відіграло гірничо-видобувне та металургійне виробництво, зумовлене наявністю значних покладів корисних копалин, головним чином залізних, марганцевих, поліметалічних руд. Техногенний вплив на геологічне середовище визначається, насамперед, у наявності великих і численних кар'єрів глибиною до сотень метрів; відвалів металургійних шлаків, розкривних і вміщуючи порід, некондиційних руд; відстійників, хвостосховищ, шламосховищ та інших промислових об'єктів. З них до річкового алювію потрапляє велика кількість різноманітних забруднюючих речовин. Будова розрізу ускладнилась численними намивами з розташованих уздовж річки відвалів, хвостосховищ тощо.

Літологія сучасного алювію річок південно-східного та центрального районів України визначається комплексом антропогенно-природних факторів: геоморфологією, фізико-географічним фактором; геологічною будовою водозбірної території; промисловим та сільськогосподарським навантаженням на водозбірну площу. Урбанізація та значний розвиток промисловості на цих територіях обумовлюють збільшення темпів та обсягів надходження до водотоків твердої речовини. При цьому, твердий стік, сформований за умов активного техногенезу, має принципово відмінний від природного речовинний склад.

Поверхневий шар донного річкового осаду може містити значну кількість різноманітних часток промислового походження. За їх участю в річкових долинах формуються косові і руслові розсипи, що простежуються на відстані до кількох кілометрів. Асоціація природних мінералів у донних відкладах Дніпра протягом останнього часу доповнилась промисловими мінеральними частками. Бронза знаходиться у вигляді кутастих та частково обкатаних зерен, присутні також уламки металургійного скла і шлаку, магнітні кулі

тощо. За хімічним і мінеральним складом сучасний річковий алювій, в окремих ділянках річищ, став відповідати відходам видобутку, збагачення та переробки руд. У продуктах сучасного річкового седиментогенезу співвідношення теригенних, аутигенних і техногенних компонентів у порівнянні з минулими геологічними епохами змінилося на користь аутигенних і техногенних компонентів. Це може слугувати одним з критеріїв кількісної оцінки масштабів техногенної зміни гідросистеми.

На замулених ділянках річищ за участю мікроорганізмів посилюються процеси аутигенного мінералоутворення і перетворення осаду. Вони відбуваються як в аеробних (гідроксиди заліза), так і в анаеробних (сульфіди) умовах. Мікроскопічні розміри сприяють виносу новоутворених мінеральних індивідів і агрегатів до лиманів і відкритого моря. Тому частина широко розвинених в сучасних морських осадах «аутигенних» мінералів може надходити разом з твердим стоком річок і бути теригенними. Це стосується дрібних ідіоморфних кристалів і агрегатів сульфідів, сульфатів, карбонатів, гетиту, лепідокрокіту, осадових хлоритів, регенерованих часточок золота та інших мінералів.

Таким чином, сучасні донні осадки річок формуються в принципово змінених умовах: природних та техногенних. Чинниками формування природних донних осадків виступають геологічні, географічні, фізико-хімічні та біологічні фактори. Антропогенна діяльність обумовлюється втручанням людини в природні процеси, у тому числі, і процес річкового осадконакопичення. Це втручання може бути різним за ступенем впливу – від незначного до надзвичайного, та призводити до формування принципово нового типу алювію, а саме техногенних донних осадків. Даний факт, має високий потенціал як для проведення пошукових робіт, локалізації і переробки техногенних родовищ, так і для заходів з ревіталізації річок.

Сучасні донні осадки річок, як сировина для збагачення, суттєво відрізняються від корисних копалин, що видобуваються в даний час в Україні і за її межами. Ці відмінності визначаються в наступному: потужність алювіального покладу змінюється в широких межах, що унеможливорює ведення планових гірничо-видобувних робіт; алювій є комплексною сировиною та складений різноманітними мінераль-

ними компонентами і не може бути повністю перероблений за відомими технологіями без утворення нових відходів. Використання традиційних «водних» схем збагачення (зокрема, магнітної сепарації) зумовило забруднення значних територій, що вимагає суттєвих витрат на очищення зворотних вод. Зважаючи на це, значний потенціал використання має інноваційна технологія комплексного збагачення, створена у Відділі проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ ДНУ ВМГОР НАН України. Для поділу рудних і нерудних мінералів алювію вона використовує комплекс фізичних та хімічних властивостей і характеристик, а також попередню підготовку алювію у роторному млині. За умов доопрацювання нова розробка може бути запропонована для використання у промисловому виробництві. В результаті, цінні мінерали, що накопичуються в межах річкових долин можуть видобуватися попутно з виконанням днопоглиблювальних, очисних, будівельних та інших робіт. Крім економічних результатів вони можуть мати також і важливе екологічне значення.

Найбільш перспективними для збагачення є ділянки річкових долин, в яких одночасно концентруються мінерали природного і техногенного походження. Низка проведених випробувань дала можливість запропонувати технологічну схему сепарації як природно, так і техногенно збагачених різновидів алювію..

Головні висновки досліджень, наведених у цьому розділі, полягають в наступному:

1. Будова і склад сучасного алювіального розрізу річок південно-східного району України обумовлений комплексною дією природних і техногенних факторів. Вони обумовили утворення специфічної теригенно-мінералогічної спеціалізації донних осадків окремих річок з рудопроявами і точками мінералізації різноманітних корисних копалин.

2. Нижче розподілу вода-осад у річковій гідросистемі утворилася значна маса мінеральної речовини хомогенного походження. У формі мікрочасточок твердого річкового стоку вона транспортується до морських басейнів де розповсюджується у якості теригенного матеріалу. Тому слід шукати відміни у їх морфології, складі та інших особливостей від схожих аутигенних утворень морських басейнів.

3. Поверхневий шар донного річкового мулу (до глибини 1-2 м) містить значну кількість мінеральних компонентів неприродного походження. Вплив промислових підприємств на склад алювіальних відкладів річкової мережі має різні масштаби - від незначного до надзвичайного, з утворенням в окремих ділянках річищ техногенних донних осадків і рудних покладів.

4. Найбільш забруднений промисловими відходами алювій локалізується в середній течії р. Інгулець та її притоках; менша ступінь забруднення спостерігається у річках Дніпро, Південний Буг, Інгул, а також у верхів'ях та пониззі Інгульця. Джерелами техногенного забруднення річки Інгулець та її приток у межах Кривбасу виступають підприємства гірничо-металургійного комплексу з відвалами металургійних та гірничо-видобувних підприємств, шламо- та хвостосховищами, відстійниками та проммайданчиками, з яких промислові відходи потрапляють до водотоків з дощовими водами і пило-газовими хмарами з газоочисних споруд. За гранулометрією, морфологією, мінеральним і хімічним складом техногенно перетворені (переміщені, подрібнені та збагачені) літокласти чітко відрізняються від природних, що потрапляють до алювію з кори вивітрювання гірських порід і руд.

5. Вивчення та врахування літологічних і технологічних властивостей річкового алювію обумовлюють можливість розділення рудних та нерудних мінералів осадку за комплексом ознак, таких як: міцність, питома вага, крихкість, пластичність, магнітні і електростатичні властивості, розмір і форма частинок, здатність до стирання. Найперспективнішими для збагачення є ділянки річкових долин, де одночасно відкладаються мінерали природного і техногенного походження.

6. Запропоновано технологічну схему збагачення природних і техногенно-природних відкладів річок промислово навантажених територій з виробництвом залізрудного, цирконового, монацитового, альмандинового, ільменітового концентратів. Для збагачення може бути використана комплексна магнітно-гравітаційна сепарація у турбулентному повітряно-мінеральному потоці. Очищені від рудних та важких мінералів хвосты збагачення річкового осаду містять глину, карбонати, кварц, маршаліт, слюди та інші цінні мінеральні компоненти. Використання їх може підвищити масштаби

залучення алювію до господарської діяльності, зменшити обсяги накопичення промислових відходів та сприяти покращенню екологічного стану довкілля.

3.3. Мінеральні новоутворення та важки метали на техногенних об'єктах ГЗК

Формування карбонатних відкладів під впливом інфільтрацій з хвостосховища ЦГЗК. На території Криворізького басейну розташована велика кількість гірничих підприємств, з діяльністю яких пов'язані значні зміни довкілля. Особливо навантаженими є ділянки геологічного середовища, наближені до хвостосховищ, відстійників, шламосховищ та інших накопичувачів подрібнених та зволжених промислових відходів. З них у водоносні горизонти та поверхневі природні водотоки інфільтрується технологічна вода, насичена легкокорозійними солями. Дослідження пов'язаних з ними мінеральних новоутворень мають важливе значення, оскільки дозволяють прогнозувати розвиток природно-техногенних процесів у навколишньому середовищі.

Одним з новоутворених об'єктів гірничої промисловості є хвостосховище ПРАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ЦГЗК). Воно розташоване у тальвегах балок Велика та Мала Лозуватка, в центрально-західній частині Кривого Рогу на відмітках 95-115 м над рівнем моря. До хвостосховища скидаються відходи збагачення магнетитових кварцитів ЦГЗК у вигляді пісків та високомінералізованих стічних вод. Щорічні надходження пісків становлять 7,8 млн тон із вмістом магнітного заліза близько 7,0% [158]. Важка фракція відходів накопичується у картах наміву хвостосховища, а відносно очищена вода частково повертається до ставка оборотної води шламосховища, звідки знову забирається для потреб збагачувальної фабрики. Повернення води забезпечується шляхом стікання її до дренажних систем, розташованих по периметру хвостосховища (рис. 9 додатків).

Втрата води внаслідок випаровування з поверхні дзеркала хвостосховища, дренажу через упорні призми (дамби) і до водоносних горизонтів, змушує підприємство постійно поповнювати запаси води із річки Інгулець, біля с. Авангард. По периметру

хвостосховища утворилися штучні джерела, через які високо-мінералізована вода дренує із-під дамби хвостосховища у напрямку річки Інгулець, промислових об'єктів та населених пунктів Криворізького району. Насичені штучні розчини-водотоки поширюються у навколишньому середовищі, дренують товщу палеоген-неогенових осадових порід і змінюють їх природний стан [126].

На вивченій території встановлені джерела виходу техногенної води із-під упорних призм хвостосховища ЦГЗК. Прориви води мають періодичний характер і пов'язані з перенасиченням хвостів збагачення ЦГЗК водою під впливом атмосферних опадів. Під час водонасичення в даних ділянках утворюються водні потоки з підвищеною гідрокарбонатною мінералізацією.

В тальвегах балок навколо хвостосховища ЦГЗК автори виявили поклади травертину, що залягають на розмитій поверхні четвертинних лесоподібних суглинків з прошарками чорнозему. Вапняки утворюють субгоризонтальні верстви та лінзи потужністю від кількох сантиметрів до 0,5 м. Вони суттєво відрізняються від карбонатних осадових порід сарматського віку у відслоненнях балок Велика та Мала Лозуватка і не пов'язані з їх перевідкладенням.

Поверхня верств травертину має вигляд субгоризонтальних площадок, терас та напливів, що спускаються каскадом в напрямку гирла балок. Мінерали, з яких складається порода, утворюють лускоподібні, таблитчасті агрегати, щітки, кірки і вицвіти на поверхні порід, з яких побудована дамба. Відклади травертину в ділянках максимального розвитку (на відстані 5-15 м від джерел мінералізованої води) сягають в ширину близько 4-4,5 м. Далі вони простежуються по водотокам і затухають через 30-50 м, де потужність шару зменшується до 2-3 см.

Макроскопічно порода біла, світло-сіра, рідше зеленкувата та блідо-рожева. Текстура грубо-шарувата, лускувата, пориста. Структура дрібнозерниста, прихованокристалічна. Місцями травертин утворює пухку землисту або грудкувату масу незцементованих часточок всередині пачок щільної будови або на їх поверхні. У формуванні відслонень приймають участь різновеликі уламки залізистих кварцитів зі схилів упорної призми хвостосховища та велика кількість рослинних залишків, покритих кірками, щітками та

вицвітами хомогенних карбонатів. Карбонатний склад агрегатів підтверджує бурхлива реакція з розчином HCl.

Під мікроскопом порода має білий з коричневим відтінком колір, шарувата, місцями плямиста з великою кількістю пустот (рис. 3.12). Шаруватість зумовлена тонким чергуванням мікроверств прихованокристалічного карбонату, глинистих мінералів та гетиту. Ділянками породоутворюючі мінерали утворюють концентрично-зональні натічні агрегати.

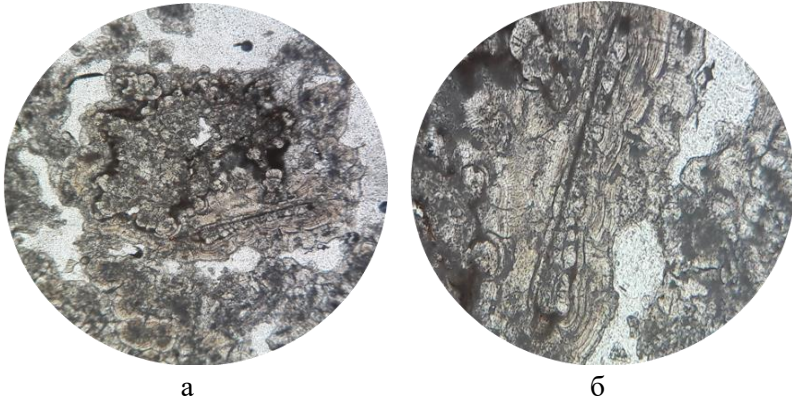


Рис. 3.12. Травертин під мікроскопом: а – мікрошаруватий; б – концентрично-зональний з великою кількістю. пустот. Прозорий шліф, ніколі паралельні, збільшення 25^X.

Мінеральний склад: головним породоутворюючим мінералом травертину являється кальцит (можливо арагоніт), вторинні мінерали - кварц, біотит, гетит, акцесорні - рутил, магнетит, мартит, хлорит. Реліктові уламки вміщуючих порід представлені зернами залізистих кварцитів, жильного кварцу, гранітів тощо.

Карбонати молочно-білі, рожеві, жовто-коричневі від домішків гетиту, зустрічаються незабарвлені виділення. Кристали спостерігаються рідко. Основна форма агрегатів – сфероїд. Скупчення сфероїдів утворюють натічні форми та кірки, щітки і півки.

Під електронним мікроскопом натічні форми карбонатів мають вигляд грудкуватих агрегатів, напливів, стяжін, сфероїдальних

утворень прихованокристалічної внутрішньої будови (рис. 3.13). За даними мікрозондового аналізу, їх склад відповідає кальциту. Можливі домішки опалу, гіпсу, галогенідів. Уламкові зерна гематиту (мартиту) з матеріалу дамби хвостосховища покриті зональною оторочкою гіпергенного гетиту (лімоніту).

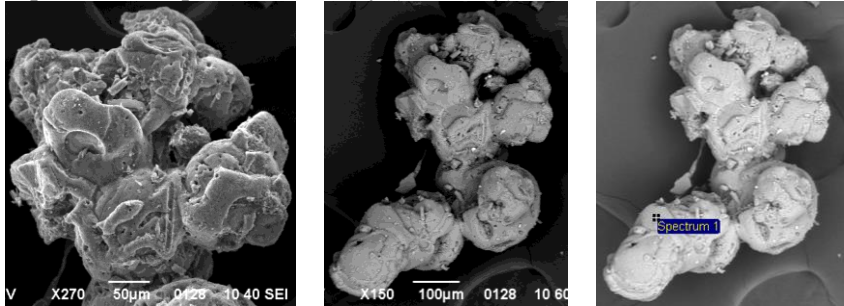


Рис.3.13. Натічні агрегати природно-техногенного кальциту. РЕМ, МЗ.

| Element | Weight % | Atomic % | Compd % | Formula |
|---------|----------|----------|---------|------------------|
| C | 21.50 | 29.15 | 78.77 | CO ₂ |
| Si | 0.38 | 0.22 | 0.81 | SiO ₂ |
| S | 0.20 | 0.10 | 0.50 | SO ₃ |
| Cl | 0.82 | 0.38 | 0.00 | |
| Ca | 13.66 | 5.55 | 19.11 | CaO |
| O | 63.45 | 64.60 | | |
| Totals | 100.00 | | | |

У хімічному складі травертину домінує CaO (48,73%), на другому місці SiO₂(4,44%), незначна кількість MgO (0,56%). Відмічається незначний вміст заліза: FeO (1,07%) та Fe₂O₃ (0,96%). Втрати при прожарюванні склали 43,24%. Результати хімічного аналізу свідчать, що травертин майже повністю складається з карбонату кальцію.

Травертин має суттєві геохімічні особливості, що відрізняють його від природних осадових порід у районі досліджень. Порода збагачені лише CaO і тільки за вмістом Mn схожа з іншими осадками району досліджень. Вміст останніх хімічних елементів значно нижчий (табл. 3.9), а Sc, Ba, Y, Co, Zr, Nb, Ga, Be, Yb у деяких пробах взагалі не визначені спектральним аналізом. Таким чином, карбонатні новоутворення виявилися значно «чистішими» за рівнем

як важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co), так і рідкоземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb).

Таблиця 3.9.

Елементи-домішки у складі донного осаду балки Велика Лозуватка, за даними спектрального аналізу, (мг/кг)

| № пр. | Н, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Sc | Ba | Y | Mn | Co | Ti | V | Zr | Nb | Ga | Be | Yb |
|-------|------|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|------|----|-----|----|----|----|----|
| 1 | 87 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | 100 | 30 | 400 | 3 | 1000 | 40 | 80 | 1 | 4 | 2 | 2 |
| 2 | 81 | 3 | 2 | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 400 | 0 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 77 | 20 | 40 | 20 | 10 | 20 | 300 | 40 | 400 | 3 | 2000 | 40 | 200 | 2 | 4 | 2 | 3 |

Примітки: 1. Аналізом не встановлені хімічні елементи: P, Ag, Hg, Bi.

2. Н - висота над рівнем моря. Відстань місць відбору проб від упорної призми хвостосховища: пр. 1 - 3 м; пр. 2 - 20 м; пр.

3 – 200 м. Матеріал проб: пр. 1 – суглинки зі значною домішкою чорнозему; пр. 2 – травертин; пр. 3 – записочені суглинки з чорноземом.

Наведені дані свідчать про чистоту хімічних процесів в умовах сучасного осадконакопичення без участі у них домішок важких металів. У процесі формування травертину бере участь суто гідрокарбонат кальцію, який під впливом зміни термодинамічних умов розкладається на нерозчинний карбонат кальцію, чисту воду та вуглекислий газ [159]:



Утворення травертину відбувається звичайно з падінням тиску, пов'язаного з виходом підземних вод на поверхню. Воно супроводжується асиміляцією виділеного CO₂ рослинами або дифузією в атмосферу внаслідок інтенсивного руху води. У результаті відбувається хімічна реакція, в якій виділяється нерозчинний у воді карбонат кальцію [123].

З таблиці також видно, що вміст важких металів у пробах змінюється від вершини до гирла балки. На ділянках сучасного формування травертинових новоутворень вміст майже усіх важких металів різко падає і навіть досягає нуля, а в напрямку до гирла

балки знову зростає. Це може свідчити про розчинення та вимивання з осаду окремих хімічних елементів водою, що депонує з виявлених джерел. Розчинення мало вибіркового характеру, оскільки вміст Ni, Cu, Pb, Mn, Co, V, Ga і Be в осадах не змінився.

Таким чином, технологічна вода, що циркулює в оборотному циклі ГЗК збагачена різноманітними розчинними солями, у тому числі гідрокарбонатом кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Значні обсяги депонування її з об'єму хвостосховищ у геологічне середовище призводять до активізації процесів сучасного осадкоутворення. Розвантаження техногенних та змішаних природно-техногенних вод на денну поверхню супроводжується осадженням розчинених солей. Йому сприяє зміна температур, рН середовища та підвищення концентрації внаслідок випарювання води. Карбонатна порода, утворена з вуглекислих джерел, може бути віднесена до *травертину*. Досліджені травертини приурочені до джерел у фундаменті дамби хвостосховища ГЗК і за походженням є техногенно-природними. Вони локалізовані на денній поверхні виключно в зоні витоку та випаровування високомінералізованої технологічної води ГЗК. Зміна умов в місцях розвантаження подібна до умов утворення природного травертину [157, 172, 173].

У стратиграфічному відношенні, охарактеризовані породи відносяться до голоценового відділу четвертинної системи. На геологічному розрізі ділянки їх поширення обмежуються мережею балок, де вони локально перекривають суглинки лесоподібні жовтобурі, палеві з прошарками реліктових ґрунтів. Разом з перлами арагоніту [40], рудними грауваками [165], травертини доповнюють перелік техногенно-природних осадових порід, що в сучасну геологічну епоху утворюються в межах Криворізького басейну.

Техногенно-природні травертини Криворіжжя мають високі тепло- та звукоізоляційні властивості, задовільний декоративний вигляд та дуже низький, до повної відсутності, вміст важких металів. Вони можуть знайти використання у житлово-комунальному будівництві та виробництві екологічно чистих матеріалів іншого призначення.

Важки метали на техногенних об'єктах ГЗК. Хоча за даними більшості дослідників породи залізисте-кременистих формацій зазвичай мають низький вміст важких металів (ВМ), тем не менш ґрунти навколо Кривого Рогу ними забруднені. Розподіл їх вмісту

підкоряється переважаючим напрямкам вітрів, враховуючи їх сезонність. Найвищу концентрацію важких металів виявлено на території західних і південних околиць міста, особливо в районі 2-3 км від їх меж, що цілком відповідає тій відстані, на яку розповсюджується хмара пилу з шлакових відвалів металургійних комбінатів (табл. 3.10). Повітря у Кривому Розі, у порівнянні з фоновими концентраціями, збагачене оксидами кремнію та заліза (90% всіх пилових часток), а також містить підвищені концентрації оксиду вуглецю, сірки, азоту [37]. Незважаючи на очевидне головне джерело і механізм надходження ВМ у ґрунти, їх подальша міграція ще вивчена недостатньо. Тому метою даної частини розділу було вивчити фактори цієї міграції на техногенних об'єктах ГЗК.

Таблиця 3.10.

Витяг з Кадастру техногенних об'єктів південної промислової зони Криворізького басейну, за [83]

| Підприємство | Джерела утворення відходів | Сировина і відходи її переробки | Вміст ВМ у відходах, мг/кг | Складування і переробка відходів | Шляхи проникнення ВМ в геологічне середовище |
|--------------------------------|-------------------------------|---|---|----------------------------------|--|
| ПАТ „АрселорМіттал Кривий Ріг” | мартенівські печі, конвертори | чавун і флюсова сировина: шлак сталеплавильного виробництва | Cr ⁺³ -1000-4000, Mn-5000-7500, Co- 50-100 | зберігання в шлакових відвалах | пилові виноси з відвалів, вимивання атмосферними опадами, інфільтрація в водоносні горизонти |
| | | флюсовий шлак | Cr -70-150, Mn-1000-2000 | повернення у виробництво | |
| | агломерційна фабрика | пил сировинних матеріалів | Zn-100-150, Ni-50-70, Cr-30-50, Mn-500-1200 | повернення у виробництво | пилоутворення, вимивання опадами, механічне перенесення |

Практично всі техногенні об'єкти гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) у Кривому Розі представляють собою локальні природно-техногенні геоекосистеми, що мають власну циклічність розвитку, пов'язану з технологічними циклами видобутку і збагачення залізних руд. Це обумовлює існування на їх територіях певних техногенно-геохімічних ландшафтів і локальних арен геохімічної міграції. Першими у технологічному ланцюжку діяльності ГЗК знаходяться об'єкти видобутку залізної руди (кар'єри і шахти). Шахтні й кар'єрні води зазвичай скидаються в балки, де формуються пруди-відстійники. Шлами від збагачення залізної руди трубопровідним транспортом чи машинами подаються в шламосховища насипного або яружного типу.

Для оцінки просторового розподілу важких металів на об'єктах ГЗК у місті Кривий Ріг було обрано 4 райони досліджень. Перший – Червона балка, що розташована в 3 км на північ від ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Другий – балка Свистунова, що по факту є ставком-накопичувачем шахтних вод ДП «Кривбасшахтозакриття». Третій – хвостосховище, яке розташоване між ПАО НПП «Механобрчермет», Південним кар'єром та шахтою «Гігант-Глибока», що нині працює в режимі гідрозахисту. Четвертий – охоплює прилеглу до кар'єру №1 територію, включаючи хвостосховище ПРАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ЦГЗК). Із вищеперерахованих районів відбиралися проби ґрунтових покривів, які в основному представлені чорноземом, технічним мулом, суглинками, бентонітовою глиною, пісками із домішками нафтопродуктів, донних відкладів та шламу.

49 проб району досліджень проаналізовані напівкількісним атомно-емісійним спектральним аналізом у лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, а 17 з цих проб додатково – у лабораторії Технічного університету м. Кошиці (Словаччина) методами атомно-абсорбційного спектрального аналізу з використанням 0,5М HCl та 2М HNO₃. Вміст ВМ і характер кореляційних зв'язків у між елементами у одній і тій вибірці відрізняються у залежності від методу аналізу. Висновки про розподіл ВМ на об'єктах ГЗК у розділі оснований на даних атомно-емісійного спектрального аналізу. Тому

спочатку проведемо його порівняння з атомно-абсорбційним спектральним аналізом

Зрозуміло, що напівкількісний атомно-емісійний (АЕ) спектральний аналіз не може за точністю і чутливістю конкурувати з атомно-абсорбційним (АА) спектральним аналізом. Нині АА метод аналізу дозволяє визначати близько 70 елементів - металів і неметалів. Для більшості визначуваних елементів можливе досягнення відносно низьких меж виявлення: в полум'яному варіанті – від десятих доль до десятків і сотень мкг/л; у електротермічному варіанті – від тисячних до десятих доль мкг/л. Абсолютні межі виявлення в полум'ї складають 10^{-1} - 10^5 нг, в електротермічному варіанті - 10^{-5} - 10 нг [18]. Тем не менш, практично всі висновки о розподілі ВМ у Кривому Розі основані на даних напівкількісного АЕ аналізу. Тому варто більш детально зупинитись на порівнянні ЕА і АА аналізів на даних вищезгаданої вибірки із 17 проб.

Точність напівкількісного АЕ спектрального аналізу звичай залежить від суб'єктивної оцінки оператором інтенсивності спектральних ліній. Треба відмітити, що при АЕ аналізі такі багатокомпонентні речовини як руди, мінерали і гірські породи характеризуються фракційністю випаровування (у часі) з'єднань елементів із розплавів, які утворюються в каналі електрода. Наприкінці випаровування в хмару дуги поступають найменш летучі з'єднання елементів [135], але атомізація проби при температурі дугі (біля 6800° К) проходить повністю. При АА аналізі вилучення елементів у робочий розчин може проходити не повністю внаслідок різної хімічної стійкості мінералів. Це стосується насамперед акцесорних мінералів (наприклад циркону), більшість яких майже не розчинюється у кислотах. Цим може пояснюватися розходження результатів різних методів спектрального аналізу, при порівнянні яких (табл. 3.11) виділяться декілька груп:

1. АЕ дає схожі результати хоча б з одним видом АА аналізу з відхиленням у межах 10 мкг/ кг (у таблиці виділені жирним шрифтом). Результати АЕ аналізу можна вважати більш менш достовірними.

2. Результати АЕ аналізу мають проміжне положення між результатами АА аналізу різними методами і значно відрізняються від них. Характерно для Cr (4 проби).

Таблиця 3.11.

Вміст ВМ у пробах, визначений різними методами спектрального аналізу в мкг/кг (напівкількісним атомно-емісійним – верхня цифра, атомно-абсорбційним з використанням 0,5М НСІ – середня, атомно-абсорбційним з використанням 2М ННО₃ – нижня)

| № пр. | Висота над р.м., м | Назва проби | Cr | Sb | Cu | Pb | Zn |
|-------|--------------------|---|--|------------------------|--|---------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 90 | Технічний мул, гнила рослинність, дрібнодисперсні відходи з домішками рослинності, гілки, коріння дерев | 60 33,9 104,01 | н/в 96,84 110,68 | 100 68,29 164,92 | 60 50,5 41 | 80 338,35 670,73 |
| 4 | 84 | Мазут | 80 16,28 105,79 | н/в 92,99 126,64 | 60 46,05 65,9 | 30 35 36,5 | 30 173,02 177,54 |
| 7 | 80 | Грубозернистий пісок із домішкою нафтопродуктів та рослинності | 80 18,91 141,12 | н/в 70,84 122,03 | 50 13,29 13,99 | 40 11,5 12,5 | 50 52,7 56,04 |
| 10 | 73 | Чорнозем, рослинність | 0 86,11 155,22 | н/в 86,11 120,68 | 50 0 49,09 | 30 46,9 38 | 50 41 221,47 |
| 12 | 35 | Дрібнодисперсний пісок | 60 25,89 158,98 | н/в 82,86 117,45 | 60 25,55 27,31 | 60 32,5 26 | 80 154,87 159,01 |
| 14 | 81 | Травertinoподібні четвертинні відкладення | 2 98,02 230,93 | X 94,71 103,07 | 5 4,5 5,72 | 2 20 21,5 | 0 18,27 26,74 |
| 16 | 61 | Донні відкладення | 20 37,1 209,83 | н/в 88,73 133,04 | 0 15,9 35,65 | 0 0 10 | 0 14,33 17,74 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|----|--|---|------------------------|---|---|--|
| 18 | 88 | Донні відкладення | 0 0 0 | н/в 0 0 | 50 21,49 21,49 | 0 6 6 | 80 26,55 26,55 |
| 21 | 84 | Донні відкладення | 30 8,69 201,67 | н/в 79,35 105,72 | 10 16,35 18,17 | 0 9 13,5 | 0 23,57 26,07 |
| 25 | 78 | Шлам змішаний із матеріалами шахтного видобутку | 30 62,7 217,62 | н/в 84,06 117,13 | 10 11,32 27,4 | 20 3 10,5 | 50 20,71 24,14 |
| 27 | 76 | Сухий шлам, осадок із шахтної води | 30 1,81 1,81 | X 0 0 | 20 15,4 15,4 | 20 24,5 24,5 | 100 47,1 47,1 |
| 30 | 80 | Гудрон, чорний сухий шлам | 0 37,3 241,27 | н/в 69,43 116,86 | 20 9 22,51 | 20 6 7,5 | 80 13,54 18,65 |
| 32 | 14 | Дресва, кора вивітрювання гранітів та мігматитів | 20 25,71 25,71 | н/в 6,46 115,44 | 200 10,1 10,1 | 30 0 0 | 0 13,16 13,16 |
| 35 | 23 | Зелена морська глина, що залягає на вапняково-глинистій породі | 20 6,46 42,92 | н/в 22,67 114,56 | 80 7,2 18,21 | 20 4,5 13,5 | 0 2,45 5,6 |
| 37 | 73 | Зелено-сіра глина | 8 22,67 41,06 | н/в 73,28 115,23 | 80 5,31 20,4 | 10 0 8,5 | 80 6,05 25,06 |
| 38 | 70 | Каолінові відклади | 10 50,87 66,19 | н/в 87,32 100,14 | 80 5,83 19,7 | 10 0 5,5 | 0 0,41 4,08 |
| 39 | 45 | Суміш чорнозему, глини, піску і деревинних решток | 8 70,41 80,8 | н/в 95,98 121,99 | 80 8,12 120,26 | 20 0 4 | 60 2,4 23,65 |

Примітка: н/в – вміст не визначався

3. Результати зростають від АЕ аналізу до АА аналізів (зазвичай найбільші у АА аналізах з використанням 2М HNO₃, часто АА аналізи співпадають чи схожі). Характерно для Cr (9 проб) і Sb.

4. З результатами АЕ аналізу значно вищими (у 2 рази і значно більше) за результати АА аналізів, які часто можуть бути схожими чи співпадати (сірий колір комірок у таблиці). Характерно для Cu, у

меншому ступеню для Pb і Zn. Причому результати АА аналізів зазвичай схожі чи співпадають.

Розраховані за даними, отриманими різними методами спектрального аналізу в одній і тій ж вибірці з 17 проб, парні кореляційні зв'язки Пирсона зображені на рисунку 3.14. Вони найбільші між різними ВМ у даних, отриманих АА аналізом з використанням 2М HNO₃, та частково втрачаються і стають слабкішими у даних, отриманих АА аналізом з використанням 0,5М HCl. Теж само стосуються і зав'язків ВМ з висотою місць відбору проб над рівнем моря. У даних, отриманих АЕ аналізом, зв'язки між ВМ ще слабкіше, але з'являються так звані «наведені» зв'язки – сильний прямий між Cr і Pb, слабкий прямий між Zn і висотою над рівнем моря та сильний зворотній між Cu і висотою над рівнем моря, який також з'являється і у виборці АЕ аналізу із 49 проб (рис. 3.15). Пояснення появи кореляційних зв'язків між елементами у вибірках проб полягає в тому, що з одного боку в мінералах-концентраторах вони знаходяться в певних процентних співвідношеннях, а з іншого – самі такі мінерали присутні в пробах у різній кількості. Це у сукупності має вираз у вмісті елемента у пробі та певних кореляційних зв'язках між елементами.

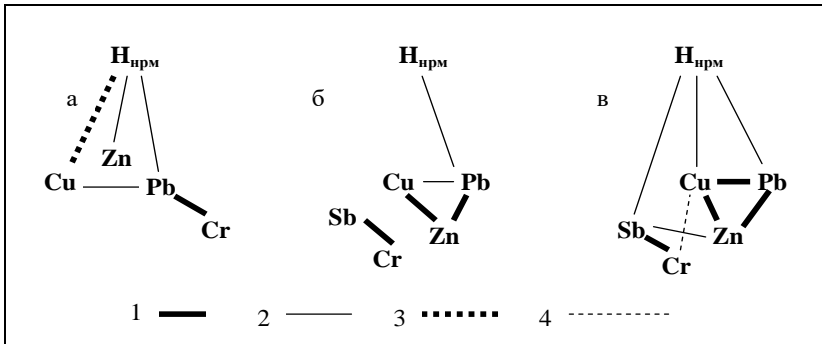


Рис. 3.14. Кореляційні зв'язки між важкими металами та висотою над рівнем моря ($H_{нрм}$) у вибірці 17 проб різними методами (а – атомно-емісійний аналіз; б – атомно-абсорбційний аналіз із використанням 0,5М HCl; в – атомно-абсорбційний аналіз із використанням 2М HNO₃). Зв'язки: 1 – сильні прямі (>0,5), слабкі прямі (0,3 – 0,5), сильні зворотні (>0,5), слабкі зворотні (0,3 – 0,5).

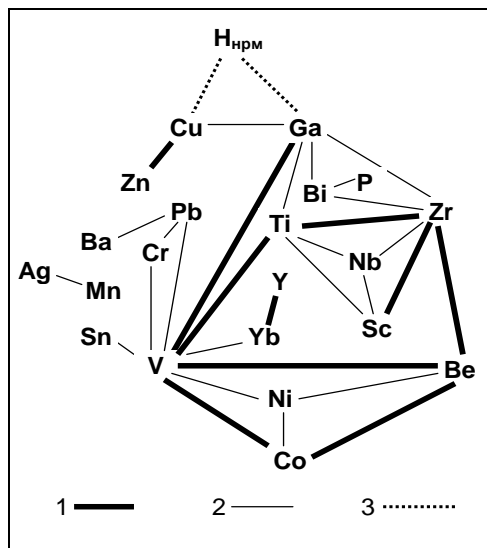


Рис. 3.15. Кореляційні зв'язки між важкими металами та висотою над рівнем моря ($H_{нрм}$). Вибірка 49 проб, напівкількісний атомно-емісійний аналіз. Зв'язки: 1 – сильні прямі (0,6 – 0,8), слабкі прямі (0,5), слабкі зворотні (0,5).

Пов'язана сильними кореляційними зв'язками група елементів (см. рис. 3.15), скоріше за все, характеризує кору вивітрювання архейських порід з концентрацією елементів у хімічно стійких мінералах типу циркону і монациту. Із важких металів в ній присутні Ni, Co, Be та ін. До цієї групи примикає група ВМ, пов'язаних менш сильними зв'язками (Cu, Zn, Pb, Cr, Ba, Mn, Sn, Ag), які ймовірно по'язані з вивітрюванням відвалів шлаків металургійних комбінатів, коли внаслідок їх окислення формуються пухкі маси гідрокарбонатів, що можуть легко переноситися вітром [34].

Із наведеного порівняння спектральних методів АЕ аналізу і АА аналізів можна зробити наступні висновки:

1. Найбільш точним метод АА аналізу в нашому випадку являється атомно-абсорбційний аналіз із використанням 2М HNO_3 , що, скоріше за все, пов'язане з найбільш повним вилученням елементів у робочий розчин при підготовці проб.

2. Вміст ВМ у пробах пов'язаний прямими, хоча і не такими сильними кореляційними зв'язками з висотою відбору проб на місцевості.

3. Сильний кореляційний зв'язок між Cu і висотою над рівнем моря у вибірках АЕ аналізу має логічне пояснення поглинанням цього елемента рослинністю у більш низьких і вологих місцях, хоча і частково може бути наведеним за рахунок неточності визначень вмісту Cu . Але «завищення» вмісту Cu зазвичай припадають у вибірках АЕ аналізу на кору вивітрювання гранітів і мігматитів та хімічно стійкі продукти її переміщення (каолінові відклади та різні глини), матеріал якої у тій чи іншій кількості присутній у пробах.

З врахуванням цих висновків спробуємо проаналізувати розподіл ВМ на об'єктах ГЗК.

Червона балка. Точки відбору проб, їх висота над рівнем моря та вміст у них важких металів показані в таблиці 1. Перші 11 проб відібрані у верхній частині балки, а остання – на значній від них біля дамби, яка відділяє її від річки Інгулець.

Якщо уважно аналізувати зміни вмісту важких металів за профілем балки Червона (табл. 3.12, рис. 3.16), то можна відмітити, що концентрації майже всіх елементів певним чином пов'язані з кривою висоти відбору проб – у окремих більш високих точках вони менші, а у переважній більшості більш низьких точок на місцевості вони є меншими. Це можна пояснити тим, що з більш високих відміток місцевості мулисті частинки, привнесені з шлакових відвалів металургійних комбінатів, які збагачені ВМ, змиваються чи переносяться вітром у понижені місця. Високі значення вмісту ВМ на кінці профілю обумовлені розташованою там дамбою, що перешкоджає подальшій міграції важких металів. Крім того, в усті Червоної балки характерне накопичення великої кількості побутових відходів, а у сукупності із географічною близькістю ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» підвищений вміст там ВМ має логічне пояснення. Розподіл свинцю і міді частково можливо пояснити ще й їх виносом рослинністю і подальшим накопиченням у гумусовому горизонті, що, враховуючи близькість паркової зони, може мати місце [41, 51].

Таблиця 3.12.

Вміст важких металів за профілем балки «Червона» за даними атомно-емісійного спектрального аналізу

| Проба | Висота, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-------|-----------|----|-----|-----|----|----|
| 1 | 90 | 60 | 60 | 100 | 60 | 80 |
| 2 | 87 | 50 | 100 | 60 | 80 | 60 |
| 3 | 83 | 50 | 60 | 50 | 30 | 0 |
| 4 | 84 | 50 | 80 | 60 | 30 | 30 |
| 5 | 74 | 50 | 80 | 50 | 40 | 0 |
| 6 | 74 | 50 | 60 | 80 | 60 | 80 |
| 7 | 80 | 50 | 80 | 50 | 40 | 50 |
| 8 | 73 | 50 | 60 | 60 | 40 | 80 |
| 9 | 73 | 50 | 0 | 60 | 40 | 0 |
| 10 | 73 | 50 | 0 | 50 | 30 | 50 |
| 11 | 73 | 50 | 80 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 35 | 50 | 60 | 60 | 60 | 80 |

Розраховані за даними таблиці 3.12 парні коефіцієнтів кореляції Пірсона (табл. 3.13) показують статистично значущі позитивні зв'язки між Ni і Cu та між Pb, Cu і Zn. З висотою над рівнем моря незначні позитивні зв'язки виявляються у Ni, Cr і Cu, а незначний негативний – у Zn.

Таблиця 3.13.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції Пірсона за даними табл.2

| | Висота, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-----------|-----------|--------------|--------|--------------|--------------|----|
| Висота, м | 1 | | | | | |
| Ni | 0.339 | 1 | | | | |
| Cr | 0.206 | -0.009 | 1 | | | |
| Cu | 0.173 | 0.614 | -0.131 | 1 | | |
| Pb | -0.039 | 0.275 | 0.195 | 0.723 | 1 | |
| Zn | -0.206 | 0.345 | 0.070 | 0.627 | 0.656 | 1 |

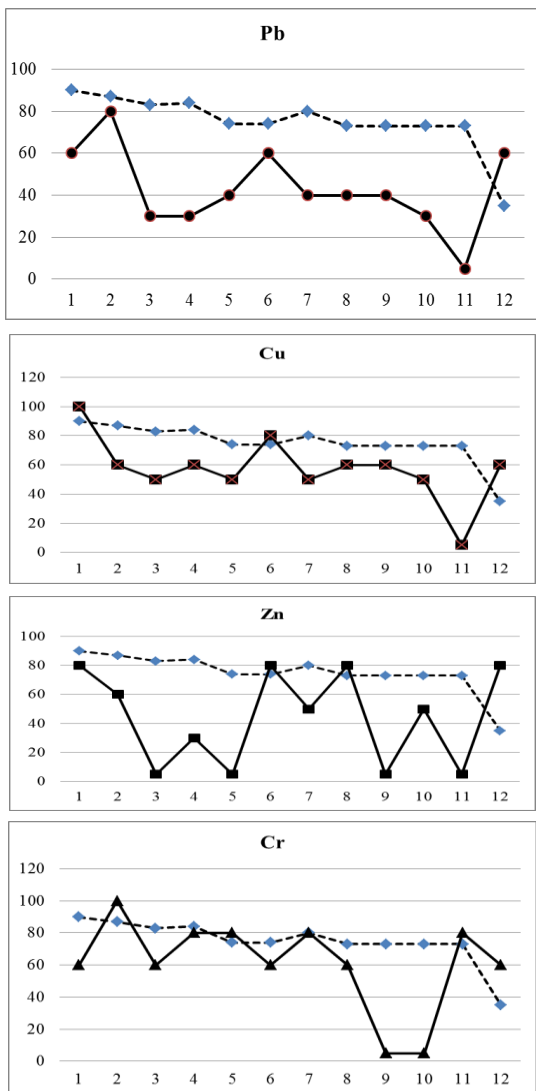


Рис. 3.16. Графіки розподілу концентрацій у г/т Pb, Cu, Zn, Cr за профілем балки «Червона» (пунктирна лінія – висота у метрах над рівнем моря).

Балка Свистунова. Як уже зазначалося, ця балка за своєю суттю є ставком-накопичувачем, в який уже дуже тривалий час скидають стоки шахтних вод чотирьох криворізьких гірничодобувних підприємств. Згідно результатам екологічного моніторингу 2015 року, за рік в балці Свистунова накопичується до 12 млн м³ високомінералізованих шахтних вод [<http://1tv.kr.ua/news/7126>]. В балці вони відстоюються, осаджуються домішки, після чого води скидаються в р. Інгулець. Дозований скид шахтних вод із балки Свистунова до річки значно знизив концентрації важких металів, що накопичувалися в ній. Вміст жодного із досліджуваних елементів не перевищує свої ГДК. І тим не менш деякі закономірності в їхньому розподілі уздовж балки все ж простежуються.

Якщо аналізувати зміни концентрацій ВМ від точки скиду шахтних вод, то для більшості ВМ йде їх перенос і накопичення у понижених місцях ближче до виходу з балки (табл. 3.14). Результатами аналізів було зафіксовано коливання концентрацій міді (8–20 мг/кг), які можливо пояснити адсорбуванням певної їх частини рослинністю, а не лише результатом скиду надлишків до р. Інгулець.

Таблиця 3.14.

Вміст важких металів за профілем балки Свистунова за даними атомно-емісійного спектрального аналізу

| Проба | Висота, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-------|-----------|----|----|----|----|----|
| 18 | 88 | 50 | 0 | 50 | 0 | 80 |
| 19 | 86 | 50 | 0 | 10 | 0 | 0 |
| 20 | 88 | 50 | 20 | 8 | 10 | 0 |
| 21 | 84 | 50 | 30 | 10 | 0 | 0 |
| 22 | 83 | 50 | 50 | 20 | 30 | 0 |

Хвостосховище, поміж ПАО НПП «Механобрчермет», Південним кар'єром та шахтою «Гігант-Глибока». Ділянці району дослідження, де відбиралися зразки характерний відносно рівний рельєф, із перепадами висот не більше 8-10м. Особливістю досліджуваного хвостосховища є його географічне розташування поміж ПАО НПП «Механобрчермет», Південним кар'єром та шахтою «Гігант-Глибока». Серед відібраних зразків фігурують

різноманітні донні осадки, продукти збагачення залізної руди, шлам, змішаний із матеріалами шахтного видобутку, осадки із шахтної води та звичайний кварцовий пісок.

Розподіл ВМ по периметру хвостосховища має доволі рівномірний характер. Розраховані парні коефіцієнтів кореляції Пірсона (табл. 3.15) показують статистично значущий зворотній зв'язок Zn з висотою над рівнем моря і Pb, слабкі позитивні зв'язки с цією висотою Cr і Pb, слабкий негативний зв'язок між Cr і Cu та статистично значущий позитивний зв'язок між Cu і Pb .

Таблиця 3.15.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції Пірсона хвостосховища за даними 8 проб АЕ аналізу

| | Висота, м | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-----------|---------------|--------|--------------|---------------|----|
| Висота, м | 1 | | | | |
| Cr | 0.439 | 1 | | | |
| Cu | -0.245 | -0.363 | 1 | | |
| Pb | 0.386 | -0.086 | 0.516 | 1 | |
| Zn | -0.807 | -0.219 | 0.237 | -0.585 | 1 |

Прилегла територія до кар'єру №1 ПРАТ ЦГЗК. Її площа достатньо велика. З цієї причини вона була розбита на три частини: перша – велике хвостосховище ПРАТ «Центральний гірничозбагачувальний комбінат» (ЦГЗК), що розташоване в тальвегах балок Велика та Мала Лозуватка; друга – периметр хвостосховища кар'єру №1; третя – безпосередньо західний борт кар'єру №1.

Розглядаючи просторовий розподіл важких металів у межах хвостосховища кар'єру №1 у таких елементів, як мідь, свинець та нікель спостерігається тенденція до накопичення більших їх концентрацій у безпосередній близькості з досліджуваним об'єктом.

Останнім об'єктом став західний борт кар'єру №1 (табл. 3.16). І це єдина площа дослідження, де зразки відбиралися у межах безпосередньо гірничодобувного підприємства. В даному випадку, вдовж південно-західної частини борту чітко простежуються підвищені концентрації усіх ВМ. Подібні накопичення можна зв'язати із переважаючими в даній місцевості північно-східними вітрами, які сприяють переносу певного відсотку осадового матеріалу із накопиченими у ньому ВМ.

Таблиця 3.16.

Вміст важких металів вдовж західного борту кар'єру №1 за даними атомно-емісійного спектрального аналізу

| Проба | Висота, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-------|-----------|-----|-----|-----|----|-----|
| 40 | 69 | 100 | 200 | 100 | 40 | 80 |
| 41 | 72 | 300 | 50 | 100 | 30 | 200 |
| 42 | 71 | 40 | 60 | 60 | 40 | 0 |
| 43 | 70 | 50 | 50 | 50 | 50 | 0 |
| 44 | 76 | 10 | 10 | 10 | 10 | 0 |
| 45 | 78 | 20 | 30 | 20 | 20 | 0 |
| 46 | 81 | 80 | 50 | 50 | 40 | 50 |
| 47 | 79 | 20 | 40 | 20 | 40 | 0 |
| 48 | 79 | 80 | 50 | 40 | 40 | 0 |
| 49 | 79 | 80 | 60 | 40 | 40 | 50 |

Розрахунки парних коефіцієнтів кореляції Пірсона (табл. 3.17) виявили значущі зворотні кореляційні зв'язки Cr, Cu (а також незначущі зворотні решти ВМ) з висотою відбору проб над рівнем моря та значущі прямі – між всіма ВМ. Це дозволяє стверджувати, що мулисті частинки – концентратори ВМ переносяться вітром чи вимиваються атмосферними опадами з більш високих гіпсометричних відміток рельєфу вбік його понижених ділянок, де накопичуються і обумовлюють підвищені концентрації важких металів.

Таблиця 3.17.

Матриця парних коефіцієнтів кореляції Пірсона за даними табл. 2.8.

| | Висота, м | Ni | Cr | Cu | Pb | Zn |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------|----|
| Висота, м | 1 | | | | | |
| Ni | -0.283 | 1 | | | | |
| Cr | -0.524 | 0.190 | 1 | | | |
| Cu | -0.655 | 0.766 | 0.702 | 1 | | |
| Pb | -0.190 | 0.786 | 0.382 | 0.379 | 1 | |
| Zn | -0.285 | 0.958 | 0.293 | 0.774 | -0.015 | 1 |

Висновки. Аналіз матеріалів, наведених у цьому розділі, дозволяє зробити наступні висновки:

1. Практично всі техногенні об'єкти гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) у Кривому Розі представляють собою локальні природно-техногенні геоекосистеми, що мають власну циклічність розвитку, пов'язану з технологічними циклами видобутку і збагачення залізних руд. Це обумовлює існування на їх територіях певних техногенно-геохімічних ландшафтів і локальних арен геохімічної міграції.

2. Хоча точність і чутливість напівкількісного АЕ спектрального аналізу невеликі, використання його даних у геохімічних дослідженнях разом з даними АА спектрального аналізу виправдано тому, що атомізація проб при температурі дуги (біля 6800° К) проходить повністю, у той час як при АА аналізі вилучення елементів у робочий розчин може проходити не повністю внаслідок різної хімічної стійкості мінералів.

3. Вміст і розподіл важких металів у ґрунтах на об'єктах ГЗК залежить, головним чином, від відсоткової частки у них матеріалу: а – кори вивітрювання гранітоїдів і порід зеленокам'яних поясів Середнього Придніпров'я та порід криворізької серії; б - продуктів відходів збагачення залізних руд на ГЗК і осадів, сформованих при скиді високомінералізованих шахтних вод і технічних вод підприємств; г – матеріалу шлаків і димів металургійних підприємств, привнесеному вітром; д – продуктів перетворення побутових відходів.

4. Основним джерелом надходження ВМ у ґрунти у Кривому Розі є шлаки і дими металургійних підприємств. Таким джерелом не можуть бути шлами переробних підприємств внаслідок їх низького вмісту елементів-домішок, в тому числі і важких металів, в породах залістисто-кремневих формацій.

5. При потраплянні ВМ у ґрунти йде їх перерозподіл під дією вітру і атмосферних опадів з перенесенням і накопиченням мулистих часток - основних концентраторів ВМ у більш низькі місця рельєфу. В цілому, це приводить до розсіяння ВМ у ґрунтах з частковим зниженням їх концентрацій.

6. Результатами проведених досліджень був підтверджений вплив, на накопичення важких металів у геологічному середовищі, не лише гірничодобувних і переробних підприємств та металургійних комбінатів, але і звичайних побутових відходів та комунальних

стоків. Також підтверджена тенденція до активного адсорбування рослинами певного відсотку ВМ, що у сукупності із періодичними рекультиваційними роботами значно знижує концентрації досліджуваних елементів, утримуючи їх в більшості випадків у межах гранично-допустимих концентрацій.

3.4. Екологічні витрати підприємств

Через скорочення обсягів експорту заліза збільшується необхідність у його імпорті – держава отримує подвійні збитки: як через неповний обсяг експорту, так і через збільшення необхідності імпорту та збільшення витрат на ліквідацію наслідків від техногенного навантаження на навколишнє природне середовище. [33]. Це стосуються металургійних підприємств України – основних постачальників забруднень у навколишнє природне середовище (табл. 3.18).

Таблиця 3.18.

Динаміка залежності імпорту та експорту заліза від екологічного стану середовища [33]

| Рік | Втрати експорт | | Необхідність імпорт | | Власне споживання (з урахуванням експорту та імпорту (від'ємне сальдо)) | Витрати на зменшення негативного впливу на екосистему металургійних підприємств |
|------|----------------|-------|---------------------|--------|---|---|
| | млн. грн. | % | млн. грн. | % | | |
| 2005 | 7,3678 | 6,2 | 134,597 | +7,14 | 178,3491 | 68,6475 |
| 2006 | 7,987 | 6,43 | 136,1209 | +5,6 | 186,2971 | 72,8122 |
| 2007 | 8,265 | 6,13 | 139,784 | +6,57 | 190,115 | 74,5618 |
| 2008 | 10,1282 | 12,8 | 145,893 | +10,32 | 184,2765 | 72,2189 |
| 2009 | 9,7593 | 10,39 | 142,169 | +8,9 | 179,3571 | 76,2105 |
| 2010 | 9,8451 | 9,86 | 143,189 | +9,12 | 183,4367 | 78,1243 |

На базі класифікацій екологічних витрат О.Ф. Савченко, К.С. Саєнко та З.С. Туякової [121, 122, 131] нами запропоновано спрощене угруповання цих витрат с максимальним їх переліком

(табл. 3.19), яке, на наш погляд, має дещо спростити систему обліку екологічних витрат підприємств.

Таблиця 3.19.

Можливі екологічні витрати підприємств

| | | |
|------------------|---|---|
| | <p>Витрати з організації екологічної діяльності</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Платежі за послуги з екологічної сертифікації ○ Платежі за проведення екологічної експертизи та аудиту ○ Платежі за отримання екологічного паспорту ○ Витрати, пов'язані із підвищенням якості та екологічності продукції ○ Витрати на сировину та матеріали, що використовуються у природоохоронних цілях |
| <p>Залобіжні</p> | <p>Витрати з попередження забруднення</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ Витрати на науково-дослідні роботи, пов'язані із поточною екологічною діяльністю ○ Витрати на освіту та підвищення кваліфікації працівників, зайнятих природоохоронною діяльністю ○ Витрати на охорону утримання природоохоронних об'єктів та середовищ ○ Поточний ремонт основних засобів природоохоронного призначення ○ Витрати пов'язані із утриманням та експлуатацією основних засобів природоохоронного призначення ○ Амортизація об'єктів природоохоронного призначення ○ Витрати пов'язані із управлінням природоохоронної діяльності ○ Витрати пов'язані зі здійсненням контролю за експлуатацією природоохоронного устаткування і станом НС ○ Витрати на капітальний ремонт основних засобів природоохоронного призначення ○ Витрати на впровадження маловідходних, екологобезпечних технологій ○ Витрати на створення, придбання, реконструкцію, технічне переоснащення обладнання і споруд природоохоронного призначення |

| | | |
|---------------|---|--|
| Поточні | Витрати на переробку та/або утилізацію відходів виробництва | <ul style="list-style-type: none"> ○ Витрати на поточний ремонт та інші витрати, пов'язані із утриманням необоротних активів, призначених для переробки та/або утилізації виробничих відходів ○ Витрати на збір виробничих відходів ○ Витрати на транспортування виробничих відходів ○ Витрати на переробку виробничих відходів ○ Витрати на утилізацію виробничих відходів. <p>(Створення/придбання основних засобів, призначених для переробки та/або утилізації виробничих відходів)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Витрати на зберігання виробничих відходів |
| Компенсаційні | Витрати з відновлення природних ресурсів | <ul style="list-style-type: none"> ○ Витрати на матеріали, паливо, енергію, основну та додаткову заробітну плату, відрахування у фонди соціального страхування, пов'язані із відновленням природних ресурсів ○ Витрати на оплату послуг, пов'язаних із відновленням НС |
| | Витрати з компенсації негативних наслідків забруднення | <ul style="list-style-type: none"> ○ Компенсаційні платежі державі, юридичним та фізичним особам, що постраждали внаслідок шкідливої діяльності підприємства ○ Платежі за викиди (скиди) забруднюючих речовин ○ Платежі за розміщення відходів у межах і понад встановлених лімітів ○ Витрати з усунення негативних наслідків, спричинених надмірними викидами (скидами) в навколишнє середовище. ○ Витрати на відновні роботи (озеленення територій, відновлення земельного фонду, водних об'єктів) |

У Криворізькому районі Дніпропетровської області, серед основних екологічних витрат, що фігурують у звітах металургійних підприємств основну увагу приділяють запобіжним витратам націлених на попередження забруднення в результаті своєї діяльності. Так, на підприємствах модернізується обладнання, впроваджуються енергозберігаючі технології, регулярно здійснюється капітальний ремонт основних засобів природо-

охоронного призначення, іншими словами значна увага приділяється дотриманню та відповідності екологічних стандартів, затверджених законодавством України. Враховуючи, що процеси глобалізації економіки, які з кожним роком набирають обертів, призводять до створення і наднаціональних ринків з новими, жорсткими правилами, усе зазначене лише сприяє нарощуванню темпів промислових виробництв та збереженню ними одних із перших позицій у промисловій галузі України.

Суттєвим поштовхом для початку модернізації та структурної перебудови гірничо-металургійного комплексу Криворізького району став ряд постанов вищих законодавчих та виконавчих органів серед яких фігурують: Постанови Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 №391 “Про затвердження положення про державну систему моніторингу” та від 05.12.2007 № 1376, якою було затверджено Державну цільову екологічну програму проведення моніторингу навколишнього природного середовища, Указ Президента України від 13.04.2011 про державну екологічну інспекцію та інш. Заборона органам місцевого самоврядування здійснювати експлуатацію автоматизованих постів спостереження, хвиля перевірок початих Держекоінспекцією з 2015 року, жорстка координація виконання заходів Програми моніторингу довкілля – усе це значно посприяло підвищенню рівня самосвідомості та екологічної відповідальності на підприємствах, хоча повністю змінити за такий невеликий проміжок часу усталене радянським часом недбале ставлення до оточуючого середовища неможливо.

Останнє є причиною періодичного виникнення грубих масштабних правопорушень. Так, 30.07.2015 на ПАТ “ПВНГЗК” м. Кривого Рога виникла позаштатна ситуація, а саме: аварійний скид забруднюючих речовин зі зворотними водами підприємства з перевищенням встановленого нормативу ГДК на території фільтраційної насосної станції № 1 (№ 6) балки Петрикова. За скид зворотних вод в р. Саксагань з перевищенням нормативів ГДС були нараховані збитки на суму 438,0 грн., які сплачені у повному обсязі до Державного бюджету України. А у ході планової жовтневої перевірки 2016 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» Державною екологічною інспекцією у Дніпропетровській області було встановлено, що промисловий гігант грубо порушив норми

природоохоронного законодавства і здійснював наднормативні викиди забруднюючих речовин у повітря – марганцю та його сполук, хрому та його сполук та бенз(а)пірену – без належних дозволів. За грубе порушення вимог Закону України «Про охорону атмосферного повітря» підприємство тепер має відшкодувати збитки і сплатити до державного бюджету понад 72 млн. гривень [91].

Одним із кращих останніх проектів відносно усього Дніпропетровського регіону у 2007-2015 роках було впровадження “Програми поліпшення екологічного стану Дніпропетровської області за рахунок зменшення забруднення довкілля основними підприємствами-забруднювачами на 2007-2015 роки”, затверджені рішенням обласної ради від 04.12.2007 №295-13. Але на середині означеного терміну було прийняте рішення посилити обласну екологічну Програму – Довгостроковою – по вирішенню екологічних проблем Кривбасу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища за 2011 - 2022 роки.

В рамках Програми Кривбасу за 2015 рік на реалізацію програмних заходів усього направлено 1433,5 млн грн або 257,7 % від передбачених календарним планом обсягів, з них:

- власних коштів підприємств - 1369,5 млн. грн. (станом на 01.12.2015), кошти направлялись на фінансування природоохоронних заходів за такими напрямками відповідно до завдань, передбачених програмою:
 - на охорону та поліпшення стану атмосферного повітря - 702,692 млн грн;
 - на охорону та раціональне використання водних ресурсів - 116,513 млн. грн;
 - на заходи щодо поводження з відходами та забезпечення раціонального використання земель - 544,121 млн грн;
 - на заходи щодо аналізу існуючого стану складових довкілля міста - 6,174 млн грн;
 - на охорону, збереження, утримання об’єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) - 53,178 тис. грн.
- бюджетних коштів - 18,19 млн грн, фінансування проводилось з міського фонду охорони навколишнього природного середовища – майже 13,8 млн грн, які направлені на:
 - розширення та реконструкцію загальноміських

- каналізаційних очисних споруд - 292,2 тис. грн;
- заходи з захисту від підтоплення - 6360,1 тис. грн.;
- проектування та будівництво каналізаційних мереж - 2200,2 тис. грн.;
- заходи щодо озеленення території міста - 4205,9 тис. грн.;
- придбання обладнання та механізмів для проведення заходів з озеленення - 1704 тис. грн.;
- придбання обладнання для збирання та складування побутових відходів 3424 тис. грн.

При моделюванні та прогнозуванні економічних витрат металургійних підприємств на охорону навколишнього природного середовища на прикладі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» виявлена сезонна циклічність цих витрат, було відмічене недостатнє фінансування таких категорій зменшення техногенного впливу підприємства, як загальне забруднення атмосфери та проведення ремонтів та переоснащення обладнання, а також значний дисбаланс у фінансуванні таких проблематичних екологічних категорій як ґрунтові та підземні води, стан повітря та зміни рельєфу та надані рекомендації щодо корегування [33].

Починаючи із 2012 року можна спостерігати різке підвищення фінансових вливань цього підприємства у екологічну сферу, що може бути пояснене лише потужною інвестиційною підтримкою (табл. 3.20).

Серед подальших запланованих екологічних витрат означеного підприємства фігурують кошти на капітальний ремонт 1 розряду ДП-6 з впровадженням комплексу природоохоронних заходів та конвертера N25 з будівництвом нової установки очищення газу, а також реконструкція установок очистки газу від агломації №6 аглоцеху N22, що буде спрямоване на *захист повітряного басейну*. Заплановане продовження впровадження комплексу підсистеми моніторингу стічних вод та реконструкція очисних споруд зливових стоків автоколони №7 ЦТА із впровадженням проекту з переведення стічних вод ділянки мінвати в зворотній цикл водопостачання ШПЦ, що дозволить попередити зливання забруднених стічних вод в обвідний канал – складають перелік заходів, на які виділять кошти, направлених на *захист та очищення води* [46].

Таблиця 3.20.

Витрати на охорону НС ПАТ “АрселорМіттал Кривий Ріг”,
млн. грн.. [46]

| Роки | 2012 | 2013 | 2014 | |
|---|-------|-------|-------|--|
| Всього | 337,2 | 325,6 | 718,4 | |
| Поводження з відходами (збір, транспортування, Переробка, утилізація) | 146,6 | 133,8 | 161,0 | Знижено обсяг утворення відходів на 6,4% (з 38,4 до 35,9 млн т). |
| Охорона атмосферного повітря | 143,3 | 154,8 | 527,4 | Зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу на 3,4% |
| Очищення зворотних вод | 36,5 | 29,8 | 24,1 | Зниження обсягів споживання води до 48,4 млн м ³ (50,0 м ³ в 2013 році). Впровадження 1 етапу комплексу підсистеми моніторингу стічних вод. |
| Екологічний менеджмент | 10,8 | 7,2 | 5,9 | |
| Збір (податок) за забруднення НС | 82,1 | 96,1 | 148,3 | |

Прискорення позитивної динаміки відновлення оточуючого середовища цілком ймовірно за рахунок затвердженої 28.09.2016 Міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016 – 2025 рр. [88]. Згідно даній програмі кожне із гірничодобувних і переробних підприємств, отримало конкретні задачі та обмежені терміни їх виконання, що сприяє більшій ймовірності досягнення бажаних результатів. Фінансування даної ініціативи проводиться за рахунок державного, обласного та місцевих бюджетів, із регламентованою можливістю залучення інших джерел (табл. 3.21).

Таблиця 3.21.

Орієнтовні обсяги фінансування, що документально затверджені у даній програмі

| Загальні орієнтовні обсяги фінансування | Термін | Джерела фінансування | Орієнтовні обсяги фінансування заходів, тис.грн | |
|---|-------------|--------------------------|---|-----------------------------|
| | | | I етап 2016 – 2020 роки | II етап 2021 – 2025 роки |
| | 2016 – 2025 | Загальний обсяг , у т.ч. | 3 583 854,9 | 2 441 446,6 |
| | | державний бюджет | 119 100 | 137 100 |
| | | обласний бюджет | 901 614,4 | 927 814,7 |
| | | місцевий бюджет | 249 543,9 | 354 075 |
| | | інші джерела | 2 313 596,6 | 1 022 456,9 |

Мета програми направлена на реалізацію відповідних цілей і конкретних завдань, а саме:

- організацію та підвищення ефективності систем екологічного моніторингу, сприяння розбудові автоматизованої мережі спостережень за станом складових довкілля;
- зменшення забруднення повітряного басейну, на яке відводиться 25,3% фінансування;
- удосконалення діючих та впровадження нових систем очищення викидів і скидів та захист водних ресурсів від забруднення – що є самим проблемним питанням регіону, завдяки чому має 38,7% фінансової підтримки;
- утилізація відходів шляхом їх максимального залучення у виробництво та поліпшення з вдосконаленням сфери збору, утилізації та переробки твердих побутових відходів – 19,6%;
- відновлення, рекультивация порушених земель та раціональне використання надр – 2,7%;
- дослідження стану Криворізького залізрудного басейну для запобігання виникненню на його території катастроф техногенного та природного характеру – 4,1%;
- охорона й збереження біорізноманіття міста, а також активізація робіт з організації та утримання об'єктів природно-заповідного фонду, озеленення території міста – 9,5%;

– формування екологічної культури населення – 0,1%.

Необхідно визнати, що, по завершенню більшої половини відведеного на Програму 2011 – 2022 терміну та початку дії Міської програми 2016–2025 – ми можемо спостерігати дещо повільну, але все ж позитивну динаміку у стані НС Криворіжжя. Даний факт підтверджений результатами атомно-емісійного та атомно-абсорбційного спектральних аналізів проведених у лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України та Технічного університету м. Кошиці. Згідно отриманим даним, середні вмісти важких металів, хоча і є в деяких випадках завищені, та все ж в цілому не перевищують гранично-допустимих концентрацій, встановлених законодавством.

Затверджені українським законодавством нормативні акти та накази сприяють запровадженню більш жорсткої політики та контролю відносно забруднюючої діяльності промислових підприємств (зокрема металургійних) та способів її мінімізації інвестиційним шляхом.

3.5. Шляхи покращення екологічної ситуації у Кривбасі в сучасних умовах

У вступі до цього дослідження відмічалось, що тривала експлуатація залізрудних родовищ у Криворізько-Кременчуцькій зоні з економією на екологічних витратах призвела до відпрацювання найкращих покладів руд, погіршення гірничо-геологічних умов їх видобутку та кризового наближеного до катастрофічного стану навколишнього середовища у багатьох гірничодобувних районах. Тут, спіраючись не тільки на викладені вище матеріали, але і на попередні наші роботи [33-36 та ін.], ми стисло зупинимось на основних напрямках покращення екологічної ситуації у Кривбасі, можливості чого обмежуються, насамперед, наявністю фінансових ресурсів.

Повністю компенсувати екологічний і економічний збитки у Кривбасі неможливо не лише тому, що на практиці неможливо відновити на території використання надр біоценози, які тут були до розробки родовищ. Також неможливо відновити рельєф, геохімічні і гідрологічні умови і багато іншого. Крім того, при спробі приведення території до початкового стану витрати на їх екологічну реабілітацію зростають настільки, що втрачаються економічні стимули роботи гірничодобувних і переробних підприємств. Стає очевидним, що треба по можливості максимально мінімізувати вплив на довкілля діяльності підприємства під час його роботи, і створити комфортні умови для життя людини і існування флори і фауни в природно-техногенному середовищі після його ліквідації.

Накопичення екологічного збитку території починається ще на етапі її геологічного вивчення і триває під час усього періоду експлуатації родовища. Частина цього збитку гаситься (компенсується) за рахунок асиміляційного потенціалу території, а частина за рахунок поточних витрат на екологічну реабілітацію, передбачених розділом проекту робіт «Оцінка впливу на навколишнє середовище» (ОВНС). У разі введення плати за асиміляційний потенціал, вона повинна концентруватися на екологічних статтях державного бюджету і витрачатися у вигляді дотацій на екологічну реабілітацію територій.

Фінансові ресурси на екологічну реабілітацію, супроводжуючу ліквідацію родовища реально можна зібрати тільки під час його експлуатації за рахунок прибутків від продажу сировини. Для цього доцільно відкрити спеціальний рахунок підприємства із заборороною витрачання накопичених засобів до початку ліквідації родовища. Сума накопичених на цьому рахунку коштів має бути дисконтована на увесь період розробки родовища і відповідати реальним майбутнім витратам на екологічну реабілітацію території із створенням комфортних умов для життя людини і існування флори і фауни. Для цього і потрібна геолого-економічна оцінка майбутнього екологічного збитку, накопиченого на етапах геологічного вивчення і експлуатації родовища. Така оцінка повинна проводитися на усіх етапах геолого-економічної оцінки (ГЕО), а розрахунок відрахувань на вищезгаданий спеціальний рахунок – при детальній ГЕО перед початком будівництва гірничодобувного підприємства, коли

визначаються показники економічної ефективності і доцільності його проектування і будівництва. Потім сума цих відрахувань уточнюватиметься і коригуватиметься на етапах інтенсивної експлуатації і виснаження родовища.

Крім того, серед основних напрямів покращення екологічної ситуації у районах діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу треба відмітити економічну доцільність поступового зміщенні акцентів металургійних комбінатів з використання продуктів переробки залізних руд на металобрухт, а переробних підприємств – на переробку відходів.

Розрахунки показують, що при її рециклінгу йде значна економія енергії та сировини (більше 1400 кг залізної руди, 740 кг коксівного вугілля та 120 кг вапняку зберігаються для кожної тонни сталевого лому, перетвореного в нову сталь) [170]. Прогнозується, що світовий ринок металобрухту до 2020 року досягне 793 млн. т внаслідок зростання попиту на сталь та більш широкого використання електродугових печей у виробництві сталі.

Для зазначеного вище зміщення акцентів у діяльності металургійних і переробних підприємств Криворізького басейну, крім нормативно-правової і організаційної основи, потрібні інновації, прикладом яких може бути створення і апробація технології отримання з відходів збагачення гірничо-залізрудних комбінатів кількох типів залізрудного концентрату (магнетитового, гематитового та комплексного магнетит-гематитового) сухим способом з використанням компактних технологічних модулів, у відповідності з вимогами природоохоронних норм і комплексним (без утворення нових відходів) характером виробництва. Якість отриманих концентратів 63-64 мас. % загального заліза, вихід від 10 до 20% [34]. Ці технології потребують подальшого розвитку та удосконалення.

Для покращення екологічної ситуації у Кривбасі запропоновано технологічну схему збагачення природних і техногенно-природних відкладів річок промислово навантажених територій з виробництвом залізрудного, цирконового, монацитового, альмандинового, ільменитового концентратів (см. розділ 3.2). Для збагачення може бути використана комплексна магнітно-гравітаційна сепарація у турбулентному повітряно-мінеральному потоці. Очищені від рудних та важких мінералів хвости збагачення річкового осаду містять глину,

карбонати, кварц, маршаліт, слюди та інші цінні мінеральні компоненти. Використання їх може підвищити масштаби залучення алювію до господарської діяльності, зменшити обсяги накопичення промислових відходів та сприяти покращенню екологічного стану довкілля.

Що стосується забруднення територій видобутку і переробки залізних руд важкими металами, то практичним кроком до збереження довкілля є рекомендація підприємствам, які переробляють вторинну металургійну сировину відмовитись від існуючої надзвичайно шкідливої практики циклічного (багаторазового) залучення відходів у переробку. Кожен цикл збагачення шлаку порушує створену рівновагу і відновлює активне забруднення екосистеми. Більш ефективною і екологічно безпечною є одноразова переробка відходів, з максимальним вилученням залізовмісних мінералів і повним використанням відходів збагачення у будівельній і інших галузях народного господарства [34].

Крім зазначеного вище, у Кривому Розі необхідно активне запроваджувати різноманітні екологічні програми від державного до місцевого рівня з чітким розподілом фінансування заходів, спрямованих на охорону та відновлення окремих складових геологічного середовища. Процеси децентралізації зі зростанням наповнення місцевих бюджетів сприяють цьому. Будь-які програми екологічної реабілітації мають спиратися на постійно діючу прогнозу модель геологічного середовища Кривбасу, в основу якої мають бути покладені налагоджені системи моніторингу різних його складових (гідрогеологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, забруднення ґрунтів і поверхневих водойм, та інші). При створенні й функціонуванні такої моделі фінансові ресурси будуть розподілятися більш раціонально на попередження і вирішення конкретних екологічних проблем.

Діяльність людини з експлуатації природних ресурсів спрямована на створення нових ресурсів, використання яких забезпечує її життєдіяльність. У випадку, коли створені ресурси вже не використовуються чи не придатні для використання їх треба перетворити в інші ресурси шляхом перепрофілювання для інших цілей і реконструкції або рециклінгу. Крім псування природних ландшафтів і забруднення довкілля, вони займають певну площу і виключають з

використання природний ресурс поверхні геологічного простору. Спираючись на ці міркування, І.М. Малаховим [78] у свій час звернуто увагу на можливість використання ще одного інструменту для ринкового управління процесами техногенезу в геологічному середовищі.

Сума плати за землю, на якій розміщені шламосховища і відвали, рано чи пізно повинні перевищити вартість кінцевого об'єму здобутої корисної копалини. Відмічена ситуація є економічним наслідком необоротного переходу природного середовища до техногенної екосистеми. У ній шахти і створені кар'єрами, відвалами і шламосховищами форми рельєфу – це не лише місця розміщення відходів і джерела забруднення довкілля, але й складова частина і ресурси цього середовища. Ці ресурси можуть здійснювати функції захисту від несприятливої дії техногенезу, мати рекреаційні і естетичні функції, зменшувати подальше використання природних мінеральних ресурсів шляхом утилізації відходів і розробки техногенних родовищ і т. п. Тому, вимагає уточнення питання про зміст плати за використання ресурсів довкілля в техногенній екосистемі.

Природний ресурс (в даному випадку - орна земля) зник безповоротно. Плата за нього продовжує збиратися, незважаючи на те, використовується або ні нові ресурси техногенної екосистеми (антропогенні морфоструктури). Використовуючи штучні форми рельєфу в тій або іншій формі, ми повинні ясно розуміти, що має місце використання нового ресурсу в техногенній екосистемі. Подібно до використання природних ресурсів, воно вимагає інвестицій. Спираючись на досвід провідних країн заходу і США, використання ресурсів техногенної екосистеми можна розглядати, як процес у чотири стадії. Кожна із стадій має позитивні ефекти для довкілля, людини і суспільства:

- знешкодження відходів (decontamination) - процес виключення важких металів, радіонуклідів, нафтопродуктів, шкідливої органіки з відвалів і шламосховищ. *Можливі ефекти:* зменшення ризику специфічних захворювань у людей; зменшення плати за розміщення відходів, зважаючи на зменшення їх шкідливості (наприклад, переклад відходів III категорії в IV категорію токсичності);

- реконструкція (reconstruction) - планування поверхні, уступів і берм відвалів; нашарування пісків, глин і суглинків на поверхні шламосховищ і відвалів. Комплекс заходів, що в гірській термінології має назву «Технічна рекультивация». *Можливі ефекти:* реконструйовані землі можуть розглядатися, як місце складування безпечних відходів, сировини металургійного виробництва, будівельного каменю, піску, глин, як території для розміщення легких складських приміщень і ремонтної бази великогабаритного устаткування, в цілому, як територія промислового призначення;

- реабілітація (rehabilitation) - поглиблене очищення реконструйованих територій методами біо і фіто ремедиации. Комплекс заходів, що в гірській термінології має назву «рекультивация». *Можливі ефекти:* створення рекреаційних і зелених зон, мисливських угідь, місць випасу худоби; повернення території муніципалітетам;

- рекультивация (recultivation) - комплекс заходів по поверненню території або її частини до стану, наближеного до того, яке існувало до початку гірських робіт, тобто відновлення сільськогосподарських земель. *Можливі ефекти:* отримання сільськогосподарської продукції, продаж орної землі.

Стимулювання інвестування у використання або створення нового ресурсу в техногенній екосистемі можна спробувати досягти, використовуючи підхід, подібний до «антиренти». Мета платежу за використання ресурсу, згідно з І.М. Малаховим, має бути протилежною до тієї, яка існує в природній системі. *У природній системі підприємство платить за використання ресурсу. У техногенній екосистемі платити доводиться не за використання, а за невикористання техногенних ресурсів – штучних елементів рельєфу, створених в результаті гірничодобувної діяльності.*

Глава 4. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОВЕДЕННЯ ДІЯЛЬНОСТІ З ВИДОБУТКУ І ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД

4.1. Фактори екологічної небезпеки при видобутку і переробці залізних руд

Техногенні змін гідрогеологічних умов. В межах України видобуток залізних руд відбувається у Кривбасі, на Білозерському та Кременчуцькому родовищах. Найбільш складні еколого-геологічні умови видобутку мінеральної сировини на даний період склалася у Кривбасі, де сформувалась регіональна природно-техногенна геосистема (ПТГС) “гірничо-видобувний комплекс – навколишнє середовище” з переважанням незворотних змін життєзабезпечуючих складових навколишнього природного середовища: геохімічних ландшафтів, геологічного середовища, поверхневої гідросфери та біосфери [26, 117, 129, 130, 143].

Відповідно виконаних оцінок загальна площа Криворізької ПТГС в межах зони відчуження (ЗВ) складає 700 кв.км при сумарній площі гірничих відводів 350кв.км (50% ЗВ). Зараз у Кривбасі діють 5 гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК), на яких видобуток залізних руд здійснюється на 10 кар’єрах та у 23 (орієнтовно з допоміжними) шахтах у обсязі до 83 млн.тон/рік. Загальна площа кар’єрів перевищує 42кв.км, а їх об’єм сягає 6.6млрд. куб.м (6.6 км³) при глибинах 300-400м. В межах басейну сформувалось до 44 породних відвалів загальною площею 69кв.км і об’ємом більше 1.7 млрд.куб.м. Функціонуючі 10 шламосховищ мають сумарну площу поверхні 71 кв.км, в яких закладовано 1.6 млрд.куб.м відходів збагачування залізних руд. Недосконалий гідрогеофільтраційний захіст більшості гідротехнічних споруд, великі фільтраційні втрати з них та інженерних мереж промислових і житлових комплексів за умов погіршення природного дренажу призвели до активного розвитку техногенного підтоплення, площа якого сягає 500кв.км, або 70% загальної площі ПТГС Кривбасу [8, 26, 117, 148, 149].

Дослідження інженерно-геологічних умов Кривбасу (Мінгео України, ІГН, ІТГП НАН України та ін.) засвідчили розвиток у верхньому шарі водоненасичених порід (зона аерації) процесу гіперфільтрації, при якому надходження техногенних вод перевищує фільтраційну здатність підстилаючих порід, що призвело до формування техногенного водоносного горизонту як гідрофізичного підгрунтя регіонального підтоплення промислово-міського комплексу Кривбасу. В той же час дренажний вплив шахт глибиною до 1200-1500м обумовив формування у тріщинуватій зоні рудно-кристалічних порід регіональної депресійної лійки, відносна рівновага рівнів якої у межах локальних субдепресій переважно забезпечується ненасиченою фільтрацією вод із техногенного водоносного горизонту (т.зв. режим “дощування”). В геопросторовому плані депресійна лійка охоплює зони активного, уповільненого та затрудненого водообміну (відповідно, ЗАВ, ЗУВ та ЗЗВ), що призводить до значних варіацій мінералізації шахтних та кар’єрних вод і ускладнює умови їх накопичення, поводження та водовідводу.

За весь період індустріального розвитку Кривбасу в зоні впливу його ПТГС зформувалась депресійна лійка довжиною більше 80 км та шириною 6-7 км з середньою глибиною до 600м, в межах гідрогеофільтраційної системи якої об’єм умовно осушених порід сягає 190куб.км [8, 36, 149].

Загальна величина водовідводу за умов регіонального впливу вищезазначеної гідрогеофільтраційної системи (за орієнтовними оцінками) складає 36-40 млн.куб.м/рік.

Виконаний аналіз структури водного балансу Криворізької ПТГС (на початок 2010-х років) дозволив встановити наступні величини джерел формування загального водоприпливу у гірничі виробки:

- дренавання ємністних запасів (порово-тріщинна складова) підземних вод при вскритті гірничими виробками “свіжих” ділянок рудно-кристалічного породного масиву- до 0.2 куб.м/сек (орієнтовно 13%);
- подача води з поверхні для пилоподавлення- до 0.25 куб.м/сек (18-20%);
- техногенна інфільтрація з хвостосховищ -0.35куб.м/сек (до 30%);

- техногенна інфільтрація з міських територій – до 0.23 куб.м/сек (18%);

- техногенна інфільтрація з проммайданчиків – 0.11 куб.м/сек (8.2%);

- інфільтрація із річкової мережі (у дренажному контурі депресійної лійки)- 0.03 куб.м/сек (до 2%);

- природна інфільтрація атмосферних опадів (у дренажному контурі депресійної лійки) – до 0.05 куб.м/сек (до 3.5%).

Аналіз вищенаведених даних щодо структури формування балансу водоприпливів у гірничі виробки свідчить , що до 80% їх загального обсягу формується за рахунок техногенних джерел, витоків з яких забезпечують розвиток комплексу небезпечних гідрогеофільтраційних, гідрогеодинамічних та гідрогеохімічних процесів:

- формування ділянок стійкого підтоплення і затоплення земель;
- зменшення несучої здатності покривних осадових порід та ускладнення інженерно-геологічних умов експлуатації житлових і промислових будівель;
- активізація зсувних , просядкових, карстово-суфозійних та інших небезпечних екзогенних геологічних процесів;
- зменшення стійкості бортів кар'єрів, укосів дамб та підроблених ділянок породного масиву;
- розвиток ділянок електрохімічної корозії залізобетонних та металевих підземних конструкцій з наступним скороченням термінів безпечної експлуатації;
- техногенне зростання (до 1-3 балів) сейсмічних струшувань природного і техногенного походження .

Одним із провідних факторів екологічного впливу ПТГС Кривбасу є формування значних обсягів мінералізованих вод техногенного походження із наступним витоків великої кількості розчинних солей за межі басейну. Головним джерелом солевої міграції є поверхневий і підземний стік р. Інгулець, яка є головною дренажною Кривбасу.

Результати виконаного аналізу величин мінералізації основних джерел формування водоприпливів у гірничі виробки шахт дозволяють дійти висновку, що у більшості випадків вона не перевищує 2.5-3.0 г/дм³; тільки для порово-тріщинних джерел

досягає 135-145 г/дм³ і більше та для інфільтраційних витоків перевищує 20-25 г/дм³.

Протягом багатьох десятиліть загальний солевинос з поверхневим і підземним стоком за межі ПТГС Кривбасу складав 0.036т/сек≈1.1млн тон/рік. Переважне надходження солевого стоку Кривбасу у басейн р. Інгулець супроводжується аномальним забрудненням річкового стоку, а також засоленням значних площ земельних угідь – дес.тис.га Інгулецької системи, прилеглих територій Дніпропетровської, Херсонської та Миколаївської областей (рис. 10 додатків).

В останні роки зменшення водного стоку у Нижньому Дніпрі внаслідок глобальних змін клімату (потепління, зростання нерівномірності опадів та випаровування) та надмірного зарегулювання призвело до критичного погіршення його солевого балансу та скорочення різноманіття гідробіоти (у десятки разів).

Таким чином, екологічні границі ПТГС Кривбасу за умов суттєвого скорочення асиміляційного потенціалу геологічного середовища (АПГС) регіону вимагають суттєвого уточнення на основі врахування незворотності техногенних змін більшості екологічних параметрів верхньої зони літосфери, яка є підґрунтям рівноважного функціонування і розвитку біосфери, гідросфери та приземної атмосфери [8, 36, 149].

Більш чітко це можна бачити на порівнянні потенціалів відновлення біосфери та геологічного середовища за умов різного рівня порушення надр ПТГС Кривбасу та зони аварійного впливу ЧАЕС (табл.4.1).

Таблиця 4.1.

Екологічне порівняння техногенних змін геологічного середовища (ГС) зони впливу природно-техногенної геосистеми Кривбасу та зон відчуження та безумовного (обов'язкового) відселення Чорнобильської АЕС

| Види екологічних впливів на НПС | Рівень техногенних змін ГС ПТГС Кривбасу та зони аварійного впливу ЧАЕС | |
|---|--|---|
| | Територія ПТГС Кривбасу | Зона аварійного впливу ЧАЕС |
| 1 | 2 | 3 |
| 1.Ландшафтно-геохімічні | Поліелементне незворотне забруднення геохімічних ландшафтів, донних відкладів із руйнуванням форм рельєфу | Автореабілітаційне очищення (до 90% - до 2035 р. за сучасними нормативами геохімічних ландшафтів і верхньої зони ГС |
| 2.Літосферні – порушення рівноваги надр: верхня зона ГС | Розвиток в межах ПТГС руйнівних просідань, зрушень, техногенного тріщиноутворення | Відсутність змін верхньої зони літосфери за межами проммайданчику |
| 3. Гідрологічні: критичні зміни режиму та якості стоку поверхневих водних об'єктів (поверхнева гідросфера) | Регіональне стійке забруднення поверхневого стоку за рахунок надходження шахтних та технологічних вод, підробки русел. | Короткочасне радіонуклідне забруднення поверхневого шару наземних водних об'єктів |
| 4. Гідрогеологічні: підземні води (підземна гідросфера) | Формування регіональної депресії зі зміщенням границь вод різної мінералізації зон активного, уповільненого та утрудненого водообміну (ЗАВ, ЗУВ, ЗЗВ). | Слідові (на рівні регіонального фону) надходження радіонуклідів в ґрунті та обмежено в напірні водні горизонти |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---|
| 5. Газогеохімічний, включаючи приземний шар атмосфери в зоні життєдіяльності | Насичення верхньої зони літосфери і приземної атмосфери токсичними газами природного (радон, метан і ін.) і техно- генного походження (вибухового та ін.) в зоні впливу гірничих робіт | Короткочасне ава- рійне забруднен-ня приземної атмосфери радіо-нуклідами та аерозолями, коротко- часний природний або техногенний вітропиловий підйом |
| 6. Інженерно- геологічний | Регіональне пору- шення рівноваги в системі "вода - міне- ральний скелет порід", активізація небезпечних екзо- генних геологічних процесів | Практична відсут- ність змін інже- нерно-геологічних умов породного масиву, (за виклю- ченням проммайдан- чику) |
| 7. Інженерно- сейсмогеологічний | Зниження сейсмічної (інженерно-сейсмо- геологічної) стійкос- ті породного масиву в зоні впливу гірни- чих робіт на 1-3 бали, формування зон локальних гідро- механічних напруг та гірничих ударів (землетрусів), під- вищення ризику деформацій та руй- нувань площинних та лінійних споруд (трубопроводи, залізниці та ін.) | Відсутний, можливі незначні деформації порід в основі будівель на проммайданчику ЧАЕС при телесеїсміч-них процесах (транзитних землетрусах) |

Із вищенаведеної таблиці слідує, що провідним чинником зменшення геомеханічної стійкості рудно-породного масиву та зростання техногенної тріщинуватості і проникності покривних і кристалічних порід є буровибухова технологія гірничодобувних робіт (ГДР). За орієнтовними даними у Кривбасі щорічно відбувається до 200 масових вибухів (40-80 тон і більше вибухової речовини -ВР), а загальне використання ВР сягає 80-90тис.тон/рік при видобутку до 90 млн тон /рік рудопородної маси (РПМ). Таким чином, середнє питоме використання ВР сягає 0.9кг/м^3 РПМ.

За нормативними даними середня енерговіддача вибухового перетворення 1кг ВР тринітролоуолового складу сягає
 $q=3.1\text{ кДж/кг}=3.1\cdot 10^8\text{ ерг/кг.}$

Таким чином, щорічне промислове використання У Кривбасі ВР у кількості $P_T = 90\cdot 10^3$ тон ($90\cdot 10^6$ кг) еквівалентно виділенню сейсмічної енергії E_c у кількості:

$$E_c = P_T \times q = 90\cdot 10^6\text{ кг} \times 3.1\cdot 10^8\text{ ерг/кг.} = 0.28\cdot 10^{17}\text{ ерг.}$$

За даними «Сводної таблиці приблизних співвідношень між между магнітудою, енергією і епіцентральною сотрясаємостью»¹ локальне вибухове виділення у скельному породному масиві у кількості 10^{17} - 10^{19} ерг еквівалентно сейсмічному струшуванню сило до 4-ох балів шкали МСК-64.

За індустріальний період розвитку ПТГС Кривбасу (з середини 19 ст.) із рудопородних геологічних структур Кривбасу було вилучено до 6 млрд тон мінеральної сировини, тобто створено загальний об'єм гірничих виробок $V_{ГВ} \approx 2$ млрд куб.м. Таким чином середня товщина умовного шару вилучення порід (т.зв."дефіциту маси") Δ в межах гірничого відводу Кривбасу загальною площею $S=358$ кв.км складає

$$\Delta = V_{ГВ} / S = 2\cdot 10^9\text{ м}^3 / 358\cdot 10^6\text{ м}^2 \approx 5.6\text{ м.}$$

Для порівняння можна навести подібну оцінку даної характеристики по ПТГС Донбасу при загальному вилученні пород $V_{ГВ}=10$ млрд.куб.м на загальної площі гірничого відводу $S=6.0$ тис кв.км. За даних умов середнє вилучення порід складе:

$$\Delta = V_{ГВ} / S = 10\cdot 10^9\text{ м}^3 / 6000\cdot 10^6 = 1.7\text{ м.}$$

¹ Сейсмический риск и инженерные решения". Москва, "Недра", 1981, 374 с.

Таким чином, у геологічному розрізі Кривбасу переважають міцні рудо-кристалічні породи, які не здатні до пластичних деформацій за умов значного "дефіциту маси", з одночасним регіональним розвитком техногенної трищівуватості, тектонічних порушень та техногенного водоносного горизонту у покрівних рихлих породах (табл. 4.2, 4.3). За цих умов, як свідчить сучасний досвід гірничодобувних робіт, періодичне виконання масових вибухів та інтенсивне струшування верхньої зони породного масиву формує високі ризики провальних деформацій поверхні в межах зон впливу площ сучасних і минулих гірничих робіт [8-11].

Крім того, наявність у верхньої зони геологічного розрізу техногенного водоносного горизонту і ділянок контакту поверхні **грунтових вод з фундаментами будівель сприяють суттєвому підвищенню їх струшувань і ризику руйнівних деформацій.** Показовим в плані подальшого техногенного ускладнення інженерно-сейсмогеологічних умов ПТГС Кривбасу можна вважати катастрофічне обрушення під час вибухових робіт породного масиву на шахті "Ордженікідзе" у 2010 р. загальною площею 0.16 кв.км (160 тис.кв.м) та глибиною 40-45 м (загальний об'єм провалля до 7 млн.куб.м).

Виконані дослідження дозволяють зробити висновок, що великий гірничодобувний район (ГДР) у просторово-часовому плані є складною ПТГС з переважно незворотним використанням мінерально-сировинних ресурсів, коли порушується рівноважна взаємодія системи "літосфера- біосфера" і відбувається забруднення усіх життєзабезпечуючих складових навколишнього природного середовища (грунти, гідросфера, приземна атмосфера та ін.) з перевищенням ГДК.

За умов зупинки видобутку мінеральної сировини здатністю до відновлення екологічних параметрів в межах зони ековпливу ГДР мають приземна атмосфера та поверхнева гідросфера внаслідок внаслідок підвищеної величини масо-енергообміну. Відновлювальна здатність підземної гідросфери з малими швидкостями водообміну є незначною (до 1000 разів менше), а у літосфери практично відсутня.

Табл.4.2

Узагальнені дані про джерела формування та мінералізацію складових водоприпливів у гірничих виробках (шахтах і кар'єрах) Кривбасу

| № п/п | Головні джерела формування водоприпливів | Величина водоприпливу, м ³ /сек (%) | Мінералізація вод джерел водоприпливу, г/дм ³ | Потенційний еколого-геологічний вплив |
|--------|--|--|--|--|
| 1 | Спрацювання ємнісних (статичних) запасів | 0.23(16.5) | 40-145 | Осушення породного масиву |
| 2 | Виробничо-технологічна подача води у виробки | 0.29(21.0) | 1.0-2.0 | Зниження мінералізації шахтних вод |
| 3 | Інфільтрація з хвостосховищ | 0.41(32.0) | 4.5-21.5 | Активізація підтоплення земель, забруднення стоку поверхневих і ґрунтових вод |
| 4 | Інфільтрація з ділянок міської забудови | 0.25-16.5 | До 2-3 | Активізація підтоплення, зниження міцності підґрунтя, розвиток корозії, зниження сейсмостійкості |
| 5 | Інфільтрація з ділянок промислової забудови | 0.5(10.6) | До 2-5 | |
| 6 | Інфільтрація з річок | 0.03(2.0) | До 2-5 | Зниження мінералізації шахтних вод, стабілізація природного гідрогеохімічного фону |
| 7 | Природна інфільтрація атмосферних опадів | 0.051(4.0) | До 1.5-2-5 Mcp=20-25; Загальний солевинос до 1.1 млн.т/рік | |
| Всього | | ≈1.4 | | |

Табл. 4.3

Узагальнені дані щодо структури розробки залізорудних родовищ Кривбасу

| № п/п | Гірничозбагачувальні комбінати | Кар'єри | | Відвали | | Шламосховища | |
|-------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Площа, км ² | Об'єм, км ³ | Площа, км ² | Об'єм, км ³ | Площа, км ² | Об'єм, км ³ |
| 1 | Інгулецький | 3.2 | 0.6 | 2.7 | 0.13 | 4.22 | 0.27 |
| 2 | Південний | 5.0 | 1.5 | 9.1 | 0.27 | 12.20 | 0.40 |
| 3 | Новокриворізький | 10.0 | 1.3 | 12.0 | 0.30 | 8.20 | 0.25 |
| 4 | Центральний | 3.9 | 1.7 | 9.2 | 0.30 | 12.70 | 0.30 |
| 5 | Північний | 9.4 | 2.2 | 9.8 | 0.45 | 17.70 | 0.30 |
| 6 | Всього по Кривбасу (осушено до 50 куб. км породного масиву, зони обрушення – до 17 кв. км) | 31.5 | 7.3 | 42.8 | 1.45 | 55.02 | 1.52 |

За цих умов збільшення руйнувань рівноваги між літосферою і біосферою при різних рівнях їх відновлювальної здатності у складі ПТГС можна розглянути за наступною схемою впливу техногенних навантажень “комплекс гірничо-добувних робіт - відновлювальна реакція біосфери”.

З метою спрощення оцінок приймається схема монотонного (лінійного) зростання з часом техногенних порушень за залежністю

$$P=qt \quad (1),$$

де q- щорічний приріст техногенних порушень геологічного середовища (верхньої зони надр), t- час функціонування ПТГС.

Одночасно враховується, що процес гірничо-добувних робіт супроводжується зменшенням екоресурсу біосфери від начального R_0 з швидкістю α до поточного $R_t = R_0 - \alpha t$ (2).

Із екологічних положень відомо, що коли

$$R_t = R_0 - \alpha t = [P=qt] \quad (3),$$

то у подібному еколого-ресурсному балансі є можливим перехід ПТГС у нерівноважний еколого-техногенний стан.

Приймаючи до уваги, що згідно залежності (3) нерівноважний стан ПТГС формується за умов наступного еколого-ресурсного балансу $R_0 - \alpha t = qt$, тоді умовний час t^* даного еколого-техногенного стану буде дорівнювати:

$$t^* = R_0 / (\alpha + q) \quad (4)$$

Враховуючи, що для умов будь якого ГДР $q \gg \alpha$, то можна дійти висновку, що порушення у процесі гірничо-добувних робіт мінерально-породного балансу будь-якої геологічної структури дуже швидко призводить практично до незворотних змін екологічного стану ГС і пов'язаної з нею біосистеми.

Додатково можна відмітити, що мінімальні порушення екологічних параметрів довкілля в зоні впливу ГДР можливі тільки при максимальному збереженні масо-енергообміну літосфери, перш за все гідрогеомеханічної рівноваги рудопородної товщі. Сьогодні більшість розвинутих ГДР України за умов значних накопичень "дефіциту маси" внаслідок відробки з вилученням великих обсягів мінеральної сировини та повним обрушенням покривних порід при скороченні виробництва втрачають рівновагу ПТГС і формують комплекс негативних змін довкілля зі значним погіршенням безпеки життєдіяльності.

До принципово нових факторів техногенних змін екологічних параметрів геологічного середовища Кривбасу слід віднести просторово-часовий розвиток в останні десятиріччя інженерно-сейсмо-геологічних процесів, обумовлених комплексною дією природною і техногенною сейсмічністю.

Еколого-геологічний вплив техногенних змін сейсмо-геофізичного режиму геологічних структур Кривбасу. Активний розвиток інструментальних спостережень у світі за останні роки, показав, що для древніх платформ також характерні сучасні деформації, хоча і більш повільні, ніж на їхніх краях. Деформації супроводжуються землетрусами. Ці висновки ініціювали поглиблення досліджень даних про "внутриплитові" землетруси.

На Східно-Європейській платформі (СЄП), в т.ч. в межах України, вогнища землетрусів виявлено практично повсюдно. Магнітуда землетрусів в основному невелика – 3 - 4, рідше 5 - 5,5 балів, а інтенсивність струсів у епіцентрі при найбільш сильних

подіях не перевищувала 7 балів [8, 36, 56, 125]. Відповідно до історичних відомостей, а також згідно з картою изосейст і гіпоцентрів землетрусів, локальні сейсмічні події, що проявилися з інтенсивністю струсів у 5 - 7 балів, відбувалися в ряді регіонів України. Найбільш сильні з них відзначалися в Кіровоградській області (поблизу границі з Черкаською - 7 балів (1873 р.), у Донецької - 6 ± 1 бал (район Константиновки, 1937 р.), Харківської - 5 - 6 балів (1858 р. і 1913 р.) і Чернігівської - 5 ± 1 бал (1905 р.).

Природно-техногенна геосистема Кривбасу розміщена в складній тектонічній зоні, тут відбувається зчленування великих тектонічних структур, що розрізняються історією розвитку, складовими порід і переважною орієнтацією складчастих і розривних структур. Це Дніпровсько-Донецька западина і Український кристалічний щит, що характеризується блоковою будовою.

Для виявлення сейсмонезбезпечних зон на Українському щиті (УЩ) та суміжних ділянках підрозділами НАН України та Мінгеології України [56, 125] проведено вивчення загальних сеймотектонічних закономірностей прояву сейсмічності на територіях інших древніх платформ. На УЩ та суміжних ділянках виділено Предкарпатсько - Дністровська, Прип'ятсько - Дніпровсько - Донецька і Північно - Причорноморська сеймотектонічні провінції. У межах Прип'ятсько - Дніпровсько - Донецької провінції (що важливо для оцінки сейсмонезбезпечності геологічних структур Кривбасу у природних та техногенно порушеному стані) крайові зони порушень представлені як сейсмогенні - з $M_{\max} = 4,5$.

З погляду на сучасну природно-техногенну геодинамічну та еколого-геологічну нестабільність ПТГС Кривбасу, яка підсилюється регіональною техногенною тріщинуватістю, особливої уваги заслуговують морфоструктурно - неотектонічні вузли. Характерною їх рисою є високий ступінь тектонічної роздробленості, що простежується у верхній частині осадового чохла, а також підвищений вплив на ускладнення інженерно-сейсмогеологічних умов техногенних перетворень рельєфу й активізації екзогенних геологічних процесів (підтоплення, зсувоутворення та ін.).

Як зазначається зокрема у ДБН В.1.1-12:2006 "Будівництво у сейсмічних регіонах України", *місцева руйнівна сила землетрусу залежить, крім енергії поштовху, від рельєфу місцевості,*

властивостей гірських порід, які її складають (літологічного складу ґрунтів), та водного режиму. На ділянках, складених крихкотілими водонасиченими ґрунтами, сейсмічне прискорення може бути у 1,5-2 рази більшим, ніж на тих ділянках, де залягають щільніші ґрунти.

Однак наведене не вичерпує усіх факторів, що формують сейсмічний ризик для складної структури ПТГС Кривбасу за умови активного виконання гірничо-добривних робіт з використанням бурільно-вибухових технологій.

Винятком є підтоплені ділянки. Для них методом інженерно-гідрогеологічних аналогій Є.О. Яковлевим [36, 148] обґрунтована залежність часу існування напружено-деформованого стану водонасичених порід підґрунтя (підвищеного порового тиску t_{nop}) при проходженні сейсмопоштовху (швидкість 1,0-1,5 км/год) за умов підтоплення фундаментів споруд. Значно більший час існування підвищеного порового тиску порівняно з часом проходження сейсмопоштовху (частка секунди) формує небезпеку виникнення додаткових гідрогеомеханічних напруг при афтершоках, внаслідок чого можливе локальне розрідження порід підґрунтя і розвиток критичних деформацій споруд..

Час існування первинного підвищення порового тиску в підґрунті з урахуванням геометрії фундаменту в цілому оцінюється за наступною залежністю:

$$t_{nop} \approx 0,2 b^2 / a_p,$$

де: b – мінімальний розмір фундаменту в плані, м;

a_p – коефіцієнт рівнепроводності водонасичених порід підґрунтя.

$$a_p = k h / \mu;$$

де: k – коефіцієнт фільтрації порід підґрунтя, м/добу;

h – товщина шару ґрунтових вод, м;

μ – коефіцієнт водовіддачі (пористість) порід ґрунтового горизонту.

Для супісчано-суглинистих різностей t_{nop} становить 1-10 діб.

Принципово нові зміни еколого-геологічних умов Кривбасу можна вважати пов'язаними зі зростаючим впливом сейсмо-геофізичних процесів природного і техногенного (вибухові і механічні коливання породного масиву) походження внаслідок активної взаємодії штучної тріщинуватості і існуючих тектонічних порушень.

До головних факторів порушень геомеханічної рівноваги породного масиву в межах шахтних і кар'єрних полів слід віднести велику кількість просторово-розподілених масових промислових вибухів (до 200 за рік) з додатковим формуванням техногенних трищінуваних зон, розвитком імпульсних полів гідрогеомеханічних напружень з ризиком руйнівних деформацій породного масиву, денної поверхні, промислових і житлових споруд, об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ- трубопроводи, шляхи, мости і ін.).

Крім того, слід враховувати, що вибухові струшування породного масиву мають випадковий (стохастичний) характер, що не виключає прямої взаємодії з транзитними (зона Вранча) і локальними землетрусами [56, 125]. Зростанню деформаційних проявів споруд, денної поверхні і порід в зонах впливу гірничих робіт може бути обумовлене остаточними підвищеннями порового тиску у рихлих осадових ґрунтах підґрунтя. В цілому, на сучасному етапі функціонування ТГС Кривбасу “технологічний комплекс- ГС” слід відмітити значну невизначеність формування інженерно-сейсмо-геологічних умов та реакції промислових і житлових споруд та ОКІ. Головним чином це пов'язано з тим, що при вибухах і русі сейсмохвиль відбувається тимчасове індукування порового тиску, час існування якого залежить від проникності водо насичених порід і збільшується у глинистих і суглинистих породах. Крім того, осадові лесово-суглинисті просадкові породи в межах Кривбасу мають ослаблені водо- насичені прошарки, що за умов природних і техногенних струшувань може призводити до їх розрідження, порушення суцільності та небезпечних деформацій інженерних споруд.

За результатами сейсмо-геофізичних досліджень [56, 125] встановлено, що максимальний вплив природно-техногенні сейсмо-струшування мають на лінійні споруди (трубопроводи, шляхи, мости та ін) порівняльно з локально розсередженими промисловими та житловими об'єктами. В той же час, на ділянках розташування усіх об'єктів має місце накопичення підґрунті сейсмо-деформаційних впливів з розвитком процесів усталості пластифікації або розрідження ґрунтів [56, 125, 130].

Виконаний аналіз змін екологічних параметрів ГС Кривбасу свідчить, що додатковим ускладнюючим фактором інженерно-

сейсмо-геологічних умов Криворізької промислово-міської агломерації (ПМА) є зростання площ площ підтоплення і водо насичення поверхневого швару порід, Внаслідок цього зменшується затухання сейсмохвиль і підсилюється їх деформаційний (руйнівний) вплив.

Сучасна гідрогеодинамічна схема Криворізької регіональної ПТГС переважно відображає порушені умови формування потоків техногенного водоносного горизонту та фрагментів ґрунтового та їх зв'язки з низхідними фільтраційними потоками над депресійними лійками у трищінному горизонті рудопородного масиву. За даних умов техногенно-ґрунтовий горизонт ровивається як головний шлях перерозподілу енергії сейсмічних струшувань та їх трансформації у поля порово-порідних напруг в верхній зоні ГС.

В цих умовах, як свідчать дані комплексного аналізу матеріалів ДЗЗ, структури лінеаментних утворень та параметрів структурно-геологічної будови і тектоно-геофізичного плану Кривбасу [56, 125], інженерно-гідрогеологічна складова сейсмічної небезпеки Кривбасу переважно обумовлена глибинами рівнів ґрунтових вод (РГВ), здатністю покрівних порід до пластифікації, просідань, пучіння та ін. Із результатів досліджень щодо формування гідрогеодеформаційних полів та їх впливу на інженерно-сейсмологічну стійкість ТГС (проф. Варталян Г. С., проф. Лущик А. В. та ін., 1990, 2002) слідує, що збільшення струшуваності (інтенсивності) найбільш активно пов'язано з глибинами РГВ від поверхні землі наступною залежністю:

$$\Delta I = Ke^{-0,04h^2}, \text{ де}$$

ΔI – збільшення струшуваності, бали;

h – глибина РГВ, м;

K – коефіцієнт, який враховує мінливість інженерно-геологічних умов; за різними джерелами коливається від 1,0 (для простих інженерно-геологічних умов) до 1,8 (складні умови, наявність слабких недоуцільнених прошарків, ілових включень тощо).

На ділянках формування ТГС житлової забудови, проммайданчиків в межах ПТГС Кривбасу переважні глибини ґрунтових вод сягають 2-4 м. Таким чином, збільшення ΔI струшуваності з урахуванням гідрогеодеформаційного впливу РГВ на порушення рівноваги системи “мінеральний скелет ґрунту –

порова вода”, буде сягати при глибині рівня ґрунтових вод 2-5м (для складних інженерно-геологічних умов $K \approx 1,8$):

$$\Delta I \approx 1,8e^{-0,04h^2} = 1,8/(1,18 \div 1,67) \approx 1,5 \div 1,1 \text{ бала.}$$

Слід прийняти до уваги, що розрахункові величини зростання струшуваності ΔI в еколого-геологічному плані більше наближені до зниження сейсмостійкості внаслідок короткочасових підвищень порового тиску у водонасичених пісчано-суглинистих породах з наступним зниженням зчіплення та можливістю локальних пливунотворень та концентрації напруг. В даних умовах дуже важливими показниками щодо інтегральних оцінок інженерно-сейсмологічних умов та їх прогнозних змін є величина можливого зменшення глибини ґрунтових вод в межах ПТГС Кривбаса [8, 36, 56, 125, 129, 130, 143].

Враховуючи можливість подальших техногенних змін інженерно-гідрогеологічного режиму ПТГС Кривбасу, особливо його гірничо-промислової частини (збільшення глибин шахт та кар’єрів, площ та напорів шламо-хвостосховищ та ін.) удосконалення оцінок еколого-геологічного впливу інженерно-сейсмогеологічних факторів вимагає виконання наступних оцінок:

1) зміни структури потоків ґрунтових вод за умов подальшого зменшення їх глибин;

2) глобального ризику збільшення транзитних землетрусів зони Вранча (Румунія) та нових вогнищ місцевих землетрусів;

3) впливу скорочення площ в верхній зоні ГС інженерно-гідрогеологічних елементів (геоморфологічні, ландшафтні форми та ін.) з підвищеним рівнем здатності до релаксації сейсмічних напруг та ризику локальних ущільнень ґрунту з тимчасовим збільшенням порового тиску та наступним зниженням водонасиченості;

4) впливу мінливості фільтраційних параметрів ґрунтового горизонту та порід зони потенційного водонасичення;

5) впливу на формування інженерно-сейсмогеологічних умов регіону Кривбасу наступних гідрогеологічних чинників: наявність водонасичених глинистих прошарків, зон з низькими геодформаційними показниками (в тому числі блоків рудокристалічних порід в межах лінеаментних структур) та можливістю тимчасових порушень суцільності ГС в зоні рихлих осадових порід

(пливуноутворення, колоїдизації, концентрованого розсіювання сейсмічної енергії та ін.)

б) взаємозв'язку параметрів структурно-геологічного, тектоно-геофізичного, лінеamentного та інженерно-гідрогеологічного плану з часом зниження порового тиску в слабопрониклих породах з врахуванням того, що, навіть, при сталому природному сейсмічному фоні в межах ПТГС Кривбасу буде зростати вплив техногенної сейсмічної складової.

У зв'язку з вищенаведеним можна зробити висновок, що поточна і прогнозна оцінки еколого-геологічної складової змін інженерно-сейсмогеологічних умов Кривбасу вимагає використання пофакторних карт з відображенням генералізованої інформації ДЗЗ, удосконалення сейсмо-геофізичного моніторингу у складі екомоніторингу довкілля, а також гідрогеофільтраційного прогнозного моделювання та сейсмо-мікрогеофізичного моніторингу об'єктів критичної інфраструктури ПТГС Кривбасу.

4.2. Геодинамічні чинники виникнення надзвичайних екологічних ситуацій у Кривбасі

Прогнозування розвитку будь-яких природних, техноприродних явищ загалом, і надзвичайних ситуацій зокрема, базується на групі чинників і ознак, які спричиняють і визначають ці явища. Всі чинники які лежать в основі проявлення неотектоніки можна розділити на дві групи – природні і техногенні. До перших слід віднести геодинамічні і геологічні особливості регіонів, а до других – господарську діяльність людини в межах геологічного середовища. Враховуючи, що геологічне середовище, в межах якого зосереджені всі родовища корисних копалин, це природно-техногенна система, при прогнозуванні розвитку неотектонічних явищ у гірничодобувних регіонах слід враховувати як природні так техногенні чинники. Окрім того слід зазначити, що природні чинники відносяться до категорії регіональних, а техногенні носять локальний характер.

Природні чинники виникнення надзвичайних ситуацій. Геодинамічні чинники підпорядковані законам розвитку тектоносфери і знаходять своє відображення в регіональних хвилево-брилевих рухах земної кори, які охоплюють окремі геоструктурні

елементи земної кори. Не виключенням в цьому відношенні є Східноєвропейська платформа і південно-західній частині якої знаходиться Криворізький залізорудний басейн, приурочений до зони поєднання двох різновікових мегабоків Українського щита – Інгульського і Середньопридніпровського. Вивчення геоморфологічних особливостей території басейну з застосування методів повторного нівелювання показало, що на даному етапі розвитку регіону має місце проявлення регіональної неотектоніки, вираженої в наявності різношвидкісних вертикальних рухів окремих блоків вищих порядків кристалічного фундаменту Кривбасу. Це Іnguльський, Саксаганський, Північно-Саксаганський, Південно-Саксаганський, Олександрівський, Зеленоріченський, Боков'янський, Казанківський та інші. Складені вони архей-палеопротерозойськими гранітоїдними комплексами, а розділені синклінальноподібними структурами виповненими метаморфізованими вулканогенно-осадковими породними комплексами палеопротерозою та потужними зонами глибинних розломів. Як показали результати геоморфолого-геодезичних досліджень в регіоні різношвидкісне вертикальне переміщення жорстких гранітоїдних блоків сприяє виникненню регіональних полів тектонічних напружень в масивах гірських порід, а синклінальноподібні структури і зони розломів зазвичай є місцями розвантаження цих напружень. Це суттєво знижує ступінь сейсмостійкості останніх і створює потенційні умови для виникнення локальних сейсмічних явищ. До таких структур розвантаження належить і Криворізька до Саксаганського блоку якої приурочені родовища багатих залізних руд шахти «Ювілейна» і шахти ім. Фрунзе, які також можна вважати *потенційно сейсмонезбезпечними* з позиції геодинамічного чинника прогнозування неотектонічних явищ. Цей факт *необхідно враховувати* при проектуванні гірничодобувних робіт, але також слід зазначити, що знизити ступінь впливу геодинамічного чинника на проявлення сейсмічних явищ в районі родовищ *неможливо*, так як цей процес підпорядкований природному перебігу геодинамічних процесів в межах тектоносфери.

Вплив геодинамічного чинника на розробку залізорудних родовищ Кривбасу підземним способом прямо пов'язаний з другим *геологічним* чинником в основі якого лежить тектонічна будова

регіону і склад породних комплексів. Криворізький залізорудний басейн характеризується дуже складною тектонічною обстановкою, особливістю якої є широкий розвиток різнорангової розривної тектоніки, що суттєво знижує ступінь сейсмостійкості регіону. Розломи розділяють кристалічний фундамент на окремі блоки незначні переміщення яких сприяють виникненню тектонічних напружень, а місцями їх розвантаження, як і при регіональних процесах спричинених геодинамічним чинником, є тектонічно розуцільнені, інтенсивно тріщинуваті зони докембрійських кристалічних порід. Все це робить регіон загалом і район родовищ зокрема потенційною зоною виникнення сейсмічних явищ.

Як показали результати вивчення на прикладі Інгулецького тріщиноутворення в залізистих кварцитах докембрію, ступінь тріщинуватості порід залізисто-кременистих формацій залежить від їх мінерального, хімічного складу і термодинамічних умов породоутворення. За впливом на тріщиноутворення всі мінерали, які входять до складу порід, що є основою залізисто-кременистих формацій, розташовуються в наступній послідовності (за ступенем зниження впливу): листуваті силікати → безводні ланцюгові силікати → острівні і каркасні силікати → карбонати → оксиди (магнетит, гематит) → кварц. Зазначені мінеральні парагенезиси є наслідком зеленсланцевої фації метаморфізму теригенно-хемогенних відкладів.

У будові розрізів продуктивної залізисто-кременистої товщі Кривбасу загалом бере участь група сланцевих і залізистих горизонтів, які закономірно перешаровуються. Основними породами перших є різноманітні сланці в складі яких переважають силікати, а залізистих – карбонати, магнетит, гематит і кварц. Відповідно сланцеві горизонти можна вважати такими в яких внаслідок проявлення неотектонічних явищ інтенсивна тріщинуватість буде розвиватися на декілька порядків активніше ніж у залізистих. Це відповідно робить сланцеві горизонти ділянками розвантаження тектонічних напруг і суттєво знижує ступінь їх сейсмостійкості, підвищуючи ризик виникнення локальних сейсмічних явищ. Запобігти цьому шляхом застосування яких-небудь технологій неможливо, але це обов'язково необхідно враховувати при

проектуванні схем прокладання підземних гірничих виробок і розробці покладів багатих залізних руд.

Природні регіональні геодинамічні і локальні геологічні, які включають особливості тектонічної будови району і склад породних комплексів, створюють сприятливі умови для розвитку неотектонічних явищ у межах родовищ. Таким чином, до природних чинників виникнення надзвичайних ситуацій слід відносити геологічну будову земної кори, розломно-блокову тектоніку, мінералого-петрографічні особливості породних комплексів і природні тектонічні рухи земної кори.

Техногенні чинники виникнення надзвичайних ситуацій.

Враховуючи, що родовища зосереджені в межах геологічного середовища, яке являє собою природно-техногенну систему, суттєвий вплив на проявлення неотектоніки має група *техногенних* чинників серед яких слід розрізняти ті, що спричинені безпосередньо гірничодобувними роботами і ті які породжені діяльністю людини на земній поверхні. Серед них особливе місце слід відвести застосуванню при видобутку руди застосування *вібро-відбійних* і *вибухових* технологій. Як у першому, так і другому випадку відбувається породження техногенних сейсмічних хвиль, які негативно впливають на фізико-механічні властивості гірських порід, що призводить до формування техногенних зон розуцільнення і тріщинуватості в масивах останніх на кшталт природних розривних порушень. Такі зони одночасно стають місцями розвантаження тектонічних напружень, що створює потенційно сприятливі умови для розвитку сейсмічних явищ.

З іншого боку, такі техногенні сейсмічні хвилі сприяють поновленню «залічених» продуктами гідротермального, метасоматичного і гіпергенного процесів природних тріщин, що призводить до їх розкриття і суттєвого зниження фізико-^{механічних} властивостей. Враховуючи високу ступінь розвитку розривної тектоніки на родовищах, можна припускати, що технології, які застосовуються, при проходженні гірничих виробіток і видобутку руди, через зміни фізико-механічних властивостей гірських порід перетворюють вміщуючі поклади багатих руд на зони розвантаження полів тектонічних напружень, чим суттєво знижують ступінь їх

сейсмостійкості і підвищують ступінь ризику виникнення сейсмічних явищ.

Найбільш активно техногенна тріщинуватість буде розвиватися в сланцевих породах у складі яких будуть переважати мінерали групи силікатів. Відповідно, ці чинники необхідно враховувати при проведенні вибухових і відвальних робіт, особливо при виборі схеми закладки вибухових матеріалів і розрахунках потужності вибухів.

Породи докембрійського кристалічного фундаменту перекриваються породами осадового чохла, серед яких переважають глини, піски, супіски і суглинки, а в південній частині Кривбасу нижня частина кайнозойського розрізу складена органогенними вапняками. Це утворення, які на відміну від гранітоїдів і метаморфічних утворень характеризуються значно вищим показником пластичності і низьким коефіцієнтом крихкості. Відповідно, будь-які вертикальні переміщення докембрійських блоків будуть формувати в них не зони тріщинуватості, а зони розтягу з високим показником проникності атмосферних опадів і вод підземних водоносних горизонтів. Інфільтрація зазначених вод до підшови кайнозойського розрізу буде сприяти їх проникнення в тріщинуваті зони масивів кристалічних порід, що підсилить процес їх руйнування через розчинення карбонатів і таким чином спричинить техногенний карст, а також суттєві водо притоки в підземні гірничі виробки. Це позначиться на фізико-механічних властивостях кристалічних гірських порід і підсилить процес формування в них тріщинуватості, а, відповідно, зниження ступеня сейсмостійкості.

Над підземними виробками на земній поверхні знаходяться численні споруди, відвали відходів гірничодобувної промисловості, склади видобутої руди тощо. Тобто, з поверхні створюється додаткове навантаження на геологічне середовище, що сприяє зміні літо статичного тиску в масивах гірських порід. В окремих випадках таке навантаження з поверхні на окремі блоки кристалічного фундаменту може спричинити виникнення техногенних вертикальних рухів. Наявність по-сусідству розташованих двох блоків, розділених розривним порушенням, з різним навантаження вже створює загрозу виникнення потенційних умов розвитку сейсмічних явищ, так як різношвидкісне переміщення блоків і наявність зони розлому є передумовою формування так званих

«зачіпів», що сприятиме накопичення напруги і, у випадку руйнування останніх» вивільнення її з переходом у кінетичну енергію та утворенням сейсмічних хвиль. Уникнення створення подібної ситуації можливе тільки при відсутності над гірничими виробками значних за масою будівельних споруд, складів розкривних порід і руд.

Таким чином, техногенними чинниками виникнення неотектонічних явищ в районах розробки родовищ корисних копалин, на відміну від природних, можна керувати, але для цього потрібен моніторинг фізико-механічних властивостей гірських порід, маркшейдерсько-геодезичний моніторинг у межах території родовищ і гідрогеологічні спостереження за рівнем води в підземних горизонтах осадового чохла та тріщинних горизонтів у кристалічних породах. Тільки при таких умовах можна мінімізувати вплив розробки родовищ на неотектонічні процеси та пов'язані з ними сейсмічні явища і знизити ступінь екологічного ризику і ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

Слід також зазначити, що техногенні чинники перш за все впливають на зміни властивостей геологічного середовища і його компонентів, а останнє відіграє основну роль при формуванні потенційних передумов виникнення надзвичайних ситуацій.

4.3. Можливості оцінки екологічних ризиків Кривбасу з врахуванням асиміляційного потенціалу його території

На сьогоднішній день використання асиміляційного потенціалу природного середовища розглядається, як вельми *своєчасне та актуальне*, оскільки асиміляційна здатність ГС щодо викидів, скидів шкідливих речовин і енергії та складування відходів у результаті господарської діяльності є однією з найбільш важливих форм стійкості екосистем стосовно антропогенного впливу. При цьому, оцінка обмеженої здатності екологічних систем щодо нейтралізації та знешкодження у певних межах забруднень, разом із встановленням обґрунтованої плати за її використання, є найменш розробленою.

Дослідження базується на використанні літературних джерел, у яких піднімаються питання оцінки ризиків для просторово-

розосереджених техногенних геологічних систем в умовах широкого розвитку численних загроз.

Враховуючи нерозривність зв'язку усіх природних процесів та явищ із геологічним середовищем і розгляду усіх негативних змін цього середовища з точки зору їх прямої небезпеки для людини і природних систем, необхідність удосконалення системи екологічної безпеки, шляхом включення нових структурних компонентів ГС постає все більш гостро.

Існує тісний взаємозв'язок таких понять, як «екологічний ризик» і «асиміляційний потенціал». Кількісним виразом ризику є ймовірний екологічний збиток у випадку его реалізації. В той же час, екологічні збитки, вочевидь, у повному об'ємі виникають при зниженні асиміляційного потенціалу території до рівня менше мінімально допустимого. Тому більш детальні дослідження взаємозв'язку асиміляційного потенціалу територій з існуючими на них екологічними ризиками вельми актуальне.

Для проведення найбільш повного дослідження щодо стану проблеми були використані дослідження багатьох вчених, у тому числі Рагозіна О.Л., Вів'єна Келлі, Коржнева М.М., та інших [47, 67, 112, та ін.], чії роботи стали підґрунтям для виведення означених у розділі закономірностей та гіпотез. Основою ж для запропонованих нами економічних розрахунків екологічних збитків стала монографія Апостолюка С.О., Джигирея В.С., Апостолюка А.С. «Промислова екологія» [6] та викладки у статтях Зінченка Ю.В. [47, та ін.].

Взаємозалежність асиміляційного потенціалу та екологічних ризиків може бути пояснена від'ємною кореляцією останніх із місцевим (локальним) рівнем АП (рис. 4.1). Іншими словами, часткове поглинання антропогенного навантаження максимально можливим асиміляційним потенціалом зменшує ризики, що пов'язані із процесами порушення породного масиву, змінами режиму підземних вод, складування відходів та іншими загрозами. Отже, необхідність відшкодування екологічних збитків також наближується до нуля. У протилежному випадку, за умови перевищення антропогенним впливом максимального рівня концентрації, що може бути поглинутий мінімальним асиміляційним потенціалом, екологічні ризики, що його супроводжують переходять у розряд екологічної загрози і створюють реальну можливість

виникнення екологічної небезпеки, внаслідок стійкого порушення рівноважного стану довкілля.

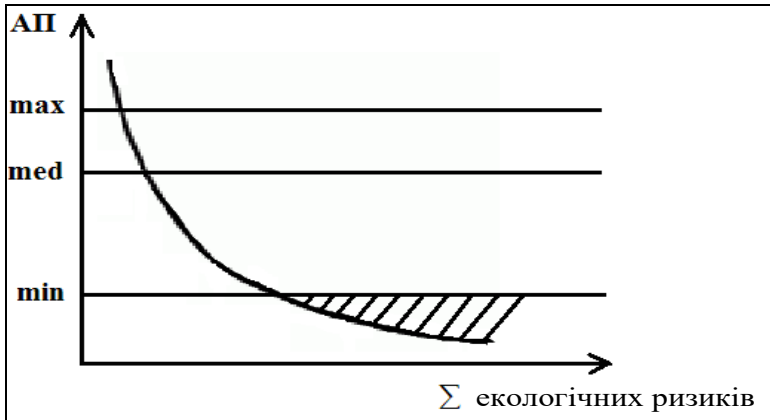


Рис. 4.1. Взаємозалежність асиміляційного потенціалу та екологічних ризиків.

У переважній більшості літературних джерел суть оцінки екологічного ризику вбачають у визначенні ймовірнісно-несприятливих для навколишнього середовища наслідків будь-яких змін природних об'єктів і факторів, проте жодна запропонована модель оцінки не була побудована з урахуванням здатності навколишнього середовища до самовідновлення.

Беручи за основу математичну модель Рагозіна О.Л., [112] спрямовану на оцінку соціальних та екологічних ризиків,

$$R_s(H) = P^x(H) \times V_m(H) \times V_s^t(H) \times V_s^s(H) \times D_p \quad (1)$$

вводимо нові компоненти, що трансформують модель у наступну залежність:

$$R_s(H) = \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{АП_0} \right) \times \left(\frac{V_s^t(H) \times V_s^s(H)}{C_{\text{стк}} - C_{\text{фон}}} \right) \times D_p, \quad (2)$$

де $P^x(H)$ – це повторюваність небезпеки. Для даної величини також допустиме вираження вірогідністю повторюваності небезпеки на рік;

$V_m(H)$ – ступінь ураженості території при певній небезпеці;

$АП_0$ – асиміляційний потенціал середовища;

$V_s^t(H)$ – ступінь ураженості населення в часі;

$V_s^s(H)$ - ступінь ураженості межах об'єктів із руйнуванням;

$C_{\text{гнк}} - C_{\text{фон}}$ – припустима величина надходження техногенного забруднення в елементи геологічного середовища, що формує його екологічний стан;

D_p – загальна кількість населення у певній зоні ураження.

Таким чином окреслюються окремі співвідношення, у першому з яких контролюючим фактором є безпосередньо рівень асиміляційного потенціалу, що слугує свого роду амортизатором для виникнення повторних загроз та площі поширення ураженості території. Особливістю співвідношення є можливість змінювати компоненти, які складають ділене, використовуючи ті, що мають пряме відношення до реальних умов, щодо яких проводиться оцінка. Тобто, у ролі багатofакторної невизначеності, що вступає у співвідношення із асиміляційним потенціалом можуть виступати: географічні особливості потенціального забруднення, кількісний чи якісний склад потенціальної загрози.

Друге співвідношення ілюструє залежність, що виникає при співставленні ступеня ураженості населення з припустимою величиною надходження техногенного забруднення. В даному випадку, контролюючим фактором виступає остання, а ступінь ураженості виступає у прямо пропорційній залежності до неї. Дана співвідношення безпосередньо впливає на коливання рівня добробуту населення, що є стандартним критерієм оцінювання рівня необхідності людського втручання у регенераційний процес навколишнього середовища у більшості країн світу.

Для більш точного та ефективного застосування запропонованої моделі, параметр асиміляційного потенціалу середовища $АП_0$ може бути видозмінений на $АП_t$ – об'єм асиміляційного потенціалу території в різні періоди часу, методика оцінки якого була використана у багатьох дослідженнях [22, та ін.]:

$$АП_t = АП_0 \times (1 - r) \times t \quad (3)$$

де $АП_t$ – об'єм АП у момент часу t ;

r – норма зменшення ресурсу від впливу різних антропогенних дій і початкової ситуації.

Таким чином наведена раніше залежність може бути трансформована наступним чином:

$$R_s(H) = \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{АП_0 \times (1-r) \times t} \right) \times \left(\frac{V_s^i(H) \times V_s^s(H)}{C_{стк} - C_{фон}} \right) \times D_p = \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{АП_1} \right) \times \left(\frac{V_s^i(H) \times V_s^s(H)}{C_{стк} - C_{фон}} \right) \times D_p \quad (4)$$

Запропонована модель, повертає нас до питання взаємозв'язку екологічних ризиків із екологічними збитками. Численними дослідженнями у сфері екологічної економіки неодноразово піднімалися питання оцінки екологічних збитків різних природних середовищ, що знаходило відображення у відповідних математичних виразах. Так, для розрахунку економічного збитку від забруднення водних джерел $Z_{бв}$, запропонований вираз характеризує його множиною питомого збитку на одиницю приведенного об'єму стічних вод ($E_{штт}$) та приведеним об'ємом стічних вод (Π):

$$Z_{бв} = E_{штт} \times \Pi \quad (5)$$

Але для встановлення логічного зв'язку між екологічними ризиками та збитками необхідне звернення до суто економічних норм, згідно яким, очікувана величина збитку є множиною коефіцієнта ризику та очікуваних прибутків, як зазначає у своїх дослідженнях Л.І. Донець. Трансформація подібного твердження на екологічний манер буде мати наступний вигляд:

$$Z_{бв} = Pr_{exp} \times \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{АП_{в.сер.}} \right) \times \left(\frac{V_s^i(H) \times V_s^s(H)}{C_{стк} - C_{фон}} \right) \times D_p \quad (6)$$

де Pr_{exp} – очікуваним прибутком;

а $АП_{в.сер.}$ – може визначатися формулою Вів'єна Келлі [112], розробленою суто для вимірювання асиміляційного потенціалу водного середовища:

$$AC = (C_{max} - C_{фон}) \times F_{95} \times 86.4 \quad (7)$$

в якій AC – асиміляційний потенціал;

C_{max} – ГДК, визначена стандартами якості навколишнього середовища;

$C_{фон}$ – другорядний/фоновий хімічний моніторинг концентрацій у досліджуваному середовищі;

F_{95} – гідрометрія потоку, м³/с; а коефіцієнт 86.4 – виведений дослідним шляхом у центрі екологічних оцінок лондонського відділення Агентства захисту навколишнього середовища. Тож, у розгорнутому варіанті вираз матиме наступний вигляд:

$$3\bar{b}_e = \text{Pr}_{\text{exp}} \times \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{(C_{\text{max}} - C_{\text{фон}}) \times F_{95} \times 86.4} \right) \times \left(\frac{V_s^t(H) \times V_s^s(H)}{C_{\text{знк}} - C_{\text{фон}}} \right) \times D_p \quad (8)$$

А враховуючи означену раніше можливість коригувати оцінку екологічного ризику не лише за допомогою загального рівня асиміляційного потенціалу середовища, але і відносно його об'єму у певний момент часу, визначення збитків водного середовища для різних періодів часу можливе через наступне співвідношення:

$$3\bar{b}_e = \text{Pr}_{\text{exp}} \times \left(\frac{P^x(H) \times V_m(H)}{((C_{\text{max}} - C_{\text{фон}}) \times F_{95} \times 86.4) \times (1-r) \times t} \right) \times \left(\frac{V_s^t(H) \times V_s^s(H)}{C_{\text{знк}} - C_{\text{фон}}} \right) \times D_p \quad (9)$$

В свою чергу, збитки від забруднення твердими відходами виробництва, зазвичай вираховуються шляхом сумування усіх характерних цього процесу збитків:

$$3\bar{b}_{\text{відх}} = 3\bar{b}_{\text{пр}} + 3\bar{b}_{\text{мер}} + 3\bar{b}_{\text{фтм}}^{\text{ан}} + 3\bar{b}_{\text{вод}}^{\text{ан}} \quad (10)$$

Де $3\bar{b}_{\text{пр}}$ – витрати на проведення завантажувальне-розвантажувальних операцій, транспортування відходів від підприємства до місця їх ліквідації;

$3\bar{b}_{\text{тер}}$ – збитки, що завдає промислове виробництво;

$3\bar{b}_{\text{атм}}^{\text{вт}}$ – збитки пов'язані із вторинним забрудненням атмосфери;

$3\bar{b}_{\text{вод}}^{\text{вт}}$ – збитки пов'язані із вторинним забрудненням води.

Матеріал, який можна взяти за основу для вдосконалення методу оцінки збитків від забруднення твердими відходами виробництва, виділений у роботах Зінченка Ю.В. [47], де автор доказово обґрунтовує необхідність розрахунку та використання ймовірностей настання негативної події та економічного збитку окремо для кожного ресурсу природного середовища у зв'язку з методичними особливостями цих природних компонентів. З урахуванням дій факторів ризику, пропонується доволі прозорий шлях його оцінки:

$$R = P \times D \quad (11)$$

де R – вартісний вираз ризику;

P – ймовірність події;

D – вартісний обсяг збитків.

Для спрямування вираженої Зінченком Ю.В. [47] ідеї у русло визначення *екологічних збитків*, нами пропонується до використання наступний вираз:

$$3\sigma_{\text{вiдх}} = \sum 3\sigma_i = \sum \left(\frac{R_s(H)_i}{P_i} \right) \quad (12)$$

де $R_s(H)_i$ та P_i – є сумарними частинними ймовірностями та екологічними ризиками для кожного виду збитків, що складають початкову економічну формулу визначення збитків від забруднення твердими відходами виробництва.

Не зважаючи на те, що методологічне питання кількісної оцінки екологічних ризиків та збитків із включенням асиміляційного потенціалу, як нової компоненти, є до кінця не вирішеними і нормативно не затвердженими, підсумування вище викладеного, та врахування вагомості ролі асиміляційного потенціалу у системі обрахунків екологічних ризиків і збитків, приводить нас до висновку, що обчислення їх потенційних величин за допомогою запропонованих формул, куди були включені основні фактори та була врахована їх взаємодія, в значній мірі спростять у подальшому розрахунок ступеню ураження територій і, як наслідок, прогнозування екологічних збитків від здійснення проєктів з використання надр.

ВИСНОВКИ

Результати досліджень і висновки, наведені у даній роботі, зводяться до наступного:

1. Дослідження даних щодо просторового співвідношення порід, їхнього структурного положення, типоморфних літолого-речовинних особливостей та інших ознак дало змогу надати пропозиції стосовно удосконалення стратиграфічної схеми докембрійських утворень ККЗ [102]. Найбільш важливі з них такі:

- Плагіогранітоїди західного і східного бортів ККЗ пропонується розглядати у складі єдиного комплексу.
- Вичленити новокриворізьку світу зі складу криворізької серії і розглядати її як самостійну серію, що складається з двох світ – латівської і новокриворізької.
- Обсяг криворізької метаосадової серії обмежити скелюватською та саксаганською світами. Гданцівська і глеєватська світи складуть верхню, наймолодшу серію – гданцівсько-глеєватську. Весь розріз ККЗ буде складатися з трьох серій – латівсько-новокриворізької, криворізької та гданцівсько-глеєватської.

2. Розвиток ККЗ розглядається як еволюція трогової зони у межах кратонізованої Середньопридніпровської ГЗО. Середньопридніпровський і Кіровоградський блоки УЩ, на границе яких зараз розташована ККЗ, в археї (перший повністю, другій частково) входили до складу єдиної ГЗО, етапи розвитку якої зафіксовані в архейських структурах Середнього Придніпров'я.

3. Загальним підсумком літолого-петрохімічних досліджень стало виділення метаосадових і метавулканогенних петрохімічних серій. За аналогією з магматичними серіями осадові серії утворюють закономірно пов'язані асоціації осадових порід, сформовані на певному геотектонічному етапі або циклі в конкретних структурно-тектонічних умовах і виявляють зв'язок з конкретним джерелом знесення.

Комплексні літологічні дослідження, яким були доповнені ознаки палеогеографічної і палеотектонічної типізації формацій, привели авторів до переконання про існування не геосинклінальної, а рифтогенно-протоплатформної послідовності формацій у ранньому докембрії ККЗ.

4. Серед численних проблемних питань геолого-економічної оцінки залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцької зони найбільш значимими, на думку авторів, являються: оцінка економічної доцільності розробки окислених залістистих кварцитів, визначення комерційного значення запасів магнетитових залістистих кварцитів для підземної розробки та проблема визначення параметрів дисконтування при геолого-економічних оцінках родовищ залізних руд. Перше може бути вирішено за рахунок тільки з інноваційним розвитком технологій, а друге і третє – за рахунок удосконалення методології оцінки з обов'язковим врахуванням еколого-економічного фактору шляхом моделювання екологічних ризиків і збитків.

5. Вплив розробки залізорудних родовищ на довкілля в основному гірничодобувному районі ККЗ Кривбасі найшов своє відображення в сучасному рельєфі Криворіжжя, де переважають техногенні форми, походження яких пов'язано як зі зміною фізико-механічних властивостей масивів гірських порід і формуванням зон підвищеної тріщинуватості так і з активізацією вертикальних коливних рухів земної кори. До таких форм рельєфу, які несуть безпосередню загрозу виникнення надзвичайних ситуацій належать, перш за все, зони обрушення земної поверхні з формуванням провальних воронок, тріщин відриву в масивах гірських порід і, як наслідок, утворення зсувів.

6. В річках районів видобутку і переробки залізних руд поверхневий шар донного річкового мулу (до глибини 1-2 м) містить значну кількість мінеральних компонентів неприродного походження. Вплив промислових підприємств на склад алювіальних відкладів річкової мережі має різні масштаби - від незначного до надзвичайного, з утворенням в окремих ділянках річищ техногенних донних осадків і рудних покладів. Найбільш забруднений промисловими відходами алювій локалізується в середній течії р. Інгулець та її притоках. Джерелами техногенного забруднення річки у межах Кривбасу виступають підприємства гірничо-металургійного комплексу з відвалами металургійних та гірничо-видобувних підприємств, шламо- та хвостосховищами, відстійниками та проммайданчиками, з яких промислові відходи потрапляють до водотоків з дощовими водами і пило-газовими хмарами з

газоочисних споруд. За гранулометрією, морфологією, мінеральним і хімічним складом техногенно перетворені (переміщені, подрібнені та збагачені) літокласти чітко відрізняються від природних, що потрапляють до алювію з кори вивітрювання гірських порід і руд. Запропоновано технологічну схему збагачення природних і техногенно-природних відкладів річок промислово навантажених територій з виробництвом залізородного, цирконового, монацитового, альмандинового, ільменітового концентратів.

7. На території Кривбасу собливо техногенно навантаженими є ділянки геологічного середовища, наближені до хвостосховищ, відстійників, шламосховищ та інших накопичувачів подрібнених та зволжених промислових відходів. З них у водоносні горизонти та поверхневі природні водотоки інфільтрується технологічна вода, насичена легкорозчинними солями, з чим пов'язані специфічні карбонатні мінеральні новоутворення - травертини.

8. Практично всі техногенні об'єкти гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) у Кривому Розі представляють собою локальні природно-техногенні геоекосистеми, що мають власну циклічність розвитку, пов'язану з технологічними циклами видобутку і збагачення залізних руд. Це обумовлює існування на їх територіях певних техногенно-геохімічних ландшафтів і локальних арен геохімічної міграції.

Основним джерелом надходження важких металів (ВМ) у ґрунти у Кривому Розі є металургійні підприємства. Їх вміст і розподіл на об'єктах ГЗК залежить, головним чином, від відсоткової частки у ґрунтах матеріалу: а – кори вивітрювання гранітоїдів і порід зеленокам'яних поясів Середнього Придніпров'я та порід криворізької серії; б - продуктів відходів збагачення залізних руд на ГЗК і осадів, сформованих при скиді високомінералізованих шахтних вод і технічних вод підприємств; г – матеріалу шлаків і димів металургійних підприємств, привнесеному вітром; д – продуктів перетворення побутових відходів. При потраплянні важких металів у ґрунти йде їх перерозподіл під дією вітру і атмосферних опадів з перенесенням і накопиченням у більш низьких місцях рельєфу. В цілому, це приводить до розсіяння ВМ у ґрунтах з частковим зниженням їх концентрацій.

9. Для акумуляції фінансові ресурси на екологічну реабілітацію районів видобутку і переробки залізних руд доцільне відкриття спеціальних рахунків підприємств із заборонаю витрачання накопичених ресурсів до початку ліквідації родовища. Сума накопичених на цьому рахунку коштів має бути дисконтована на увесь період розробки родовища і відповідати реальним майбутнім витратам на екологічну реабілітацію території. Для цього і потрібна геолого-економічна оцінка майбутнього екологічного збитку, накопиченого на етапах геологічного вивчення і експлуатації родовища. Така оцінка повинна проводитися на усіх етапах ГЕО.

Серед основних напрямів покращення екологічної ситуації у районах діяльності підприємств гірничо-металургійного комплексу економічно доцільне поступове зміщенні акцентів металургійних комбінатів з використання продуктів переробки залізних руд на використання металобрухту, а переробних підприємств – на переробку відходів з розвитком інновацій і цієї сфері.

10. З точки зору екологічної небезпеки при видобутку і переробці залізних руд у Кивбасі найбільш важливими факторами є техногенні змін гідрогеологічних умов сейсмо-геофізичного режиму геологічних структур.

Дослідження інженерно-геологічних умов Кривбасу засвідчили розвиток у верхньому шарі водоненасичених порід (зона аерації) процесу гіперфільтрації, при якому надходження техногенних вод перевищує фільтраційну здатність підстилаючих порід, що призвело до формування техногенного водоносного горизонту як гідрофізичного підґрунтя регіонального підтоплення промислово-міського комплексу Кривбасу. В той же час дренажний вплив шахт глибиною до 1200-1500м обумовив формування у тріщинуватій зоні рудно-кристалічних порід регіональної депресійної лійки, відносна рівновага рівнів якої у межах локальних субдепресій переважно забезпечується ненасиченою фільтрацією вод із техногенного водоносного горизонту. Депресійна лійка охоплює зони активного, уповільненого та затрудненого водообміну, що призводить до значних варіацій мінералізації шахтних та кар'єрних вод і ускладнює умови їх накопичення, поводження та водовідводу.

У геологічному розрізі Кривбасу переважають міцні рудо-кристалічні породи, які не здатні до пластичних деформацій за умов

значного «дефіциту маси», з одночасним регіональним розвитком техногенної трищінувості, тектонічних порушень та техногенного водоносного горизонту у покрівних рихлих породах. За таких умов періодичне виконання масових вибухів та інтенсивне струшування верхньої зони породного масиву формує високі ризики провальних деформацій поверхні в межах зон впливу площ сучасних і минулих гірничих робіт. Наявність у верхньої зони геологічного розрізу техногенного водоносного горизонту і ділянок контакту поверхні ґрунтових вод з фундаментами будівель сприяють суттєвому підвищенню їх струшувань і ризику руйнівних деформацій.

Були проаналізовані можливості оцінки екологічних ризиків і збитків Кривбасу з врахуванням асиміляційних властивостей його території.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Адаменко О.* Екологічна геологія / *Адаменко О., Рудько Г.* – К.: Манускрипт, 1997. – 348 с.
2. *Акименко Н. М., Белевцев Я. Н., Горошников Б. И. и др.* Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / *Акименко Н. М., Белевцев Я. Н., Горошников Б. И. и др.* – Москва: Госгеолтехиздат, 1957. – 280 с.
3. *Альохіна Т.М.* Вміст важких металів у воді та донних відкладах річки Інгулець / *Альохіна Т.М., Бобко А.О., Малахов І.М.* // Гидробиологический журнал. – 2008. - № 3 (44). – С. 114-120.
4. *Альохіна Т.М.* Особливості накопичення важких металів у донних осадах у гірничо-видобувному регіоні (на прикладі р. Інгулець) / *Альохіна Т.М., Малахов І.Н., Горлицький Б.О., Бобко А.О.* // IV Міжнародний водний форум „Аква-Україна 2006”: Мат. наук.-прак. конф.- Київ, 2006.- С.50-54.
5. *Ампилов Ю.П.* Экономическая геология. / *Ампилов Ю.П., Герт А.А.* – М.:Геоинформмарк, 2006. – 329с.
6. *Апостолук С.О.* Промислова екологія: Навч. посіб. / *Апостолук С.О., Джигирей В.С, Соколовський І.А. та ін.* - К.: Знання, 2005. – 474 с.
7. *Артюшов Р.Т.* Комплекс для сухого магнитного обогащения железистых кварцитов. / *Артюшов Р.Т., Нитяговский В.В., Евтехов Е.В., Лозин А.А., Евтехов В.Д.* // www.prodecolog.com.ua/pdf/udk_622.
8. *Багрій І.Д.* Геологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі / *Багрій І.Д., Бінов П.В., Белокопитова Н.А.* – К.: Фенікс, 2000. – 190 с.
9. *Багрій І.Д.* Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення. / *Багрій І.Д, Гожик П.Ф., Самоткал Е.В. та ін.* – К.: Фенікс, 2005. – 216 с.
10. *Белевцев Я.Н.* Генезис железных руд Криворожского бассейна / *Белевцев Я.Н., Бута Г.Т., Дубинкина Р.П. и др.* – Киев: Изд-во АН УССР, 1959. – 808 с.
11. *Белевцев Я.Н.* Геология Криворожских железорудных месторождений. / *Белевцев Я.Н., Тохтуев Г.В., Стрыгин А.И. и др.* – Киев: Изд. АН УССР, 1962.– Т. 1 – 484 с., т. 2 – 567 с.

12. *Белевцев Я.Н.* Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / *Белевцев Я.Н., Белевцев Р.Я.* // Киев: Наукова думка, 1981.– 48 с.
13. *Белевцев Я. Н.* (отв. ред.) Проблемы металлогении Украины. – Киев: Наук, думка, 1964. – 255 с.
14. *Белевцев Я.Н.* Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Тектоника. / *Белевцев Я.Н., Каляев Г.И., Глевасский Е.Б. и др.* – Киев: Наукова думка, 1988. – 320 с.
15. *Белевцев Я.Н.* Железисто-кремнистые формации докембрия Европейской части СССР. Структуры месторождений и рудных районов. / *Белевцев Я.Н., Вайло А.В., Ветренников В.В. и др.* – Киев: Наук. думка, 1989. – 156 с.
16. *Белицька М.В.* Літологія і технологічні властивості донних осадків річок Дніпровсько-Бузького лиману. / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук за спеціальністю 04.00.21 – літологія. – К.: ДНУ ВМГОР НАНУ. – 2016. – 16 с.
17. *Белицька М.В.* Спосіб збагачення м'яких руд, наприклад осадів, оксидних марганцевих і гематитових залізних руд. / *Белицька М.В., Іванченко В.В., Чугунов Ю.Д.* – Патент України на корисну модель №107551, бюл. №11 від 10.06.2016.
18. *Бейзель Н. Ф.* Атомно-абсорбционная спектрометрия: Учеб. Пособие / *Бейзель Н. Ф.* / Новосибир. гос. ун-т. Новосибирск, 2008. 72 с.
19. *Бондарук А.Г.* О некоторых особенностях вертикальных движений земной коры в Криворожье / *Бондарук А.Г., Денисов А.И., Курочкин П.Е., Самарский Р.Я.* // Современные движения земной коры. – № 5. – Тарту: АН ЭССР, 1973. – С. 71-73.
20. *Боровиков В.* STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере для профессионалов. / *Боровиков В.* – Санкт-Петербург: Питер. – 2001.
21. *Буланже Ю.Д.* Итоги международного сотрудничества стран Восточной Европы по составлению сводной карты современных вертикальных движений земной коры / *Буланже Ю.Д., Лилиенберг Д.А.* // Современные движения земной коры. – №5. – Тарту: АН ЭССР, 1973. – С. 9-14.

22. *Виноградов А. П.* Закономерности распределения элементов в земной коре. / *Виноградов А. П.* // *Геохимия*. 1956. № 1. С. 2-44.
23. *Вілкул Ю.Г.* Вже не має проблеми збагачення окислених кварцитів Кривбасу. / *Вілкул Ю.Г., Губін Г.В, Головань В.І.* // *Відомості Академії гірничих наук України*, №7 2016. – С.19-27.
24. *Войткевич Г.В.* Справочник по геохимии. / *Войткевич Г.В., Кокин А.В., Мирошниченко А.Е.* – М: Недра. – 1990. – 480 с.
25. *Випна М.В.* Літологія і можливості використання алювію річок України. / *Випна М.В., Іванченко В.В.* // *Сталий розвиток промисловості у суспільстві. Міжнародна науково-технічна конференція. 22-25 жовтня 2014 р. Кривий Ріг, - С. 77.*
26. *Галецький Л.С.* (гол. ред.). Атлас "Геологія і корисні копалини України", Київ: ІГН НАН України. – 2001. – 168 с.
27. *Горелов С.К.* Опыт составления прогнозной карты современных вертикальных движений земной поверхности территории, слабообеспеченной данными повторного нивелирования (на примере юго-востока Русской равнины) / *Горелов С.К., Матюкова В.А.* // *Современные движения земной коры.* – № 5. – Тарту: АН ЭССР, 1973. – С. 49-57.
28. *Гринь А. В.* Поступление тяжелых металлов в растения в зависимости от их содержания по миграции / *Гринь А. В., Ли С. К.* // *Тезисы докладов II — Всемирного совещания по миграции загрязненных веществ в почвах и определенных сферах.* Ленинград, 1980 г. — С. 46–48
29. *Денисов А.И.* Исследование геодезическим способом влияния горных работ на деформацию земной поверхности в Кривбассе / *Денисов А.И., Бавыкин А.Е., Чичкан В.С.* // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1986. - №4(142). – С.57-58.
30. *Денисов А.И.* Современные движения земной поверхности района Криворожья и их выраженность в рельефе / *Денисов А.И.* // *Материалы научно-технической конференции КГРИ.* – М.: ВИНТИ, 1981. - №268-81. – С. 59-69.
31. *Доброхотов М.Н.* Геология и железорудные месторождения Кременчугского района. / *Доброхотов М.Н.* – М.: Недра, 1964. – 220 с.
32. *Довгий С.О.* (відп. ред.). Реструктуризація Мінерально-сировинної бази України та її інформаційне забезпечення / *Довгий С.О.,*

- Шестопалов В.М., Коржнев М.М., Трофимчук О.М., Яковлев Є.О., Андрієвський І.Д., Курило М.М., Кізілова О.Т., Люта Н.Г. Малахов І.М., Сляднєв В.О., Аксьом О.С., Захарій Н.В., Корінь С.С.* – К.: Наукова думка, 2008. – 347 с.
33. *Довгий С.О.* Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні / *Довгий С.О., Коржнев М.М. (ред.), Курило М.М., Ляшенко О.І., Малахов І.М., Трофимчук О.М., Чумаченко С.М., Яковлев Є.О., Захарій Н.В., Сухіна О.М.* – К.: Ніка-Центр, 2012. – 316 с.
34. *Довгий С.О.* Критерії екологічної і геолого-економічної оцінки та мінералогія відходів гірничо-металургійного комплексу Кривбасу / *Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. (ред.), Курило М.М., Трофимчук О.М., Яковлев Є.О.* – К.: Ніка-Центр, 2013 – 228с.
35. *Довгий С.О.* Мінерально-сировинний комплекс та сталий розвиток України / *Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. (ред.), Курило М.М., Трофимчук О.М., Чугунов Ю.Д., Яковлев Є.О., Якушенко Л.М.* – Київ: Логос, 2014. – 236 с.
36. *Довгий С.О.* Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / *Довгий С.О., Іванченко В.В., Коржнев М.М. (ред.), Курило М.М., Трофимчук О.М., Чумаченко С.М., Яковлев Є.О., Беліцька М.В.* – К.: Ніка-Центр, 2016. – 171 с.
37. *Долгова Т.И.* Деградація ґрунтових систем под воздействием пыления, инициируемого предприятиями горнодобывающего комплекса / *Долгова Т.И.* // Разработка рудных месторождений. – 2003. – Вып. 82. – С. 150-159.
38. *Євтехов В. Д.* Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізородних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеamentу / *Євтехов В. Д.* // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– №4.– С. 111-114.
39. *Євтехов В.Д., Федорова І.А.* Техногенні поклади Кривбасу як комплексна мінеральна сировина. / *Євтехов В.Д., Федорова І.А.* // Техногенно-екологічна безпека регіонів як умова сталого розвитку України. Матеріали другої науково-практичної конференції Львів: Товариство “Знання” України, 2002. – С. 29-30.
40. *Євтехов В.Д.* «Шахтні перли» Криворізького басейну. Геолого-мінералогічний вісник. – 2002. - №2.

41. Екотоксикологічні, гідрохімічні та агрохімічні методи оцінки мінеральних добрив. / <http://www.novaecologia.org/voecos-1613-6.html> - Заголовок з екрану
42. *Ерохина В.Н.*, Экологические затраты. Актуальные вопросы учета и анализа / *Ерохина В.Н., Лесина Т.В.* // Интернет-журнал «науковедение», 2015.- № 4.- Загл. с экрана <http://naukovedenie.ru/PDF/87EVN415.pdf>
43. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 р. № 187/98-ВР. – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/187/98-%D0%B2%D1%80>
44. Закон України «Про екологічний аудит» від 24.06.2007р. № 1862-IV. – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/1862-15>
45. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» від 16.10.92 р.– <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/main/2707-12>
46. Звіт з корпоративної відповідальності ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», 2014.
47. *Зінченко Ю.В.* Методичні підходи до аналізу екологічного ризику. / *Зінченко Ю.В.* // Економічні інновації. Випуск №60, 2015.
48. *Іванченко В.В.* Мінерали заліза в сучасному осадку р. Інгулець. / *Іванченко В.В., Журавель Н.Р., Нестеренко Т.П.* // Гірничий вісник. – 2009. - №10. – С. 53-57.
49. *Іванченко В.В.* Аутигенні сульфіди у донному осаді річок України. / *Іванченко В.В., Квітка А.С.* // Геология и полезные ископаемые мирового океана. - №2, 2014. – С. 118-123.
50. *Іванченко В.В., Тиришкіна С.М., Оторвін П.І.* Сталеплавильний шлак в сучасному геологічному середовищі. / *Іванченко В.В., Тиришкіна С.М., Оторвін П.І.* // Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. (Гол. ред. серії Шнюков Є.Ф.) – Київ, 2011. – 147 с.
51. Изучение тяжёлых металлов в почве, режим доступу – <http://biofile.ru/bio/35489.html> - Заголовок з екрану.
52. Інструкція про зміст, оформлення і порядок подання в ДКЗ України матеріалів з геолого-економічної оцінки запасів вугілля і горючих сланців. // Офіційний вісник України. - 1997 . № 44. - С. 235, код акту 4146/1997.
53. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ вугілля.

- // Офіційний вісник України.- 2004. - № 46. - С. 140, стаття 3078, код акту 30672/2004.
54. *Ищенко Л.В.* Некоторые особенности распределения концентрации акцессорных минералов в донных отложениях районов взморья Днестровского лимана. / *Ищенко Л.В.* // Геология побережья и дна Черного и Азовского Морей в пределах УССР: Наукова думка, 1969, вып. 3. – 201-206.
 55. *Каляев Г.И.* Тектоника докембрия украинской железорудной провинции / *Каляев Г. И.* – Киев: Наукова думка, 1965. – 109 с.
 56. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і захист від землетрусів. Вісник НАН України, 2015, №2. – С.45-57.
 57. Класифікація запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр. // Офіційний вісник України - 1997.- № 19. - С.104, код акту 700/1997.
 58. *Ковда В.А.* Биогеохимия почвенного покрова. / *Ковда В.А.* – М.: Наука, 1985. – 264с.
 59. *Конди К.* Архейские зеленокаменные пояса / *Конди К.* – М.: Мир. – 1983. – 390 с.
 60. *Коржнев М.Н.* О структурном контроле оруденения на Галещинском месторождении богатых железных руд / *Коржнев М.Н.* – В сб. научн. тр. «Петрология, минералогия и рудообразование в пределах Украинского щита». – К.: Наукова думка. – 1984. – С. 71-74.
 61. *Коржнев М.Н.* Геология и условия накопления толщ раннепротерозойских железорудных бассейнов. - Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. – К.: ИГФМ НАНУ, Отделение металлогении, 1993. – 38 с.
 62. *Коржнев М.Н.* Геолого-структурные условия и этапы золотонакопления в Среднеприднепровской гранит-зеленокаменной области / *Коржнев М.Н., Монахов В.С., Фомин Ю.А., Щербак Д.Н.* // ДАН Украины, 1994, № 10. – С. 87-91.
 63. *Коржнев М.Н.* Этапы развития Криворожско-Кременчугской зоны Украинского щита / *Коржнев М.Н., Занкевич Б.А.* // Доповіді НАН України, 1998, № 6, с. 127-131.
 64. *Коржнев М.Н.* Роль гранитоидных блоков архейского основания в формировании Криворожского синклиория / *Коржнев М.Н.* //

- Доповіді НАН України, 1998, № 7, с. 121-124.
65. *Коржнев М.М.* Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничодобувних регіонів України / *Коржнев М.М., Міщенко В.С., Шестопалов В.М.(ред.), Яковлев Є.О.* – К.: РВПС України. – 2000. – 75 с.
 66. *Коржнев М.М.* Основи економічної геології: Навчальний посібник. / *Коржнев М.М., Михайлов В.А., Міщенко В.С., Плотников О.В., Шумлянський В.О., Курило М.М., Сухіна О.М.* – Київ: “Логос”, 2006. – 274с.
 67. *Коржнев М.М. (ред.)*. Екологічна геологія. Підручник. / *Коржнев М.М., Вишва С.А., Кошляков О.Є., Гожик А.П. та ін.* – К.: ВПЦ Київський Університет. – 2006. – 235 с.
 68. *Коржнев М.Н.* Ресурсные и экологические критерии определения ассимиляционного потенциала геологической среды на примере горнодобывающих регионов Украины / *Коржнев М.Н., Курило М.М., Захарий Н.В.* // Вестник Томского гос. ун-та. 2014. № 387. С. 243–252.
 69. *Коржнев М.М.* Техногенні форми рельєфу та оцінка екологічних ризиків і збитків гірничовидобувної діяльності у Криворізькому залізорудному басейні / *Коржнев М.М., Малахов І.М.* // Вісник КНУ. Геологія. – вип. 58, 2012. – С. 46-50.
 70. *Коржнев М.М.* Концептуальні підходи щодо визначення асиміляційного потенціалу територій з врахуванням його складових для геологічного середовища / *Коржнев М.М., Кошарна С.К.* // Екологічна безпека та природокористування. – 2016. – Вип. 21 (№1-2). – С. 16-24.
 71. *Копченова Е.В.* Минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. / *Копченова Е.В.* - М.: Недра. – 1979. – 247 с.
 72. *Куліковська О.Є.* Про необхідність досліджень геодинамічних процесів у Кривбасі / *Куліковська О.Є., Сидоренко В.Д.* // Вісник геодезії і картографії. – 1998. - № 1 . – С. 8-12.
 73. *Лилиенберг Д.А.* Опыт комплексного картирования современной геодинамики (на примере Азербайджанской ССР) / *Лилиенберг Д.А.* // Современные движения земной коры. Теория, методы, прогноз. – М.: Наука, 1960. – С. 65-76.
 74. Літологія сучасних донних осадків поверхневих водойм Криворізького залізорудного басейну. / *Агаджанов М.Є., Бобко А.О.,*

- Малахов І.М. та ін.* – Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. Кривий Ріг. «Октан Принт», 2008. – 110 с.
75. *Лозин А.А.* Перспектива применения преобогащения в технологических схемах обогащения окисленных железистых кварцитов Кривбасса. / *Лозин А.А., Герасименко И.А., Нитяговский В.В.* // knu.edu.ua/files/94_2011/67pdf.
76. *Максимів Л.І.* Екологічний облік: проблеми формування та перспективи застосування// Вісник САДУ: Економіка та менеджмент. /*Максимів Л.І.* – Суми: Козацький вал, 2001. – С. 123-129
77. *Малахов І.М.* Техногенез у геологічному середовищі / *Малахов І.М.* – Кривий Ріг: «Октан Принт», 2003. – 252 с.
78. *Малахов И.Н.* Новая геологическая сила / *Малахов И.Н.* – Кривой Рог: Отделение морской геологии и осадочного рудообразования, 2009. – 312 с.
79. *Малахов І.М.* Фактори формування складу сучасних донних осадків р. Інгулець. / *Малахов І.М., Альохіна Т.М., Бобко А.О., Іванченко В.В.* // Геологічний журнал. № 3, 2010. – С. 69-74.
80. *Малахов І.М.* Методологічні питання вивчення трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах. *Малахов І.М., Альохіна Т.М., Іванченко В.В. та ін.* // Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. - Кривий Ріг: Октан-Принт, 2011 – 171 с.
81. *Малахов И.Н* Условия формирования донных осадков устьевых участков рек Днепровско-Бугского лимана в условиях антропогенной нагрузки / *Малахов И.Н., Иванченко В.В., Алёхина Т.Н. и др.* // Геология и полезные ископаемые мирового океана. – Киев, 2010. – № 2(20). – С. 69-78.
82. *Малишко М.* Конституційні основи екологічного права та їх місце у екологічній правовій системі / *М. Малишко* // Право України. – 2011. - №2. – С. 44
83. *Маяков І.Д.* Екологічна оцінка стану геологічного середовища / *І.Д. Маяков* // Нетрадиційні екологічні проблеми Кривбасу : [за ред. *І.М. Малахова*]. – Кривий Ріг, 2001. – 60 с.
84. *Маяков І.Д.* Екологічна оцінка стану геологічного середовища. Деякі чинники техногенезису / *І.Д. Маяков, Т. М. Кулькова.* – Кривий Ріг:

- Октан-Принт, 2002. – С. 48-62. Серія: Геологічне середовище антропогенної системи.
85. *Матицкова В.А.* Карта градиентов скорости современных вертикальных движений земной коры Европейской части СССР и исследования периодичности движений / *Матицкова В.А.* // Современные движения земной коры. – №5. – Тарту: АН ЭССР, 1973. – С. 42-48.
 86. Методичні вказівки щодо геолого-економічної переоцінки родовищ твердих корисних копалин, запаси яких були апробовані або затверджені раніше, затверджені Наказом ДКЗ України від 10.01.2013 р. №5/1.- К:ДКЗ України, 2013 – 35с.
 87. Методичні рекомендації щодо змісту, оформлення і порядку подання на розгляд Державної комісії по запасах корисних копалин матеріалів геолого-економічних оцінок родовищ металічних і неметалічних корисних копалин, затверджено Наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 21 липня 2015 № 293.-К:ДКЗ України, 2015 – 20с.
 88. Міська програма вирішення екологічних проблем Кривбасу та поліпшення стану навколишнього природного середовища на 2016 – 2025 роки.
 89. *Мищенко В.С.* Вартісна оцінка родовищ та поняття гірничого капіталу як продукції геологорозвідувальної галузі. / *Мищенко В.С., Снісар В.П.* // Мінеральні ресурси України. – 1998. – № 3. – С. 30-32.
 90. *Нестерова О.Е.* Морфометрический анализ рельефа при изучении локальных поднятий / *Нестерова О.Е.* // Рельефообразующие процессы: теория, практика, методы исследования: Материалы XXVIII Пленума геоморфологической комиссии РАН. Новосибирск, ИГ СО РАН.- Новосибирск, 2004. –С. 201-202.
 91. Новини державної екологічної інспекції України // <http://dei.gov.ua/component/search/?searchword=%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D0%A0%D1%96%D0%B3&searchphrase=all&Itemid=101>
 92. Облікова ставка Національного банку України // http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=53647
 93. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. / *Перельман А.И.* – М.: Высш. шк., 1975. – 342с.

94. *Плотников А.В.* Системы разрывных нарушений в Криворожском рудном районе. / *Плотников А.В.* // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.– 1993.– №2.– С. 35-42.
95. *Плотников А.В.* Структуры месторождений железисто-кремнистых формаций Криворожско-Кременчугского рудного пояса. / *Плотников А.В.* // Проблемы горнодобывающей промышленности металлургического комплекса Украины: Сб. научн. тр. – Кривой Рог: НИГРИ. – 1997. – С. 163-167.
96. *Плотников А.В.* Структурно-тектонические и тектонофизические условия формирования месторождений железистых кварцитов в докембрии. / *Плотников А.В.* // Геотехническая механика. – 2001. – №25. – С.100-105.
97. *Плотніков О.В.* Застосування ГІС при підрахунку запасів складнопобудованих родовищ залізних руд. / *Плотніков О.В., Курило М.М.* // Міжнародна конференція «Geoinformatics 2014», 12-13 травня 2014, Київ, Україна.
98. *Плотніков О.В.* До проблеми визначення параметрів дисконтування при геолого-економічних оцінках родовищ корисних копалин. / *Плотніков О.В., Курило М.М.* // Третя науково-практична конференція «Надрокористування в Україні», Україна, м. Трускавець, 4-7 жовтня 2016р.
99. *Плотніков О.В.* Статистичні моделі порівняння результатів вивчення шарошкових та колонкових свердловин при експлуатаційній розвідці залізородних родовищ. / *Плотніков О.В., Бєлоус О.І., Курило М.М.* // Міжнародна конференція «Geoinformatics 2016», 10-13 травня 2016, Київ, Україна.
100. *Плотніков О.В.* Мінерально-сировинна база окислених залізистих кварцитів України - реальність чи міф? / *Плотніков О.В., Курило М.М.* // Третя науково-практична конференція «Надрокористування в Україні», Україна, м. Трускавець, 4-7 жовтня 2016 р.
101. *Покалюк В.В.* Рифтогенные и протоплатформенные формации в раннем докембрии Криворожского бассейна Украинского щита / *Покалюк В.В., Коржнев М.Н.* // Геол. журн., 2015, т.352, № 3. – С. 51-58.

102. *Покалюк В.В.* Вулканізм і седиментогенез ранньодокембрійських етапів розвитку Криворізько-Кременчуцької структурно-формаційної зони Українського щита. // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук. – К: ННІ "Інститут геології" Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2016. – 38 с.
103. *Покалюк В.В.* Генетические типы метаконгломератов основания палеопротерозоя Криворожского железорудного бассейна / *Покалюк В.В., Коржнев М.Н.* // Литология и полезные ископаемые, 2016, № 3. – С. 1–15.
104. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах, затверджене наказом ДКЗ від 07.12.2005 № 300.
105. Положення про порядок розробки та обґрунтування кондицій на мінеральну сировину для підрахунку запасів твердих корисних копалин у надрах// Офіційний вісник України.- 2006.- № 5.- С.137, стаття 246, код акту 35044/2006.
106. *Паранько І.С.* Кривий Ріг – потенційна зона виникнення техногенно-природних і техногенних надзвичайних ситуацій / *Паранько І.С., Смирнова Г.Я., Іванова О.В.* // Геолого-мінералогічний вісник. – 2005. - № 1. – С. 5-9.
107. Постанова КМУ Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр// Офіційний вісник України — 1997 р., № 19, стор. 104, код акту 700/1997.
108. Постанова КМУ Про затвердження Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр// Офіційний вісник України — 1997 р., № 19, стор. 104, код акту 700/1997
109. Постанова Кабінету Міністрів України «Про Концепцію поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України» від 31.08.1999 р. № 1606.
110. *Пискунов І.Е.* Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. / *Пискунов І.Е.* – М.: Недра, 1980. – 248 с.
111. Про порядок визначення плати і стягнень платежів за забруднення навколишнього середовища: Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до деяких Постанов

Кабінету Міністрів України» від 26 жовтня 2001 р. № 1426. – <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/298-96-%D0%BF>

112. *Рагозин А.Л.* Современное состояние и перспективы оценки и управления природными рисками в строительстве. / *Рагозин А.Л.* // Анализ и оценка природного и техногенного риска в строительстве. - М., 1995. – С.7-25.
113. *Раицман Е.Я.* Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений / *Раицман Е.Я., Гласко М.П.*. – М.: Медиа-Пресс, 2004. – 224 с.
114. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Дніпропетровській області за 2015 рік / Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської облдержадміністрації – 2016.
115. *Рудько Г.І.* Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів./ *Рудько Г.І., Плотніков О.В., Курило М.М., Радованов С.В.* – К.: Вид-во «Академпрес», 2010. – 272с.
116. *Рудько Г.І.* Геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин. / *Рудько Г.І., Курило М.М., Радованов С.В.* – К.: Вид-во «АДЕФ-Україна», 2011. – 384с.
117. *Рудько Г.І. (ред.)*. Національні та міжнародні системи класифікацій запасів та ресурсів корисних копалин: Стан та перспективи гармонізації. / *Рудько Г.І., Нецький О.В., Назаренко М.В., Хоменко С.А.* - Київ-Чернівці: «Букрек», 2012. -240 с.
118. *Рудько Г.І.* Геолого-економічна оцінка окислених залізистих кварцитів в залізисто-кременистих формаціях докембрію Українського щита. / *Рудько Г.І., Плотніков О.В., Радованов С.В.* – Київ - Чернівці: Букрек. – 2012. – 328с.
119. *Рудько Г.І.* Оцінка ризиків освоєння родовищ вугілля на прикладі вітчизняних об'єктів із незначними запасами. / *Рудько Г.І., Курило М.М., Бала В.В.* // Третя науково-практична конференція «Надрокористування в Україні», Україна, м. Трускавець, 4-7 жовтня 2016 р.
120. *Рягузов Н.Т.* О сопоставимости разрезов гнейсово-сланцевого комплекса Криворожско-Кременчугской зоны по условиям образования и закономерностям распределения элементов примесей / *Рягузов Н.Т., Бабков Ю.Б.* // Геол. журн., 1970, т. 40, вып. 1, с. 80—89.

121. *Савченко О.Ф.* Екологічні витрати: проблеми права, обліку та оподаткування. / *О.Ф. Савченко, О.І. Дацій, А.О. Байда, Г.І. Зима* // *Економіка і держава*, – 2015. – № 5 – С. 11-19.
122. *Саенко К. С.* Учет экологических затрат / *К. С. Саенко*. – М.: «Финансы и статистика», 2005. – 376 с.
123. *Свинко. Й.* Травертини (вапнякові туфи) *Свинко. Й.* / *Свинко. Й.* // Тернопільський енциклопедичний словник: у 4 т. / Редкол.: Г. Яворський та ін. – Тернопіль: Видавничо-поліграфічний комбінат «Збруч», 2008. — Т. 3 : П – Я. – 708 с. – С. 463–464.
124. *Соколовский И.Л.* Об унаследованности современными движениями земной коры более древних движений на территории СССР / *Соколовский И.Л.* // *Современные движения земной коры*. – №1. – М.: АН СССР, 1963. – С. 333-338.
125. *Старостенко В.І.* Розвиток сейсмологічної мережі на території України для цілей сейсмічного захисту. / *Старостенко В.І., Кендзера О.В., Лісовський Ю.В., Семенова Ю.В.* Вісник НАН України, 2013, №3. – С.144
126. *Стеценко А.І.* Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу. / *Стеценко А.І., Іванченко В.В.* // *East European Scientific Journal*, 2016, №12, part 1, p. 39-46.
127. *Сухіна О. М.* Дослідження екологічної складової у виробничій діяльності підприємств гірничовидобувної промисловості / *О. М. Сухіна*; відп. ред. Б.М. Данилишин // *Економіка природокористування і охорона довкілля: щорічник наук. праць НАН України. Рада по вивченню продуктивних сил України*. – К., 2005. – 376 с.
128. *Тохтуев Г.В.* Типы рудоконтролирующих структур в железисто-кремнистых формациях зеленосланцевой фации метаморфизма. / *Тохтуев Г.В.* – В кн.: *Проблемы метаморфогенного рудообразования*. – Киев: Наук. думка., – 1979. – С. 164-165.
129. *Трофимов В.Т.* Классификация техногенных воздействий на геологическую среду. / *Трофимов В.Т., Королёв В.А., Герасимов А.С.* // *Геоэкология*, №5. – 1995. – С. 96-107.
130. *Трофимчук А.Н.* Динамика пористоупругих насыщенных жидкостью сред. / *Трофимчук А.Н., Гомилко А.М., Савицкий О.А.* – К.:”Наукова думка”. – 2003. – 230с.

131. *Туякова З.С.* Классификация экологических затрат в современном бухгалтерском учете / *Туякова З.С., Черткова А.А.* // Вестник ОГУ. – 2009. – № 8 .- с. 112
132. *Тяпкин К.Ф.* О годичной компоненте современных вертикальных движений земной коры / *Тяпкин К.Ф., Бондарук А.Г.* // Геофизический журнал. – 1983. - №1. – С.23-31.
133. *Философов В.И.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / *Философов В.И.* – Саратов: СГУ, 1975. – 232 с
134. *Фоменко В.Ю.* Особенности строения железорудной толщи Правобережного района Украинского щита / *Фоменко В.Ю., Коржнев М.Н., Пиковский Е.Ш., Терещенко С.И., Коростышевский И.Е.* // Геол. журн., 1986, т. 46, №1, с. 38-51.
135. *Хасанов Р.Р.* Атомно-эмиссионный спектральный анализ: Учебно-методическое пособие / *Р.Р. Хасанов, Р.Р. Хусаинов.* – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. – 27с.
136. *Цуканов И.Л.* Основные принципы стоимостной оценки запасов углеводородного сырья при обосновании минимального размера разового платежа на стадии лицензирования объектов. / *Цуканов И.Л., Богданов С.Д., Богданов Н.С., Ткач А.А.* // www.ValNet.ru
137. *Цюга М.М.* Природоохоронні витрати, як об'єкт бухгалтерського обліку / *Цюга М.М.* // Вісник ЖДТУ. – 2012. - №1 (59)
138. *Чугунов Ю.Д.* Эффективная технология обогащения природных и техногенных руд. / *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке. Материалы 1-й Международной научно-практической конференции. Москва, 31 марта 2013 г. с. 38-40.
139. *Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В.* Мобільний збагачувальний агрегат. Патент України на корисну модель № 83761. 25.09.2013. Бюл. № 18.
140. *Шаклеин С.В.* Оценка риска пользования недрами: учеб. пособие. / *Шаклеин С.В., Рогова Т.Б.* – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2009. – 120с.
141. *Шестопалов В.М.* (відп. ред.). Екогеологія України. Навчальний посібник / *Шестопалов В.М., Коржнев М.М., Вишва С.А. та ін.*

- К.: ВПЦ «Київський університет» . – 2011. – 671 с.
142. *Шнюков Е.Ф.* Распределение тяжелых минералов в осадках Днепро-бугского лимана. / *Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Усенко В.П.* // Осадочные породы и руды. – К.: Наук. Думка, 1978. – С. 32-41.
 143. *Шнюков Е.Ф.* Экологическая геология Украины (справочное пособие). / *Шнюков Е.Ф., Шестопалов В.М., Яковлев Е.А. и др.* – Киев: "Наукова думка". – 1993. – 408 с.
 144. *Шнюков Е.Ф.* Геологическая история развития речной сети на северо-западном шельфе Черного моря. / *Шнюков Е.Ф., Иноземцев Ю.И., Маслаков Н.А.* // Геология и полезные ископаемые Черного моря. – К.: 1999. – С. 238-244.
 145. *Шнюков Е.Ф.* Перспективы Южно-Украинской провинции мелкого и тонкодисперсного золота. / *Шнюков Е.Ф., Маслаков Н.А., Кардаш В.Т.* // Природные и техногенные россыпи, месторождения коры выветривания на рубеже тысячелетий.— М.: РКВ., 2000. — С. 391—392.
 146. *Шумилин М.В.* Геолого-экономические основы горного бизнеса. / *Шумилин М.В.* – М.: ВИМС, 1998. – 168с.
 147. *Щербак Н.П.* Изотопная геология Украины / *Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н., Луговая И.П.* – Киев: Наукова думка , 1981. 247 с.
 148. *Яковлев Е.А., Литвак Д.Р., Кухар В.В.* Применение принципов геоэнергетики при прогнозе региональных изменений гидро- и инженерно-геологических условий / *Яковлев Е.А., Литвак Д.Р., Кухар В.В.* // Геологический журнал. – 1984, №1. – С.69-75.
 149. *Яковлев Е.А.* О структуре оценки и управления экологическим риском геологической среды / *Яковлев Е.А.* // Геологический журнал", 1992, №3. – С.11-16.
 150. *Яковлев Є.О.* Теоретичні основи оцінки часу затоплення шахт і кар'єрів. / *Яковлев Є.О.* // Мінеральні ресурси України, №2. – 2010. – С.35-39.
 151. *Яковлев Є.О.* Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничодобувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надрокористування. / *Яковлев Є.О.* // Мінеральні ресурси України, №4. – 2015. – С.37-43.

152. Янин Е.П. Эколого-геохимические аспекты аллювиального осадкообразования в городских агломерациях. / Янин Е.П. // Прикладная геохимия. – 2001.-№ 2. - С. 389-414.
153. Янин Е.П. Экогеохимическая оценка загрязнения реки Нуры ртутью. / Янин Е.П. – М., 1989. – 43 с.
154. Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves // http://www.jorc.org/docs/JORC_code_2012.pdf.
155. Australian Guidelines for Estimation and Classification of Coal Resources. // http://www.jorc.org/docs/Coal_Guidelines_2014_Final_Ratified_Document.pdf.
156. Belitska M.V. Lithology and technological features of sediments river inlets polluted with the wastes of industry in Krivey Rig basin (Ukraine) // Proceedings of XVI Balkan mineral processing congress. Belgrade, Serbia, June 17-19, 2015, v. II, p. 875 - 877.
157. Harper E.M. (1997) Evolutionary response by bivalves to changing Phanerozoic sea-water chemistry. / Harper E.M., Palmer, T.J. and Alphey, J.R. // Geological Magazine 134: p.p. 403-407.
158. <https://cgok.metinvestholding.com/ru/about/structure>
159. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
160. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/historical-statistics>
161. <http://www.ey.com/GL/en/Industries/Mining---Metals/Business-risks-in-mining-and-metals>
162. <http://donetsksteel.com/en/company/coal/pokrovskoe>.
163. <http://donetsksteel.com/ru/investors/ratings>.
164. <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>).
165. Ivanchenko V.V. Changes in river sedimentation caused by the influence of the modern system of Ukraine. / Ivanchenko V.V., Belitskaya M.V., Smirnov Y.Y., and Ilyina A.S. // Third Plenary Conference and Field Trip From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary. Astrakhan, Russia. 22-30 September 2015. Proceedings. P. 91-96.
166. Iron Formation: Facts and Problems (1983). / Trendall A.F., Morris R.G. (Editors). – Amsterdam – Oxford – New-York – Tokyo: ELSEVIER. – 558 p.
167. Kelly V. (2012) Use of Geographic Information Systems (GIS) to Calculate the Assimilative Capacity of Rivers to Receive Proposed

- Discharges. / *Kelly Vivienne* / Dublin. Annual Conference of Compass Informatics, Informatics & Reporting, Office of Environmental Assessment, 17.05.2012.
168. *Kulik D.A.* Lithological and geochemical evidence of Fe and Mn pathways during deposition of Lower Proterozoic banded iron formation in the Krivoy Rog basin (Ukraine) / *Kulik D.A., Korzhnev M.N.* // *Manganese Mineralisation: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits* // *Geol. Soc. Spec. Publ.*, - 1997. - No 119. - P. 43-80.
169. *Kurilo Mariia.* (2016) Commercial significance of magnetite quartzites reserves for underground mining. / *Kurilo Mariia, Plotnikov Oleksandr.* // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016.
170. *Minerals and Metals Fact Book – 2016* // Natural Resources Canada. – 2016. – 116 p.
171. *Mohiuddin K. M., Zakir H. M., Otomo K., Sharmin S., & Shikazono N.* Geochemical distribution of trace metal pollutants in water and sediments of downstream of an urban river. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 2010. № 7(1), 17-28.
172. Palmer, T.J. and Wilson, M.A. (2004) [Calcite precipitation and dissolution of biogenic aragonite in shallow Ordovician calcite seas.](#) *Lethaia* 37: 417-427.
173. Schmittner Karl-Erich and Giresse Pierre (1999) "Micro-environmental controls on biomineralization: superficial processes of apatite and calcite precipitation in Quaternary soils", Roussillon, France. *Sedimentology* 46/3: 463–476.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

Довгий Станіслав Олексійович
Коржнев Михайло Миколайович
Трофимчук Олександр Миколайович
Іванченко Владислав Вікторович
Курило Марія Михайлівна
Покалюк Володимир Васильович
Яковлєв Євген Олександрович
Стеценко Вечеслав Валерьевич
Беліцька Марина Валеріївна
Кошарна Софія Костянтинівна
Стеценко Альона Ігорівна

ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА ТА СУЧАСНІ ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ Й ЕКОЛОГІЧНІ УМОВИ ВИДОБУТКУ І ПЕРЕРОБКИ ЗАЛІЗНИХ РУД КРИВОРІЗЬКО-КРЕМЕНЧУЦЬКОЇ ЗОНИ

Оригінал-макет авторський

Підписано до друку 25.12.2017. Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Умови, друк. арк. 10,23. Наклад 300 пр. Зам.№88.

Видавництво «Ніка-Центр». 03142, Київ, вул. Кржижановського, 4.
т./ф. (044) 39-011-39; e-mail:psyhea9@gmail.com; www.nika-centre.kiev.ua
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
До державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК №5368 від 26.06.2017

Видано за участю ТОВ «Консент»
Відруковано у ТОВ «Друкарня «Рута».
м. Кам'янець-Подільський, вул. Князів Коріотовичів, 11
Свідотство До державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК №4060 ві 29.04.2011

ДОДАТКИ

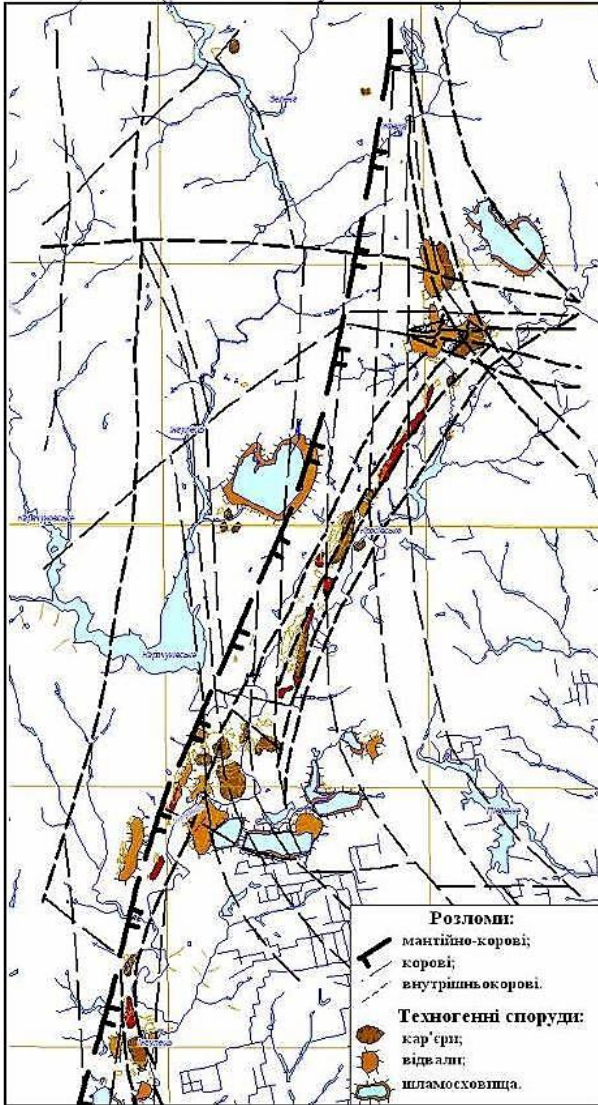


Рис. 1. Положення кар'єрів, відвалів і шламосховищ по відношенню до розломно-блокової тектоніки Криворізької структури



Рис. 2. Провалля у північній частині гірничого відводу шахти ім. С. М. Кірова



Рис.3. Провалля у центральній частині гірничого відводу шахти ім. С.М. Кірова



Рис. 4. Плавні зсуви зони мульди.



Рис. 5. Перехід терас у провали.

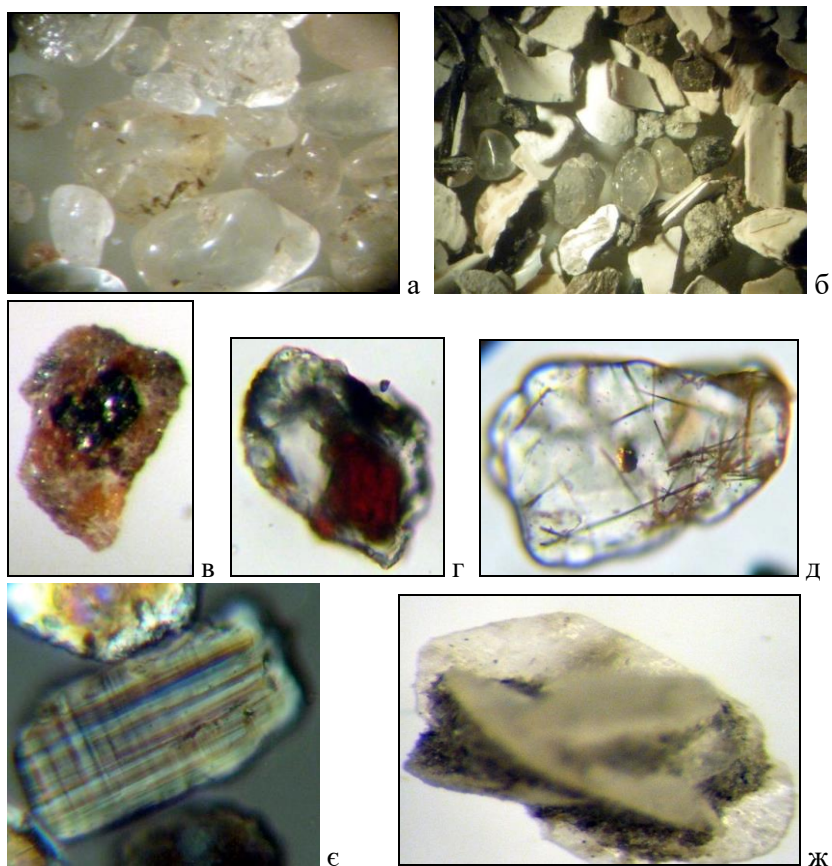
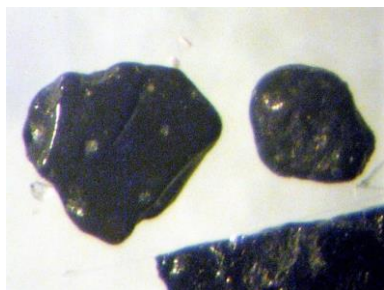


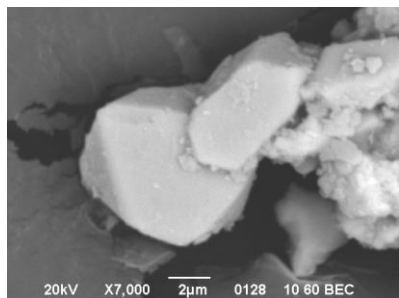
Рис. 6. Мінерали легкої фракції річкового алювію: а – обкатані зерна кварцу, р. Дніпро біля с. Корсунка; б – кварц з кальцитом, глинистими мінералами та мушлевим детритом, там же; в – д - кварц з включеннями магнетиту і гідроокисів заліза, піриту та голок рутилу, р. Інгулець; е – мікроклін, р. Інгулець; ж – гіпс, перенесений в осадок р. Вісунь з прибережних відслонень суглинків та гіпсоносних глин. А – д, ж - бінокуляр, е – поляризаційний мікроскоп, ніколі схрещені. Збільшення: а, в, ж - 20^{\times} ; б - 10^{\times} ; г 40^{\times} ; д, е - 80^{\times} .



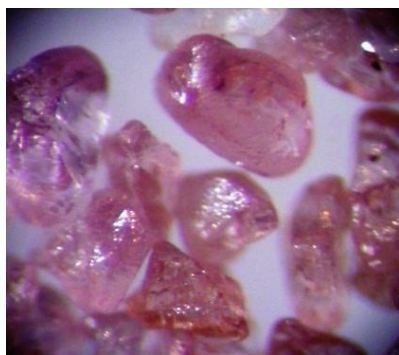
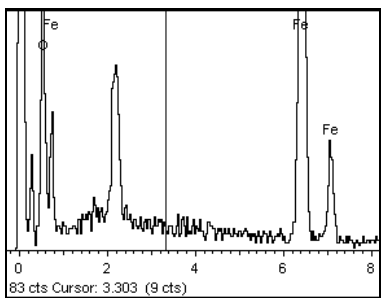
а



б



в



г

Рис. 7. Мінерали важкої фракції річкового осаду: а – обкатані зерна ільменіту з включеннями силікатів, алювій Дніпра; б – апатит у осаді Інгульця; в - октаедричні кристали магнетиту, там же; г – альмандин, р. Південний Буг. А, б, г - бінокуляр, збільшення: а, б – 20^х; г – 40^х; в – РЕМ, МЗА.

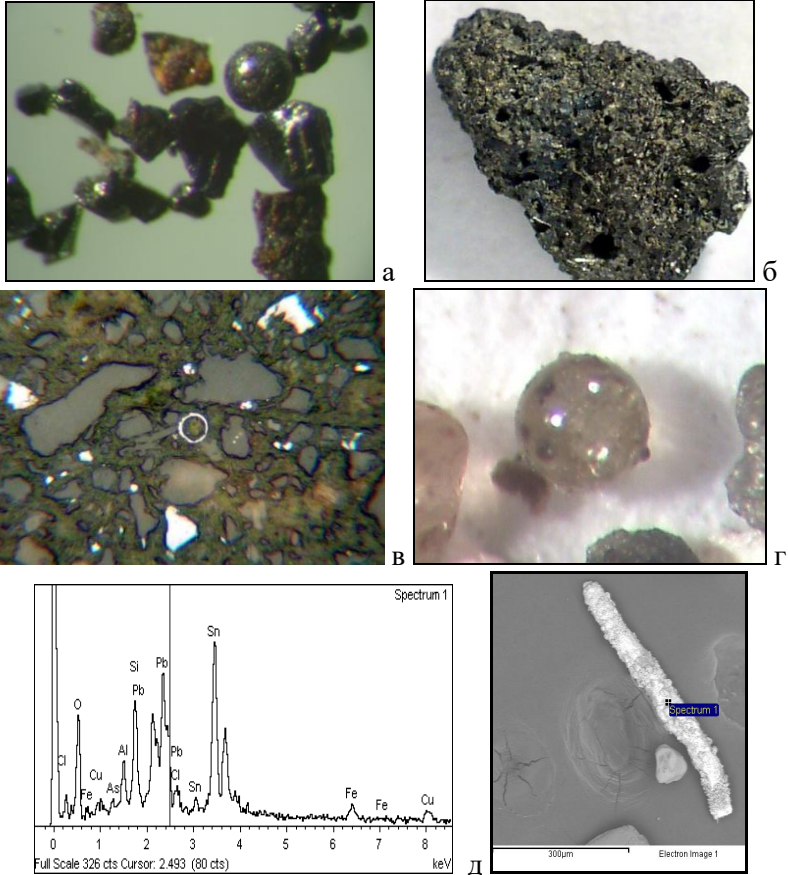


Рис. 8. Техногенні компоненти річкового осаду: а – магнетит, гематит, гетит і кулька металургійного шламу, р. Інгул, с. Розанівка; б – частково обкатане пористе зерно металургійного шлаку, р. Інгулець, м. Кривий Ріг; в – порожниста магнітна куля, кутасті часточки металургійних шлаків в алювії р. Інгулець, м. Кривий Ріг; г - куля металургійного скла, р. Інгулець, м. Снігурівка; д - часточка металеві міді з плівкою припою (Sn, Pb), покрита щіткою вторинних сульфідів і карбонатів міді, р. Дніпро, с. Корсунка. А, б, г – бінокляр; в – рудний мікроскоп; д –РЕМ, МЗА. Збільшення: а – 20^{\times} ; б- 2^{\times} ; в – 40^{\times} ; г – 80^{\times} .

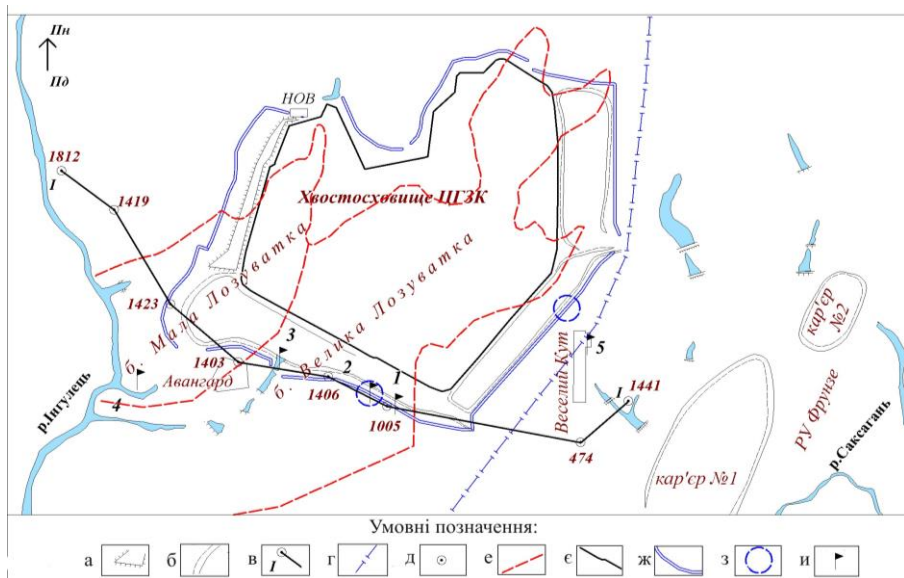


Рис. 9. Схема хвостосховища ЦГЗК і прилеглої території:

- а – дамба хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК»;
- б – контури упорних призм;
- в – лінія геологічного розрізу I-I;
- г – лінія водорозділу;
- д – гідроспостережні свердловини;
- е – контури балок;
- є – контур хвостосховища;
- ж – дренажна система хвостосховища;
- з – місця виходу джерел високомінералізованої води,
- и – місця відбору проб, 1-5 – номери проб.

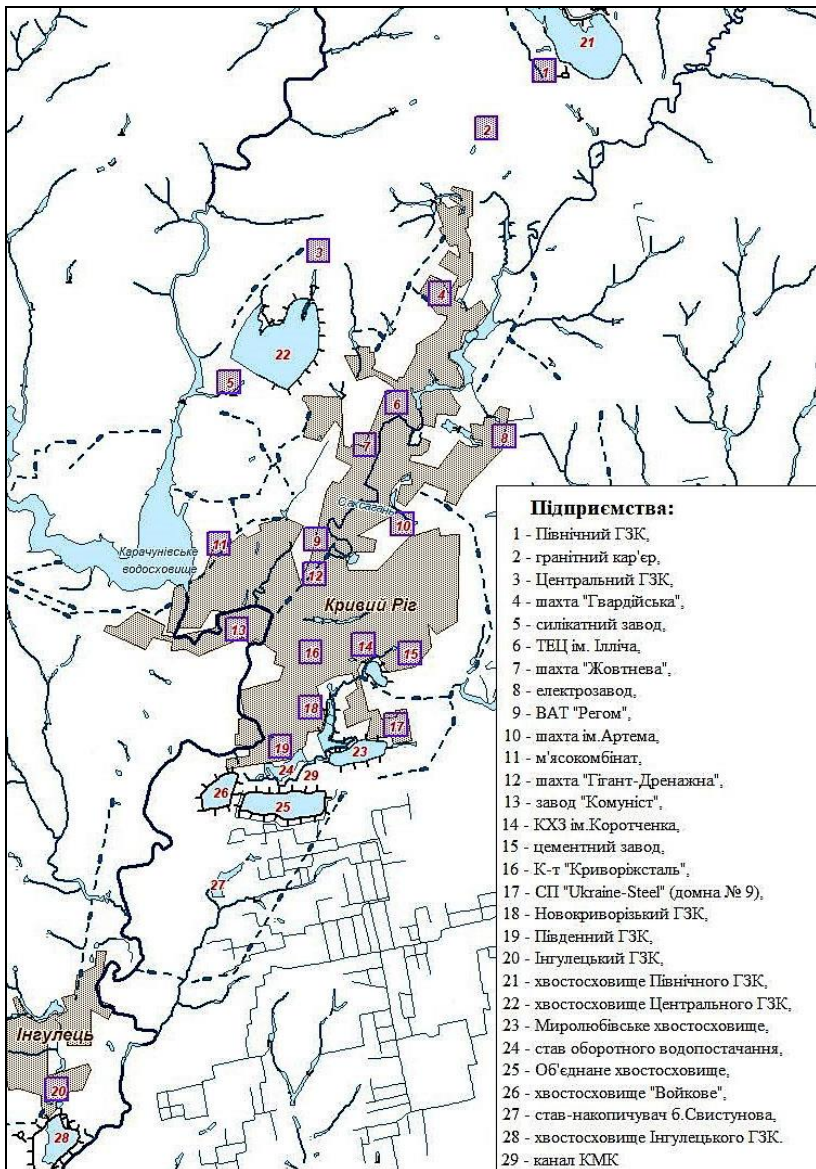


Рис. 10. Схема розміщення підприємств та об'єктів забруднення природних вод басейну рр. Ігулець та Саксагань (в межах Кривбасу)