

Міністерство освіти і науки України  
Криворізький національний університет  
Кафедра геології та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до кваліфікаційної роботи  
за ступенем вищої освіти «Магістр»  
зі спеціальності 103 Науки про Землю ОПП Геологія

**Тема роботи**  
**«ТЕХНОГЕННИЙ ВПЛИВ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ВІДВАЛІВ ПІВДЕННО-**  
**ГО ГЗКУ НА ДОВКІЛЛЯ»**

Виконала:  
магістрантка групи НЗГ-23м

Валерія БАЦЮК

Науковий керівник

Анатолій БЕРЕЗОВСЬКИЙ

Нормоконтролер

Олександр ТРУНІН

В. о. завідувача кафедри

Світлана ПАНОВА

Кривий Ріг  
2024

Криворізький національний університет

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра геології та екології

Другий (магістерський) рівень вищої освіти

Спеціальність: 103 Науки про Землю ОПП Геологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри \_\_\_\_\_ Світлана ПАНОВА

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну (магістерську) роботу

Бацюк Валерії Миколаївни

1. Тема: *«Техногенний вплив лівобережних відвалів південного ГЗКу на довкілля».*

Затверджена наказом по КНУ № 156с від «19» лютого 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи: « 01» грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної магістерської роботи:

Робота заснована на дослідженні 20 проб, які були відібрані з відвалів Південного ГЗК під час проходження 5 польових маршрутів. Було використано 16 літературних джерел. Основні результати роботи ґрунтуються на вивченні вмісту шкідливих та інших хімічних компонентів в породах лівобережних відвалів Південного ГЗК, а також у воді, прилеглому ґрунті та рослинах.

4. Зміст пояснювальної записки:

Пояснювальна записка обсягом 84 сторінки включає вступ, 4 розділи, заключення та список використаної літератури. Містить 29 рисунків.

5. Перелік графічного матеріалу:

1. Схема розташування відвалів Південного ГЗК. 2. Геологічна карта Сकेлюватського родовища. 3. Геологічний розріз Сकेлюватського-Магнетитового родовища. 4. Схема відбору проб залізистих кварцитів. 5. Схема відбору проб ґрунтів. 6. Схема відбору проб води та рослин. 7. Таблиці аналізів залізистих кварцитів. 8. Діаграми середнього вмісту загального заліза. 9. Фотозображення основних гірських порід відвалів та мікрофотографії їх мінерального складу. 10. Діаграми кількісних співвідношень загального заліза та рідкісних і розсіяних хімічних елементів у породах східної та західної

частин Лівобережних відвалів. 11. Схематична карта варіабельності вмісту різних хімічних елементів у породах відвалів та прилеглих територій.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та по-сада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	проф. А.А.Березовський	20.09.2024	23.09.2024
2	проф. А.А.Березовський	25.09.2024	05.10.2024
3	проф. А.А.Березовський	10.10.2024	19.10.2024
4	проф. А.А.Березовський	20.10.2024	30.10.2024

7. Календарний план:

Етапи роботи	Термін виконання
Написання вступу	10.09.2024-13.09.2024
Написання розділу 1 «Геологічний нарис»	20.09.2024-23.09.2024
Написання розділу 2 «Вихідний матеріал і методика роботи»	25.09.2024-05.10.2024
Написання розділу 3 «Мінералогічні особливості матеріалу, нагромадженого у відвалах»	10.10.2024-19.10.2024
Написання розділу 4 Вміст хімічних компонентів у складі матеріалу відвалів та їх обрамлення	20.10.2024-30.10.2024
Написання висновків	01.11.2024-03.11.2024
Оформлення роботи	04.11.2024-07.11.2024

Дата видачі завдання «02» вересня 2024 р.

Завдання видав  
науковий керівник

Анатолій БЕРЕЗОВСЬКИЙ

Завдання отримала  
магістрантка

Валерія БАЦЮК

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна (магістерська) робота: 84 с., 29 рис., 10 табл., 37 діаграм, 7 гістаграм, 16 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження** – гірські породи які складіровані у лівобережних відвалах Скелюватсько-Магнетитового родовища. а також накопичений покрив двох типів порід – у західній частина відвалу – сланці, кварцити безрудні з другого, третього, четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів і кварцити з магнетитом і силікатом з другого і третього залізистих горизонтів, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів: у східній частині відвалів - гематитові кварцити четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів.

**Предмет дослідження** – мінеральний і хімічний склад, фізичні та технічні властивості гірських порід лівобережних відвалів Скелюватсько-Магнетитового родовища та прилеглих територій .

Скелюватське магнетитове родовище є сировиною для Південного гірничо-збагачувального комбінату (ПГЗК). Відкриті рудники родовища видобувають залізну руду (омагнічений кварцит) як сировину для виробництва залізорудного концентрату. Продуктивний пласт родовища - четвертий залізистий горизонт саксаганської свити. У процесі видобутку з надр видаляються розкривні породи: як пухкі (глина, суглинок, пісок), так і скельні (сланці, мономінеральні, силікатні та низькосортні магнетито-силікатні кварцити), а також гематитовий кварцит - продукт зміни магнетитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів саксаганської свити.

Під час зберігання розкривних порід на полігонах відбувається гіпергенне розкладання мінералів, нестійких до факторів вивітрювання. Хімічно активні компоненти (натрій, калій, кальцій, магній, хлор, сульфат, сульфід, карбонат-іони) виносяться з полігонів метеоритними водами, потрапляють до річки Інгулець або концентруються в ґрунтових, поверхневих водах, ґрунті та рослинах. Нині недостатньо вивчено розчинність, міграційну здатність, особливості осадження і концентрації, ступінь накопичення цих іонів, а також іонів важких металів та інших шкідливих речовин. Цим і визначається актуальність дослідження.

**Мета дослідження** – визначити вміст шкідливих та інших хімічних компонентів у матеріалах полігона, а також у воді, ґрунті та рослинах

прилеглих територій; встановити закономірності розчинення, міграції та осадження хімічних компонентів з метеоритних розчинів.

Досягненню поставленої мети сприяли такі завдання:

- аналіз літератури та наявних даних;
- відбір репрезентативних мінералогічних, гідрогеологічних, педологічних і фітологічних зразків;
- мінералогічні, геохімічні та гідрохімічні дослідження;
- створення бази даних, узагальнення та аналіз результатів досліджень;
- визначення закономірностей розчинення, міграції та осадження хімічних компонентів у геохімічній системі відвалів і навколишнього середовища;
- створення геохімічних карт полігонів і прилеглої території.

Ключові слова: Скелюватське-Магнетитове родовище, Криворізький басейн, кварцити, сланці, мінеральний та хімічний склад, розповсюдження хімічних елементів.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1.....</b>	<b>9</b>
<b>ГЕОЛОГІЧНИЙ НАРИС .....</b>	<b>9</b>
1.1. Загальні відомості .....	9
1.2. Геологічна будова родовища .....	10
1.3. Будова техногенних покладів .....	15
<b>РОЗДІЛ 2.....</b>	<b>17</b>
<b>ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА РОБОТИ.....</b>	<b>17</b>
<b>РОЗДІЛ 3.....</b>	<b>22</b>
<b>МІНЕРАЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МАТЕРІАЛУ,.....</b>	<b>22</b>
<b>НАГРОМАДЖЕНОГО У ВІДВАЛАХ .....</b>	<b>22</b>
3.1. Мінералогічна класифікація матеріалу Лівобережних відвалів. ....	22
3.2. Описи мінеральних різновидів руд і порід Лівобережних відвалів	25
<b>РОЗДІЛ 4.....</b>	<b>47</b>
<b>ВМІСТ ХІМІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ У СКЛАДІ МАТЕРІАЛУ</b>	
<b>ВІДВАЛІВ ТА ЇХ ОБРАМЛЕННЯ .....</b>	<b>47</b>
4.1. Руди та гірські породи відвалів .....	47
4.2. Грунти .....	61
4.3. Поверхневі та підземні води .....	71
4.4. Закономірності варіативності вмісту хімічних компонентів у складі матеріалу відвалів та ґрунтів .....	76
4.5. Фітохімія .....	80
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>81</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>84</b>

## ВСТУП

Скелюватське магнетитове родовище є сировиною для Південного гірничо-збагачувального комбінату (ПГЗК). Відкриті рудники родовища видобувають залізну руду (омагнічений кварцит) як сировину для виробництва залізорудного концентрату. Продуктивний пласт родовища - четвертий залістий горизонт саксаганської свити. У процесі видобутку з надр видаляються розкривні породи: як пухкі (глина, суглинок, пісок), так і скельні (сланці, мономінеральні, силікатні та низькосортні магнетито-силікатні кварцити), а також гематитовий кварцит - продукт зміни магнетитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залістих горизонтів саксаганської свити.

**Основним об'єктом досліджень** на Лівобережних відвалах є накопичений покрив двох типів порід. Західна частина відвалу містить сланці, кварцити безрудні з другого, третього, четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів і кварцити з магнетитом і силікатом з другого і третього залістих горизонтів, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів. Східна частина відвалів є місцем складування гематитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залістих горизонтів. Їх вибіркоче зберігання пов'язане з передбачуваним використанням як сировини для виробництва залізорудного концентрату (гематиту).

Під час зберігання розкривних порід на полігонах відбувається гіпергенне розкладання мінералів, нестійких до факторів вивітрювання. Хімічно активні компоненти (натрій, калій, кальцій, магній, хлор, сульфат, сульфід, карбонат-іони) виносяться з полігонів метеоритними водами, потрапляють до річки Інгулець або концентруються в ґрунтових, поверхневих водах, ґрунті та рослинах. Нині недостатньо вивчено розчинність, міграційну здатність, особливості осадження і концентрації, ступінь накопичення цих іонів, а також іонів важких металів та інших шкідливих речовин. Цим і визначається актуальність дослідження.

**Мета дослідження** - визначити вміст шкідливих та інших хімічних компонентів у матеріалах полігона, а також у воді, ґрунті та рослинах прилеглих територій; встановити закономірності розчинення, міграції та осадження хімічних компонентів з метеоритних розчинів.

Досягненню поставленої мети сприяли такі завдання:

- аналіз літератури та наявних даних;

- відбір репрезентативних мінералогічних, гідрогеологічних, педологічних і фітологічних зразків;
- мінералогічні, геохімічні та гідрохімічні дослідження;
- створення бази даних, узагальнення та аналіз результатів досліджень;
- визначення закономірностей розчинення, міграції та осадження хімічних компонентів у геохімічній системі відвалів і навколишнього середовища;
- створення геохімічних карт полігонів і прилеглої території.

**Джерела та методи дослідження.** Як вихідні використовували літературні дані, джерела надходження і результати комплексного дослідження матеріалу 25 мінералогічних зразків, 10 гідрохімічних проб, 10 ґрунтових зразків і 6 зразків фітомаси, отриманих авторами звіту. Використовувалися апробовані геологічні, петрографічні, мінералогічні, геохімічні, гідрогеологічні та педологічні методи. Результати аналізів було узагальнено, проаналізовано та використано в підсумковому звіті.

Внесок О.С. Демченко в підготовку звіту полягав у збиранні первинних даних на площах Південного гірничо-збагачувального комбінату (ПГЗК), організації та проведенні геологознімальних маршрутів на поверхні лівобережних відвалів і на прилеглих територіях, відборі проб складованих матеріалів.



## 1.ГЕОЛОГІЧНИЙ НАРИС

### 1.1.Загальні відомості

Скелюватське магнетитове родовище в залізистих кварцитах розташоване в південній частині Криворізького залізорудного басейну, в Інгулецькому районі Кривого Рогу.



**Рис. 1.1.** Аналізна карта Скелюватського-Магнетитового родовища. Червоним - контур кар'єру ПідГЗКу, жовтим – контур Лівобережних відвалів.

Скелюватське магнетитове родовище входить до складу Кривбасу і розташоване в центральній частині Українського щита, на смузі завдовжки

70 км і завширшки від 0,6 до 15 км. Криворізький басейн ділиться на чотири залізорудні райони: Інгулецький, Південний, Центральний і Північний.

Скелюватське магнетитове родовище належить до Південного залізорудного району. Цей район розташований безпосередньо на південь від зони закриття Криворізького синклінорю.

У районі розташовані великі родовища магнетитових кварцитів (Новокриворізьке, Скелюватське-магнетитове, Валявкінське та інші).

## 1.2. Геологічна будова родовища

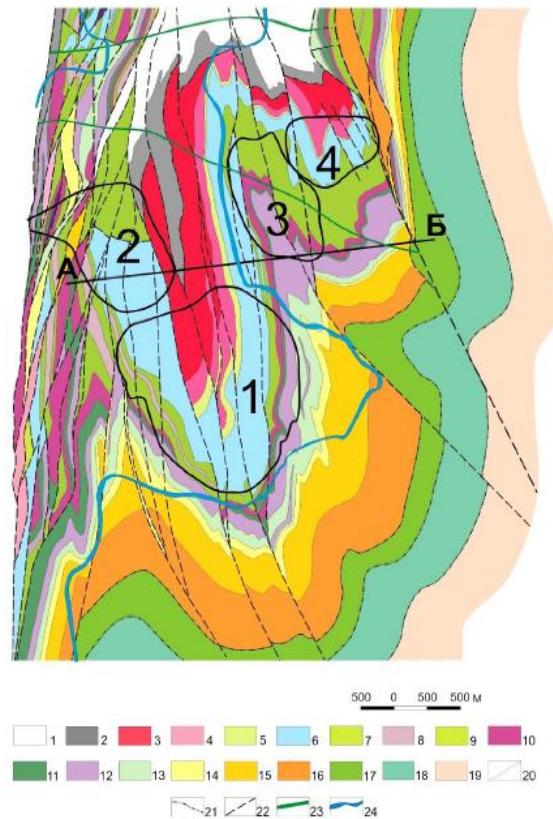
Скелюватсько-Магнетитова структура складена кристалічними породами архейського і протерозойського віку та пухкими породами кайнозойського осадового чохла [1, 4, 5, 10, 12, 14, 16].

**Архей.** До складу архейських порід родовища входять середньоархейські плагіогранітоїди дніпровського комплексу та верхньоархейські metabазити, сланці різного складу та силіконові кварцити конкської серії. (рис. 1.2, 1.3)

**Протерозой** представлений породами чотирьох формацій (знизу догори): новокриворізької, скелюватської, саксаганської та гданцівської.

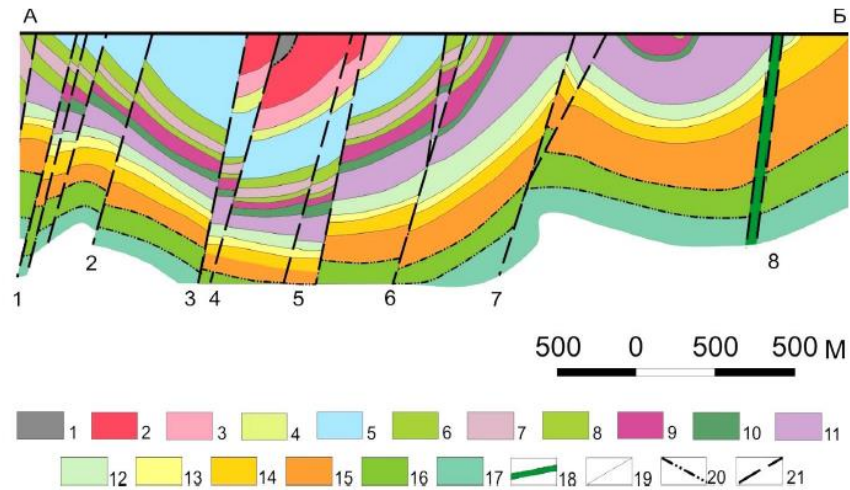
**Новокриворізька світа.** Ця формація поділяється на нижню та верхню підсвіти. Перша складена metabазитами, друга - силікатними сланцями та кварцитами. Верхня підсвіта має потужність 250 м, а нижня - 100 м.

**Скелюватська світа.** Складається з трьох підсерій: нижньої, середньої та верхньої. Загальна потужність формації становить від 60 до 450 м.



**Рис. 1.2.** Схематична геологічна карта району Склеватського родовища магнетитів.

1-17 - криворізька серія: 1-2 - гданська світа: 1 - породи верхньої підсвіти; 2 - метакластоліти та багаті залізні руди нижньої підсвіти; 3-13 - саксаганська світа: 3, 4 - гематитовмісні кварцити шостого (3) і п'ятого (4) залізистих горизонтів; 5, 7, 9, 11, 13 - кристалічні сланці з проміжними прошарками безрудних кварцитів п'ятого (5), четвертого (7), третього (9), другого (11) і першого (13) сланцевих горизонтів; 6 - магнетитові кварцити четвертого залізистого горизонту; 8, 10, 12 - магнетит-силікатні та силікатно-магнетитові кварцити третього (8), другого (10) та першого (12) залізистих горизонтів; 14-16 - слюди скелюватів: 14 - талькові сланці верхньої підсвіти; 15 - кварц-мусковітові сланці («філіти») середньої підсвіти; 16 - мусковітові кварцити, метаконгломерати («аркози») нижньої підсвіти; 17 - метакластоліти з прошарками амфіболітів новокриворізької світи; 18 - амфіболіти з проміжними прошарками метакластолітів конкської серії; 19 - гранітоїди дніпровського комплексу; 20 - стратиграфічні лінії контакту, що узгоджуються з підстилаючими товщами; 21 - стратиграфічні лінії контакту неузгоджених підстилаючих товщ; 22 - розломи; 23 - діабазові дайки; 24 - русло річки Інгулець За даними [4]



**Рис. 1.3.** Геологічний розріз через Скелюватсько-Магнетитове родовища (лінія А-Б) на рис. 1.2).

1-16 – криворізька серія: 1 – метакластоліти та багаті залізні руди нижньої підсвіти гданцівської світи; 2-12 – саксаганська світа: 2, 3 – гематитові кварцити шостого (2) та п'ятого (3) залізистих горизонтів; 4, 6, 8, 10, 12 – сланці та нерудні кварцити п'ятого (4), четвертого (6), третього (8), другого (10) та першого (12) сланцевих горизонтів; 5 – магнетитові кварцити четвертого залізистого горизонту; 7, 9, 11 – магнетит-силікатні і силікат-магнетитові кварцити третього (7), другого (9) і першого (11) залізистих горизонтів; 13-15 – скелюватська світа: 13 – тальк-вмісні сланці верхньої підсвіти; 14 – кварц-мусковітові сланці («філіти») середньої підсвіти; 15 – мусковітові кварцити, метаконгломерати («аркози») нижньої підсвіти; 16 – метакластоліти з проверстками амфіболітів новокриворізької світи; 17 – амфіболіти з проверстками метакластолітів конкської серії; 18 – дайки діабазу; 19 – лінії контактів стратиграфічно згідно залягаючих товщ; 20 – лінії контактів стратиграфічно незгідно залягаючих товщ; 21 – розривні порушення. За даними [4].

Нижня частина скелюватської світи складена метапісковиками, метапісками та кварц-мусковітовими сланцями. Товщина відкладів становить від 70 до 360 м.

Середня підсвіта скелюватської світи складена кварц-мусковітовими сланцями, метапісками та метагравелітами. Товщина відкладів коливається від 36 до 170 м.

Верхня частина скелюватської світи складена актиноліт-хлорит-тальцитовими сланцями. Потужність її може досягати 150 м.

Саксаганська світа. Світа поділяється на сім сланцевих горизонтів і сім залізистих горизонтів.

Сьомий залізистий горизонт і сьомий сланцевий горизонт відсутні на Скелюватсько-Магнетитовому родовищі.

За петрографічним складом горизонти світи поділяються на три підсвіти: нижню, середню та верхню.

Нижня підсвіта. До неї відносяться перший глинистий горизонт, перший залізистий горизонт, другий глинистий горизонт і другий залізистий горизонт. Загальна потужність нижньої частини надр становить від 100 до 300 м.

Сланцеві горизонти складені серицит-біотит-кварц-хлоритовими сланцями. Загальний вміст заліза в сланцях становить 10-30% за масою, з намагніченим залізом до 10% за масою. Потужність першого сланцевого горизонту коливається від 20 до 160 м, а другого - від 0 до 100 м. Перший і другий залізисті горизонти представлені кварцитами з домішками магнетиту і силікатів. Вміст заліза становить від 25 до 40% за масою. Вміст заліза становить 5-30% за масою. Потужність першого залізистого горизонту становить від 20 до 115 м, а другого - від 20 до 120 м.

Середні надра складаються з третього і четвертого сланцевих горизонтів і третього залізного горизонту.

Склад подібний до складу першого та другого сланцевих горизонтів. Третій сланцевий горизонт має товщину від 20 до 60 м, а четвертий сланцевий горизонт - від 40 до 100 м.

Порода і мінеральний склад третього залізистого горизонту подібний до складу першого і другого залізистих горизонтів. Середній вміст заліза в кварцитах цього горизонту становить 32% за вагою, а середній вміст заліза-магнію - 14% за вагою. Потужність горизонту становить від 0 до 80 м.

Верхня частина надр складається з четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів та п'ятого і шостого глинистих горизонтів. Четвертий залізистий горизонт є продуктивним пластом Скелюватського родовища магнетитів. Четвертий залізистий горизонт є продуктивною товщею Скелюватського родовища магнетитів. До периферійних зон лежачого і висячого боків горизонту вони змінюються шарами червоних, потім чорних і сірих шаруватих магнетитових кварцитів, далі шарами силікатно-карбонатно-магнетитових кварцитів, а в зонах контакту з четвертим і п'ятим сланцевими горизонтами - шарами магнетит-силікатно-карбонатних кварцитів.

Силікати в кварциті представлені куммінгтонітом, біотитом і хлоритом. Загальний вміст заліза поступово зменшується від центральної зони до периферійної зони горизонту, від 40 до 25% за масою. Аналогічно, вміст заліза в магнетиті зменшується від 35 до 15% за масою. Середній вміст заліза в магнітних кварцитах горизонту становить близько 35% за вагою, а вміст заліза в магнетиті - близько 28% за вагою. Потужність горизонту змінюється від 150 до 550 м.

П'ятий і шостий залізисті горизонти представлені гематитовими кварцитами, які є продуктами зміни магнетитових кварцитів різного первинного складу. Найпоширенішими є мартит-залізо-слюдисті,

залізисто-слюдисто-мартитові та мартитові кварцити, прошарки яких формують центральні зони горизонтів. Дисперсні гематит-мартитові і, ще рідше, дисперсні мартит-гематитові кварцити є продуктами зміни силікат-карбонат-магнетитових і магнетит-силікат-карбонатних кварцитів у периферійних зонах горизонтів відповідно. Загальний вміст заліза (загальний Fe) в гематитових кварцитах горизонтів коливається від 25 до 45 мас. %, в середньому 37,5 мас. %, а вміст магнетитового Fe коливається від 0 до 15 мас. %, в середньому близько 4 мас. %. У зонах контакту між п'ятим залізистим горизонтом і п'ятим сланцевим горизонтом зустрічаються лінзоподібні тіла потужністю до 30 м, складені карбонатно-силікатно-магнетитовими кварцитами, злегка зміненими гіпергеном, з вмістом FeMg від 12 до 15% за масою. Потужність п'ятого залізистого горизонту змінюється від 15 до 150 м, а шостого - від 100 до понад 1 000 м.

П'ятий і шостий сланцеві горизонти складені куммінгтоніт-біотит-кварц-хлоритовими сланцями з прошарками силікатних і магнетит-силікатних кварцитів. Вміст останніх збільшується в шостому залізистому горизонті. Загальний вміст заліза в сланцях змінюється від 15 до 25% за масою (в середньому близько 19% за масою); вміст заліза в магнетиті змінюється від 0 до 20% за масою, в середньому близько 8% за масою. Потужність п'ятого сланцевого горизонту становить від 15 до 150 м, а шостого горизонту - від 0 до 40 м.

Гданцівська світа (PR 1 gd) є стратиграфічно незгідною і перекриває саксаганську світу. Вона присутня лише в північній частині родовища, поблизу межі з Валявківським родовищем. Вона поділяється на нижню і верхню підсвіти. Нижня підсвіта (PR 1 gd 1 ) складена шарами мономінеральних і силікатних кварцитів, кварц-магнетит-хлоритів, карбонатно-кварц-хлоритних сланців, метаконгломератів і осадових метаболічних порід. У нижній частині розрізу виявлені багаті залізородні тіла валявського типу. Потужність надр змінюється від 0 до 55 м. Верхня частина розрізу (PR 1 gd 2 ) складається з прошарків і лінз силікатних кварцитів і карбонатно-кварц-біотит-хлоритових сланців, часто з високим вмістом графіту (до 2,5% за масою). Потужність надр змінюється від 0 до 65 м.

Кайнозой (KZ) На розмитій поверхні докембрійських кристалічних порід залягають неузгоджені, майже горизонтально розташовані пласти і лінзи порід палеогенового, неогенового і четвертинного віку, складені глинами, суглинками, пісками, вапняками і мергелями [3]. Потужність осадового чохла становить 50-55 м у західній частині родовища і 5-25 м у східній частині. Осадкові породи вкриті шаром ґрунту та рослинності потужністю від 0,2 до 0,7 м.

### 1.3. Будова техногенних покладів

Лівобережні терикони Лівобережні терикони утворені масивами двох різних за складом і походженням порід. Східна частина териконів складена кварцитами з гематитом із зміненої кори четвертого, п'ятого та шостого залізовмісних горизонтів. У західній частині ми знаходимо сланці, мономінеральні, силіконові, намагнічені та силіконові кварцити з третього, четвертого, п'ятого та шостого сланцевих горизонтів та другого і третього залізних горизонтів.

В ході роботи автори дійшли висновку, що особливості будови відвалів лівобережжя та закономірності еволюції їх петрографічного, мінерального та хімічного складу зумовлені двома основними чинниками: 1) геологічним; 2) технологічним.

Геологічний фактор зумовлений зміною мінерального складу гематит-кварцитів, що нагромаджувалися від початку розробки родовища до теперішнього часу. Причина мінливості складу матеріалу полягає в наступному. На початку видобутку найбільш змінені різновиди гематитових кварцитів і сланців, що містять гетит, відслонювалися в межах контурів кар'єру. Зі збільшенням глибини родовища їх роль у складі матеріалів поступово зменшувалася, натомість зростала роль мартинітових різновидів залізистих кварцитів (східна частина відвалів) і незмінених сланців (західна частина). Коли глибина кар'єру досягла понад 200 м, у складі гематитової сировини все більшу роль відігравали гематитові кварцити з домішками реліктового магнетиту.

Накопичення гематитових кварцитів у східній частині лівобережних териконів як сировини для КГЗКОР почалося в 1986 році, після того, як були зняті верхні частини кори вивітрювання четвертого, п'ятого і шостого залізних горизонтів. В результаті кварцити з високим вмістом гематиту, які зберігалися у відвалах протягом перших років відкритого видобутку, тепер поховані під масою сланців і залізистих кварцитів різного складу, що накопичилися над ними.

Оскільки зміни гіпергенетичних порід у сланцевих горизонтах значно менші, ніж у залізистих кварцитах, то вивітрені сланці, силікати та магнітно-силікатні кварцити, що відклалися в західній частині лівобережних териконів, поховані під потужним шаром невивітрених різновидів цих порід.

Таким чином, роль геологічного чинника полягала в прогресивній модифікації складу накопиченого матеріалу з переходом до більш глибоких зон кори вивітрювання залізистих і сланцевих горизонтів родовища.

Вплив технологічного фактору відображається в особливостях технології зберігання гематитових кварцитів і сланців залізничним транспортом. Гематитові кварцити перевозяться напіввагонами. Навантаження здійснюється екскаватором з підірваної маси у вибої кар'єру.

Через довжину поїзда у вагони зазвичай завантажують гематитові кварцити двох, трьох і більше мінеральних типів. Розвантажуються вагони на відвалах на лівому березі.

Специфіка завантаження, транспортування та розвантаження гематитових кварцитів і сланців є однією з причин середніх обсягів накопичення матеріалу. Як наслідок, у розрізах лівобережних відвалів практично неможливо виділити мінералогічно однорідні тіла кварцитів-гематитів і сланців.

У зв'язку з високим ступенем розосередження матеріалів лівобережних відвалів їх можна розглядати як однорідне в петрографічному, мінералогічному та геохімічному відношенні техногенне геологічне тіло, яке є однорідним з точки зору впливу на навколишнє середовище.



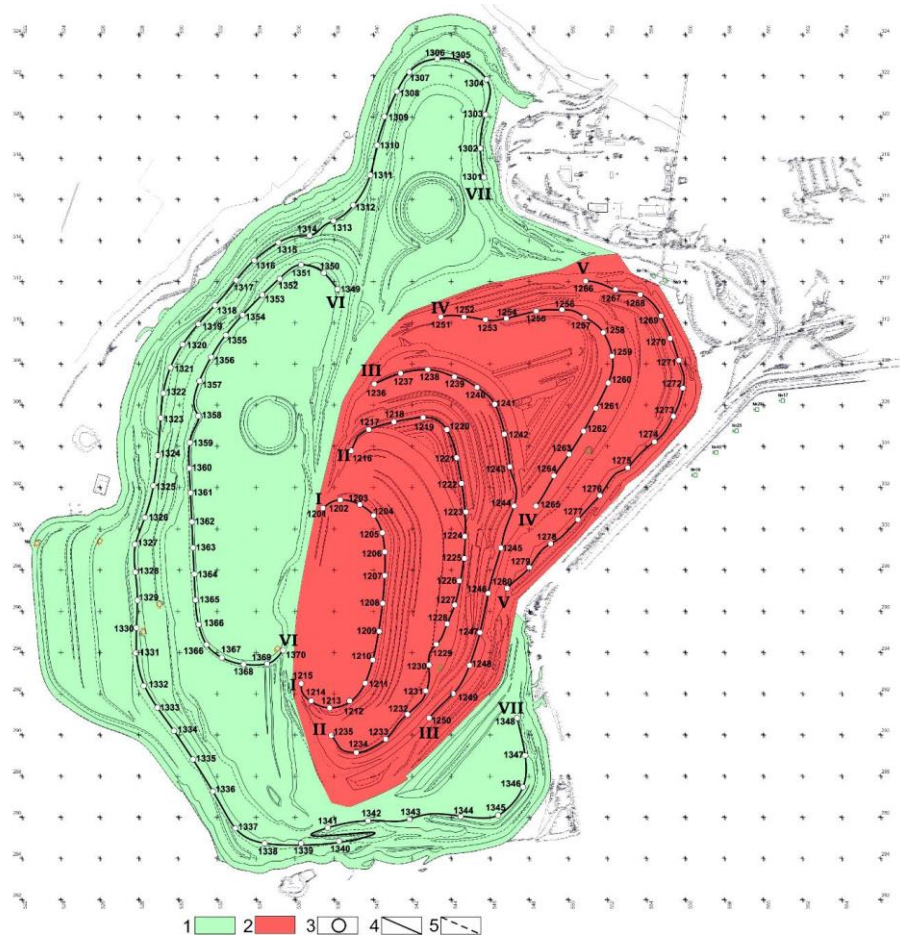
## 2. ВИХІДНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИКА РОБОТИ

Звіт базується на узагальненні та аналізі результатів геологічних, мінералогічних, геохімічних, гідрохімічних і біохімічних досліджень, виконаних авторами на зразках гематитових кварцитів, розкривних порід, ґрунту, води та рослин. Крім того, авторами були враховані дані геолого-мінералогічних і геохімічних досліджень гематитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів саксаганської свити Склеюватсько-Магнітного родовища, які були проведені раніше [2, 3, 6-9, 13, 15, 16].

За рахунок коштів ПГЗК та КНУ було отримано інформацію про геологічну будову родовища, розташування покладів гематитових кварцитів, представлених корою вивітрювання четвертого, п'ятого та шостого залізистих горизонтів, а також про будову лівобережних відвалів та склад і властивості мінеральної маси, що там накопичилася.

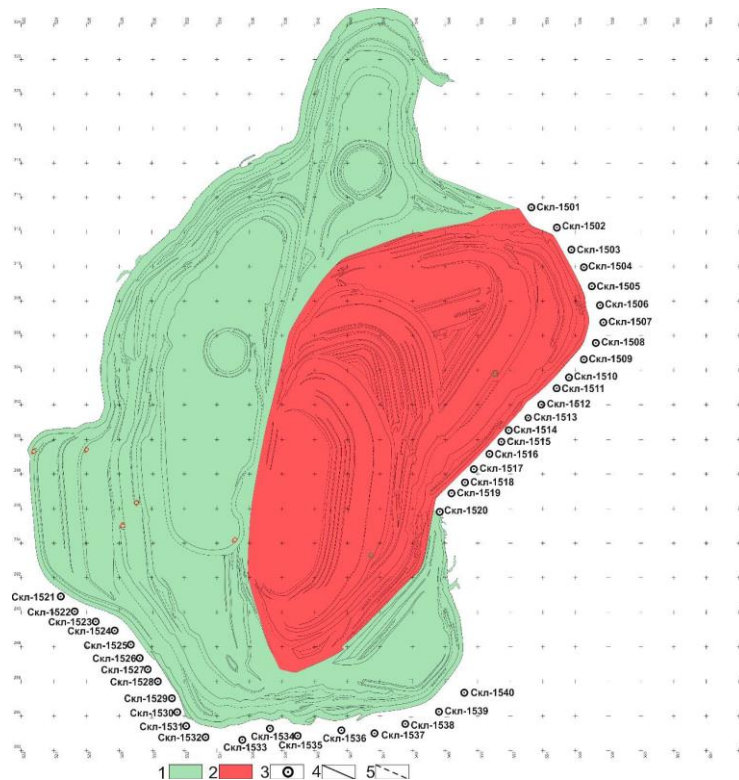
Під час проведення геологічних маршрутів по поверхні териконів «Лівебержні» було зафіксовано положення межі між масою сланців, нерудних кварцитів та інших покривних порід, відкладених у західній частині териконів, і масою бідних гематитових руд (гематитових кварцитів), відкладених у східній частині. Мінералогічні та геохімічні дослідження були проведені для обох частин відвалів. Під час відбору проб макроскопічно визначали мінеральний склад, структуру і текстуру гематитових кварцитів і розкривних порід.

Всього було відібрано 150 стандартних мінералогічних зразків: 80 зразків гематитових кварцитів і 70 зразків неметалевих розкривних порід (сланців, магнетит-силікатних, силікатних кварцитів), а також 40 зразків ґрунту, 30 зразків води і 6 зразків фітомаси. Розташування точок відбору проб (рис. 2.1-2.3) було визначено за допомогою системи координат GPS. Зразки гематитових кварцитів та беззалізистих розкривних порід вагою 10 кг відбирали за маршрутами, прокладеними на поверхні уступів відвалу. Загальна довжина маршрутів для гематитової сировини склала 10,8 км. а для беззалізистих порід – 9,2 км.(на Рис. 2.1.) римськими цифрами позначено номери маршрутів, арабськими – індекси відібраних проб.



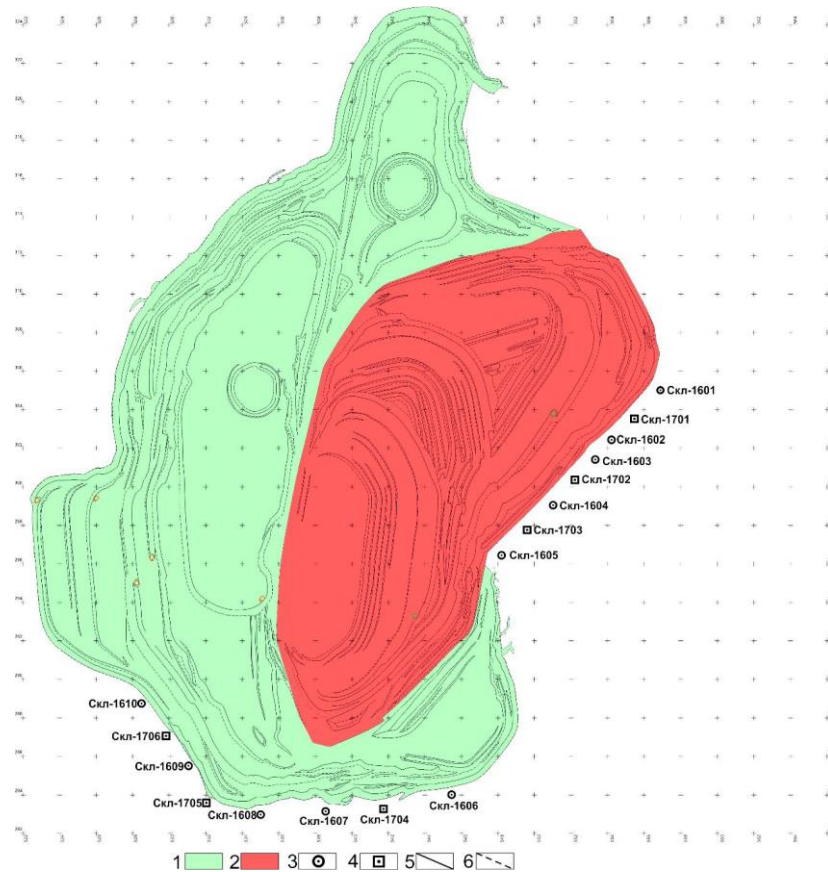
**Рис. 2.1.** *Схема відбору проб гематитових кварцитів і розкривних гірських порід. 1200, 1202, 1203 ... 1369, 1370 – індекси рядових проб Скл-1201, Скл 1202, Скл-1203, ... Скл-1369, Скл-1370. 1 – масив заскладованих сланців; 2 – масив гематитових кварцитів; 3 – точки відбору проб; 4 – верхні бровки уступів; 5 – нижні бровки уступів.*

Для кожного з відібраних зразків гематитових кварцитів і сланців були проведені аналізи відновленого заліза (загальний вміст заліза і вміст магнію в магнетиті) в сертифікованих хімічних лабораторіях; вміст 35 домішкових хімічних елементів визначався напівкількісним спектральним аналізом.



**Рис. 2.2.** Схематична карта відбору проб ґрунту вздовж масиву Лівобережних відвалів. Скл-1501, Скл-1502, Скл-1503 ... Скл-1539, Скл-1540 – індекси рядових проб. 1 – склад сланців; 2 – склад гематитових кварцитів; 3 – точки відбору проб ґрунту; 4 – верхні бровки уступів; 5 – нижні бровки уступів.

Для мікроскопічних досліджень з матеріалу кожного серійного зразка залізистих кварцитів і сланців виготовлялися необхідні препарати: шліфи і порошки для бінокулярних досліджень, прозорі і поліровані шліфи для мікроскопічних досліджень. Мінералогічне вивчення руд і порід (діагностика мінералів, визначення умов їх утворення, кількісні мінералогічні розрахунки, мікрофотографування тощо) проводилося за стандартними методиками з використанням бінокулярного, петрографічного та мінералогічного мікроскопів.



**Рис. 2.3.** Схематична карта відбору проб води і рослин уздовж масиву Лівобережних відвалів. Скл-1601, Скл-1602, Скл-1603 ... Скл-1705, Скл-1706 – індекси рядових проб. 1 – склад сланців; 2 – склад гематитових кварцитів; 3 – точки відбору проб води; 4 – точки відбору проб рослин; 5 – верхні бровки уступів; 6 – нижні бровки уступів.

Відбір зразків ґрунту проводився за наступною методикою: третина зразків (Sk1-1501, 1504, 1507, 1510, 1513, 1516, 1519, 1522, 1525, 1528, 1531, 1534, 1537, 1540) була відібрана поблизу полігону; третина (Sk1-1502, 1505, 1508, 1511, 1514, 1517, 1520, 1523, 1526, 1529, 1532, 1535, 1538) - на відстані 20 м від полігону; третина (Sk1-1503, 1506, 1509, 1512, 1515, 1518, 1521, 1524, 1527, 1530, 1533, 1536, 1539) - на відстані 40 м від полігону. Всього було відібрано 40 зразків ґрунту: 20 з ділянок, прилеглих до родовища гематитових кварцитів, і 20 з родовища сланців. Розташування точок відбору проб показано на рис. 2.2. Відбір проб проводився після видалення трав'яного покриву на глибину понад 20 см. Вага проби становила 5 кг. У мінералогічній лабораторії за допомогою стандартного методу «потрійного кільця-конуса» було розраховано середній вміст матеріалу кожного зразка. Із середньої маси кожного зразка за дев'ятибальною методикою відбирали зразки для напівкількісного спектрального аналізу в сертифікованій хімічній лабораторії.

Дані про хімічний склад підземних вод були отримані від геологічного відділу ПГЗК.

Гідрохімічні проби були відібрані з 10 джерел, води яких протікають під масивами сміттєзвалищ на лівому березі, складеними гематитовими кварцитами (5 джерел) і сланцями, неметалевими кварцитами (5 джерел). Зразки були відібрані з кожного джерела тричі: 5 червня, 5 липня та 5 серпня. Об'єм кожної проби становив 2 дм<sup>3</sup>. Місця відбору проб показані на рис. 2.3. Хімічні аналізи води проводились у сертифікованій лабораторії.

Для визначення вмісту домішкових елементів у рослинному складі було відібрано 6 проб фітомаси, кожна вагою 10 кг. Відбір проб проводився відповідно до стандартної методики збору трав'янистого або деревного матеріалу з типовим для досліджуваної території співвідношенням різних ботанічних видів. Після висушування рослин їх рештки спалювали в керамічній ємності, золу з кожного зразка збирали, усереднювали і відбирали наважку 5 г за стандартною 9-ти точковою методикою для хімічного аналізу в сертифікованій хімічній лабораторії, використовуючи рентгенофлуоресцентний аналіз на спектрометрі Spectroscan GF-1E.

Результати геолого-мінералогічних досліджень і хімічних аналізів накопичувалися, оброблялися і узагальнювалися з використанням стандартних комп'ютерних програм.

Методи дослідження та тестування більш детально описані у відповідних розділах звіту.



Оскільки неможливо оцінити мінеральний склад відвалів за такою кількістю мінералогічних типів руд і порід, вони були згруповані в 30 широких мінералогічних типів гематитових кварцитів і вміщуючих порід. При розробці цієї класифікації та групуванні звичайних типів руд і порід в агрегатні типи автори звіту виходили зі схожості умов їх утворення, схожості мінералогічних параметрів і схожості їх складу.

Згодом, з метою скорочення кількості різновидів мінералів гематит-кварциту та вміщуючих порід, 30 розширених різновидів було об'єднано в 9 об'єднаних різновидів (табл. 3.1). При цьому використовувався той самий принцип близькості об'єднаних типів агрегатів за умовами утворення, складом і структурою.

Об'єднані мінеральні типи гематитових кварцитів і пісковиків Скелюватсько-Магнетитового родовища, наведені в табл. 3.1, є внутрішньо неоднорідними, оскільки кожен тип містить матеріал декількох звичайних рудних і гірських порід, які відрізняються за складом, структурою, текстурою, фізико-технічними і технологічними властивостями. Однак виділення комбінованих типів видається правильним, виходячи з наступних міркувань:

- відмінності за наведеними вище характеристиками між десятьма комбінованими різновидами значно більші, ніж їх внутрішня неоднорідність за наведеними вище показниками;

- кожен комбінований тип містить один-два основних широких типи, інші, через свою малу представленість, не мають суттєвого впливу на загальну мінералогічну характеристику руд і порід відповідного комбінованого типу.

Таблиця 3.1.

Класифікація об'єднаних мінеральних різновидів руд і порід  
Лівобережних відвалів

<b>Об'єднані мінеральні різновиди гематитових кварцитів і сланців</b>	
<b>індекси</b>	<b>Назви</b>
1о	кварцити мартит-залізнослюдкові та залізнослюдко-мартитові
2о	кварцити мартитові
3о	кварцити дисперсногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові
4о	кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперс-ногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові гетитизовані
5о	кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперс-ногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові маршалітизовані
6о	кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперс-ногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові окварцовані
7о	кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперс-ногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові магнетит-вмісні
8о	гіпергенно незмінені сланці, малорудні та безрудні кварцити
9о	вивітрені сланці, малорудні та безрудні кварцити

У східній частині лівобережних териконів переважають гематитові кварцити, на частку яких припадає близько 95% від загальної маси накопиченого матеріалу. У західній частині териконів кількість сланців становить близько 70% за масою; мономінеральних, силікатних і магнетит-силікатних кварцитів - близько 20% за масою; гематитових кварцитів і змінених гіпергенних сланців, безрудних і магнетит-силікатних кварцитів - близько 10% за масою.

Короткі характеристики об'єднаних мінеральних типів руд і порід наведені нижче в підрозділі 3.2.



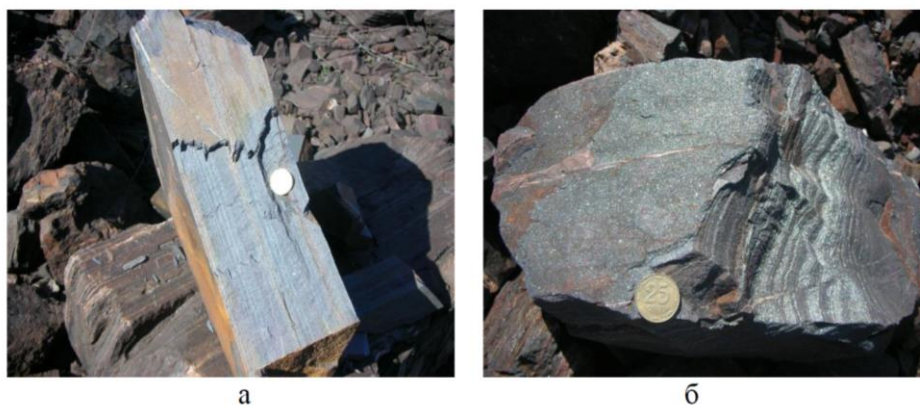
## 3.2.Описи мінеральних різновидів руд і порід Лівобережних відвалів

### 3.2.1.Кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові (об'єднаний мінеральний різновид 1о)

**Систематика.** Цей тип гематитових кварцитів включає 6 звичайних різновидів: мартит-залізисто-слюдяні кварцити, епігенетично незмінені; мартит-залізисто-слюдяні кварцити, слабо змінені (загальний вміст заліза 40-46 % за масою); змінені мартит-залізисто-слюдяні кварцити і гематитові руди (загальний вміст заліза 46-55 % за масою) ; незмінені вторинні залізисто-слюдисто-мартитові кварцити; слабо змінені залізисто-слюдисто-мартитові кварцити (загальний вміст заліза 40-46% за масою); слабо змінені залізисто-слюдисто-мартитові кварцити (загальний вміст заліза 40-46% за масою). ); незмінені вторинні залізисті слюдисто-мартитові кварцити; слабо змінені залізисті слюдисто-мартитові кварцити (загальний вміст заліза 40-46% за масою); змінені залізисті слюдисто-мартитові кварцити та гематитові руди (загальний вміст заліза 46-55% за масою).

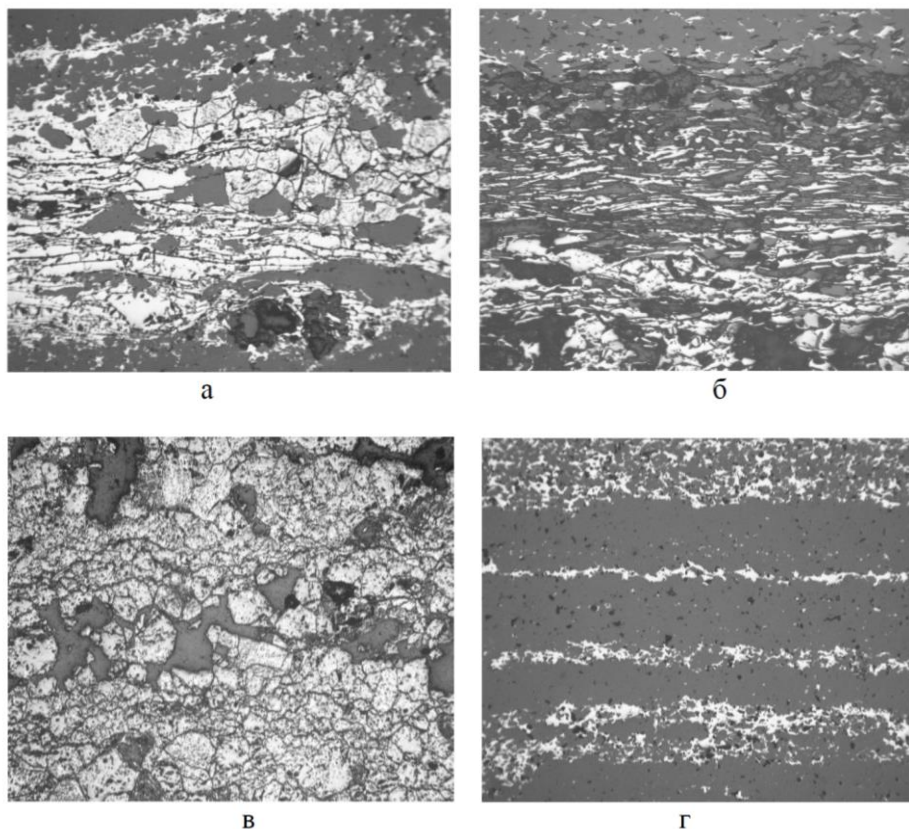
**Локалізація.** У розрізах кори вивітрювання залізисто-кременистої формації родовища гематитові кварцити цього типу у вигляді прошарків і лінз зустрічаються в центральних частинах четвертого, п'ятого і шостого залізних горизонтів. За даними геологічних маршрутів по поверхні і відкосах лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній (сланцевій) частині териконів, а в східній їх кількість становить близько 10% за масою.

**Текстура** мартит-залізисто-слюдистих і залізисто-слюдисто-мартитових кварцитів мікро- (менше 2 мм), тонкозерниста (2-5 мм) і рідко помірно шарувата (5-10 мм) (рис. 3.1), зумовлена чергуванням мінералізованих (кварц-мартит, залізисто-слюдисто-кварц-мартит, кварц-мартит-залізисто-слюдисті) і немінералізованих прошарків (залізисто-слюдисто-кварцовий, іноді мартит-залізисто-слюдисто-кварцовий, іноді мономінеральний кварц). Неметалеві прошарки становлять 55-60% від загального об'єму гематитових кварцитів, а мінеральні - 40-45%. Також зустрічаються інші текстури, характерні для гіпергенних утворень, такі як кавернозні, пористі, тріщинуваті та жилюподібні.



**Рис. 3.1.** Мікро- (а) та тонко-середньошарувата (б) текстура мартит-залізнослюдкових (а) та залізнослюдко-мартитових (б) кварцитів об'єднаного мінерального різновиду Іо.

**Структура** успадкована від вихідних магнетит-залізисто-слюдяних і залізисто-слюдисто-магнетитових кварцитів. Мінеральні шари характеризуються розгалуженою, розгалужено-розсіяною блоковою структурою, рідше смугами; немінеральні шари - пойкилокластичною, лепідогранокластичною та гранолепідокластичною структурою (рис. 3.2).



**Рис. 3.2.** Особливості мінерального складу й структури рудних (а, в) і нерудних (б, г) прошарків мартит-залізнослюдкових (а, б) і залізнослюдко-

*мартитових (в, з) кварцитів. Біле – залізна слюдка; світлосіре – мартит; темносіре – кварц; чорне – порожнини. Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х.*

**Мінеральний склад.** Утворення мартит-залізисто-слюдяних і залізисто-слюдиисто-мартитових кварцитів відбувається в результаті зміни первинних магнетит-залізисто-слюдяних і залізисто-слюдиисто-магнетитових кварцитів, які майже повністю складаються з трьох мінералів: кварцу, магнетиту і гематиту (залізної слюди). Кварц і залізна слюда мало змінилися через їхню велику стійкість до гіпергенних факторів. Магнетит був заміщений гематитом (мартитом). Інші реліктові та новоутворені мінерали присутні у складі гематитових кварцитів цього типу в невеликих кількостях.

**Хімічний склад.** Результати відновно-фазового аналізу заліза, проведеного в атестованій хімічній лабораторії, наведені в таблиці 4.2. Середній загальний вміст заліза в гематитових кварцитах цього типу становить 40,41% за масою; вміст магнетитового заліза становить від 0,5 до 1,0% за масою. Загальний вміст заліза є найвищим, а залізо-магнетитовий - найнижчим серед гематитових кварцитів у корі вивітрювання трьох досліджених залізних горизонтів.

**Характерні особливості** мартиніт-залізисто-слюдиистих та залізисто-слюдиисто-мартинітових кварцитів: 1) темно-сірий колір з синюватим відтінком і сріблястим блиском, іноді з темно-червоними і вишневими немінеральними прошарками; 2) відсутність помаранчевих, бурих, червоно-бурих, темно-червоних землистих агрегатів у прошарках дисперсного гетиту або дисперсного гематиту; 3) невелика кількість гетитових прожилок і порожнин, заповнених гетитовими агрегатами; 4) відносно низька пористість; 3) невелика кількість гетитових прожилок і порожнин, заповнених гетитовими агрегатами; 4) відносно низька пористість, одна порожнина; 5) велика здатність до поділу вздовж шаруватості завдяки великій кількості паралельних лусочок-агрегатів залізистої слюди.

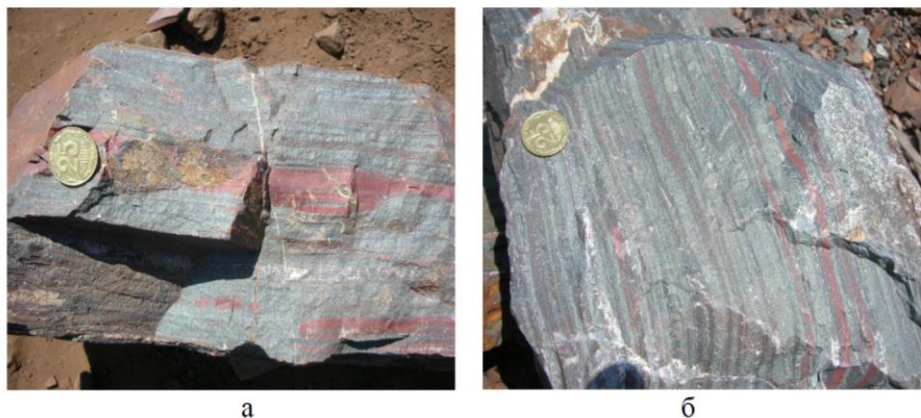
### 3.2.2. Кварцити мартитові (об'єднаний мінеральний різновид 2о)

**Систематика.** Об'єднаний мінеральний тип гематитових кварцитів 2о складається з трьох звичайних типів: 1) мартинітові кварцити, епігенетично незмінені (загальний вміст заліза 37-42% за масою); 2) мартинітові кварцити, відновлені (загальний вміст заліза 42-46% за масою); 3) гематитові руди (загальний вміст заліза більше 46% за масою).

**Локалізація.** Мартитові кварцити є продуктом гіпергенної зміни первинних магнетитових кварцитів, які майже повністю успадкували геологічне положення і морфологію своїх покладів. Мартитові кварцити складають основну частину четвертого розрізу і значну частину розрізів п'ятого і шостого залізистих горизонтів. За даними геологічної поверхні та

профілів укосів лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній (сланцюватій) частині териконів. У східній частині (рудній) вони є найпоширенішим типом гематитових кварцитів (близько 30% за вагою).

**Текстура** тонкошаруваті (2-5 мм), середньошаруваті (5-10 мм), іноді мікро- (1-2 мм) і широкошаруваті (10-20 мм), успадковані від вихідного намагніченого кварциту (рис.3.3), зумовлені чергуванням мінералізованих (кварц-мартитових) і немінералізованих прошарків (залізо-слюдяно-кварцових, іноді мартит-залізо-слюдяно-кварцових, мономінерально-кварцових). Колір рудних шарів (мартитових) варіює від темно-синьо-сірого до чорного. Колір немінералізованих шарів - яскраво-вишневий через наявність включень залізистої слюди у вигляді дрібних пластинок в частинках і окремих агрегатах кварцу. Рідше неметалеві прошарки характеризуються темно-сірим кольором. У кількісному відношенні неметалеві прошарки становлять 55-60% від загального об'єму, а рудні - 40-45%. Спостерігаються також інші текстури, характерні для гіпергенних утворень: кавернозна, пориста, тріщинувата та жилоподібна.



**Рис.3.3.** Тонко-, середньо-, широкошарувата текстура червоношаруватих мартитових кварцитів.

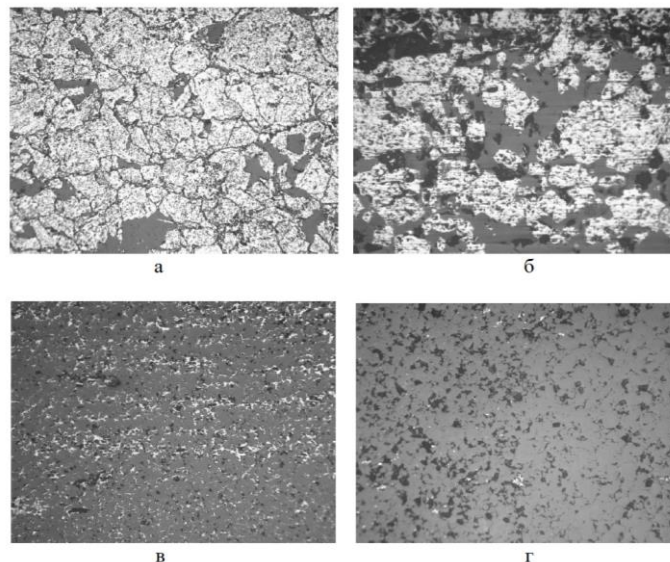
**Структура** мартиніт-кварцитові поклади визначаються морфологією мартинітових агрегатів, які складають в середньому близько 70% об'єму. Переважають розгалужені, розгалужено-блокуючі (рис. 3.4б), блокуючі (рис. 3.4а), смугасті, розгалужено-дисперсні та вкраплені агрегати, рідше зустрічаються дисперсні агрегати. Структура агрегатів кварцу в мінералізованих шарах гранобластична. Структура немінеральних прошарків у присутності залізної слюди лепідогранобластична (рис. 3.4в), за її відсутності - гранобластична (рис. 3.4г).

**Мінеральний склад.** Основними мінералами, що формують мартинітові кварцити, є кварц і гематит (мартит), а другорядними - реліктовий магнетит, залізна слюда і новоутворений гетит. Вміст новоутворених реліктових і

гіпергенних силікатів та метаморфічних карбонатів не перевищує 1% за масою, а їх загальний вміст, як правило, не перевищує 5% за масою.

**Хімічний склад.** Результати аналізу фази відновленого заліза наведені в таблиці 4.2. Середній вміст заліза в гематитових кварцитах цього типу становить 39,83% за масою; вміст залізо-магнієвої фази становить приблизно 1,0% за масою.

**Характерні ознаки** мартитових кварцитів: 1) червоний, вишневий колір неметалевих прошарків (якщо вони містять залізну слюду у вигляді тонких пластинок) або темно-сірий (якщо вони мають мономінеральний кварцовий склад); 2) відсутність шаруватих жовтих і бурих землястих агрегатів дисперсного гетиту і невелика кількість шаруватих яскраво-червоних, темно-червоних, червоно-бурих землястих агрегатів дисперсного гематиту; 3) невелика кількість прожилків гетиту і порожнеч, заповнених його рідкими агрегатами.



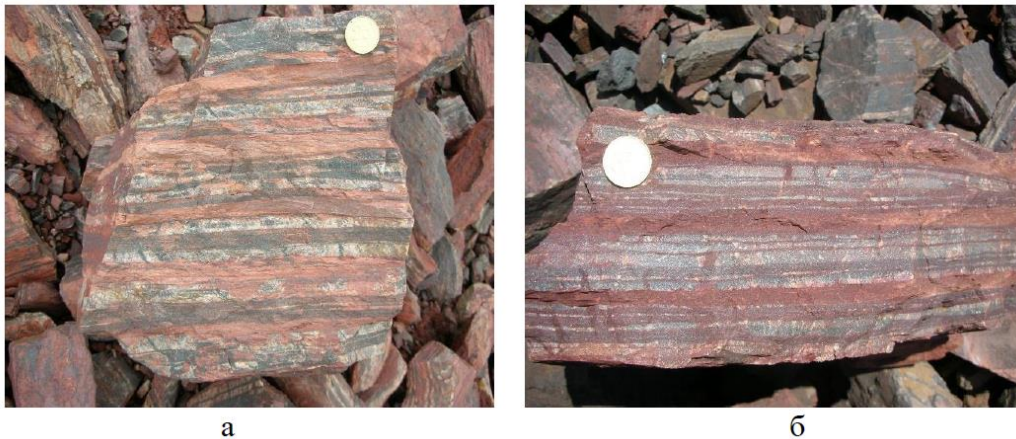
**Рис. 3.4.** *Блокові (а) та гіллясто-блокові (б) агрегати мартиту рудних прошарків; лепідогранобластова (в) і гранобластова (г) структура нерудних прошарків мартитових кварцитів. Біле – мартит і залізна слюдка; темносіре – кварц; чорне – порожнини. Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х .*

### 3.2.3. Кварцити дисперсногематит-мартитові та мартит-дисперсногематитові (об'єднаний мінеральний різновид 3о)

**Систематика.** Об'єднана різновидність 3о складається з двох звичайних різновидностей: 1) кварцит-дисперсно-гематит-мартитової, епігенетично незміненої; 2) кварцит-мартит-дисперсно-гематитової, епігенетично незміненої.

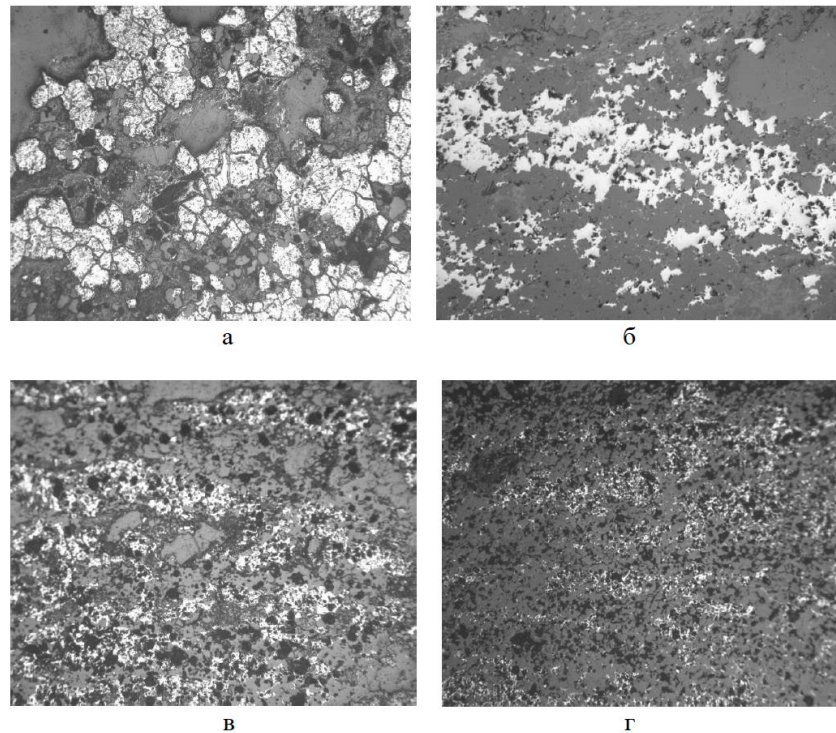
**Локалізація.** Згідно з геологічними розрізами поверхні та відкосів лівобережних териконів, у західній частині териконів гематитові кварцити цього типу практично відсутні, у східній частині їх кількість становить близько 6 мас. На поверхні останніх відносно рівномірно розподілені уламки дисперсних гематит-мартитових кварцитів та дисперсних гематит-мартитових кварцитів.

**Текстура** гематитових кварцитів цього типу успадкована від первинних силікат-карбонат-магнетитових і магнетит-силікат-карбонатних кварцитів. У них збереглася шаруватість: переважають середні (5-10 мм), широкі (10-20 мм) і грубі (20-50 мм) прошарки, зрідка спостерігаються мікро- (0-2 мм) і тонкі (2-5 мм) прошарки (рис. 3.5). Розшарування зумовлене чергуванням шарів рудних (дисперсних гематит-кварц-мартитових, кварц-мартитових), рудно-силікатних (дисперсний гематит у каолініті, дисперсний гематит у мартит-каолініті) та немінеральних прошарків (дисперсний гематит-кварц, іноді мономінеральний кварц). Колір рудних прошарків (мартит) від темно-сіро-блакитного до чорного з червоним відтінком. Колір рудно-силікатних шарів темно-червоний, а немінеральних шарів - сіро-червоний і сірий. Переважають безрудні прошарки (35-50% від загального об'єму руди); рудно-силікатні прошарки становлять 10-30%; рудно-силікатні прошарки - 30-45%.



**Рис. 3.5.** Середньо-широкошарувата (а) текстура дисперсногематит-мартитових кварцитів і тонко-середньо-широкошарувата (б) текстура мартит-дисперсногематитових кварцитів.

Структура рудних прошарків розгалужена, вкраплена, іноді брилиста, стрічкоподібна; структура нерудних прошарків переважно пойкилокластична, лепідогранокластична, зерниста, гранокластична; структура рудно-силікатних прошарків - порфірокластична, дрібнокристалічна лепідогранокластична, зерниста і зерниста (рис. 3.6).



**Рис. 3.6.** Гіллясто-блокова (а) і гіллясто-стрічкова (б) структура рудних прошарків та гіллясто-вкраплена (в), тонковкраплена (г) структура рудно-силікатних прошарків дисперсногематит-мартитових кварцитів. Світлосіре – мартит; темносіре – кварц; чорне – пори. Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х .

**Мінеральний склад.** Дисперсні гематит-мартитові та дисперсні мартит-гематитові кварцити містять два мінерали: кварц і гематит. Гематит в основному представлений двома морфологічними різновидами: мартитом і дисперсним гематитом. Кількість залізистих слюд і магнетиту незначна (до 1% за масою). Можуть бути присутніми невеликі кількості епігенетичних мінералів (маршалітовий кварц, гетит та ін.) (до 5% за об'ємом).

**Хімічний склад.** Результати аналізу відновленого заліза наведені в таблиці 4.2. Середній вміст заліза в гематитових кварцитах цього типу становить 36-37% за масою, магнію - 0,9-1,3% за масою.

**Характеристики** дисперсних гематит-мартитових і дисперсних гематит-мартитових кварцитів такі: 1) темно-червоний, бурувато-червоний, вишневий колір; 2) наявність яскравих темно-червоних прошарків дисперсного гематиту, каолінит-дисперсного гематиту (сурикатного) складу; 3) помірна пористість, тріщинуватість, порожнистість; 4) відносно невисока міцність.

### 3.2.4. Кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові гетитизовані (об'єднаний мінеральний різновид 4о)

**Систематика.** Об'єднаний мінеральний тип 4о включає 15 звичайних типів: 1) мартиніт-залізисто-слюдяні кварцити, слабогетитизовані (вміст гетиту 5-10 об. %); 2) мартиніт-залізисто-слюдяні кварцити, гетитизовані (вміст гетиту 10-20 об. %); 3) мартиніт-залізисто-слюдяні кварцити, сильногетитизовані (вміст гетиту більше ніж 20 об. %); 4) залізисто-слюдисто-мартитові кварцити, слабогетитизовані (вміст гетиту 5-10 об. %); 5) залізисто-слюдисто-мартитові кварцити, гетитизовані (вміст гетиту 10-20 об. %); 6) залізисто-слюдисто-мартитові кварцити, сильно гетитизовані (вміст гетиту понад 20 об. %); 7) мартитові кварцити, слабо гетитизовані (вміст гетиту 5-10 об. %); 8) мартитові кварцити, гетитизовані (вміст гетиту 10-20 об. %); 9) кварцити мартитові, сильно гетитизовані (вміст гетиту понад 20 об. %); 10) кварцити мартитові з дисперсним гематитом, слабо гетитизовані (вміст гетиту 5-10 об. %); 11) кварцити дисперсно-гематит-мартитові, гетитизовані (вміст гетиту 10-20 об. %); 12) кварцити дисперсно-гематит-мартитові, сильно гетитизовані (вміст гетиту понад 20 об. %); 13) кварцити дисперсні мартит-гематитові, слабо гетитизовані (вміст гетиту 5-10 об. %); 14) кварцити дисперсні мартит-гематитові, гетитизовані (вміст гетиту 10-20 об. %); 15) кварцити дисперсні мартит-гематитові, сильно гетитизовані (вміст гетиту більше 20 об. %).

**Локалізація.** За даними геологічного каротажу по поверхні і схилах лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній частині териконів. У східній частині їх кількість становить близько 4 мас. На поверхні лівобережного терикону відносно рівномірно розподілені уламки гетитизованих гематитових кварцитів.

**Текстура** гетитизованих гематитових кварцитів успадкована від первинних залізисто-слюдисто-мартитових, мартит-залізисто-слюдистих, мартитових, дисперсних гетит-мартитових і дисперсних мартит-гематитових кварцитів.

Збереглася їх шаруватість, починаючи від мікрошару (до 2 мм) до грубого шару (20-50 мм), через тонкий шар (2-5 мм), середній шар (5-10 мм) і широкий шар (10-20 мм). Розшарування зумовлене чергуванням мінералізованих шарів (кварц-мартит, залізиста слюда-кварц-мартит) і немінералізованих (залізиста слюда-кварц, іноді мартит-залізиста слюда-кварц, кварц-залізиста слюда-кварц). Колір мінеральних прошарків - від темно-сіро-блакитного до чорного. Колір немінеральних шарів успадкований від вихідних мартит-залізисто-слюдяних і залізисто-слюдисто-мартитових кварцитів. Неметалеві шари становлять 55-60% від загального об'єму руди, а рудні шари - 40-45%. Також часто спостерігаються пориста, кавернозна (рис. 3.7), тріщинувата, прожилкова, натічна, ниркова, сферолітова, сталактитова та текстури виділень, характерні для гіпергенних залізистих кварцитів.





а

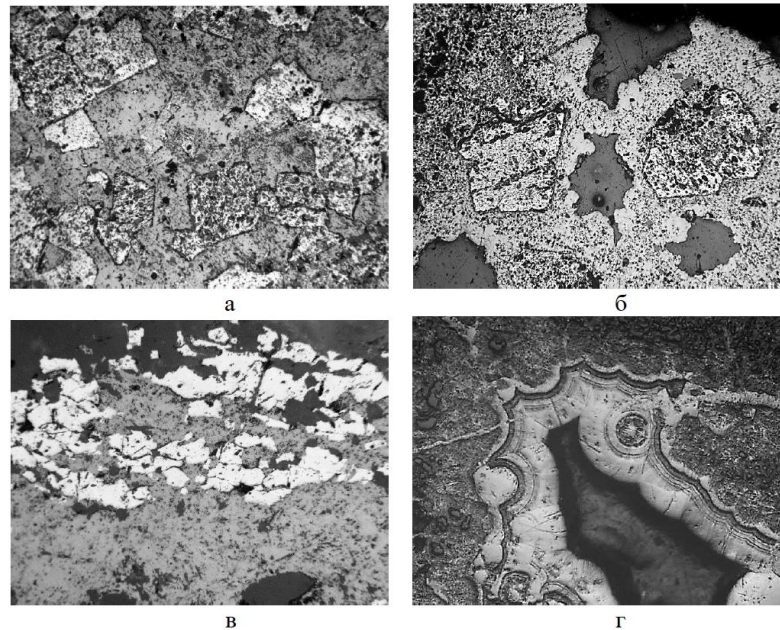


б

**Рис. 3.7.** Тонкошарувата, кавернозна (а) та брекчієва (б) текстура гетитизованих гематитових кварцитів об'єднанного мінерального різновиду 4о.

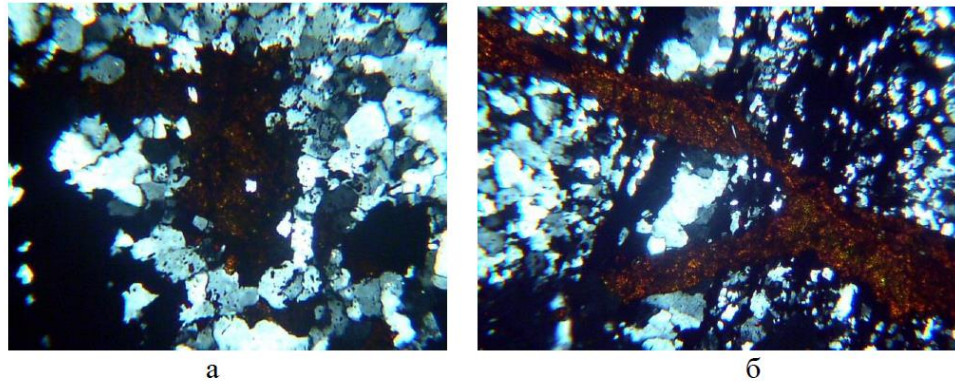
**Структура** також успадкована від вихідних гематитових кварцитів різного мінерального складу. Мінеральні шари характеризуються розгалуженою, дисперсною, рідко блоковою, стрічкоподібною структурою, а немінеральні - пойкилопластовою, лепідогранопластовою, гранолепідопластовою і гранопластовою структурою. Додатковим структурним елементом є цементувальні гетитові агрегати, для яких характерна прихованокристалічна структура з радіальним випромінюванням (мал. 3.8).

**Мінеральний склад** гетитизованих гематитових кварцитів визначається складом первинних гематитових кварцитів і ступенем їхньої гіпергенної гетитизації. Гетитизовані кварцити містять три мінерали: кварц, гематит і гетит. Гематит представлений трьома морфологічними різновидами: мартитом, залізною слюдою і дисперсним гематитом. Середній вміст гетиту становить понад 15 % за вагою. Карбонати і молодші силікати присутні в невеликих кількостях. Вміст сульфідів і апатитів дуже низький.



**Рис. 3.8.** Релікти агрегатів мартиту рудного прошарку залізнослюдко-мартитового кварциту в матриці новоутвореного гетиту (а, б); повністю гетитизований нерудний і частково гетитизований рудний прошарки мартитового кварциту (в); концентрично-зональні та радіально-променисті агрегати гетиту в порожнині (г). Світлосіре – мартит; сіре – гетит; темносіре – кварц; чорне – пори. Відбите світло; без аналізатора; збільшення: а, б – 60 х ; в – 40 х ; г – 90 х .

**Хімічний склад.** Результати аналізу заліза у відновленій фазі гетит-гематитових кварцитів наведені в таблиці 4.2. Загальний вміст заліза в гетит-гематитових кварцитах дещо нижчий, ніж у вихідних мартит-залізнослюдяних, залізно-слюдяно-мартитових, мартитових, дисперсно-мартит-гематитових і дисперсно-мартит-гематитових кварцитах. Це пов'язано з заміщенням мінералів з високим вмістом заліза (магнетит, гематит) мінералами з меншим вмістом заліза (гетит, лепідокрокіт). Коливання значень цього показника (від 37 до 42% за масою) свідчать про те, що процес гетитової мінералізації залізистих кварцитів супроводжується локальними проявами кремнезему та оксиду тривалентного заліза. Середній вміст заліза-магнію є низьким (0,30% за масою).



**Рис. 3.9.** Гранобластова структура кварцу нерудних прошарків гетитизованого мартитового кварциту з плямистими (а) та прожилковими (б) виділеннями гетиту. Блакитне – кварц; чорне – мартит, залізна слюдка; темночервоне – гетит. Прхідне світло; з аналізатором; збільшення 50 х .

Характеристики гетитизованих гематитових кварцитів: 1) коричневий, жовтувато-коричневий, червонувато-коричневий колір; 2) висока пористість, тріщинуватість, порожнини; 3) наявність великої кількості гетитових прожилків, зон метасоматичної гетитизації залізистих кварцитів і порожнин, заповнених гетитовими агрегатами; 4) відносно висока міцність за рахунок заповнення пор, порожнин і тріщин гетитом.

### **3.2.5. Кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові маршалітизовані (об'єднаний мінеральний різновид 5о)**

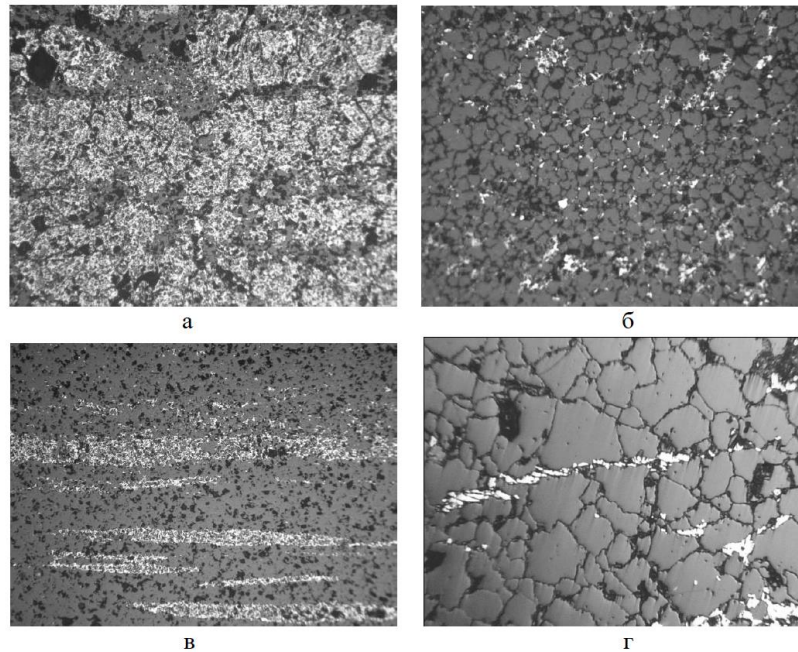
**Систематичний.** Об'єднаний мінеральний тип 5о складається з 15 звичайних типів: 1) мартит-залізисто-слюдяні кварцити, слабо маршалітизовані; 2) мартит-залізисто-слюдяні кварцити, маршалітизовані; 3) мартит-залізисто-слюдяні кварцити, сильно маршалітизовані; 4) залізисто-слюдяно-мартитові кварцити, слабо маршалітизовані; 5) залізисто-слюдисто-мартитові кварцити, мартитові; 6) залізисто-слюдисто-мартитові кварцити, сильно мартитові; 7) мартитові кварцити, слабо мартитові; 8) мартитові кварцити, мартитові ; 9) мартитові кварцити, сильно маршалітизовані; 10) розсіяні гематит-мартитові кварцити, слабо маршалітизовані; 11) розсіяні гематит-мартитові кварцити, маршалітизовані; 12) розсіяні гематит-мартитові кварцити, сильно маршалітизовані; 13) гематитові кварцити вкраплені, слабо мармуризовані; 14) гематитові кварцити вкраплені, мармуризовані; 15) гематитові кварцити вкраплені, сильно мармуризовані.

**Локалізація.** За даними геологічного каротажу по поверхні і схилах лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній частині териконів. У східній частині їх кількість становить близько 10% за вагою. На поверхні лівобережного терикону відносно рівномірно розподілені уламки маршалітових гематитових кварцитів.

**Текстура** варіює від мікро- (до 2 мм) до грубої (20-50 мм), успадкованої від первинних кварцитів з мартит-залізисто-слюдяною, залізисто-слюдяно-мартитовою, мартитовою, дисперсною мартит-гематитовою та дисперсною мартит-гематитовою. Шаруватість зумовлена чергуванням мінералізованих шарів (кварц-мартитових, мартит-кварц-залізисто-слюдяних, залізисто-слюдяних-кварц-мартитових, дисперсних гематит-мартитових) і немінералізованих (залізисто-слюдяно-кварцових, мартит-залізисто-слюдяно-кварцових, дисперсних гематит-кварцових, рідше кварцових). Маршалітизовані гематитові кварцити також містять шари силікатів (каолініт-кварц-дисперсний гематит) товщиною від 5 до 50 см. Колір мінералізованих шарів - від темно-сірого до чорного з синім відтінком; колір немінералізованих шарів - від майже білого (інтенсивно маршалітизовані руди) до яскраво-помаранчевого (рис. 3.10). Кількість немінералізованих шарів становить 55-60%, а мінералізованих - 40-45% від загального об'єму руд. Також присутні текстури, характерні для гіпергенних утворень: кавернозні, пористі, тріщинуваті та прожилкові.



**Рис. 3.10.** Мікро-тонкошарувата, плейчаста (а); мікро-тонко-середньо-грубошарувата (б) текстура маршалітизованих гематитових кварцитів.



**Рис. 3.11.** Особливості мінерального складу і структури рудних (а) і нерудних (б-г) прошарків маршалітизованих гематитових кварцитів. а – блокова структура слабо маршалітизованого залізнослюдко-мартитового кварциту; б – гранобластова структура нерудного прошарку маршалітизованого червоношаруватого мартитового кварциту; в, г – початкова (в) та кінцева (г) стадії маршалітизації нерудних прошарків залізнослюдко-мартитових кварцитів; процес супроводжується розчиненням залізної слюдки та винесенням заліза за межі зон маршалітизації. Біле – залізна слюдка; світлосіре – мартит; темносіре – кварц; чорне – порожнини. Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х, г – 60 х.

**Структура** успадкована від первинного гематитового кварциту. Рудні прошарки характеризуються розгалуженими та вкрапленими агрегатами мартиту, рідше - блочними та стрічковими агрегатами (рис. 3.11а, б). Структура неметалевих прошарків гранобластна, лепідогранобластна та пойкилобластна (рис. 3.11 в, г).

**Мінеральний склад** маршалітових гематитових кварцитів залежить від складу первинних гематитових кварцитів та інтенсивності їх маршалітизації. Маршалітові гематитові кварцити складаються практично з двох мінералів - кварцу і гематиту. Гематит представлений двома морфологічними різновидами: мартитом і залізною слюдою. Центральні частини мартитових агрегатів зазвичай містять невеликі включення ксеноморфного реліктового магнетиту (до 0,03 мм). Інші мінерали присутні в незначних кількостях.

**Хімічний склад.** Результати аналізу відновленого заліза маршаліт-гематитових кварцитів наведені в табл. 4.2. Загальний вміст заліза в їхньому

складі становить 36,24 мас. %, що в середньому на 3,0 мас. % нижче відповідного показника для первинних гематитових кварцитів, які не зазнали маршалізації. Середній вміст заліза-магнію є низьким (близько 0,5% за масою), що свідчить про високий ступінь гіпергенних змін у залізистих кварцитах цього типу.

**Характеристики** маршалітованих гематитових кварцитів такі: 1) світліший колір порівняно з гематитовими кварцитами, які не зазнали маршалізації; 2) рихлість, наявність дрібнозернистого матеріалу, переважно кварцового складу; 3) низький вміст заліза і магнію (не більше 0,6% за масою).

### **3.2.6. Кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові окварцовані (об'єднаний мінеральний різновид 6о)**

**Систематика.** Унімінерал типу 6о складається з 15 поширених типів: 1) мартиніт-залізо-слюдяні кварцити, слабо кварцитизовані (вміст кремнезему 40-45 мас. %); 2) мартиніт-залізо-слюдяні кварцити, кварцитизовані (вміст кремнезему 45-50 мас. %); 3) мартиніт-залізо-слюдяні кварцити, сильно кварцитизовані (вміст кремнезему понад 50 мас. %); 4) залізо-слюдяно-мартинітові кварцити, слабо кварцитизовані (вміст кремнезему 40-45 мас. %); 5) залізо-слюдяно-мартинітові кварцити, слабо кварцитизовані (вміст кремнезему 40-45 мас. %); 5) залізо-мартуністні кварцити, кварцити. ); 5) залізо-слюдисто-мартинітові кварцити, слабо кварцитизовані (вміст кремнезему 40-45 % за масою); 6) залізо-слюдисто-мартинітові кварцити, слабо кварцитизовані (вміст кремнезему понад 50 % за масою. ) ); 4) залізо-слюдяно-мартинітові кварцити, слабо магматичні (вміст кремнезему 40-45% за масою); 5) залізо-слюдяно-мартинітові кварцити, карстові (вміст кремнезему 45-50% за масою); 6) залізо-слюдяно-мартинітові кварцити, слабо окварцовані (вміст кремнезему 40-45% за масою. ); 6) залізо-слюдисто-мартинітові кварцити, сильно кальцифіковані (вміст кремнезему понад 50% за масою); 7) мартитові кварцити, сильно кальцифіковані (вміст кремнезему понад 50% за масою); 8) мартитові кварцити, сильно кальцифіковані (вміст кремнезему більш як 50% за масою); 9) сильно кальциновані мартитові кварцити (вміст кремнезему більш як 50% за масою); 10) сильно кальциновані мартитові кварцити (вміст кремнезему більш як 50% за масою); 10) сильно кальциновані кварцити (вміст кремнезему більш як

**Локалізація.** За даними геологічного каротажу по поверхні і схилах лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній частині териконів, у східній частині їх кількість становить близько

7% за масою. На поверхні східної частини лівобережних териконів майже рівномірно розподілені окварцовані гематитові кварцити.

**Текстура** затверділого гематитового кварциту варіює від мікрошарів (до 2 мм) до грубих шарів (20-50 мм), успадкованих від первинного гематитового кварциту (рис. 3.12). Розшарування зумовлене чергуванням мінералізованих шарів (кварц-мартит, мартит-кварц-залізисто-слюдисті, залізисто-слюдисто-кварц-мартит) і немінералізованих (залізисто-слюдисто-кварц, мартит-залізисто-слюдисто-кварц). Колір рудних шарів від темно-сіро-блакитного до чорного. Колір немінеральних шарів світліший завдяки кварцуванню порівняно з такими ж шарами невивітрених гематитових кварцитів. За кількістю переважають неметалеві прошарки (55-60% від загального об'єму породи); об'єм рудних прошарків становить 40-45%. Присутні також строката, тріщинувата, прожилкова та неявно шарувата текстури (рис. 3.12б), характерні для гіпергенних утворень.



**Рис. 3.12.** Жильна текстура слабо окварцованих тонко-середньошаруватих залізнослюдко-мартитових кварцитів (а); неявношарувата текстура сильно окварцованих тонко-середньошаруватих залізнослюдко-мартитових кварцитів (б).

**Структура** значною мірою успадкована від первинних гематитових кварцитів. Мінеральні шари характеризуються розгалуженою, розсіяною, розгалуженою стрічковою структурою, рідше у вигляді блоків; немінеральні шари характеризуються гранобластовою, пойкилобластовою та іноді лепідогранобластовою структурою.

**Мінеральний склад** визначається складом первинних гематитових кварцитів та інтенсивністю їхньої кварцизації. Кварцити з гематитом складаються практично з двох мінералів: кварцу і гематиту. Гематит представлений двома морфологічними різновидами: мартитом і залізною слюдою. Центральні частини мартитових агрегатів містять включення реліктового магнетиту. Інші мінерали присутні в незначних кількостях.

**Хімічний склад.** Результати аналізу заліза у відновленій фазі у загартованих гематитових кварцитах наведені в табл. 4.2. Загальний вміст

заліза у складі загартованих гематитових кварцитів (близько 35% за масою) є нижчим, ніж відповідний показник для первинних гематитових кварцитів. Середній вміст Fe-магнію низький (близько 0,4% за масою), що свідчить про високий ступінь гіпергенних змін загартованих гематитових кварцитів.

**Характеристики** загартованих гематитових кварцитів: 1) наявність великої кількості кварцових прожилків; 2) збільшена товщина неметалевих прошарків; 3) висока міцність гематитових кварцитів; 4) менший вміст загального заліза (від 32 до 37 мас. %); 5) менший вміст заліза в магнетиті порівняно з невитриманими гематитовими кварцитами (від 0,17 до 0,86 мас. %, у середньому 0,42 мас. %).

### **3.2.7. Кварцити мартит-залізнослюдкові, залізнослюдко-мартитові, мартитові, дисперсногематит-мартитові, мартит-дисперсногематитові магнетит-вмісні (об'єднаний мінеральний різновид 7о)**

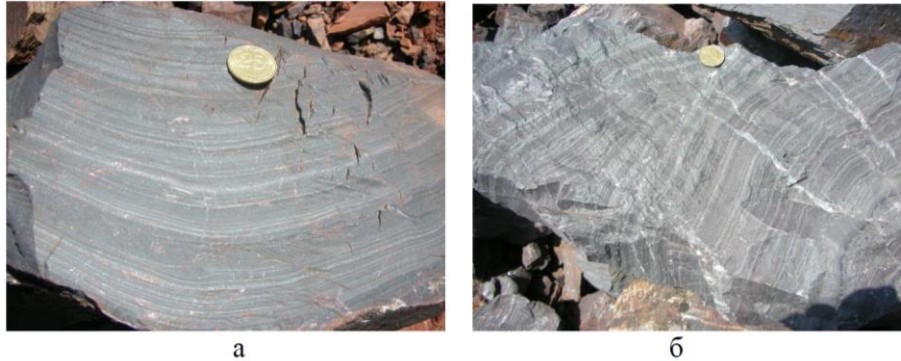
**Систематика.** Основною характеристикою гематитових кварцитів цього об'єданого мінерального типу є підвищений вміст (понад 5% за масою) Fe-Mg. У зв'язку з цим до його складу входить ряд мінеральних типів, які суттєво відрізняються за вмістом інших рудоутворюючих і другорядних мінералів: 1) мартит-залізо-слюдяні кварцити з високим вмістом Fe-магнію (5-10 мас. %); 2) мартит-залізо-слюдяні кварцити з високим вмістом Fe-магнію (10-15 мас. %); 3) залізо-слюдяно-мартитові кварцити з високим вмістом Fe-магнію (5-10 мас. %); 4) мартит-залізо-слюдяні кварцити з високим вмістом Fe-магнію (5-10 мас.); 4) залізо-слюдисто-мартитові кварцити з високим (10-15% мас.) вмістом Fe Mg; 5) мартитові кварцити з високим (5-10% мас.) вмістом Fe Mg. 6) мартитові кварцити з високим вмістом Fe Mg (10-15% за масою); 7) дисперсні гематит-мартитові кварцити з високим вмістом Fe Mg (5-10% за масою); 8) дисперсні гематит-мартитові кварцити з високим вмістом Fe Mg (10-15% за масою); 9) дисперсні гематит-мартитові кварцити з високим вмістом Fe Mg (5-10% за масою). ); 9) дисперсні гематит-мартитові кварцити з високим вмістом Fe-Mg (5-10% за масою); 10) дисперсні гематит-мартитові кварцити з високим вмістом Fe-Mg (10-15% за масою).

**Локалізація.** За даними геологічного каротажу на поверхні та схилах териконів Лівобережних териконів, гематитові кварцити цього типу практично відсутні в західній частині териконів, у східній частині їхня кількість становить близько 4 мас. Уламки гематит-кварцитів цього типу відносно рівномірно розподілені по поверхні терикону Лівобережного рудного родовища.

**Текстура** успадкована від вихідних магнетитових кварцитів різного мінерального складу. Шаруватість характеризується широким діапазоном коливань потужності шарів. Виділяються мікрошари (1-2 мм), тонкі шари (2-5 мм), середні шари (5-10 мм), широкі шари (10-20 мм) і грубі шари (20-50



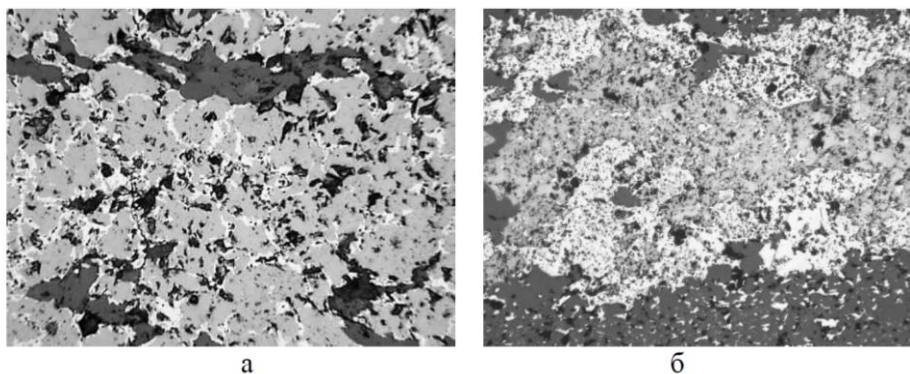
мм) (рис. 3.13). У структурі руд цього типу переважають немінералізовані прошарки (55-60% від загального об'єму породи); об'єм мінералізованих прошарків становить 40-45%. Присутні також текстури, характерні для гіпергенних утворень: кавернозна, пориста, тріщинувата і прожилкова.



**Рис. 3.13.** Тонко-мікрошарувата (а) та тонко-середньошарувата, прожилкова (б) текстура магнетит-вмісних залізнослюдко-мартитових (а) і мартит-залізнослюдкових (б) кварцитів.

**Структура** магнетитвмісних гематитових кварцитів майже повністю успадкувала структуру магнетитвмісних кварцитів іншого мінерального складу. Для мінералізованих шарів характерна розгалужено-вкраплена, розгалужено-блокована, рідше блокована, стрічкова структура (рис. 3.14а, б).

**Мінеральний склад** руд цього типу визначався складом вихідних магнетитових кварцитів і ступенем їхньої гіпергенної зміненості. До складу магнетитвмісних гематитових кварцитів входять три мінерали-мінералізатори: кварц, гематит і магнетит. Гематит представлений трьома морфологічними типами: мартит, залізна слюда і дисперсний гематит. Кількість дисперсного гематиту незначна. Магнетит присутній у вигляді дрібних ксеноморфних включень (до 0,03 мм) в центральних частинах індивідів і агрегатів мартиту. Інші мінерали присутні в незначних кількостях.



*Рис. 3.14. Особливості мінерального складу та структури рудних прошарків магнетит-вмісних гематитових кварцитів. а – початкова стадія мартитизації магнетиту з периферії його індивідів і агрегатів у рудному прошарку червоношаруватого магнетитового кварциту; б – структура мартитизованого з периферії рудного прошарку залізнослюдко-магнетитового кварциту; Біле – мартит, залізна слюдка; світлосіре – магнетит; темносіре – кварц; чорне – порожнини. Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х.*

**Хімічний склад.** Результати аналізу відновленого заліза магнетитвмісних гематитових кварцитів наведені в таб. 4.2. Загальний вміст заліза в рудах цього типу становить близько 39% за масою, з коливаннями від 35 до 41% за масою. Вміст заліза в магнетиті коливається від 6 до 15% за масою, з середнім значенням близько 9% за масою.

**Характеристики** гематитових кварцитів, що містять магнетит, такі: 1) темно-сірий або синьо-чорний колір залізо-слюдяно-мартинітових і мартинітових кварцитів і темно-червоний колір дисперсних різновидів, що містять гематит; 2) відносно низька пористість, наявність тріщин і порожнин; 3) підвищена міцність порівняно з гематитовими кварцитами; 4) майже повна відсутність прожилок гетиту і відсутність порожнин, заповнених його рідкими агрегатами; 5) підвищена магнітна сприйнятливність порівняно з гематитовими кварцитами.

### **3.2.8. Сланці карбонат-біотит-кумінгтоніт-кварц-хлоритові, серицит-кварц-хлоритові та кварцити силікатні (об'єднаний мінеральний різновид 80)**

**Систематика.** Об'єднаний мінеральний тип 80 включає такі звичайні типи: 1) сидерит-кварц-хлоритові сланці; 2) куммінгтоніт-кварц-хлоритові сланці; 3) біотит-кварц-хлоритові сланці; 4) мономінеральні кварцити; 5) силікатні кварцити; 6) карбонатно-силікатні кварцити.

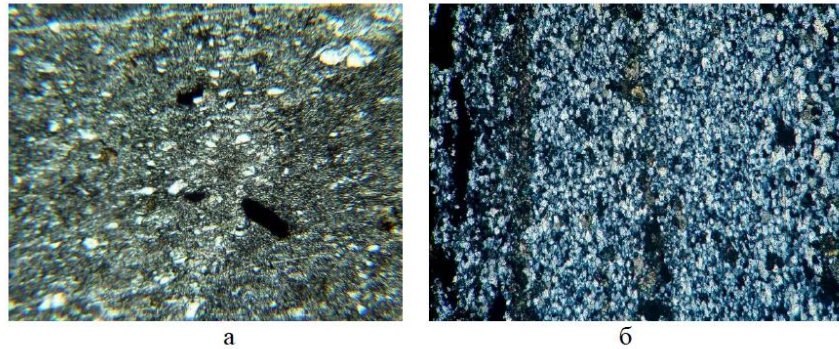


**Рис. 3.15.** *Кварц-хлоритовий сланець четвертого сланцевого горизонту (а), перешарування магнетит-кумінгтоніт-хлоритового сланцю та силікатного кварциту п'ятого сланцевого горизонту (б), чергування прошарків сланців та силікатних кварцитів шостого сланцевого горизонту (в, г). Розмір зразків за максимальним виміром 10 см.*

**Локалізація.** За даними геологічних розрізів по поверхні та схилах лівобережних териконів, силіконові сланці та кварцити мають обмежене поширення (близько 3% за масою) у східній (рудній) частині териконів. Причиною їх включення в масу гематитових кварцитів є їх перемішування під час буровибухових робіт, вантажно-розвантажувальних операцій. Кількість цих порід перевищує 80% за вагою в західній частині териконів.

**Текстура** порід цього типу коливається від тонкої до гігантської (рис. 3.15б-г). Шаруватість зумовлена чергуванням шарів силікатів (сланців) і кварцу (рогової обманки). Сланцеві прошарки переважають кількісно (70-80% від загального об'єму порід), кварцові - 20-30%. Текстура сланців сланцювата, іноді шарувата; текстура кварцових прошарків шарувата (рис. 3.15б-г), неявно шарувата, іноді масивна, тріщинувата і прожилкова.

**Структура** сланців лепідобластична, нематолепідобластична, гранонема-лепідобластична і порфіробластична (рис. 3.16а); кварцитів - гранобластна, іноді лепідогранобластна (рис. 3.16б).



**Рис. 3.16.** Гранолєнідобластова структура кварц-хлоритового сланцю (а) та гранобластова структура безрудного кварциту (б). Прохідне світло; а – без аналізатора, б – з аналізатором; збільшення 40 х . Сіре, біле – кварц; зеленувато-сіре – хлорит; чорне – мартит.

**Мінеральний склад.** Породи цього типу складаються переважно з кварцу та силікатів. Загальний вміст мінералів (магнетит, мартит) не перевищує 5% за вагою. Силікати представлені хлоритом, біотитом і кумінгтонітом. Середній вміст карбонатів (сидерит, сидерокомплексит тощо) становить близько 5% за вагою. Вміст сульфідів вищий (до 2-2,5% за масою), ніж у гематитових кварцитах.

**Хімічний склад.** Результати аналізу відновленого заліза наведені в таб. 4.2. Загальний вміст заліза в сланцях коливається від 12 до 24% за масою, в середньому близько 19% за масою. Середній вміст заліза і магнію незначний - 1,75% за вагою. У кварцитах без руди загальний вміст заліза змінюється від 8 до 16% за вагою, в середньому 12% за вагою; середній вміст Fe-магнію змінюється від 0,5 до 3,5% за вагою, в середньому 1,27% за вагою.

**Характеристики сланців:** 1) зеленувато-сірий, сіро-зелений колір; 2) низька пористість, порожнини, тріщинуватість; 3) сланцювата, тріщинувата текстура; 4) низький вміст загального заліза (Fe коливається від 12 до 24% за масою, в середньому 19% за масою); 5) низький вміст Fe-магнію - від 0,5 до 3,5% за масою, в середньому близько 1,75% за масою.

**Характеристики мономінеральних силікатних кварцитів:** 1) світло-сірий колір, іноді з зеленим відтінком; 2) висока міцність; 3) низький вміст загального заліза, в середньому 12% за масою; 4) низький вміст Fe<sub>магн.</sub> - в середньому 1,27% за масою.

### 3.2.9. Сланці кварц-дисперсногематитові та кварцити дисперсногематитові (об'єднаний мінеральний різновид 9а)

**Систематика.** До цього типу мінералів належать продукти зміни порід типу 8а: 1) каолініт-кварц-дисперсні гематитові сланці; 2) каолініт-кварц-

дисперсні гематитові сланці з реліктовим хлоритом, кумінгтонітом та іншими силікатами; 3) мономінеральні кварцити; 4) кварцит-дисперсні гематити, каолінит-дисперсні гематити.

**Локалізація.** Згідно з геологічною будовою на поверхні і на схилах лівобережних териконів, у східній (рудній) частині териконів, породи цього типу характеризуються обмеженим поширенням (близько 2% за масою). Їх включення до складу гематит-кварцитового масиву можна пояснити їх перемішуванням під час буріння, вибухових робіт, вантажно-розвантажувальних робіт. Кількість цих порід становить близько 5% за вагою в західній частині териконів. Розподіл цих порід у складеному матеріалі відносно рівномірний.

**Текстура** порід цього типу успадкована від вихідних порід четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів - від тонких прошарків до гігантських, іноді масивних, пластів. Сланцеві пласти переважають за кількістю (70-80% від загального об'єму сланців), об'єм роговообманкових пластів становить 20-30%. Текстура кварц-хлоритів, кумінгтонітів-біотитів-кварц-хлоритів і подібних до них сланців подібна до текстури сланців, неявношарувата (рис. 3.17а); мономінеральних, силікатних, карбонатно-силікатних кварцитів - шарувата (рис. 3.17б), неявношарувата, масивна. Пористі, тріщинуваті та прожилкові текстури, характерні для гіпергенних утворень, також помітні.



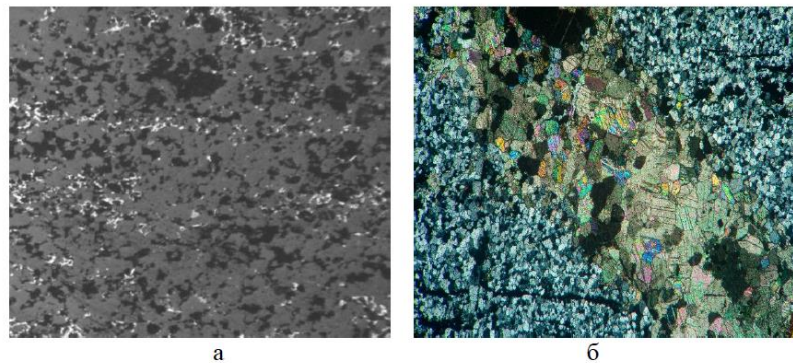
**Рис. 3.17.** Сланцювата текстура кварц-дисперсногематитового сланцю (а) і тонко-широкошарувата текстура дисперсногематитового кварциту (б). Розмір зразків за максимальним виміром 15 см.

**Структура і текстура** породи успадковані від вихідних безрудних сланців і кварцитів. Структура породи характеризується прихованокристалічною будовою, яка є лепідобластичною, порфіробластичною у сланцях і гранобластною, мікролепідогранобластною у кварцитах з дисперсним гематитом (рис. 3.18).

**Мінеральний склад.** Основними мінералами цього типу порід є кварц і дисперсний гематит, а другорядними - каолінит, мартит і гетит. Під час зміни

порід четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів повністю розчинилися не залізовмісні карбонати (кальцит, доломіт), а залізовмісні карбонати (сидерит, сидеропсит та ін.) перетворилися на дисперсний гематит. Силікати без глинозему (куммінгтоніт, мінесотаїт, селадоніт) розкладалися з утворенням дисперсного гематиту і кременистих мінералів (кварц, халцедон, опал). Глиноземисті магневіо-залізисті силікати (хлорит, біотит, стилпномелан) розкладаються з утворенням дисперсного гематиту (залізна складова), баделіту і, в крайніх випадках, каолініту (алюмінієва складова) та кременистих мінералів (кварц, халцедон, опал).

**Хімічний склад.** Результати аналізу відновленого заліза наведені в таблиці 4.2. Дисперсний гематитовий кварцит і дисперсний гематитовий кварцовий сланець характеризуються загальним вмістом заліза 20-21% за масою. Середній вміст  $Fe_{\text{магн.}}$  становить 0,8-0,9% за масою в першому випадку і 0,4-0,5% за масою в другому.



**Рис. 3.18.** Мікролепідогранобластова структура роговикових прошарків дисперсногематитових кварцитів; б – з січним прожилком карбонату. а – біле – мартит, темносіре – кварц, чорне – порожнини; Відбите світло; без аналізатора; збільшення 30 х . б – сіре – кварц, різнокольорове – карбонат, чорне – мартит. Прохідне світло, з аналізатором, збільшення 40 х .

**Характерні особливості** кварцитів з дисперсним гематитом: 1) яскраво-червоний, темно-червоний, червонувато-коричневий, вишневий колір; 2) наявність великої кількості розшарованих землистих агрегатів дисперсного гематиту.

**Характеристики сланців** з дисперсним гематитом у кварці: 1) яскраво-червоний, темно-червоний, червонувато-коричневий, вишневий колір; 2) низька пористість, порожнистість, тріщинуватість.

## 4. ВМІСТ ХІМІЧНИХ КОМПОНЕНТІВ У СКЛАДІ МАТЕРІАЛУ ВІДВАЛІВ ТА ЇХ ОБРАМЛЕННЯ

### 4.1. Руди та гірські породи відвалів

Як зазначалося вище, лівобережні терикони складаються з двох частин: східної, де складені гематитові кварцити (окислені), і західної, де складені сланці та силікати, магнетитові та силіконові кварцити. Для проведення мінералого-геохімічних досліджень було відібрано 150 об'ємних проб відкладеного матеріалу: 80 проб гематитових кварцитів з четвертого, п'ятого і шостого залізних горизонтів і 70 проб сланців, магнетит-силікатних і силікатних кварцитів з четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів. Розташування точок відбору зразків показано на рис. 2.1.

**Мінеральний склад.** Для кожного з 150 валових зразків було зроблено по 1 прозору і 1 шліфованому шліфу, а також проведено аналізи відновленого заліза і напівкількісний спектральний аналіз. За даними польових і лабораторних мінералогічних досліджень, матеріал східної частини териконів представлений 7 простими мінеральними різновидами гематитових кварцитів (табл. 3.1) і в невеликих кількостях (близько 3% за масою) змішаними неметалічними породами - сланцями і силікатними, намагнічено-силікатними кварцитами вміщуючих товщ. Останні, представлені 2 комбінованими мезмерічними типами (табл. 3.1), складають майже всю західну частину териконів. Середній мінеральний склад порід лівобережних териконів представлений в таблиці 4.1.

Дані показують, що матеріал у східній частині відвалів складається переважно з кварцу і гематиту, загальний вміст яких становить понад 85% за вагою. Реліктові силікати та гідроксиди заліза мають другорядне значення. Магнетит є реліктовим мінералом у центральних частинах окремих індивідів та агрегатів новоутвореного мартиту. У породах західної частини териконів переважають кварц і силікати, загальний вміст яких становить понад 85% за масою. Гематит, магнетит і гідроксиди заліза присутні в незначній кількості.

Реліктові силікати входять до складу двох мінеральних комплексів. У західній частині лівобережних відвалів вони є породоутворюючими мінералами в силікатних сланцях і кварцитах стратиграфічних горизонтів, що обрамляють продуктивні пласти. До них належать біотит, куммінгтоніт,

хлорит, залізистий тальк (мінесотаїт), гранат, селадоніт і стильпномелан. У невеликій кількості реліктові силікати присутні також у гематитових кварцитах четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів, переважно в найглибших гіпсометричних рівнях. Вони представлені частково зміненими різновидами вищезгаданих мінералів.

Таблиця 4.1.  
Середній мінеральний склад залізистих кварцитів і сланців Лівобережних відвалів

Мінерали та мінеральні різновиди	Вміст, мас.%	
	масив гематитових кварцитів	масив сланців і силікатних, магнетит-силікатних кварцитів
гематит, у тому числі:	43,54	3,81
<i>мартит</i>	36,81	1,64
<i>залізна слюдка</i>	5,98	0,02
<i>дисперсний гематит</i>	0,75	2,15
магнетит	2,64	2,89
гідроксид заліза, у тому числі:	4,16	3,45
<i>гетит</i>	3,23	0,95
<i>дисперсний гетит</i>	0,72	2,42
<i>лепідокрокит</i>	0,21	0,08
мінерали групи кварцу, у тому числі:	44,27	57,79
<i>кварц</i>	44,17	57,63
<i>халцедон</i>	0,07	0,11
<i>опал</i>	0,03	0,05
реліктові силікати	3,23	27,38
новоутворені силікати	0,13	1,47
реліктові залізисті карбонати	0,05	0,68
новоутворені карбонати	0,63	0,79
реліктові сульфіди	0,01	0,05
новоутворені сульфіди	0,04	0,12
апатит	0,09	0,13
інші мінерали	1,21	1,44
<b>Загалом</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Кількість визначень</b>	<b>80</b>	<b>70</b>

*Інші мінерали: турмалін, титаніт, циркон, ярозит, копаніт, гіпс.*

До групи реліктових мінералів належать також залізисті карбонати (сидерит, сидеропезит, пістомезит тощо) та сульфіди (пірит, піротин, халькопірит тощо). Гематитові кварцити, так само як і сланці, силікатні кварцити та магнетит-силікатні кварцити, містять новоутворені силікати



(каолінит, монтморилоніт, баделіт, гідробіотит та ін.), які є продуктами зміни первинних мінералів, що містять глинозем (хлорит, біотит, гранат та ін.).

Новоутворені карбонати (кальцит, доломіт, феродоломіт, ганцит тощо) характерні для гематитових кварцитів і заповнюють порожнини та тріщини. Інші мінерали включають циркон, турмалін, ярозит, копіапін і гіпс.

**Хімічний склад.** Відновно-фазовий аналіз заліза і напівкількісний спектральний аналіз були проведені на 150 зразках кварцитів і гематитових сланців, кварцитів без руди і кварцитів з низьким вмістом руди. Було визначено вміст 35 хімічних елементів. У таб.4.2 наведено дані про вміст 15 елементів. Вміст решти 20 елементів не визначався через їх низький вміст - нижче межі виявлення спектрографа.

За даними аналізу відновленої фази, середнє значення загального вмісту заліза в матеріалі східної частини лівобережних відвалів становить 38,29; для західної частини - 20,48 мас.%; вміст заліза в магнетиті - 2,11 і 3,12 мас.% відповідно.

Таблиця 4.2.

Результати скорочених фазових і спектральних аналізів матеріалу гематитових кварцитів та сланців

Індекси проб	Проби відібрані з масиву гематитових кварцитів східної частини Лівобережних відвалів																
	Fe <sub>заг</sub>	Fe <sub>магн.</sub>	Вміст домішкових елементів ( n <sup>10</sup> – 3 мас.%, срібло – n <sup>10</sup> -6 мас.%)														
			V	Ge	Co	Mn	Cu	Mo	Ni	Sn	Ag	Pb	Ti	P	Cr	Zn	Zr
Скл-1201	40,23	6,58	0,30	0,50	0,10	70,00	0,70	0,00	0,50	0,01	0,00	0,00	7,00	24,00	10,00	3,00	5,00
Скл-1202	38,94	0,12	0,55	0,10	0,15	20,00	0,80	0,02	2,00	0,02	0,18	0,15	10,00	29,00	12,55	1,50	7,00
Скл-1203	38,86	0,92	1,00	0,15	0,05	40,00	0,90	0,01	1,80	0,01	0,25	0,10	15,00	110,00	10,05	1,00	10,00
Скл-1204	35,83	1,02	0,20	0,30	0,10	50,00	1,00	0,03	0,70	0,02	0,34	0,22	5,00	84,00	20,00	2,00	8,00
Скл-1205	38,77	8,32	0,20	0,50	0,10	30,00	1,00	0,05	1,00	0,01	0,10	0,05	5,00	70,00	20,00	2,00	6,00
Скл-1206	35,84	0,20	0,20	0,20	0,10	100,00	0,50	0,06	0,50	0,03	0,42	0,27	20,00	70,00	20,00	2,00	10,00
Скл-1207	39,53	1,03	0,75	0,25	0,05	30,00	1,10	0,00	1,40	0,02	0,15	0,03	10,00	85,00	7,85	1,60	5,00
Скл-1208	35,71	0,53	0,95	0,35	0,20	65,00	0,90	0,07	2,40	0,01	0,31	0,18	20,00	24,00	24,50	2,50	7,00
Скл-1209	41,96	0,73	0,20	0,20	0,10	30,00	0,70	0,00	0,70	0,01	0,22	0,13	5,00	70,00	20,00	2,00	5,00
Скл-1210	40,02	0,86	0,40	0,15	0,05	25,00	0,80	0,01	1,80	0,02	0,41	0,15	5,00	58,00	5,00	1,00	0,00
Скл-1211	35,77	9,23	1,00	0,40	0,35	75,00	0,60	0,05	1,90	0,01	0,38	0,32	25,00	62,00	12,51	3,30	9,00
Скл-1212	39,83	7,39	0,30	0,20	0,10	70,00	0,70	0,02	0,70	0,00	0,05	0,25	5,00	77,00	15,00	2,00	4,00
Скл-1213	38,42	0,54	0,80	0,35	0,25	15,00	0,40	0,04	2,00	0,03	0,44	0,20	10,00	43,00	8,00	2,30	8,00
Скл-1214	39,57	0,33	0,15	0,30	0,10	15,00	0,70	0,00	0,20	0,03	0,35	0,30	10,00	95,00	10,00	2,00	2,00
Скл-1215	44,32	0,61	0,30	0,20	0,10	30,00	0,70	0,00	0,50	0,01	0,20	0,05	10,00	85,00	15,00	2,00	1,00
Скл-1216	43,07	1,04	0,20	0,30	0,10	20,00	0,50	0,02	0,50	0,00	0,12	0,00	7,00	110,00	15,00	2,00	3,00
Скл-1217	39,31	0,22	0,15	0,20	0,10	15,00	0,30	0,05	0,30	0,00	0,00	0,26	5,00	13,00	10,00	2,00	6,00
Скл-1218	39,07	1,12	0,20	0,30	0,10	20,00	0,70	0,02	0,30	0,01	0,21	0,20	5,00	40,00	15,00	2,00	9,00
Скл-1219	34,37	0,69	0,20	0,20	0,10	50,00	1,00	0,07	0,70	0,03	0,56	0,32	7,00	55,00	30,00	3,00	13,00
Скл-1220	41,15	7,76	0,15	0,20	0,10	30,00	0,70	0,00	0,50	0,01	0,00	0,07	5,00	62,00	20,00	2,00	2,00
Скл-1221	40,26	8,79	0,20	0,30	0,10	20,00	1,00	0,03	0,30	0,00	0,09	0,00	5,00	81,00	20,00	2,00	1,00
Скл-1222	31,86	0,41	1,25	0,40	0,45	90,00	1,00	0,08	4,30	0,06	1,17	0,43	70,00	51,00	45,50	3,50	12,00
Скл-1223	40,49	13,81	0,25	0,10	0,10	5,00	0,60	0,00	1,10	0,03	0,30	0,00	5,00	38,00	11,50	2,50	3,00
Скл-1224	37,09	0,43	0,20	0,50	0,10	30,00	0,70	0,03	0,70	0,04	0,56	0,05	10,00	31,50	1,50	3,00	7,00
Скл-1225	40,39	0,51	0,15	0,20	0,10	30,00	0,70	0,02	0,50	0,04	0,08	0,00	5,00	30,00	20,00	3,00	5,00
Скл-1226	35,47	0,63	0,20	0,15	0,15	100,00	1,00	0,06	1,00	0,02	0,67	0,16	5,00	38,00	1,33	3,00	11,00
Скл-1227	36,45	0,41	0,30	0,20	0,10	50,00	1,00	0,08	1,00	0,04	0,60	0,20	5,00	93,00	20,00	2,00	9,00
Скл-1228	37,01	1,75	0,15	0,30	0,10	20,00	1,00	0,08	1,00	0,02	0,25	0,17	5,00	80,00	1,50	2,00	10,00
Скл-1229	39,21	0,24	0,20	0,20	0,20	70,00	1,00	0,00	0,70	0,04	0,13	0,03	10,00	45,00	1,50	3,00	8,00
Скл-1230	38,05	0,58	0,30	0,30	0,15	30,00	1,50	0,02	1,00	0,01	0,20	0,26	5,00	52,00	30,00	2,00	3,00
Скл-1231	40,54	0,61	0,30	0,30	0,10	20,00	1,50	0,10	1,50	0,00	0,11	0,00	5,00	42,00	30,00	2,00	4,00
Скл-1232	40,03	2,17	0,20	0,20	1,00	50,00	1,50	0,07	3,00	0,00	0,53	0,02	10,00	11,00	0,60	1,33	5,00
Скл-1233	36,94	8,79	0,20	0,30	0,10	30,00	1,00	0,07	1,00	0,03	0,77	0,22	5,00	40,00	20,00	2,00	6,00
Скл-1234	39,02	7,86	0,50	0,30	0,10	20,00	0,50	0,05	1,00	0,00	0,61	0,20	7,00	32,00	15,00	3,00	5,00
Скл-1235	38,15	0,75	0,30	0,50	0,15	15,00	1,00	0,10	1,00	0,02	0,65	0,20	10,00	20,00	15,00	2,00	4,00
Скл-1236	39,17	0,37	0,20	0,30	0,10	10,00	0,50	0,12	0,50	0,00	0,03	0,00	7,00	19,00	10,00	2,00	3,00
Скл-1237	39,26	1,13	0,60	0,35	0,10	55,00	0,80	0,05	1,20	0,00	0,13	0,22	20,00	23,00	18,00	2,30	1,00
Скл-1238	35,73	7,97	0,50	0,50	0,10	20,00	0,50	0,02	1,00	0,04	0,40	0,10	5,00	42,00	20,00	2,00	4,00
Скл-1239	37,95	0,49	0,90	0,45	0,25	110,00	0,90	0,08	1,20	0,04	0,44	0,34	45,00	60,00	17,00	1,70	11,00

Скл-1240	37,93	0,24	1,15	0,40	0,35	10,00	0,40	0,05	1,30	0,01	0,32	0,40	5,00	30,00	23,50	1,30	9,00
Скл-1241	40,43	9,16	0,80	0,40	0,15	105,00	0,60	0,19	2,20	0,02	0,20	0,19	40,00	53,00	17,00	1,60	6,00
Скл-1242	32,08	0,32	0,20	0,20	0,10	135,00	0,50	0,08	0,50	0,05	0,95	0,30	5,00	80,00	15,00	2,00	10,00
Скл-1243	41,72	0,80	0,30	0,15	0,05	105,00	0,80	0,13	0,20	0,04	0,33	0,26	50,00	18,00	8,55	1,00	7,00
Скл-1244	36,29	0,47	0,95	0,25	0,40	80,00	0,80	0,09	1,70	0,05	0,90	0,38	25,00	28,00	18,00	1,70	3,00
Скл-1245	37,54	0,62	1,00	0,25	0,35	25,00	0,30	0,03	1,40	0,05	0,30	0,30	10,00	23,00	10,05	2,70	4,00
Скл-1246	32,88	0,72	1,50	0,55	0,45	65,00	1,20	0,12	2,90	0,04	0,78	0,26	25,00	85,00	35,60	3,00	8,00
Скл-1247	36,09	0,58	0,70	0,45	0,25	120,00	0,70	0,12	1,40	0,06	1,15	0,27	45,00	77,00	17,55	1,30	2,00
Скл-1248	39,63	1,55	0,55	0,40	0,20	55,00	0,40	0,10	2,20	0,03	0,87	0,34	35,00	16,00	18,51	0,70	11,00
Скл-1249	39,63	1,55	0,55	0,40	0,20	55,00	0,40	0,10	2,20	0,03	0,87	0,34	35,00	16,00	18,51	0,70	11,00
Скл-1250	33,96	1,08	2,05	0,50	0,35	105,00	0,40	0,05	2,00	0,05	1,15	0,35	60,00	34,00	16,50	2,30	6,00
Скл-1251	37,21	0,92	0,40	0,55	0,30	90,00	0,80	0,12	2,10	0,06	1,00	0,44	50,00	98,00	6,00	0,80	8,00
Скл-1252	32,97	0,32	0,80	0,50	0,30	120,00	0,20	0,07	2,60	0,03	0,40	0,50	5,00	60,00	30,40	2,70	3,00
Скл-1253	34,05	0,93	0,20	0,30	0,10	125,00	0,30	0,05	0,30	0,04	0,90	0,41	5,00	63,00	7,00	2,00	7,00
Скл-1254	33,12	0,39	0,30	0,30	0,10	90,00	1,00	0,07	0,70	0,06	1,00	0,38	5,00	92,00	15,00	2,00	6,00
Скл-1255	40,85	1,01	0,25	0,05	0,10	10,00	0,90	0,09	1,80	0,02	0,08	0,23	10,00	90,00	6,00	0,80	7,00
Скл-1256	41,87	0,19	0,15	0,10	0,05	45,00	1,10	0,08	1,30	0,02	0,03	0,18	25,00	22,00	4,00	0,50	2,00
Скл-1257	39,25	0,41	0,30	0,30	0,05	10,00	1,00	0,08	0,50	0,05	0,00	0,05	5,00	62,00	10,00	2,00	7,00
Скл-1258	40,23	0,19	0,30	0,30	0,10	10,00	0,70	0,07	0,50	0,05	0,11	0,12	5,00	70,00	1,33	2,00	8,00
Скл-1259	37,12	0,49	0,55	0,15	0,30	10,00	0,60	0,00	2,50	0,05	0,55	0,43	7,00	86,00	15,60	1,50	2,00
Скл-1260	41,08	0,63	0,10	0,25	0,10	65,00	1,20	0,14	1,00	0,03	0,23	0,30	20,00	44,00	12,00	0,60	8,00
Скл-1261	37,05	2,03	0,60	0,10	0,20	5,00	0,80	0,06	2,70	0,07	0,32	0,36	6,00	90,00	18,00	3,50	1,00
Скл-1262	41,03	2,03	0,30	0,30	0,10	30,00	1,00	0,05	0,50	0,05	0,06	0,16	5,00	74,00	1,67	2,00	9,00
Скл-1263	36,18	0,44	0,15	0,20	0,10	30,00	0,70	0,10	0,50	0,07	1,23	0,42	5,00	17,00	20,00	3,00	11,00
Скл-1264	41,13	1,18	0,15	0,20	0,10	30,00	0,70	0,14	0,70	0,00	0,11	0,04	5,00	47,00	20,00	3,00	6,00
Скл-1265	40,45	0,38	0,15	0,30	0,10	30,00	0,50	0,05	1,00	0,06	0,07	0,07	5,00	13,00	1,50	3,00	0,00
Скл-1266	39,43	8,77	0,20	0,45	0,15	30,00	1,10	0,05	2,50	0,06	0,20	0,18	3,00	105,00	24,00	2,80	9,00
Скл-1267	39,45	1,03	0,30	0,30	0,10	50,00	0,70	0,08	1,00	0,00	0,03	0,07	5,00	80,00	1,67	3,00	5,00
Скл-1268	37,71	0,86	0,30	0,30	0,10	80,00	1,00	0,14	1,50	0,07	0,52	0,46	5,00	103,00	15,00	2,00	2,00
Скл-1269	40,32	0,57	0,15	0,35	0,10	15,00	0,40	0,03	2,60	0,00	0,30	0,38	10,00	70,00	15,60	2,30	5,00
Скл-1270	38,29	0,87	0,35	0,05	0,20	85,00	1,10	0,05	2,10	0,06	0,40	0,43	40,00	73,00	4,50	2,50	5,00
Скл-1271	39,91	7,99	0,30	0,25	0,15	10,00	1,10	0,01	2,80	0,05	0,00	0,40	5,00	100,00	3,00	2,50	10,00
Скл-1272	39,37	0,27	0,35	0,05	0,20	90,00	0,90	0,12	3,40	0,04	0,14	0,12	55,00	48,00	12,00	0,40	5,00
Скл-1273	36,82	9,78	0,60	0,35	0,25	60,00	0,90	0,12	3,70	0,01	0,38	0,21	6,00	44,00	15,25	2,09	5,00
Скл-1274	38,58	0,19	0,15	0,20	0,10	20,00	0,50	0,00	1,00	0,05	0,00	0,47	5,00	53,00	15,00	3,00	12,00
Скл-1275	39,16	1,15	0,30	0,30	0,10	15,00	0,70	0,07	0,70	0,07	1,03	0,15	5,00	63,00	15,00	2,00	0,00
Скл-1276	39,86	0,97	0,30	0,50	0,10	20,00	1,20	0,03	2,00	0,07	0,72	0,08	7,00	5,00	0,71	2,00	12,00
Скл-1277	38,68	0,29	0,45	0,55	0,20	20,00	0,20	0,07	3,10	0,06	0,80	0,29	5,00	34,00	12,00	0,80	11,00
Скл-1278	40,12	1,17	0,20	0,45	0,10	25,00	0,60	0,05	6,10	0,00	0,24	0,05	15,00	35,00	27,85	1,20	11,00
Скл-1279	37,72	0,17	0,65	0,10	0,25	10,00	0,50	0,02	2,90	0,03	0,37	0,13	5,00	44,00	12,50	1,00	0,00
Скл-1280	39,05	0,49	0,20	0,30	0,10	20,00	1,00	0,04	1,50	0,04	0,01	0,10	5,00	70,00	20,00	2,00	0,00
Середнє	<b>38,29</b>	<b>2,11</b>	<b>0,43</b>	<b>0,30</b>	<b>0,17</b>	<b>46,75</b>	<b>0,78</b>	<b>0,06</b>	<b>1,46</b>	<b>0,03</b>	<b>0,39</b>	<b>0,21</b>	<b>14,05</b>	<b>55,23</b>	<b>14,53</b>	<b>2,06</b>	<b>5,99</b>
<b>Проби відібрані з масиву сланців західної частини Лівобережних відвалів</b>																	
Індекси проб	Fe заг.	Fe магн.	V	Ge	Co	Mn	Cu	Mo	Ni	Sn	Ag	Pb	Ti	P	Cr	Zn	Zr
Скл-1301	12,93	0,61	3,50	0,40	0,60	45,00	2,20	0,30	3,90	0,14	5,51	1,53	60,00	74,00	28,65	7,50	25,00
Скл-1302	31,75	0,68	6,55	0,65	1,05	70,00	1,80	0,20	4,00	0,08	2,22	0,78	150,00	65,00	55,50	2,50	15,00
Скл-1303	24,45	6,12	0,30	0,70	2,15	100,00	1,50	0,25	6,50	0,09	5,00	1,29	70,00	87,00	22,00	3,00	12,00
Скл-1304	20,57	0,34	10,50	0,80	1,25	90,00	1,60	0,24	3,80	0,10	3,72	1,54	145,00	85,00	48,60	5,00	20,00
Скл-1305	13,05	0,45	2,00	0,60	1,55	60,00	1,90	0,26	5,60	0,15	4,50	1,62	80,00	60,00	24,00	4,00	23,00
Скл-1306	15,26	1,02	3,90	0,65	1,30	70,00	1,70	0,23	5,00	0,12	3,50	1,23	160,00	29,00	31,55	6,00	27,00
Скл-1307	25,2	6,21	6,50	0,60	1,00	90,00	1,50	0,21	4,00	0,14	2,40	0,58	140,00	68,00	55,40	5,00	20,00
Скл-1308	27,34	8,95	4,00	0,75	0,80	80,00	1,80	0,22	3,90	0,13	1,60	0,42	135,00	89,00	31,00	5,50	15,00
Скл-1309	16,55	1,23	9,50	0,70	0,90	80,00	1,80	0,20	4,50	0,14	2,90	1,21	160,00	65,00	31,20	4,50	25,00
Скл-1310	12,87	2,01	6,00	0,30	1,00	100,00	2,00	0,25	2,50	0,12	3,00	0,64	90,00	80,00	1,33	3,00	20,00
Скл-1311	23,73	1,08	4,50	0,50	0,75	90,00	1,40	0,20	6,30	0,12	4,30	1,55	145,00	70,00	28,60	2,50	24,00
Скл-1312	14,29	0,54	7,00	0,60	1,10	95,00	1,30	0,17	7,40	0,13	4,90	1,80	130,00	52,00	56,20	4,80	13,00
Скл-1313	20,24	0,65	6,00	0,60	0,65	100,00	1,40	0,19	6,80	0,13	2,80	0,51	125,00	63,00	55,30	2,70	15,00
Скл-1314	18,73	0,22	8,00	0,50	1,00	70,00	1,80	0,19	5,20	0,15	2,20	1,80	150,00	84,00	31,40	4,00	23,00
Скл-1315	15,21	1,06	8,50	0,40	0,80	80,00	1,50	0,19	3,90	0,11	2,60	0,58	170,00	90,00	40,00	3,50	20,00
Скл-1316	30,26	0,57	1,95	0,40	0,45	105,00	1,70	0,20	1,90	0,12	2,00	1,04	155,00	82,00	35,81	5,00	10,00
Скл-1317	25,54	9,12	3,85	0,45	0,35	120,00	1,20	0,14	2,80	0,11	4,00	1,13	95,00	78,00	42,20	4,00	15,00
Скл-1318	16,34	1,04	6,20	0,50	1,65	85,00	1,40	0,17	3,70	0,12	4,00	1,00	115,00	57,00	38,70	5,00	10,00
Скл-1319	15,84	1,54	12,30	0,55	2,00	115,00	1,10	0,14	3,10	0,13	4,30	1,63	100,00	83,00	21,30	4,00	16,00
Скл-1320	19,75	1,32	5,50	0,65	1,60	125,00	1,20	0,15	3,30	0,11	4,80	1,21	180,00	77,00	25,00	6,00	25,00
Скл-1321	21,95	2,44	15,00	0,70	2,00	120,00	1,30	0,15	5,00	0,15	3,00	1,00	150,00	70,00	20,00	7,00	13,00
Скл-1322	16,87	1,27	5,00	0,60	2,30	85,00	1,20	0,25	4,10	0,15	3,50	1,40	125,00	48,00	34,70	6,30	16,00
Скл-1323	21,45	0,50	12,00	0,50	1,70	130,00	1,00	0,18	4,50	0,12	4,20	0,80	70,00	40,00	53,82	5,50	18,00
Скл-1324	26,15	10,02	9,50	0,40	1,70	95,00	1,10	0,13	5,00	0,10	3,40	1,02	120,00	38,00	35,10	5,70	19,00
Скл-1325	24,25	0,60	12,20	0,55	1,50	70,00	1,60	0,16	5,30	0,11	3,10	0,78	105,00	50,00	37,20	3,50	13,00
Скл-1326	14,27	1,17	5,00	0,45	1,50	90,00	1,30	0,16	6,20	0,11	4,00	1,06	110,00	43,00	15,63	5,50	10,00
Скл-1327	21,29	2,21	8,10	0,85	1,00	100,00	0,90	0,12	6,00	0,11	3,20	1,12	185,00				

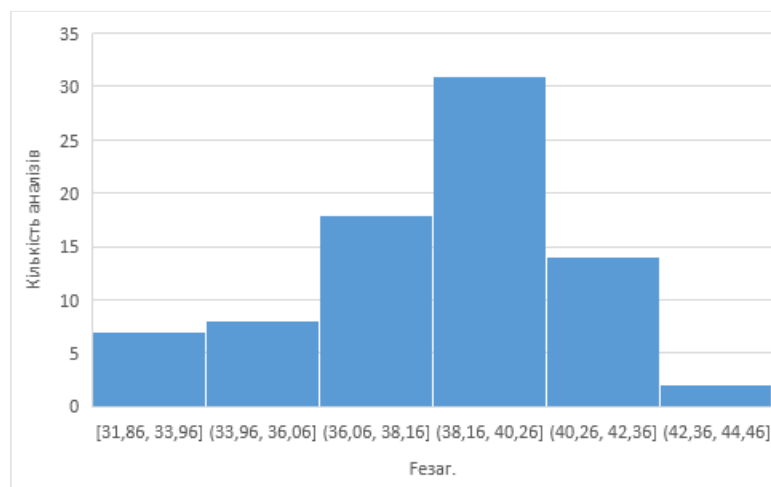
Скл-1329	32,44	0,87	3,50	0,60	0,70	110,00	0,90	0,12	3,50	0,10	3,00	0,62	160,00	31,00	20,55	4,00	7,00
Скл-1330	21,19	3,49	9,20	0,60	1,25	85,00	0,90	0,22	3,60	0,14	2,50	1,60	70,00	45,00	35,00	2,20	11,00
Скл-1331	13,89	0,57	10,00	0,55	1,75	50,00	1,50	0,16	4,60	0,11	3,70	1,05	140,00	38,00	18,75	6,00	15,00
Скл-1332	25,62	9,65	8,00	0,65	1,30	70,00	1,20	0,12	4,40	0,10	2,10	1,00	110,00	60,00	45,00	4,50	9,00
Скл-1333	20,67	1,80	7,00	0,55	1,80	80,00	1,20	0,24	5,80	0,12	1,80	1,25	120,00	80,00	34,80	6,00	18,00
Скл-1334	12,89	0,35	9,10	0,45	1,25	70,00	1,30	0,14	5,10	0,10	2,70	1,23	70,00	34,00	24,10	5,00	13,00
Скл-1335	21,11	2,54	4,10	0,75	0,80	135,00	0,70	0,13	7,20	0,09	2,20	1,20	165,00	36,00	51,20	3,20	15,00
Скл-1336	19,85	3,09	11,50	0,70	1,40	95,00	0,80	0,11	7,40	0,09	2,40	0,70	105,00	38,00	37,00	4,50	16,00
Скл-1337	20,98	0,43	13,90	0,65	1,50	100,00	1,60	0,24	6,50	0,13	3,30	1,31	105,00	72,00	32,00	4,00	23,00
Скл-1338	27,21	8,53	2,10	0,55	1,30	120,00	1,50	0,15	4,80	0,08	2,50	1,18	125,00	63,00	25,00	2,50	18,00
Скл-1339	27,53	8,34	4,50	0,50	1,50	130,00	1,40	0,24	4,30	0,09	3,05	1,43	160,00	70,00	30,10	3,00	13,00
Скл-1340	27,85	7,31	7,50	0,60	1,10	110,00	1,60	0,20	3,40	0,07	3,60	0,71	140,00	80,00	22,20	3,50	8,00
Скл-1341	29,79	1,03	6,00	0,55	0,60	90,00	1,70	0,13	7,10	0,08	1,40	1,70	105,00	72,00	29,05	3,00	7,00
Скл-1342	12,04	2,62	7,50	0,35	0,45	50,00	1,00	0,13	3,50	0,11	3,60	1,80	100,00	46,00	11,02	3,50	16,00
Скл-1343	9,24	0,85	3,50	0,25	0,25	30,00	1,55	0,24	1,50	0,09	3,90	1,42	50,00	83,00	27,65	6,00	23,00
Скл-1344	11,78	1,64	2,80	0,40	1,00	90,00	1,00	0,17	2,00	0,09	2,70	1,30	40,00	87,00	6,90	7,20	11,00
Скл-1345	17,54	0,52	11,00	0,65	1,30	55,00	1,50	0,19	6,00	0,10	2,40	1,01	140,00	70,00	31,10	6,80	12,00
Скл-1346	25,12	7,09	10,50	0,75	1,80	110,00	1,40	0,09	3,60	0,13	1,80	1,90	165,00	50,00	31,35	6,00	8,00
Скл-1347	23,08	9,25	10,00	0,75	1,00	120,00	0,90	0,10	3,20	0,13	1,90	0,70	150,00	44,00	30,00	4,30	16,00
Скл-1348	26,63	12,34	6,00	0,80	0,60	100,00	0,90	0,11	5,60	0,12	1,10	1,32	65,00	57,00	28,80	3,50	16,00
Скл-1349	10,05	1,74	6,50	0,30	0,45	55,00	1,90	0,21	3,00	0,10	2,40	1,22	70,00	57,00	11,20	3,70	19,00
Скл-1350	19,77	2,23	13,00	0,45	2,20	115,00	1,30	0,18	2,80	0,10	3,30	1,15	70,00	58,00	30,30	6,50	21,00
Скл-1351	24,09	11,27	7,00	0,45	0,50	120,00	0,60	0,19	2,20	0,10	2,60	1,11	130,00	83,00	33,40	5,00	17,00
Скл-1352	25,24	12,33	5,50	0,50	0,90	105,00	1,00	0,11	2,30	0,08	3,70	1,70	120,00	57,00	48,65	5,30	10,00
Скл-1353	33,15	0,94	5,00	0,35	1,20	85,00	1,20	0,23	4,90	0,11	1,70	0,58	135,00	39,00	25,40	1,80	16,00
Скл-1354	16,42	0,74	7,50	0,45	1,80	115,00	1,50	0,18	6,70	0,11	4,40	1,70	120,00	71,00	24,93	2,50	18,00
Скл-1355	22,21	3,78	6,00	0,35	1,85	125,00	1,20	0,13	4,00	0,09	4,50	1,02	110,00	75,00	34,55	6,00	21,00
Скл-1356	22,15	9,84	11,00	0,40	1,10	100,00	0,70	0,21	2,80	0,11	3,70	1,20	70,00	56,00	56,40	6,30	22,00
Скл-1357	32,65	0,88	4,00	0,35	1,40	45,00	1,70	0,22	3,10	0,09	2,50	0,90	150,00	70,00	24,00	4,50	17,00
Скл-1358	12,27	1,03	4,50	0,25	0,20	80,00	1,60	0,21	3,00	0,13	4,20	1,02	150,00	69,00	20,00	6,50	26,00
Скл-1359	17,25	1,08	13,50	0,40	1,80	120,00	1,00	0,27	4,60	0,09	3,00	1,10	185,00	40,00	34,88	5,50	22,00
Скл-1360	22,02	4,01	3,80	0,60	0,45	80,00	1,40	0,14	2,50	0,08	5,00	1,50	110,00	38,00	30,00	5,00	25,00
Скл-1361	26,31	7,09	3,00	0,65	1,00	100,00	1,30	0,20	2,50	0,09	4,90	1,04	85,00	44,00	38,33	6,30	20,00
Скл-1362	22,25	0,61	5,00	0,65	1,35	65,00	1,90	0,17	7,00	0,14	1,20	1,60	130,00	83,00	29,00	3,00	19,00
Скл-1363	8,64	0,87	5,00	0,30	0,35	50,00	1,40	0,15	2,00	0,15	3,00	1,00	45,00	50,00	20,00	7,00	21,00
Скл-1364	9,28	1,12	4,00	0,20	0,60	60,00	1,00	0,17	2,50	0,12	2,10	0,40	35,00	90,00	5,00	4,70	14,00
Скл-1365	19,88	1,56	9,00	0,40	2,00	95,00	1,00	0,13	4,50	0,12	1,70	1,03	140,00	95,00	52,10	3,30	13,00
Скл-1366	12,53	2,26	8,20	0,50	1,40	35,00	0,80	0,20	1,40	0,12	1,90	1,11	110,00	41,00	26,00	4,50	21,00
Скл-1367	32,00	1,16	5,00	0,45	0,90	100,00	0,70	0,14	5,00	0,07	1,60	1,00	175,00	40,00	25,00	1,80	19,00
Скл-1368	9,71	1,14	5,00	0,15	0,75	40,00	1,00	0,26	1,00	0,15	3,00	0,95	160,00	70,00	1,67	5,00	5,00
Скл-1369	19,73	1,24	5,00	0,75	2,10	65,00	1,10	0,17	5,50	0,15	1,40	1,42	90,00	90,00	33,00	2,20	6,00
Скл-1370	20,08	2,03	12,20	0,50	1,10	120,00	1,50	0,16	4,10	0,08	5,10	0,40	100,00	55,00	27,00	7,00	10,00
Середнє	<b>20,48</b>	<b>3,12</b>	<b>6,92</b>	<b>0,53</b>	<b>1,17</b>	<b>89,24</b>	<b>1,31</b>	<b>0,18</b>	<b>4,28</b>	<b>0,11</b>	<b>3,06</b>	<b>1,15</b>	<b>118,86</b>	<b>62,34</b>	<b>31,02</b>	<b>4,59</b>	<b>16,26</b>

Визначення розподілу даних фазового аналізу показало, що найбільш поширені значення вмісту загального заліза у складі гематитових кварцитів знаходяться в межах від 38 до 40% за масою; мінімальне значення цього показника становить 31,86% за масою, максимальне - 44,46% за масою (рис. 4.1.).

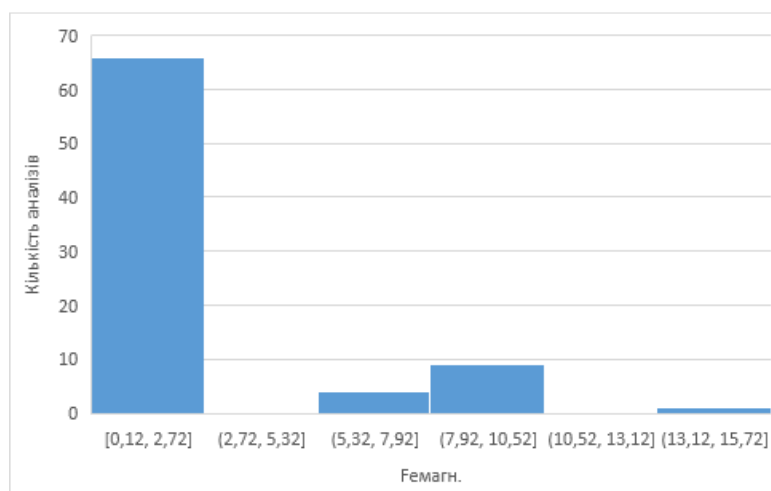
Спільні мінералогічні та петрохімічні визначення показали, що максимальні значення вмісту  $Fe_{заг.}$  характерні для кварцитів мартит-залізісто-слюдистих, залізісто-слюдисто-мартитових, вилучених з центральних частин четвертого, п'ятого та шостого залізістих горизонтів; проміжні значення - для кварцитів мартитових з проміжних частин трьох досліджених залізістих горизонтів; мінімальні значення - для кварцитів дисперсно-гематит-мартитових, мартит-дисперсно-гематитових з периферійних частин цих горизонтів.

Найпоширеніші показники вмісту заліза у складі магнетиту в гематитових кварцитах коливаються від 0 до 3% за масою; мінімальне

значення цього показника становить 0,12% за масою, максимальне - 15,72% за масою (рис. 4.2.).

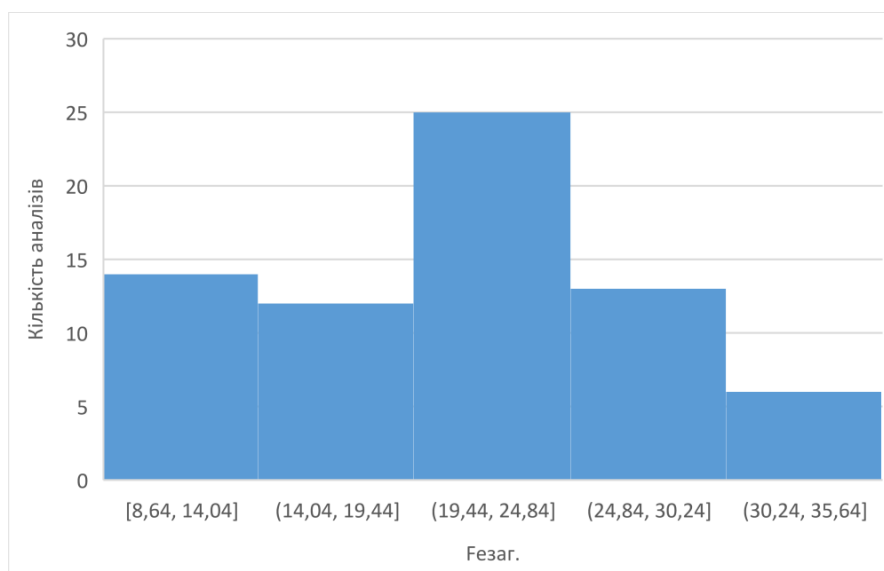


**Рис. 4.1.** Гістограма розподілу загального вмісту заліза в гематитових кварцитах східної частини лівобережних відвалів.

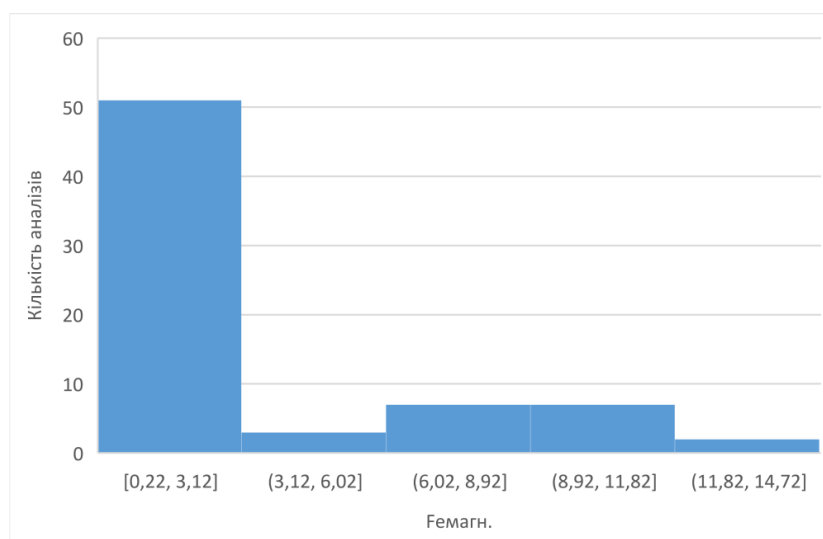


**Рис. 4.2.** Гістограма розподілу значень вмісту заліза в магнетиті гематитових кварцитів східної частини Лівобережного відвалу.

Гематитові кварцити з мінімальним вмістом Fe<sub>магн.</sub> представляють верхні (гіпсометричні) частини розрізів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів, що зазнали найбільш значних гіпергенних змін. Вміст Fe<sub>магн.</sub> у складі гематитової сировини збільшується з глибиною розробки.



**Рис. 4.3.** Гістограма розподілу загального вмісту заліза в нерудних слабомінералізованих сланцях і кварцитах західної частини Лівобережного відвалу.



**Рис. 4.4** Гістограма розподілу значень вмісту заліза в магнетиті залізистих кварцитів та безрудних кварцитів західної частини Лівобережних відвалів.

Найпоширеніші значення загального вмісту заліза в бідних на руду сланцях і кварцитах західної частини лівобережних териконів - від 19 до 25% за масою; мінімальне значення цього показника становить 8,64% за масою, максимальне - 35,64% за масою (рис. 4.3). Мінімальні значення характерні для хлорит-кварц-серицитових сланців, видобутих з центральних частин третього і четвертого сланцевих горизонтів; проміжні значення - для

куммінгтоніт-кварц-біотит-хлоритових сланців і силікатних кварцитів цих сланцевих горизонтів, а також п'ятого і шостого сланцевих горизонтів; максимальні значення - для магнетит-силікатних кварцитів третього залізного горизонту і четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів.

Вміст  $Fe_{\text{магн.}}$  у породах західної частини лівобережного терикону змінюється від 0,22 до 14,72% за масою. Мінімальні значення характерні для хлорит-кварц-серицитових сланців, видобутих з центральних частин другого, третього і четвертого сланцевих горизонтів; проміжні - для куммінгтоніт-кварц-біотит-хлоритових сланців і силікатних кварцитів цих сланцевих горизонтів, а також п'ятого і шостого сланцевих горизонтів; максимальні - для магнетит-силікатних кварцитів третього залізного горизонту і четвертого, п'ятого і шостого сланцевих горизонтів (Рис. 4.4).

Як зазначалося вище, напівкількісний спектральний аналіз виявив наявність 35 рідкісних і розсіяних хімічних елементів у породах лівобережних відвалів. Для 15 елементів були отримані числові дані (табл. 4.2). Вміст берилію, вісмуту, вольфраму, золота, кадмію, літію, миш'яку, ніобію, танталу, ітрію, ітербію, лантану, церію, скандію, талію, торію, урану, стронцію, барію та сурми не визначався, оскільки їх вміст був значно нижчим за поріг визначення.

Вміст визначених хімічних елементів коливається в таких межах ( $n \cdot 10^{-3}$  мас. %): ванадій - 0,1-1,5; германій - 0,2-1,0; кобальт - 0,1-1,0; марганець - 10-100; мідь - 0,3-2,0; молібден - 0,15; нікель - 0,3-5,0; олово - 0,15; свинець - 0,1; титан - 5,0-200; фосфор - 70-100; хром - 7-70; цинк - 2-7; цирконій - 5-15; літій - 3; срібло -  $3-5 \cdot 10^{-6}$  мас.

Проаналізовано кількісні співвідношення між загальним вмістом заліза в породах східної та західної частин лівобережних відвалів і вмістом рідкісних та розсіяних хімічних елементів. На діаграмах, що ілюструють ці залежності (рис. 4.5), фігуративні точки для сланцевих, силікатних і магнетит-силікатних кварцитів розташовані в лівій частині діаграми (до вмісту  $Fe_{\text{заг.}}$  20-30% за масою); точки для гематитових кварцитів розташовані в правій частині діаграми (вміст  $Fe_{\text{заг.}}$  більше 30% за масою).

Аналіз даних, наведених у табл. 4.2 та проілюстрованих на рис. 4.5, показує, що мінливість рідкісних і розсіяних елементів характеризується двома закономірностями.

1. Вміст сидерофільних елементів (V, Co, Mn, Ni, Ti, Cr) і Ge найвищий у породах із загальним вмістом заліза близько 20% за масою, які характерні для зон контакту між сланцями і залізистими горизонтами. Зі зменшенням вмісту заліза і збільшенням вмісту глинозему вміст цих елементів помітно зменшується, а зі збільшенням вмісту заліза - збільшується. Таке співвідношення сидерофіл/залізо, ймовірно, було характерним для первинних осадових утворень сланцевого та залізного горизонтів. Це співвідношення було втрачено, оскільки динамотермальний метаморфізм залізистих осадків (майбутніх залізистих кварцитів) і глиноземистих осадків (майбутніх сланців) не супроводжувався значною міграцією мінеральної речовини.

Гіпергенез також не призвів до значної міграції заліза та рідкісних і розсіяних елементів.

2. Залежність між вмістом халькофільних елементів (Cu, Mo, Sn, Ag, Pb, Zn), літофільних елементів (P, Zr) і заліза є односпрямованою: зі збільшенням вмісту Fe<sub>заг.</sub> вміст цих елементів зменшується. Це свідчить про те, що халькофільні та літофільні елементи в основному входять до складу глинистої складової первинних відкладів.

Мінеральними формами присутності 15 ідентифікованих хімічних компонентів є власне мінеральні різновиди та мінерали, що містять ці компоненти у вигляді ізоморфних домішок. Перші присутні в кварцитах і залізистих сланцях як мінерали, що мінералізують, і акцесорні мінерали:

- хроміт, який, крім хрому, містить також ванадій, нікель і кобальт
- ільменіт, рутил, титаніт, які, крім титану, містять також ізоморфні домішки марганцю, ванадію і кобальту;
- магнетит - мінерал, що містить залізо, ванадій, кобальт, марганець, нікель, титан і хром;
- циркон - мінерал, що містить цирконій;
- апатит - мінерал, що містить фосфор.

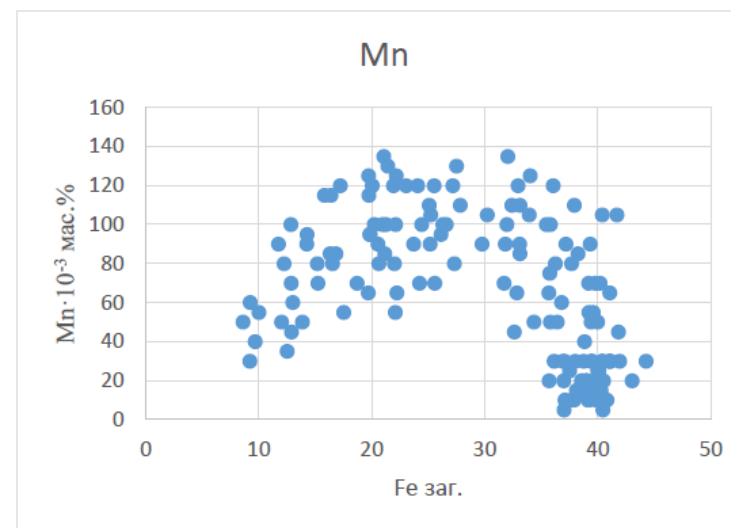
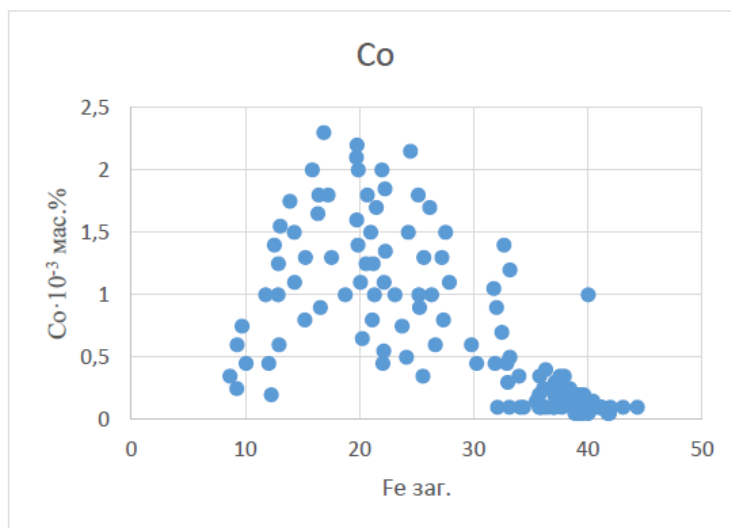
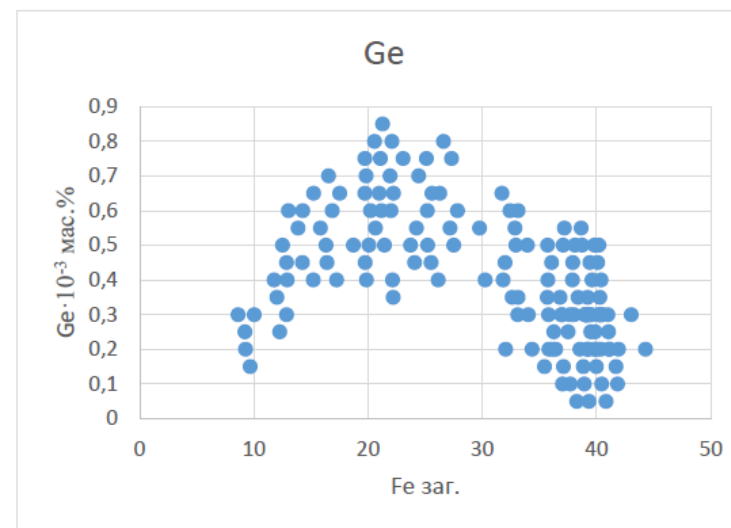
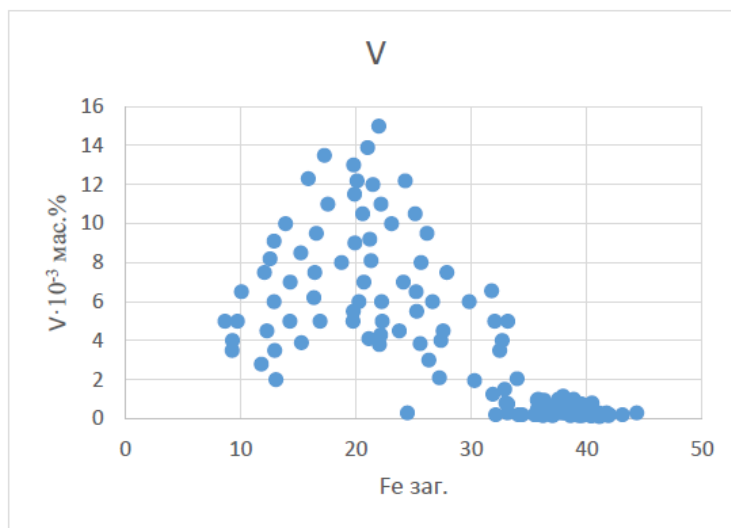
Як ізоморфні домішки виявлені хімічні елементи присутні у складі силікатів (хлорит, біотит, кумінгтоніт та ін.), карбонатів (сидерит, сидеропезит та ін.) і сульфідів (пірит, піротин, халькопірит та ін.), до складу яких, окрім заліза, міді, свинцю і цинку, входять також олово, молібден, срібло і германій.

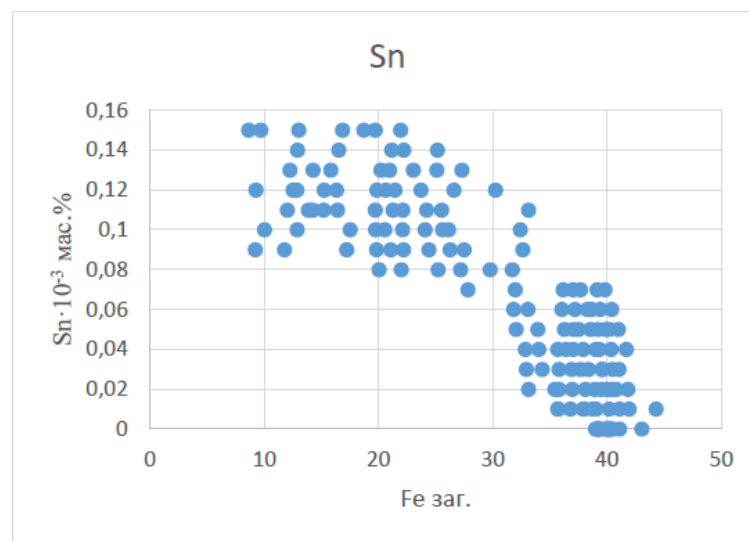
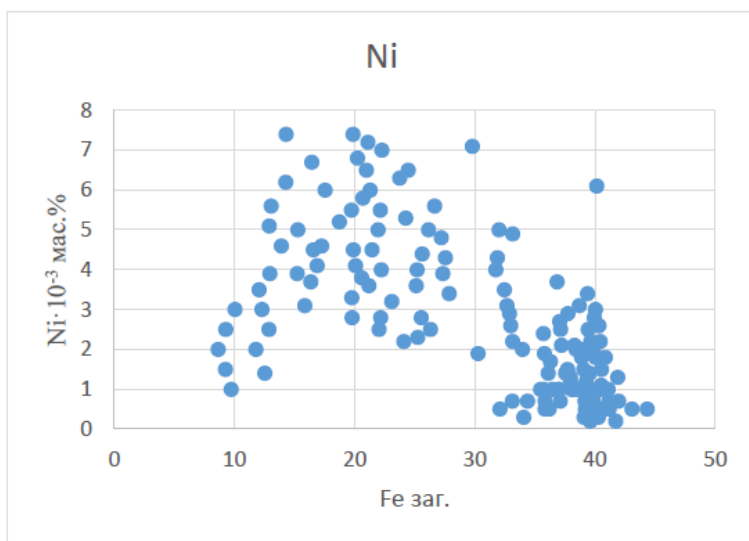
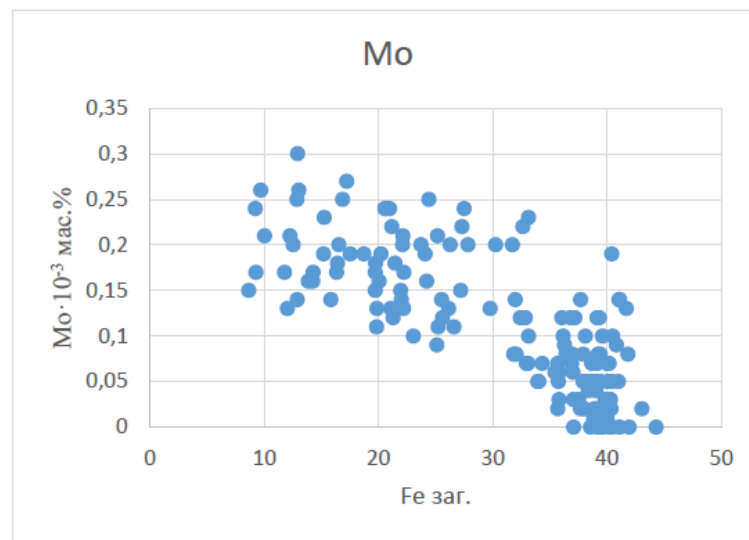
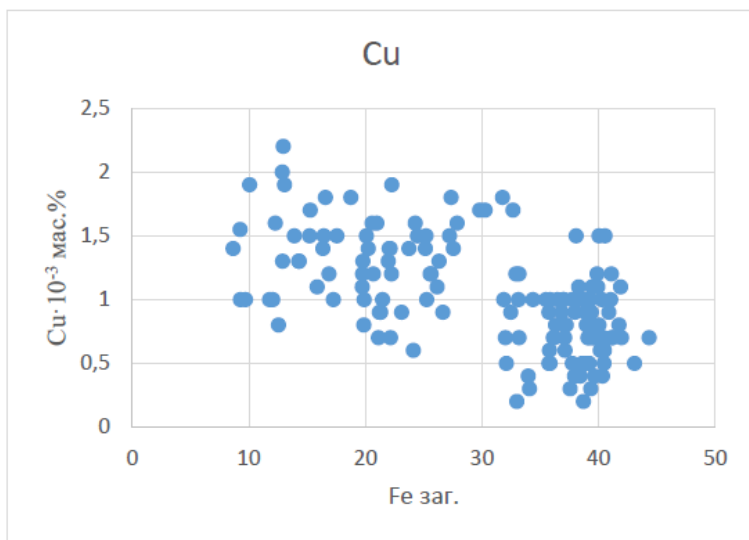
Деякі з цих мінералів (хроміт, ільменіт, циркон, апатит) стійкі до гіпергенних факторів. Їхні кристалічні сітки не руйнуються під впливом змін і зберігають домішкові хімічні елементи. Магнетит, силікати, карбонати і сульфіди заміщуються гематитом і, меншою мірою, гідроксидами заліза. При цьому в результаті руйнування їх кристалічних сіток домішкові хімічні елементи вивільняються і переїмобілізуються в кристалах і агрегатах новоутворених мінералів (мартит, дисперсний гематит, гетит, лепідокрокіт, дисперсний гетит, гіпергенні силікати). Їх міграція та елімінація за межі гематит-кварцитового масиву у східній частині терикону малоймовірна, тоді як міграція цих елементів за межі сланцево-силікатно-кварцитового масиву є більш вірогідною. Причиною цього є те, що для розчинення виявлених хімічних компонентів необхідна підвищена кислотність гіпергенної води - до рН від 3 до 5. Це можливо лише за рахунок гіпергенного розкладання сульфідів з утворенням сірчаної кислоти. Сульфіди присутні в сланцях у значно більшій кількості, ніж у гематитових кварцитах. Коли вони проникають у ґрунт, ці розчини нейтралізуються карбонатами, присутніми в ґрунті. Це призводить до виділення розчинів, осадження важких металів і включення їх у нерухомих формах у кристалічні сітки гіпергенних оксидів, гідроксидів і силікатів.

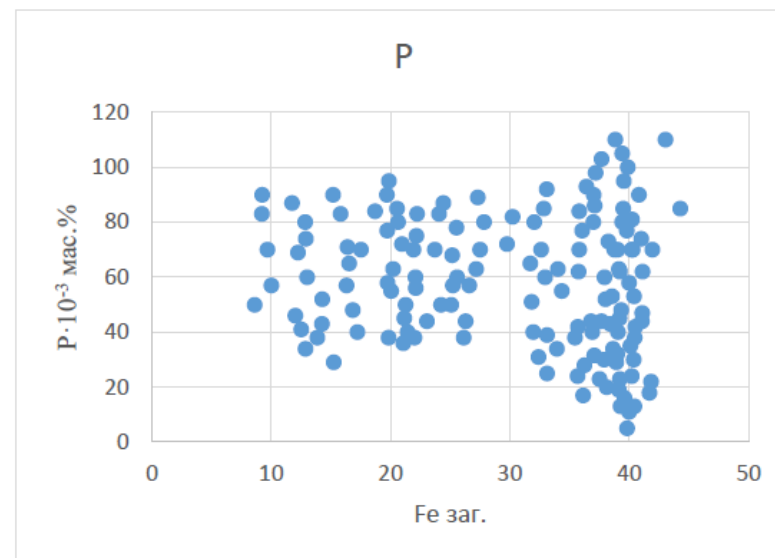
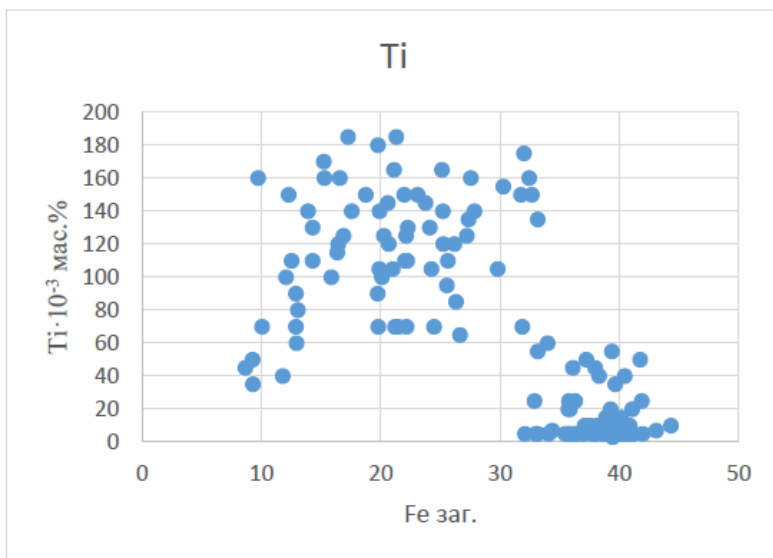
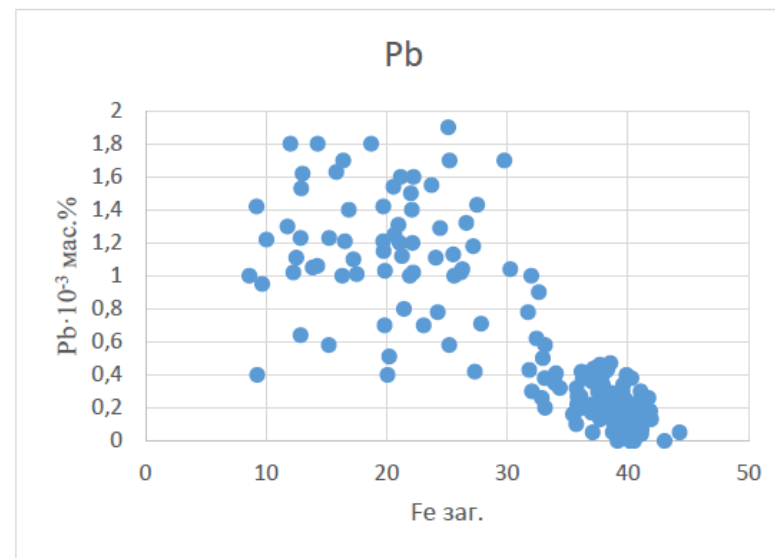
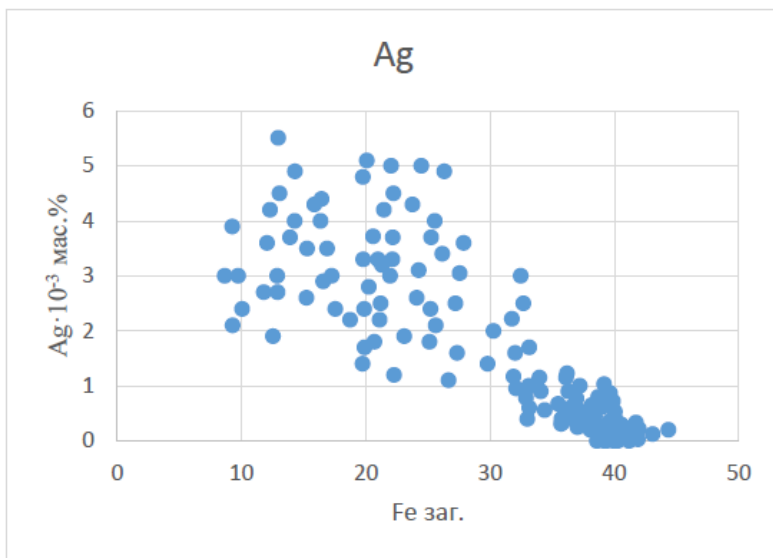
Виявлені домішкові хімічні елементи також можуть бути присутніми у складі металоорганічних сполук - хелатів, фульватів і гуматів. Досі вони не

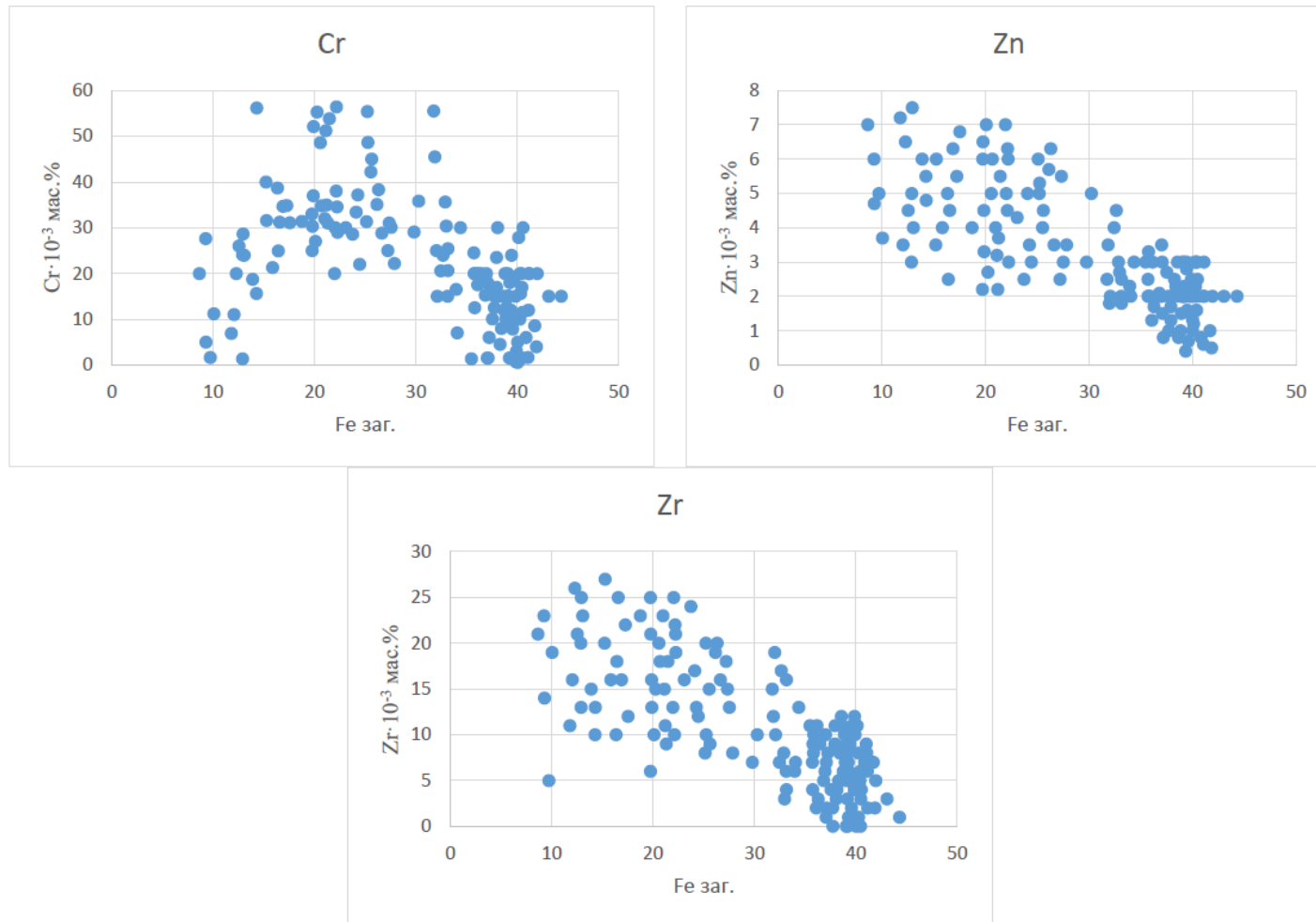
були виявлені в гірських породах, ґрунтах, воді та рослинах Кривбасу. Це питання потребує подальших досліджень із застосуванням спеціальних методів та обладнання.











**Рис. 4.5.** Діаграми кількісних співвідношень загального заліза та рідкісних і розсіяних хімічних елементів у породах східної та західної частин Лівобережних відвалів.

## 4.2. Ґрунти

Напівкількісні спектральні аналізи 35 хімічних елементів були проведені на 20 зразках ґрунту, відібраних уздовж масиву гематитових кварцитів у східній частині та на 20 зразках, відібраних уздовж масиву сланців (рис. 2.2), масиву нерудних кварцитів та масиву малорудних кварцитів у західній частині лівобережних териконів. Також було визначено загальний вміст заліза в 40 зразках. Результати представлені в таблицях 4.3 і 4.4.

Вміст домішкових елементів у ґрунтах визначається двома основними факторами: 1) їх вмістом у ґрунтовому матриці; 2) впливом виносу цих хімічних елементів із залізистих кварцитів і сланців та їх перерозподілом у ґрунті.

Аналіз даних, наведених у таблицях 4.3 і 4.4, дозволив зробити висновок про наявність двох типів мінливості вмісту досліджуваних хімічних елементів у ґрунтах.

1. Вміст більшості домішкових елементів характеризується зворотною залежністю від загального вмісту заліза. Це стосується як сидерофілів (V, Co, Mn, Ni, Cr, Ti), так і халькофілів (Bi, Cu, Mo, Sn, Pb, Zn), а також літофілів (Nb, Y, Yb, La, Zr, Li) (рис. 4.6).

2. Для невеликої кількості домішкових елементів (Ag, P, Ge) зв'язок із загальним вмістом заліза в ґрунті відсутній.

Вплив різних порід, накопичених у териконах, на вміст домішкових елементів у ґрунті є різним. Однією з геохімічних характеристик є вищий вміст домішкових елементів у ґрунтах, відібраних уздовж сланцевих і кварцитових масивів без руди.

Було проведено порівняння вмісту домішкових елементів у матеріалах зі східної та західної частин лівобережних відвалів з матеріалами зразків ґрунту, відібраних уздовж відповідних складів. Результати показали значно вищий вміст домішкових елементів у ґрунтах. На рис. 4.7 це видно з порівняння кривих їх вмісту в матеріалі звалища та ґрунтах з прилеглих територій. Таку закономірність можна пояснити наявністю в ґрунтах мінералів-концентраторів досліджуваних хімічних елементів. Їх вищий вміст у ґрунтах, прилеглих до західної частини полігонів, може бути частково зумовлений їх адсорбцією з гіпергенних розчинів глинистими мінералами ґрунтів. Вони концентруються в кристалічних мережах гіпергенних силікатів (переважно глинистих мінералів) та оксидів і гідроксидів заліза (мартит, гетит, дисперсний гематит, дисперсний гетит, лепідокрокіт). В результаті ці хімічні елементи втрачають свою рухливість і накопичуються в ґрунті.

Таблиця 4.3.

Вміст  $Fe_{\text{заг}}$  (мас.%) та домішкових елементів ( $n \cdot 10^{-3}$  мас.%) у складі матеріалу проб ґрунтів, відібраних вздовж масиву гематитових кварцитів східної частини Лівобережних відвалів

Індекси проб	$Fe_{\text{заг}}$	Домішкові елементи																			
		V	Bi	Ge	Co	Mn	Cu	Mo	Ni	Nb	Sn	Y	Yb	LA	Ag	Pb	Ti	P	Cr	Zn	Zr
Скл-1501	3,72	8,0	0,15	0,20	0,3	25,0	0,7	0,05	0,7	1,0	0,10	1,3	0,15	0,5	2,0	0,1	20,0	110,0	5,0	0,00	3,0
Скл-1502	2,84	6,3	0,20	0,22	0,2	50,0	0,7	0,07	0,7	0,5	0,15	1,5	0,20	1,5	3,0	1,0	30,0	25,0	3,0	3,00	10,0
Скл-1503	2,96	10,0	0,10	0,15	0,7	30,0	1,5	0,07	1,0	1,0	0,20	1,0	0,10	1,0	4,0	0,5	150,0	80,0	7,0	7,00	5,0
Скл-1504	3,57	1,0	0,15	0,21	0,3	20,0	2,0	0,10	0,3	1,0	0,20	1,2	0,05	1,3	7,0	1,0	200,0	45,0	20,0	4,00	10,0
Скл-1505	3,22	4,5	0,12	0,14	1,0	35,0	2,0	0,17	1,0	1,0	0,20	2,4	0,20	2,0	4,0	1,5	200,0	30,0	20,0	6,00	20,0
Скл-1506	4,08	5,0	0,17	0,15	1,2	20,0	2,0	0,10	1,5	0,5	0,25	1,0	0,10	1,0	2,0	1,5	300,0	60,0	30,0	2,00	15,0
Скл-1507	3,86	4,0	0,10	0,12	1,5	60,0	3,0	0,15	3,0	1,5	0,25	1,6	0,20	1,7	8,0	2,0	350,0	70,0	40,0	6,00	25,0
Скл-1508	4,15	3,0	0,13	0,16	1,2	60,0	2,5	0,10	2,0	1,0	0,30	2,0	0,15	2,3	6,0	1,5	400,0	50,0	40,0	8,00	30,0
Скл-1509	2,71	8,5	0,23	0,17	1,5	50,0	3,0	0,10	3,0	1,5	0,35	2,3	0,25	2,5	7,0	2,0	300,0	70,0	30,0	7,00	10,0
Скл-1510	2,54	10,0	0,13	0,15	1,0	40,0	2,0	0,20	2,5	1,0	0,30	2,5	0,15	2,3	8,0	1,0	350,0	45,0	15,0	6,00	25,0
Скл-1511	2,81	7,0	0,16	0,21	1,3	60,0	3,0	0,17	1,5	1,5	0,20	2,7	0,25	2,7	8,0	2,0	300,0	40,0	40,0	9,00	15,0
Скл-1512	1,99	7,5	0,17	0,16	1,1	60,0	2,5	0,20	2,0	1,3	0,40	2,7	0,30	2,0	4,0	1,5	250,0	25,0	40,0	5,00	30,0
Скл-1513	2,81	4,0	0,11	0,16	0,9	55,0	3,5	0,23	2,5	1,1	0,20	2,5	0,15	1,3	4,0	2,5	400,0	60,0	25,0	11,00	25,0
Скл-1514	3,18	8,5	0,15	0,20	1,7	60,0	2,0	0,10	2,0	1,5	0,35	1,3	0,30	2,2	6,0	0,5	250,0	70,0	30,0	7,00	10,0
Скл-1515	4,03	2,0	0,21	0,17	1,4	50,0	1,5	0,15	1,5	0,8	0,20	1,3	0,20	1,5	7,0	2,0	200,0	100,0	20,0	8,00	30,0
Скл-1516	3,32	6,5	0,10	0,22	1,3	60,0	1,0	0,10	1,5	1,3	0,30	1,8	0,10	1,5	6,0	2,0	300,0	40,0	10,0	5,00	15,0
Скл-1517	3,74	5,5	0,12	0,14	0,5	30,0	1,5	0,00	0,5	1,7	0,05	2,4	0,25	2,5	4,0	0,5	200,0	60,0	20,0	1,00	5,0
Скл-1518	2,96	4,5	0,13	0,21	0,7	30,0	1,0	0,00	0,0	1,3	0,10	2,0	0,25	2,0	3,0	0,5	100,0	10,0	20,0	3,00	5,0
Скл-1519	3,15	2,0	0,22	0,13	1,0	50,0	0,0	0,05	0,7	1,9	0,15	2,2	0,15	1,7	0,0	0,1	100,0	80,0	25,0	5,00	0,0
Скл-1520	2,70	5,0	0,17	0,13	1,0	40,0	2,5	0,07	2,0	1,7	0,30	1,3	0,20	2,3	6,0	0,6	400,0	50,0	20,0	5,00	15,0
Середнє	<b>3,22</b>	<b>5,64</b>	<b>0,15</b>	<b>0,17</b>	<b>0,99</b>	<b>44,25</b>	<b>1,90</b>	<b>0,11</b>	<b>1,50</b>	<b>1,21</b>	<b>0,23</b>	<b>1,85</b>	<b>0,19</b>	<b>1,79</b>	<b>4,95</b>	<b>1,22</b>	<b>240,00</b>	<b>56,00</b>	<b>23,00</b>	<b>5,40</b>	<b>15,15</b>

Вміст срібла наедений у  $n \cdot 10^{-6}$  мас.%

Визначались також, але не були виявлені наступні хімічні елементи: *Be, Bi, W, Au, Cd, As, Li, Ta, Ce, Sc, Tl, Pt, Pd, Hg, Sr, Ba, Sb.*

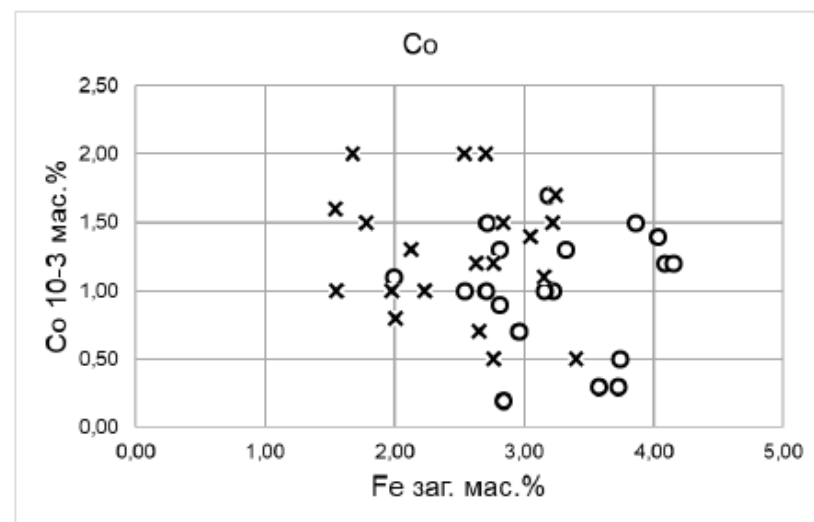
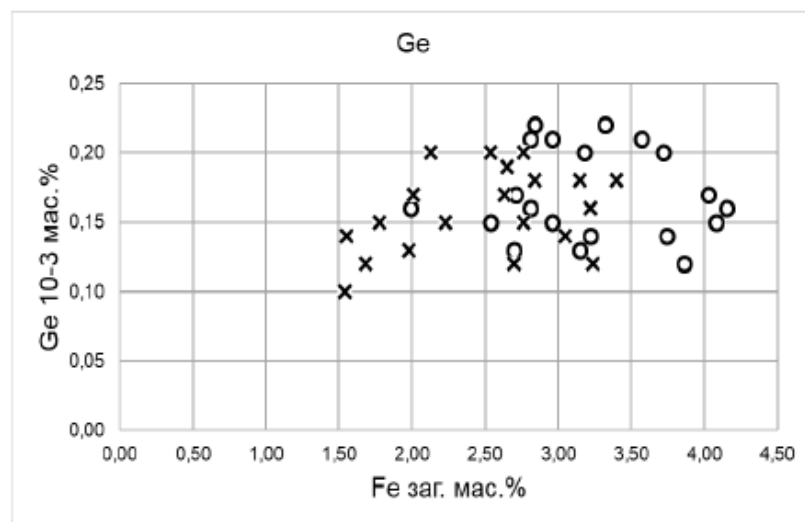
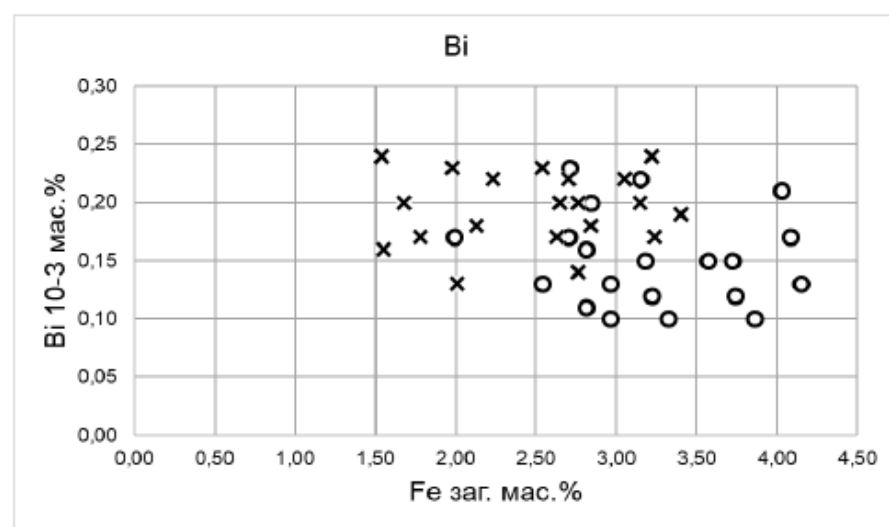
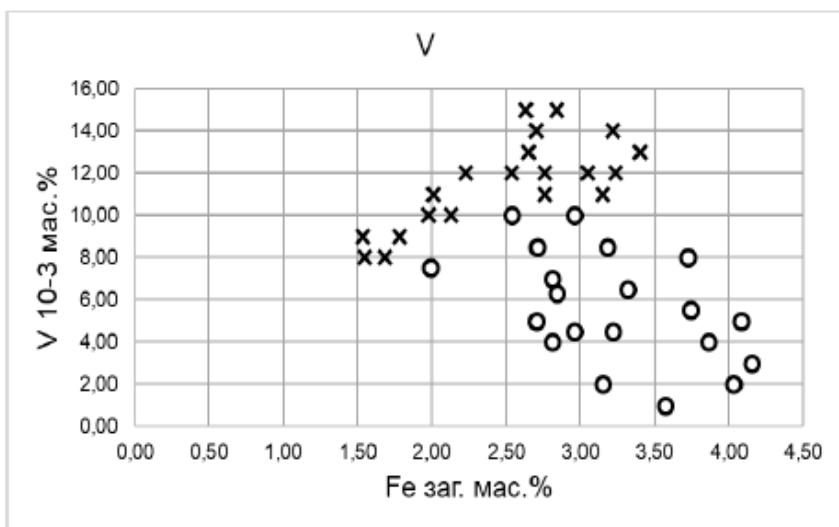
Таблиця 4.4.

Вміст  $Fe_{заг.}$  (мас.%) та домішкових елементів ( $n \cdot 10^{-3}$  мас.%) у складі матеріалу проб ґрунтів, відібраних вздовж масиву сланців і безрудних, малорудних кварцитів західної частини Лівобережних відвалів

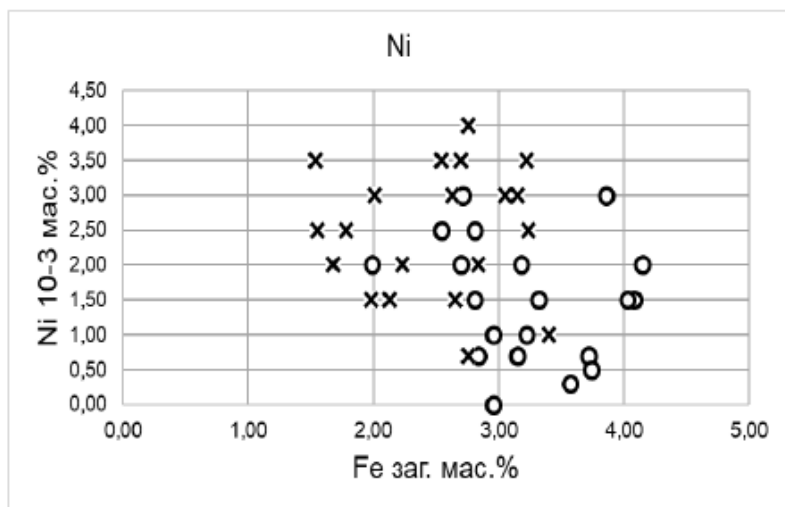
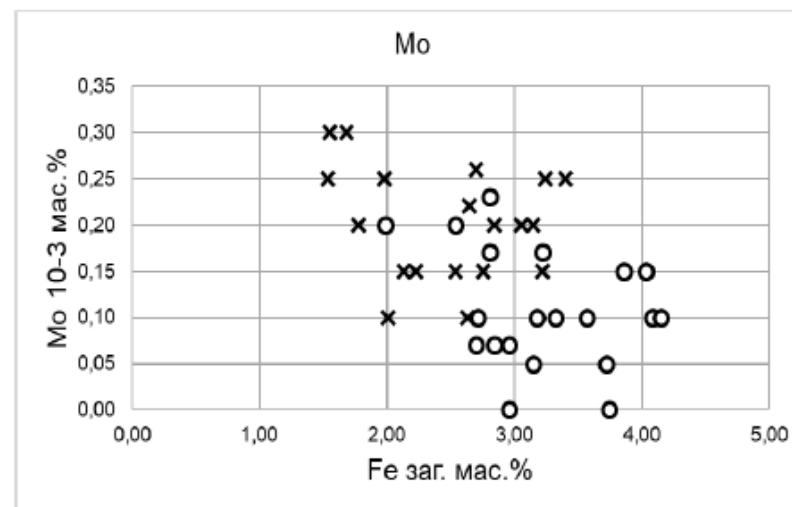
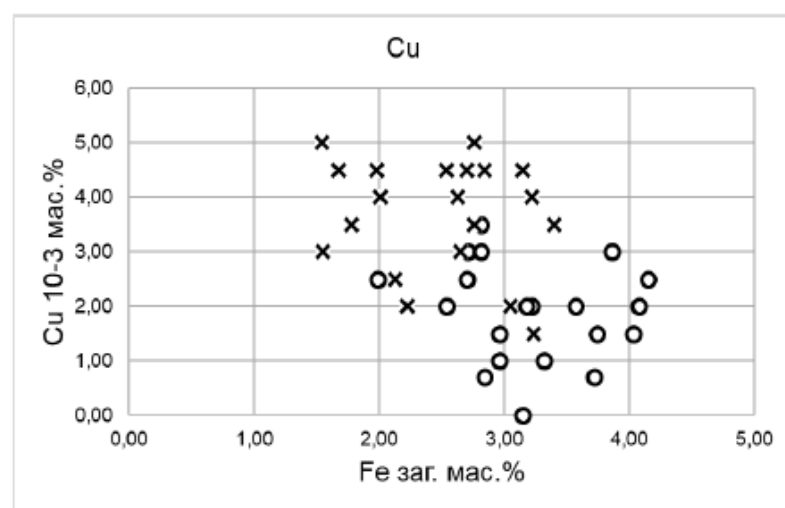
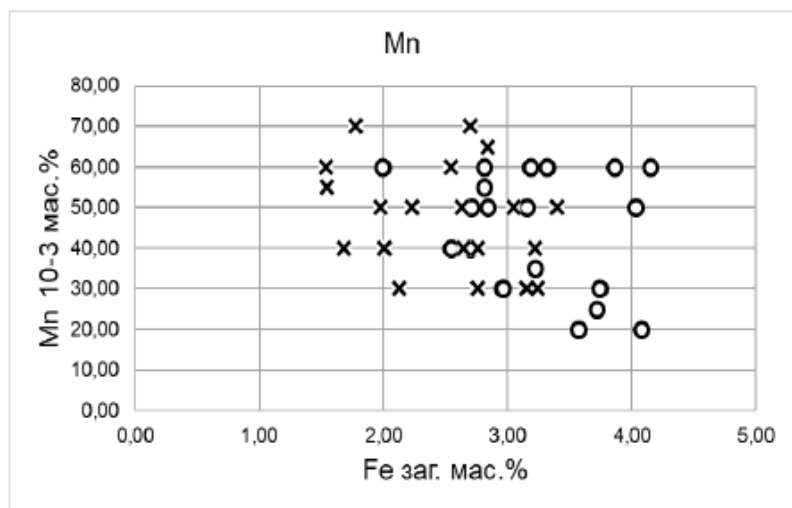
Індекси проб	$Fe_{заг.}$	Домішкові елементи																			
		V	Bi	Ge	Co	Mn	Cu	Mo	Ni	Nb	Sn	Y	Yb	La	Ag	Pb	Ti	P	Cr	Zn	Zr
Скл-1521	1,54	9,0	0,24	0,10	1,6	60,0	5,0	0,25	3,5	2,3	0,25	3,1	0,30	3,0	7,0	2,5	450,0	90,0	50,0	11,0	35,0
Скл-1522	1,98	10,0	0,23	0,13	1,0	50,0	4,5	0,25	1,5	1,7	0,30	2,5	0,32	3,2	5,0	2,5	400,0	100,0	30,0	14,0	35,0
Скл-1523	1,68	8,0	0,20	0,12	2,0	40,0	4,5	0,30	2,0	2,0	0,35	2,0	0,25	2,0	5,0	1,5	350,0	100,0	30,0	12,0	30,0
Скл-1524	3,05	12,0	0,22	0,14	1,4	50,0	2,0	0,20	3,0	1,7	0,30	2,6	0,15	3,0	7,0	2,0	300,0	50,0	40,0	7,0	25,0
Скл-1525	2,76	11,0	0,14	0,15	1,2	40,0	3,5	0,15	4,0	2,2	0,25	1,7	0,30	2,9	5,0	3,0	450,0	100,0	15,0	13,0	20,0
Скл-1526	2,13	10,0	0,18	0,20	1,3	30,0	2,5	0,15	1,5	2,0	0,40	3,0	0,25	2,0	7,0	2,0	200,0	55,0	30,0	7,0	35,0
Скл-1527	3,15	11,0	0,20	0,18	1,1	30,0	4,5	0,20	3,0	1,5	0,40	2,0	0,25	3,1	8,0	3,0	150,0	90,0	45,0	13,0	40,0
Скл-1528	2,23	12,0	0,22	0,15	1,0	50,0	2,0	0,15	2,0	1,5	0,45	1,5	0,31	3,0	8,0	2,0	400,0	70,0	30,0	7,00	25,0
Скл-1529	2,54	12,0	0,23	0,20	2,0	60,0	4,5	0,15	3,5	2,1	0,50	2,9	0,20	2,0	5,0	3,0	250,0	80,0	30,0	10,0	25,0
Скл-1530	1,78	9,0	0,17	0,15	1,5	70,0	3,5	0,20	2,5	1,2	0,30	2,0	0,18	1,5	3,0	1,5	300,0	70,0	35,0	3,0	30,0
Скл-1531	2,84	15,0	0,18	0,18	1,5	65,0	4,5	0,20	2,0	0,9	0,35	2,0	0,10	2,0	6,0	1,5	500,0	70,0	45,0	10,0	40,0
Скл-1532	1,55	8,0	0,16	0,14	1,0	55,0	3,0	0,30	2,5	1,8	0,40	2,3	0,15	1,6	8,0	2,0	400,0	80,0	10,0	12,0	20,0
Скл-1533	2,76	12,0	0,20	0,20	0,5	30,0	5,0	0,15	0,7	1,9	0,45	1,5	0,17	1,7	9,0	3,0	300,0	90,0	5,0	15,0	35,0
Скл-1534	3,22	14,0	0,24	0,16	1,5	40,0	4,0	0,15	3,5	1,6	0,25	1,6	0,22	1,2	9,0	1,0	350,0	60,0	25,0	11,0	25,0
Скл-1535	2,63	15,0	0,17	0,17	1,2	50,0	4,0	0,10	3,0	1,8	0,25	2,2	0,10	1,4	8,0	1,5	450,0	55,0	25,0	12,0	20,0
Скл-1536	2,65	13,0	0,20	0,19	0,7	40,0	3,0	0,22	1,5	1,3	0,15	1,8	0,27	1,8	4,0	2,5	150,0	90,0	40,0	9,0	30,0
Скл-1537	3,24	12,0	0,17	0,12	1,7	30,0	1,5	0,25	2,5	1,8	0,10	2,2	0,18	1,0	8,0	2,5	150,0	80,0	35,0	8,0	30,0
Скл-1538	3,40	13,0	0,19	0,18	0,5	50,0	3,5	0,25	1,0	1,1	0,40	2,7	0,26	1,8	6,0	1,5	250,0	50,0	20,0	8,0	35,0
Скл-1539	2,70	14,0	0,22	0,12	2,0	70,0	4,5	0,26	3,5	1,0	0,40	1,2	0,13	0,8	9,0	1,0	250,0	30,0	35,0	6,0	15,0
Скл-1540	2,01	11,0	0,13	0,17	0,8	40,0	4,0	0,10	3,0	1,2	0,25	1,7	0,28	1,6	7,0	1,0	100,0	40,0	15,0	10,0	25,0
Среднє	2,49	11,55	0,19	0,16	1,28	47,50	3,68	0,20	2,49	1,63	0,33	2,13	0,22	2,03	6,70	2,03	307,50	72,50	29,50	9,90	28,75

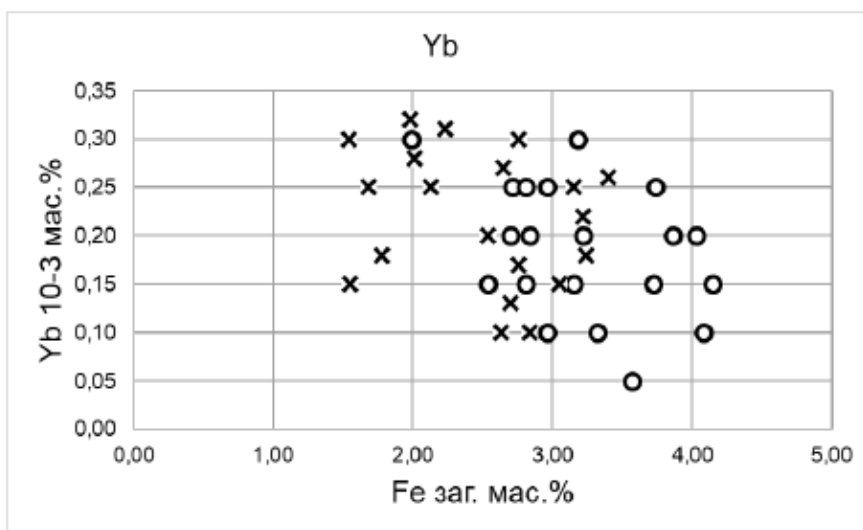
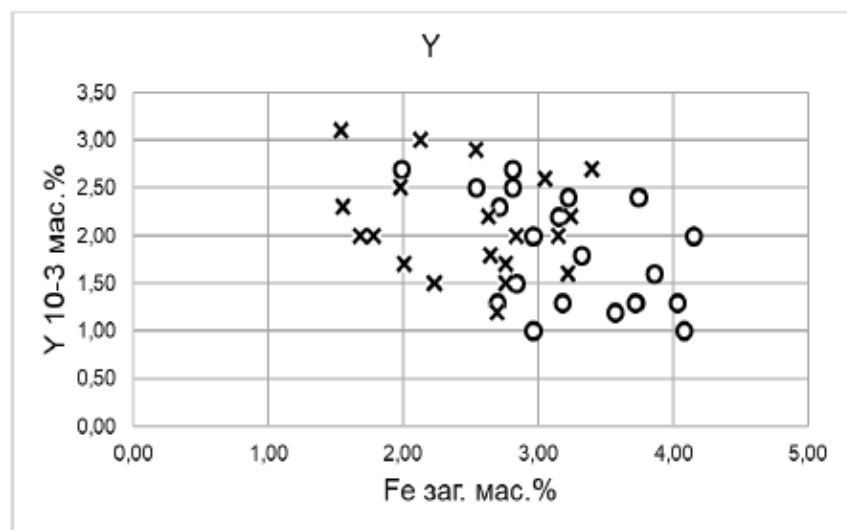
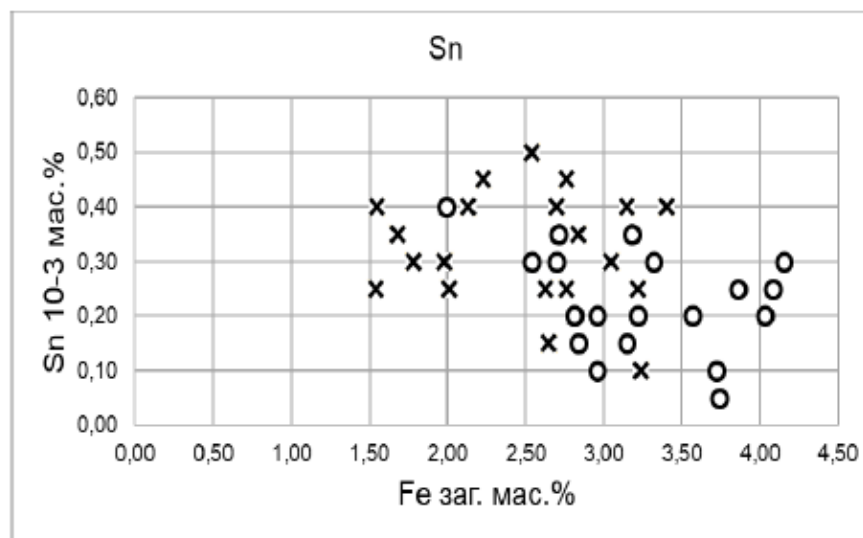
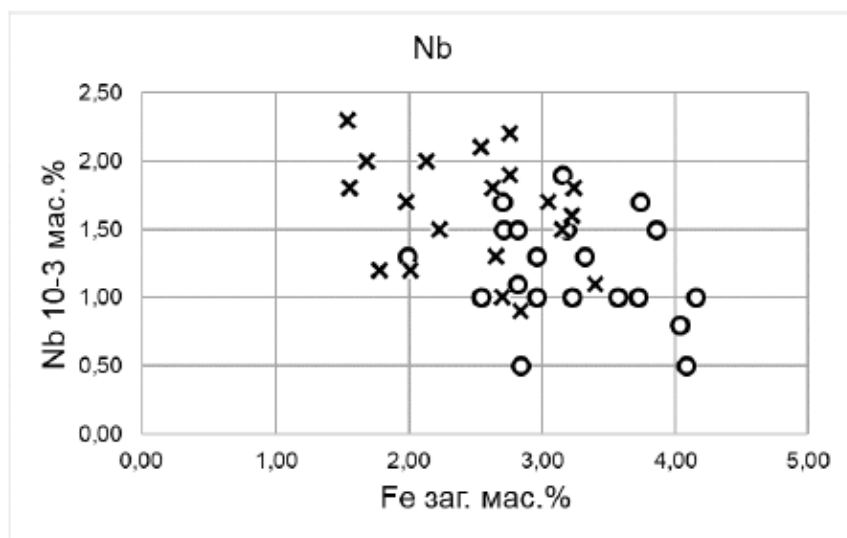
Вміст срібла наведений у  $n \cdot 10^{-6}$  мас.%

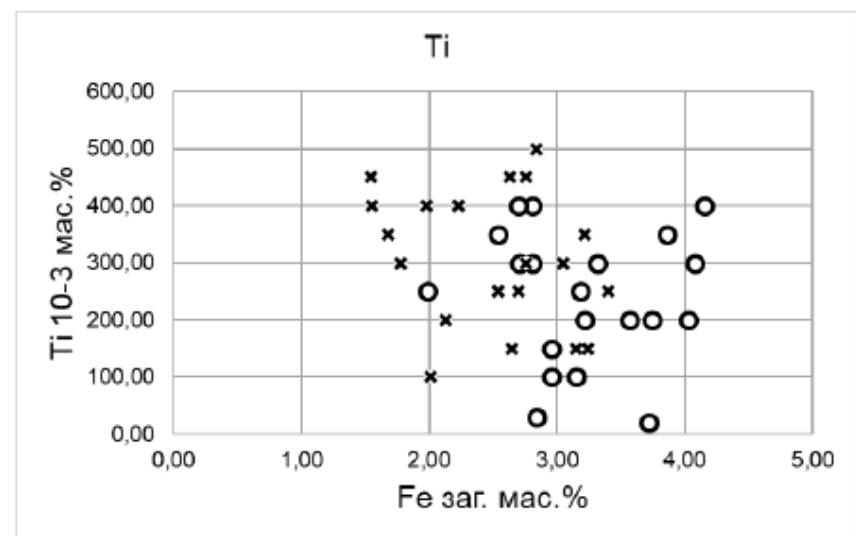
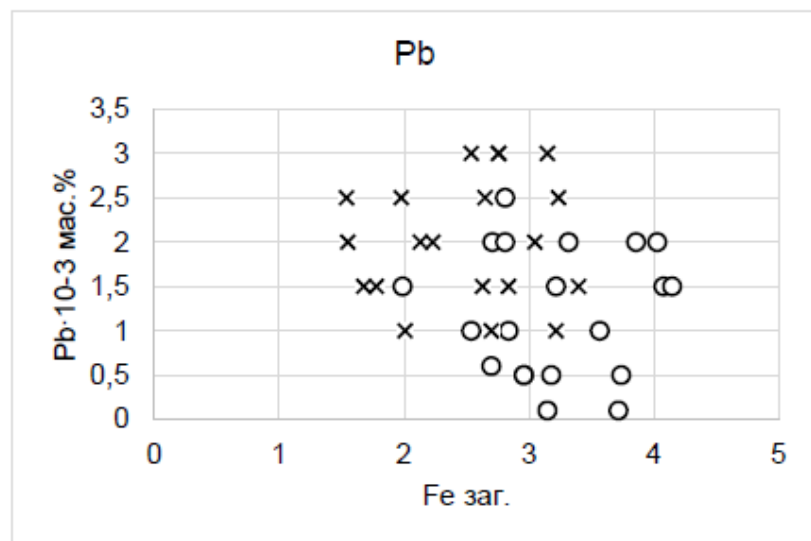
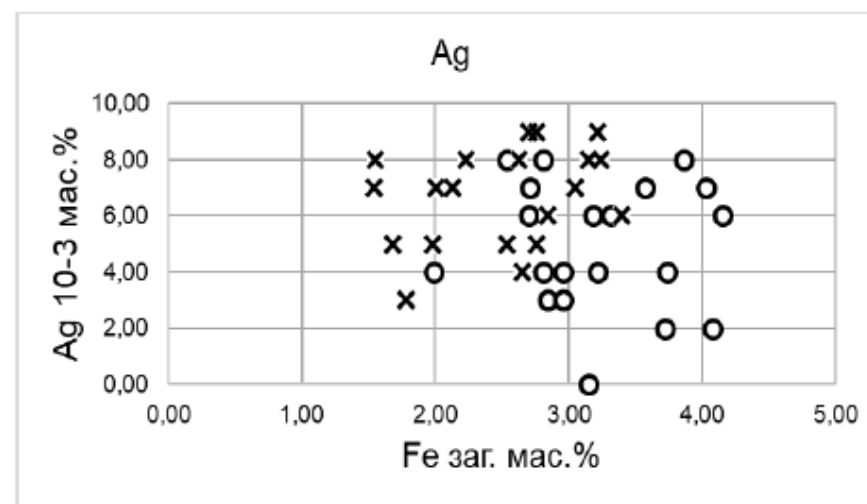
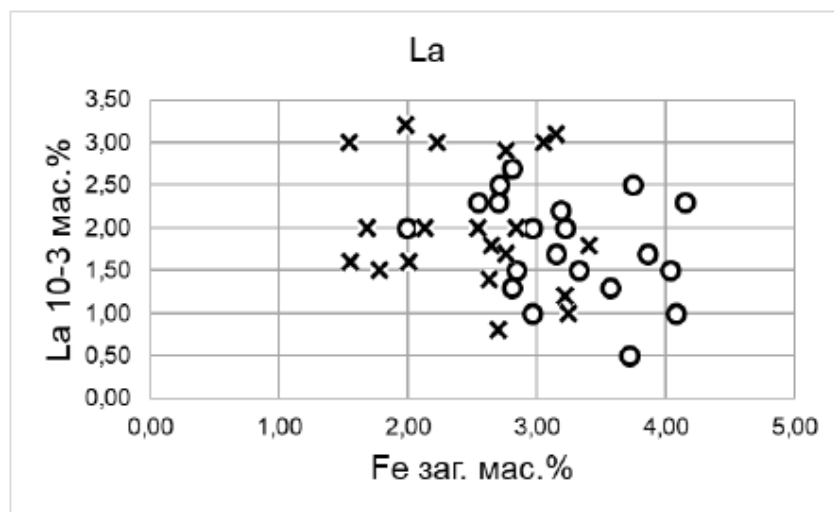
Визначались також, але не були виявлені наступні хімічні елементи: *Be, Bi, W, Au, Cd, As, Li, Ta, Ce, Sc, Tl, Pt, Pd, Hg, Sr, Ba, Sb.*

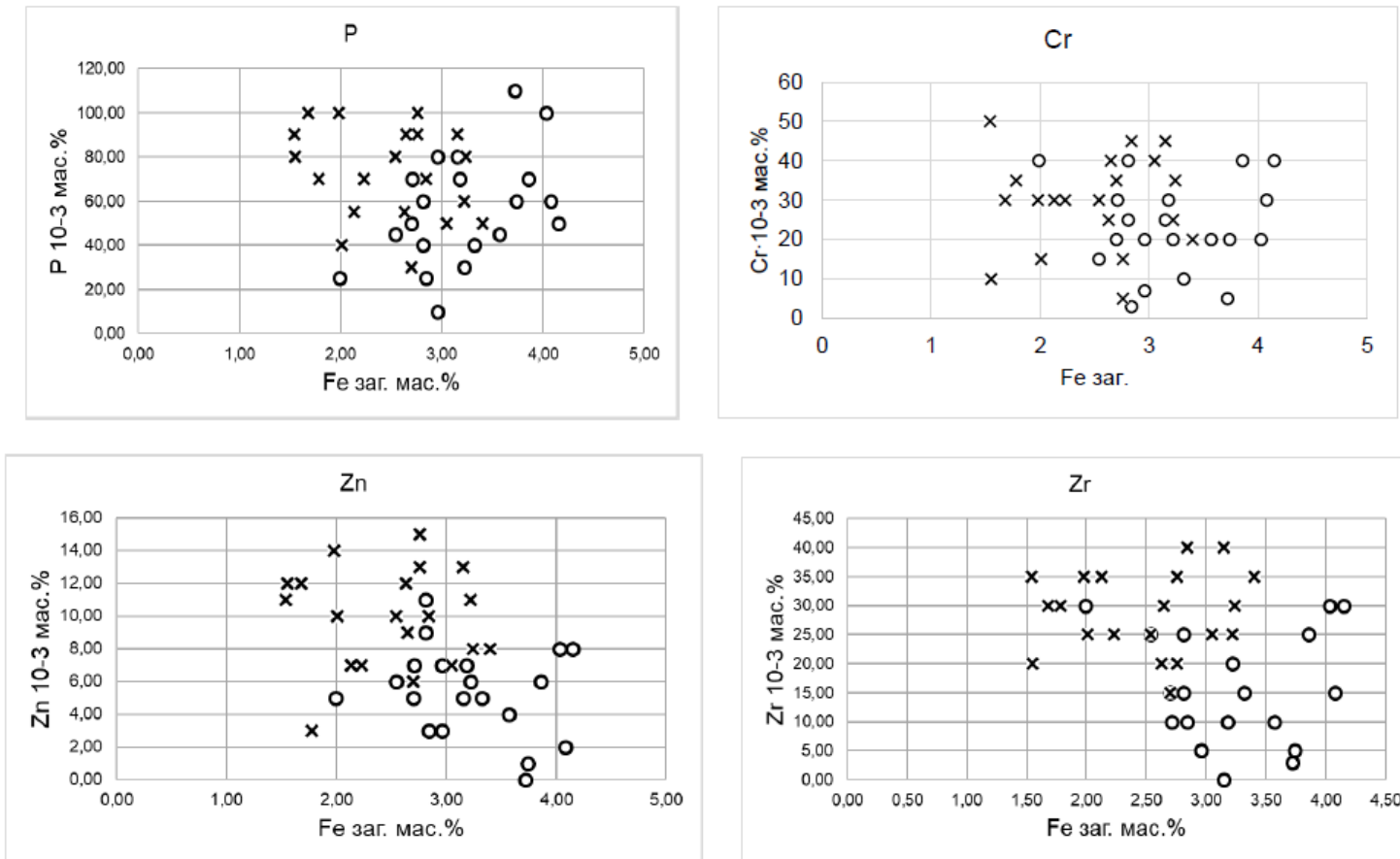












**Рис. 4.6.** *Діаграми кількісних взаємовідношень показників загального вмісту заліза та вмісту рідкісних, розсія-них хімічних елементів у складі ґрунтів з обрамлення східної (x) та західної (o) частин Лівобережних відвалів.*

Таблиця 4.5.

Деякі геохімічні показники матеріалу ґрунтів, відібраних уздовж складу гематитових кварцитів

Хімічні елементи	Кларк, мг/кг (за А.П.Віноградовим, 1962)	Масив гематитових кварцитів						К, од.
		Відвал		Кларк концентрації	Ґрунт		Кларк концентрації	
		мас. %	мг/кг		мас. %	мг/кг		
Feзаг.	46500	38,29	382900	8,23	3,22	32200	0,69	0,1
V	90	0,43	4,3	0,05	5,64	56,4	0,63	13,1
Ge	1,4	0,3	3	2,14	0,17	1,7	1,21	0,6
Co	18	0,17	1,7	0,09	0,99	9,9	0,55	5,8
Mn	1000	46,75	467,5	0,47	44,25	442,5	0,44	0,9
Cu	47	0,78	7,8	0,17	1,9	19	0,40	2,4
Mo	1,1	0,06	0,6	0,55	0,11	1,1	1,00	1,8
Ni	58	1,46	14,6	0,25	1,5	15	0,26	1,0
Sn	2,5	0,03	0,3	0,12	0,23	2,3	0,92	7,7
Pb	16	0,21	2,1	0,13	1,21	12,1	0,76	5,8
Ti	4500	14,05	140,5	0,03	240	2400	0,53	17,1
P	930	55,23	552,3	0,59	56	560	0,60	1,0
Cr	83	15,33	153,3	1,85	21	210	2,53	1,4
Zn	83	2,06	20,6	0,25	5,4	54	0,65	2,6
Zr	170	5,99	59,9	0,35	15,15	151,5	0,89	2,5

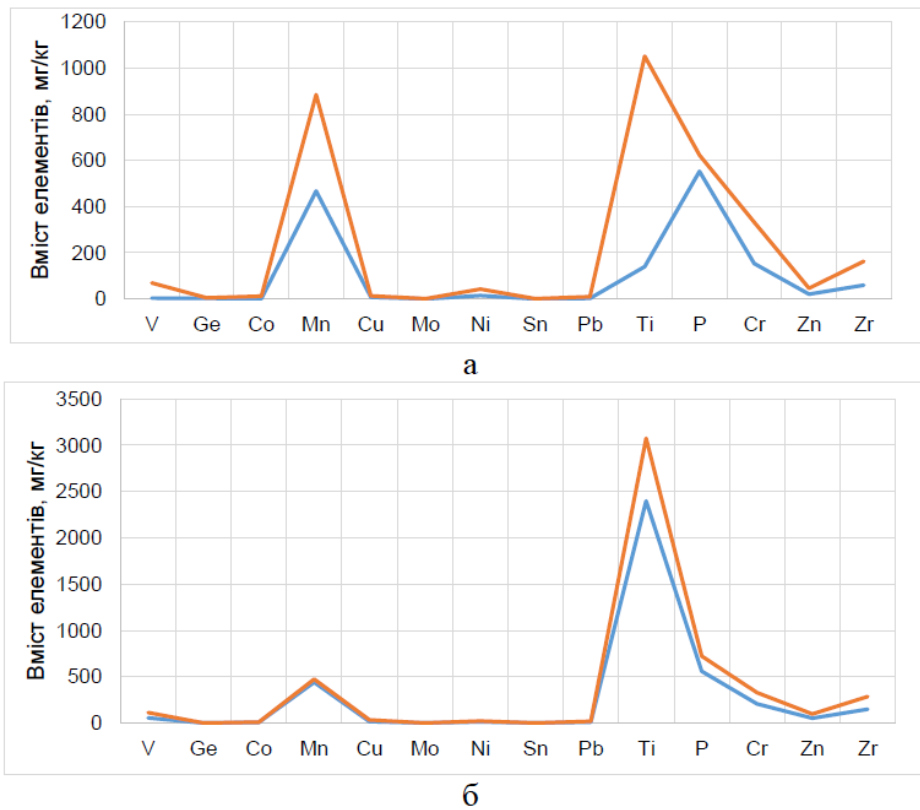
*K* – відношення вмісту відповідного елемента в складі ґрунтів до його вмісту в складі матеріалу Лівобережних відвалів.

Таблиця 4.6.

Деякі геохімічні показники матеріалу ґрунтів, відібраних уздовж складу сланців

Хімічні елементи	Кларк, мг/кг (за А.П.Віноградовим, 1962)	Масив сланців						К, од.
		Відвал		Кларк концентрації	Ґрунт		Кларк концентрації	
		мас. %	мг/кг		мас. %	мг/кг		
Feзаг.	46500	20,46	204600	4,40	2,49	24900	0,54	0,1
V	90	6,92	69,2	0,77	11,55	115,5	1,28	1,7
Ge	1,4	0,53	5,3	3,79	0,16	1,6	1,14	0,3
Co	18	1,18	11,8	0,66	1,28	12,8	0,71	1,1
Mn	1000	88,43	884,3	0,88	47,5	475	0,48	0,5
Cu	47	1,33	13,3	0,28	3,68	36,8	0,78	2,8
Mo	1,1	0,18	1,8	1,64	0,20	2,0	1,82	1,1
Ni	58	4,29	42,9	0,74	2,49	24,9	0,43	0,6
Sn	2,5	0,11	1,1	0,44	0,33	3,3	1,32	3,0
Pb	16	1,01	10,1	0,63	2,03	20,3	1,27	2,0
Ti	4500	105,14	1051,4	0,23	307,5	3075	0,68	2,9
P	930	62,34	623,4	0,67	72,50	725,0	0,78	1,2
Cr	83	33,17	331,7	4,00	33,00	330	3,98	1,0
Zn	83	4,59	45,9	0,55	9,90	99,0	1,19	2,2
Zr	170	16,26	162,6	0,96	28,75	287,5	1,69	1,8

*K* – відношення вмісту відповідного елемента в складі ґрунтів до його вмісту в складі матеріалу Лівобережних відвалів.



**Рис. 4.7.** *Діаграми зміни вмісту домішкових хімічних елементів у породах (синя лінія) та ґрунтах (червона лінія) східної (а) та західної (б) частин полігонів на лівому березі.*

Значення хімічних елементів у матеріалах звалищ і ґрунтах лівобережжя порівнювали зі значеннями їхніх кларків (показник середнього вмісту відповідного хімічного елемента в земній корі). В якості стандарту були використані значення уточнення О.П. Виноградова (1962). Для всіх хімічних елементів були визначені концентраційні кларки - співвідношення між вмістом елементів та їхніми кларками.

Для гематитових кварцитів лівобережних відвалів і прилеглих ґрунтів (табл. 4.5) значення концентраційних кларків для більшості елементів менше одиниці. Це свідчить про менший вміст переважної більшості досліджуваних елементів як у матеріалі териконів, так і в ґрунтах порівняно з їхнім вмістом у земній корі. Виняток становлять лише германій і хром, вміст яких приблизно вдвічі вищий, ніж у земній корі.

Склад сланців має схожі геохімічні характеристики (табл. 4.6). Концентрації за Кларком для більшості елементів також не перевищують 1,0, за винятком германію і хрому, а також молібдену. У ґрунтового матеріалі, відібраному вздовж сланцевої товщі, виявлено високі концентрації германію, молібдену, хрому, а також ванадію, цинку і цирконію.

Порівняння вмісту хімічних елементів у складі гірських порід і ґрунтів на суміжних територіях визначали за допомогою коефіцієнта К (табл. 4.5,

4.6). У більшості випадків його значення перевищувало 1,0, що свідчить про більший вміст відповідних елементів у ґрунтах, ніж у породах. Вищі значення К зафіксовано для масиву гематит-кварцитів, оскільки вміст домішкових елементів у їхньому складі значно нижчий порівняно з відповідними показниками у сланцях.

Таким чином, вміст досліджуваних хімічних елементів у бідних на руду сланцях і кварцитах західної частини териконів вищий, ніж у гематитових кварцитах східної частини. Підкислення атмосферних вод сірчаною кислотою призводить до більш активного розчинення і міграції цих елементів зі сланцевого масиву. Нейтралізація кислоти присутніми в ґрунтах карбонатами призводить до осадження важких металів і включення їх у вигляді ізоморфних домішок у кристалічні сітки гіпергенних силікатів, карбонатів, оксидів і гідроксидів. Це призводить до втрати рухомості домішкових елементів у безпосередній близькості від сміттєзвалищ.

### 4.3. Поверхневі та підземні води

Для характеристики гідрохімічного навантаження поверхневих і підземних вод автори використовували дані геологічної служби ПГЗК (160 аналізів води зі спостережних свердловин) та результати власних гідрохімічних досліджень (30 аналізів поверхневих вод). У таблиці 4.7 наведено середні показники хімічного складу підземних вод за період з 2015 по 2018 роки.

Аналіз даних фонду свідчить про значну варіацію вмісту хімічних компонентів, виявлених у підземних водах. Вміст магнію, хлору та сульфат-іонів змінюється подібним чином: у 2015 та 2016 роках значення цих показників були відносно низькими, в середньому близько 160, 2600, 730 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. У 2017 році вміст цих компонентів різко зріс до 180, 2960 та 775 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. У 2018 році спостерігалось незначне поступове зниження цих показників. Значення рН, сухого залишку та катіонів кальцію змінювалися менш закономірно (рис. 4.8).

Власні гідрохімічні дослідження були проведені авторами, як зазначалося вище, для зворотних вод з джерел східного та західного масивів лівобережних сміттєзвалищ. Результати гідрохімічних аналізів 30 проб води представлені в таблиці 4.8.

Таблиця 4.7.

Середній вміст хімічних компонентів у воді спостережних свердловин за період 2015-2018 рр.

Роки	рН	Сухий залишок	Загальна жорсткість	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>				
				Ca	Mg	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>
2015	7,24	6398,04	32,07	309,30	160,14	253,88	2613,77	732,81

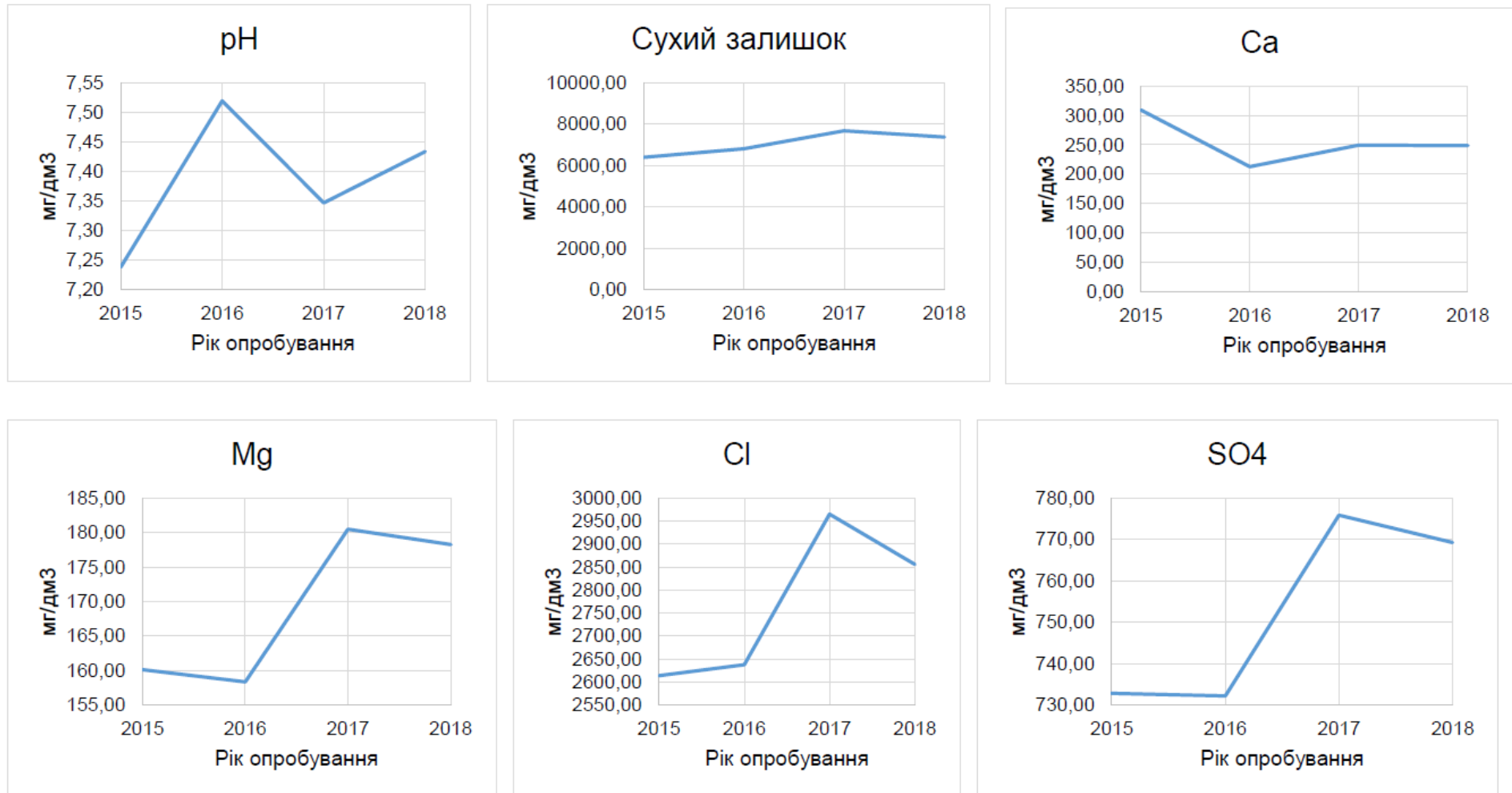
<b>2016</b>	7,52	6811,37	34,18	212,64	158,36	339,79	2637,74	732,21
<b>2017</b>	7,35	7683,33	38,02	249,49	180,48	304,31	2965,07	775,88
<b>2018</b>	7,43	7381,01	37,87	248,50	178,25	240,14	2856,00	769,27
<b>Середнє</b>	<b>7,38</b>	<b>7068,44</b>	<b>4,62</b>	<b>35,53</b>	<b>35,91</b>	<b>254,98</b>	<b>169,31</b>	<b>284,53</b>

Таблиця 4.8.

## Результати хімічних аналізів проб поверхневих вод

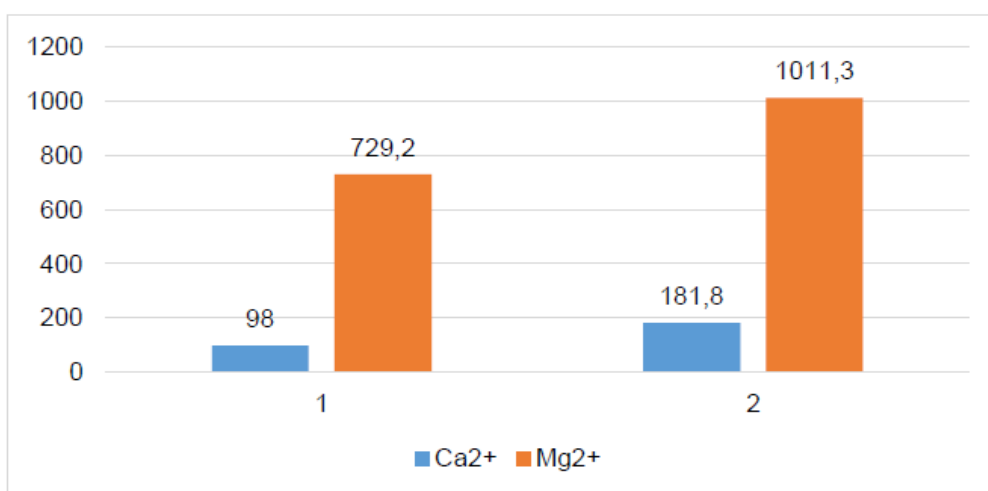
№ проби	рН	Сухий залишок мг/дм <sup>3</sup>	Вміст, мг/дм <sup>3</sup>							
			Катіони		Аніони					
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Проби, відібрані з джерел на ділянці складування гематитових кварцитів</b>										
Скл-1601.1	7,4	3120,4	86,2	762,4	48,6	2980,1	21,3	0,1	0,1	35,2
Скл-1601.2	6,8	3670,4	70,1	772,2	57,3	3120,4	12,1	0,1	0,2	162,8
Скл-1601.3	6,2	4180,4	146,3	810,5	74,2	3240,1	9,2	0,1	0,1	126,3
Скл-1602.1	6,1	4246,3	142,2	824,8	84,9	3189,6	6,7	0,3	0,1	241,2
Скл-1602.2	6,8	2867,4	57,9	624,2	39,8	3014,1	10,2	0,1	0,2	98,2
Скл-1602.3	7,1	3044,6	183,9	597,5	47,2	2450,4	5,4	0,2	0,3	156,2
Скл-1603.1	7,9	2875,5	64,8	824,3	64,2	2671,4	10,9	0,4	0,1	49,0
Скл-1603.2	6,4	2698,7	54,7	621,0	69,4	2951,3	4,3	0,1	0,1	25,6
Скл-1603.3	6,1	4213,5	134,2	712,8	86,4	2756,0	58,0	0,1	0,1	39,5
Скл-1604.1	6,8	2867,4	47,3	614,3	64,5	2374,2	7,6	0,2	0,2	87,3
Скл-1604.2	7,5	3162,6	63,1	710,2	54,2	2580,1	5,4	0,1	0,2	54,2
Скл-1604.3	7,1	2993,9	38,9	680,4	67,6	2371,1	6,8	0,4	0,1	98,3
Скл-1605.1	6,3	4057,4	124,6	698,3	61,0	3480,4	9,4	0,1	0,1	25,6
Скл-1605.2	6,1	4305,2	76,5	771,4	79,5	3450,6	5,4	0,2	0,2	98,2
Скл-1605.3	5,9	5123,5	178,9	914,2	87,2	4985,2	7,6	0,1	0,1	17,3
<b>Середнє</b>	<b>6,7</b>	<b>3561,8</b>	<b>98,0</b>	<b>729,2</b>	<b>65,7</b>	<b>3041,0</b>	<b>12,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>87,7</b>
<b>Проби, відібрані з джерел на ділянці складування сланців та безрудних кварцитів</b>										
Скл-1606.1	5,9	5048,3	187,2	847,5	97,1	3045,2	12,3	1,0	0,1	26,3
Скл-1606.2	6,1	4630,2	146,3	796,3	67,6	2843,5	14,2	0,1	0,1	24,5
Скл-1606.3	5,2	4892,3	149,5	1121,4	94,3	5045,6	5,8	0,2	0,1	39,5
Скл-1607.1	6,7	3450,1	98,4	841,5	45,3	2514,3	7,6	0,2	0,1	75,3
Скл-1607.2	5,6	3652,1	143,2	864,2	87,5	2189,7	31,2	0,2	0,1	54,2
Скл-1607.3	5,4	5214,6	247,6	1342,1	247,6	3218,9	15,6	0,1	0,1	24,6
Скл-1608.1	6,2	3547,6	210,3	720,4	189,6	2987,6	14,8	0,2	0,2	89,3
Скл-1608.2	6,1	4218,9	174,5	941,7	204,6	2893,0	10,2	0,3	0,2	153,2
Скл-1608.3	5,8	5654,3	269,0	1452,3	245,1	5135,0	4,6	0,1	0,1	27,6
Скл-1609.1	5,0	6840,5	286,3	1648,2	298,2	4895,2	7,6	0,1	0,1	64,3
Скл-1609.2	6,4	4123,5	165,1	1236,2	189,2	4982,1	8,6	0,2	0,2	19,2
Скл-1609.3	5,9	4647,8	177,1	874,2	96,8	2893,0	9,4	0,2	0,1	24,6
Скл-16010.1	6,6	4066,0	142,5	779,6	196,4	3541,3	23,0	0,1	0,1	39,8
Скл-16010.2	6,3	4163,5	156,3	647,5	245,3	3147,2	5,8	0,2	0,1	44,6
Скл-16010.3	6,1	4028,3	174,0	1056,3	178,5	4765,8	4,3	0,1	0,2	45,3
<b>Середнє</b>	<b>6,0</b>	<b>4545,2</b>	<b>181,8</b>	<b>1011,3</b>	<b>165,6</b>	<b>3497,3</b>	<b>11,7</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>50,2</b>
<b>Середнє для обох масивів</b>	<b>6,33</b>	<b>4053,51</b>	<b>139,90</b>	<b>870,26</b>	<b>115,64</b>	<b>3323,75</b>	<b>11,84</b>	<b>0,20</b>	<b>0,14</b>	<b>68,91</b>



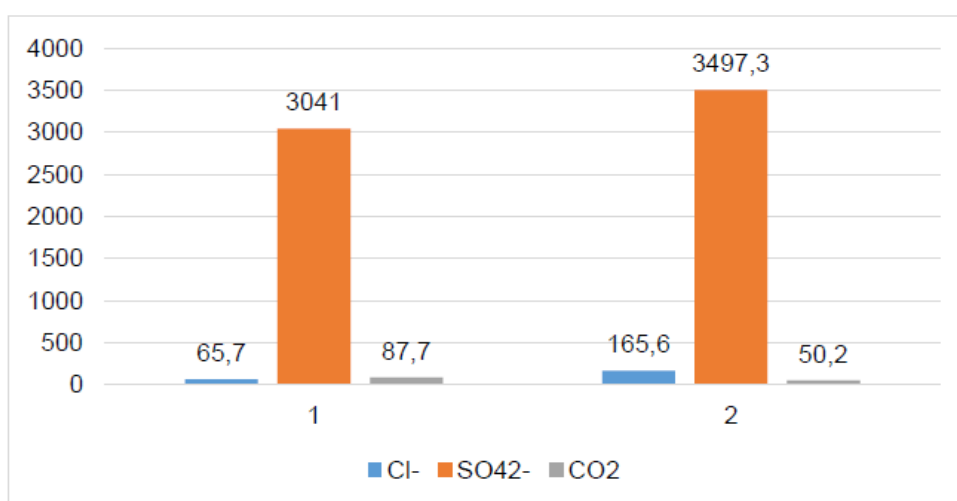


**Рис. 4.8.** *Зміни хімічного складу води зі спостережних свердловин з 2015 по 2018 рр.*

Порівняння даних, наведених у таблиці 4.8, показує, що вода зі сланцевого масиву характеризується вищим вмістом лужноземельних елементів (кальцій, магній) (рис. 4.9), вищою загальною жорсткістю та вищим вмістом аніонів (хлор, сульфат-іон) (рис. 4.10), ніж вода з масиву гематит-кварцитів. Вміст вільного вуглекислого газу у воді зі сланцевого масиву значно нижчий за аналогічний показник для води з масиву гематитових кварцитів (рис. 4.10).



**Рис. 4.9.** Гістограми катіонів кальцію та магнію у воді з масиву гематитових кварцитів (1) та масиву сланців, силікатних, магнетит-силікатних кварцитів (2).

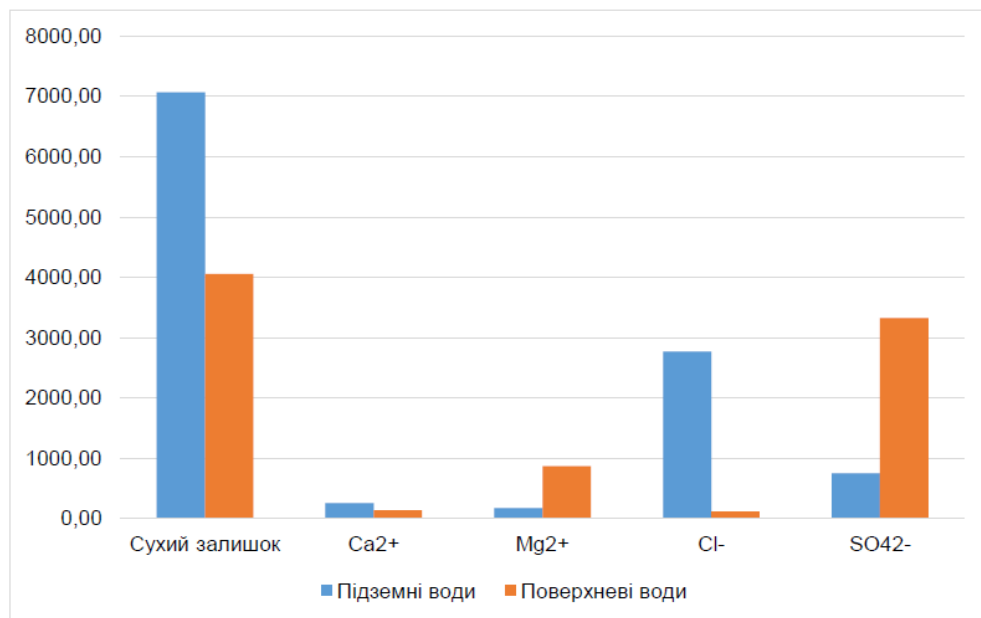


**Рис. 4.10.** Гістограми показників вмісту аніонів хлору, сульфат-іону та вуглекислоти в складі води, яка витікає з масиву гематитових кварцитів (1) і з масиву сланців, силікатних, магнетит-силікатних кварцитів (2).

Водневий показник рН води, що витікає зі сланцевого масиву, нижчий, ніж у води з масиву гематитових кварцитів, що, як зазначено вище, пов'язано з підкисленням води сульфат-іоном, продуктом гіпергенного розкладу сульфідів (піриту, піротину), вміст якого в сланцях вищий, ніж у залізистих кварцитах.

Порівняльний аналіз результатів досліджень підземних і поверхневих вод показав, що

- вміст сухого залишку, катіону кальцію та аніону хлору значно вищий у підземних водах (рис. 4.11);
- вміст катіону магнію та сульфат-аніону значно вищий у поверхневих водах (рис. 4.11);
- середнє значення водневого показника води з полігону (рН=6,3) нижче, ніж у підземних водах (рН=7,4).



**Рис. 4.11.** Порівняльні гістограми середнього вмісту хімічних компонентів у підземних та поверхневих водах.

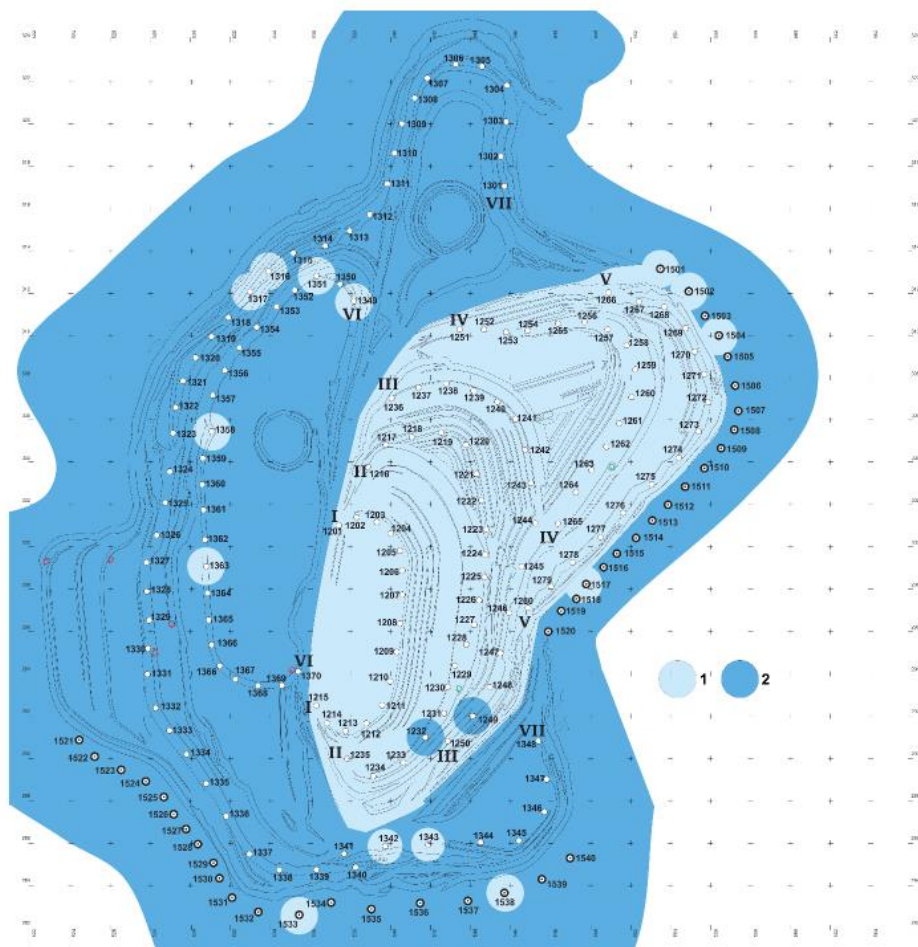
Підвищена кислотність води зі звалищ, ймовірно, пов'язана з утворенням сірчаної кислоти внаслідок зміни сульфідів, присутніх у залізистих породах. Під впливом кислоти катіон магнію, присутній у силікатах і карбонатах, активується і розчиняється.

Твердість підземних вод в основному зумовлена високою мінералізацією кайнозойських вод, які складаються з хлориду натрію.

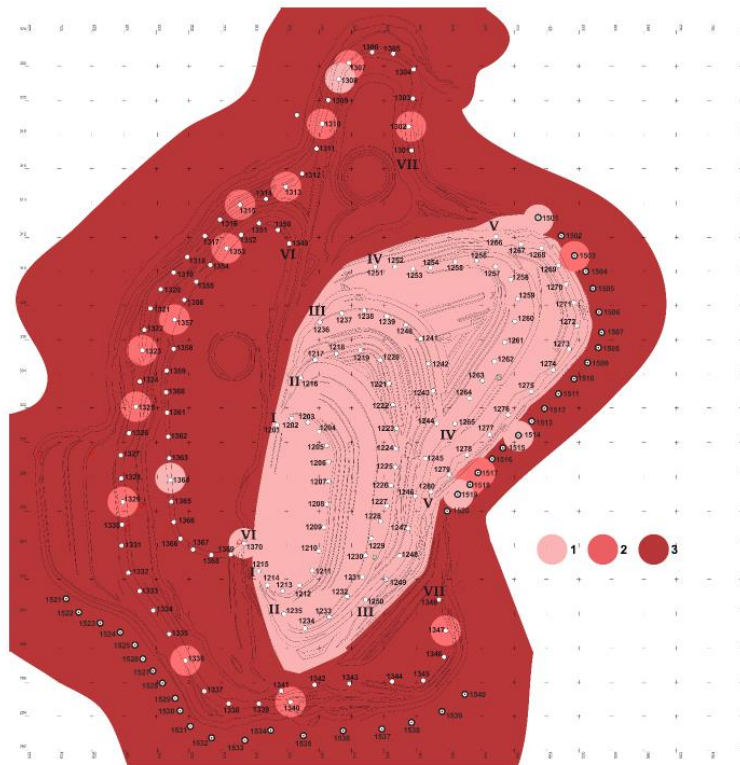
Отримані гідрохімічні дані свідчать про те, що поверхневі води з лівобережних ділянок полігону не мають значного впливу на склад і термодинамічні параметри підземних вод на прилеглих територіях.

#### 4.4. Закономірності варіативності вмісту хімічних компонентів у складі матеріалу відвалів та ґрунтів

Автори використали дані про вміст рідкісних і розсіяних хімічних елементів у породах сміттєзвалищ на лівому березі для складання схематичних геохімічних карт.



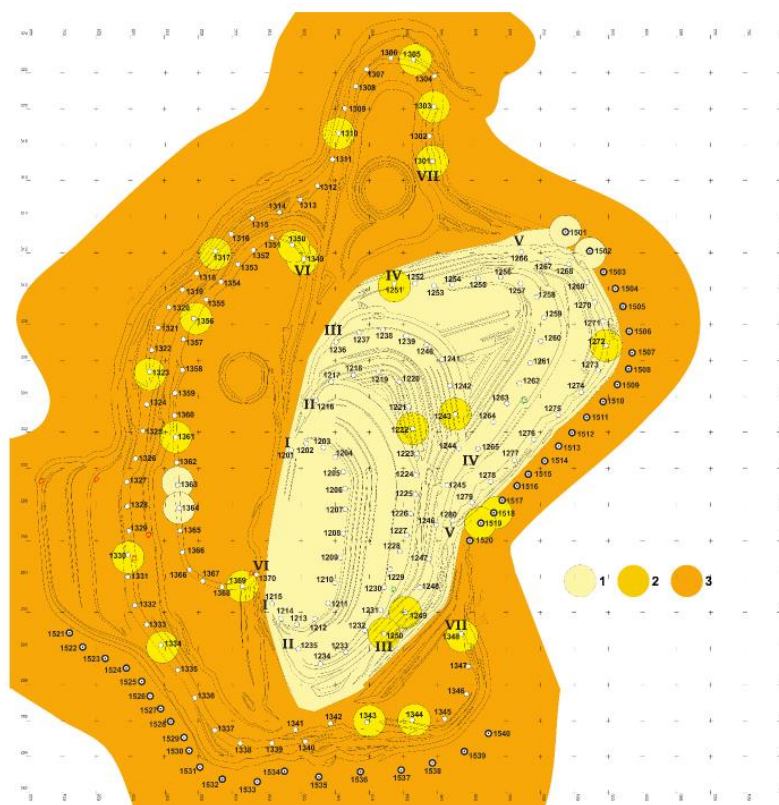
**Рис. 4.12.** Схематична карта мінливості вмісту кобальту в гірських породах і ґрунтах на ділянках, прилеглих до сміттєзвалищ на лівому березі. Вміст кобальту в породах і ґрунтах: 1 - менше  $0,5 \cdot 10^{-3}\%$  за масою; 2 - більше  $0,5 \cdot 10^{-3}\%$  за масою.



**Рис. 4.13.** Схематична карта варіабельності вмісту свинцю в гірських породах і ґрунтах на територіях, прилеглих до звалищ на лівому березі.  
 Вміст свинцю в породах і ґрунтах: 1 - менше  $0,5 \cdot 10^{-3}\%$  за масою; 2 -  $0,5-1,0 \cdot 10^{-3}\%$  за масою; 3 - більше  $1,0 \cdot 10^{-3}\%$  за масою.

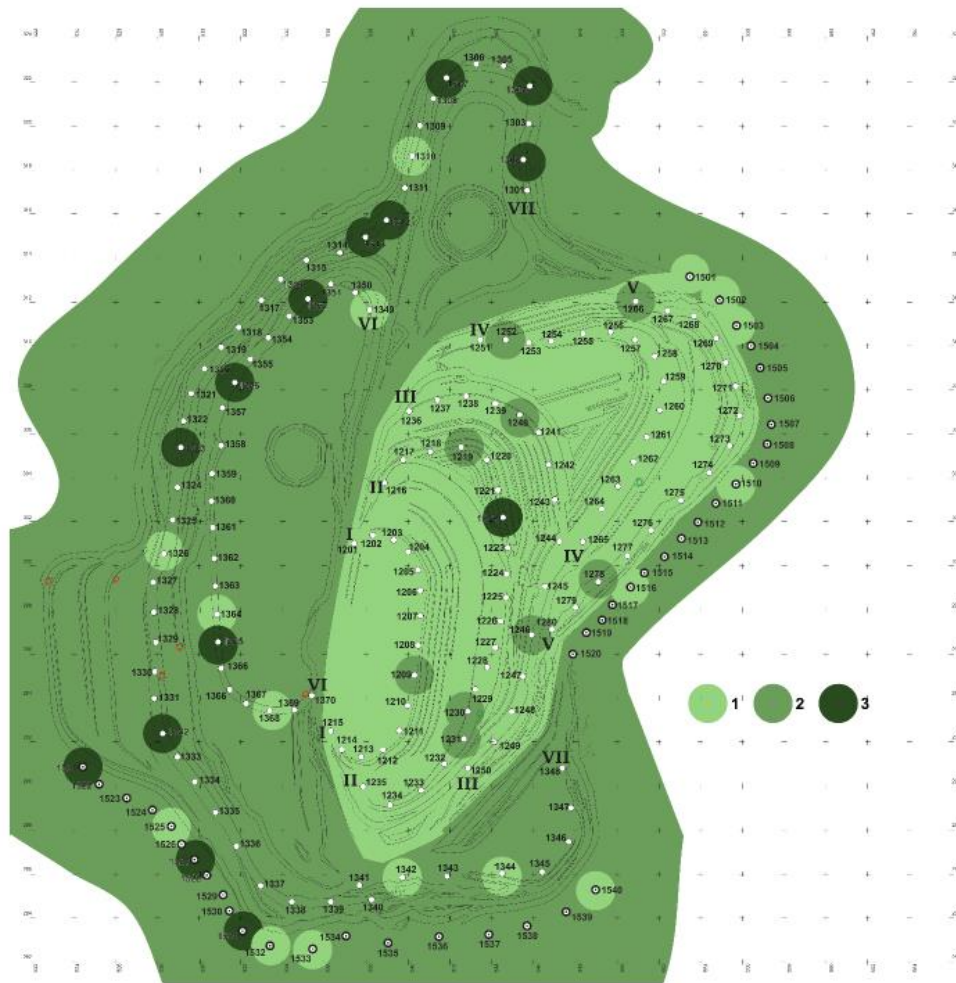
Плани відбору проб (рис. 2.1, 2.2) були складені таким чином, щоб показати вміст рідкісних і розсіяних хімічних елементів у кварцитах і залізних сланцях. Потім показники були геометризовані, в деяких випадках з використанням методів інтеграції та екстраполяції. Результати подібні для всіх досліджених хімічних компонентів.

Закономірності їх розподілу показані на прикладі чотирьох елементів (рис. 4.12-4.15).



**Рис. 4.14.** Схематична карта варіабельності вмісту титану в гірських породах і ґрунтах на ділянках, прилеглих до відвалів на лівому березі. Вміст титану в породах і ґрунтах: 1 - менше  $50 \cdot 10^{-3}$  мас; 2 -  $50-100 \cdot 10^{-3}$  мас; 3 - більше  $100 \cdot 10^{-3}$  мас.

Аналіз даних, наведених на рис. 4.12-4.15, показує, що закономірності в розташуванні зон підвищеного та зниженого вмісту досліджуваних хімічних компонентів у породах полігонів відсутня, що зумовлено усередненням останніх. Загальна закономірність така: найнижчий вміст домішкових елементів виявлено в гематитових кварцитах у східній частині відвалів; проміжний та змінний вміст - у сланцях, залізистих безрудних кварцитах та з низьким вмістом руди у західній частині відвалів; найвищий вміст виявлено у складі ґрунтів, прилеглих до відвалів.



**Рис. 4.15.** Схематична карта мінливості вмісту хрому в гірських породах і ґрунтах на територіях, прилеглих до полігонів ТПВ на лівому березі. Вміст хрому в породах і ґрунтах: 1 - менш як  $20 \cdot 10^{-3}\%$  за масою; 2 -  $20-40 \cdot 10^{-3}\%$  за масою; 3 - понад  $40 \cdot 10^{-3}\%$  за масою.

Ці закономірності можна пояснити мінімальною здатністю до ізоморфізму гематиту і кварцу, основних мінералів у матеріалі зі східної частини острова. Ці закономірності можна пояснити мінімальною здатністю до ізоморфізму гематиту і кварцу - основних мінералів у матеріалі зі східної частини полігону; підвищеною здатністю до залучення рідкісних і розсіяних елементів у кристалічну решітку, що характерно для силікатів - одного з основних компонентів порід із західної частини полігону. Максимальний вміст цих елементів у ґрунтах пояснюється високою ізоморфною здатністю глинистих мінералів (каолініту, бейделіту, монтморилоніту тощо) та оксидів і гідроксидів заліза, а також наявністю у ґрунтах специфічних для цих елементів мінералів (ільменіту, титану, рутилу, хроміту, циркону, монациту, ксенотиму тощо).

#### 4.5. Фітохімія

Відповідно до існуючих методик, у зв'язку з різною здатністю рослин до накопичення хімічних елементів, відбір основного матеріалу для фітогеохімічних досліджень, як правило, проводять двома способами:

- збір матеріалу з одного або (окремо) декількох ботанічних видів;
- збір трав'янистого або деревного матеріалу з типовим для досліджуваної території співвідношенням різних ботанічних видів.

Автори звіту використали другий метод. Вони зібрали 6 зразків трав'янистої рослинності, кожен вагою 10 кг. Після висушування траву спалювали в керамічному контейнері, попіл з кожного зразка збирали, усереднювали і відбирали пробу вагою 5 г за стандартною 9-бальною методикою для хімічного аналізу.

Хімічний склад золи визначали методом рентгенофлуоресцентного аналізу на спектрометрі Спектроскан GF-1E. Аналіз результатів, представлених у таблиці 4.9, показав, що хімічний склад золи рослин у 4-7 разів нижчий за відповідний показник для ґрунтів, на яких вони вирощувалися. Це ще раз підтверджує зроблений вище висновок щодо малорухомості домішкових елементів у ґрунтах.

Таблиця 4.9.

Вміст домішкових елементів ( $n \cdot 10^{-3}\%$  за масою) у матеріалі рослинних зразків відібраних зі сховища на лівобережному полігоні твердих побутових відходів

Індекси проб	Домішкові елементи							
	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb
Проби, відібрані біля масиву гематитових кварцитів								
Скл-1701	41,35	3,39	7,22	530,25	0,42	0,65	1,56	0,22
Скл-1702	44,27	3,86	8,32	549,08	0,42	0,75	2,11	0,39
Скл-1703	47,98	4,70	9,73	611,23	0,51	0,86	2,60	0,44
<b>Середнє</b>	<b>44,53</b>	<b>3,98</b>	<b>8,42</b>	<b>563,52</b>	<b>0,45</b>	<b>0,75</b>	<b>2,09</b>	<b>0,35</b>
Проби, відібрані біля масиву сланців								
Скл-1703	41,81	4,68	8,95	415,41	0,52	0,98	2,95	0,56
Скл-1704	53,13	5,84	10,60	512,37	0,75	1,35	3,52	0,86
Скл-1706	52,56	5,11	9,47	476,19	0,63	1,09	3,12	0,71
<b>Середнє</b>	<b>49,17</b>	<b>5,21</b>	<b>9,67</b>	<b>467,99</b>	<b>0,63</b>	<b>1,14</b>	<b>3,20</b>	<b>0,71</b>

Вміст домішкових елементів у складі трав'янистої рослинності, зібраної поблизу східної та західної частин відвалів, характеризується схожими показниками.



## ВИСНОВКИ

Відвали на лівому березі утворені двома типами порід:

- гематитові кварцити - продукт вивітрювання магнетитових кварцитів четвертого, п'ятого і шостого залізистих горизонтів саксаганської світи;
- змінені та незмінені сланці, силікати, магнетитові та силіконові кварцити першого-шостого сланців, першого-третього залізистого горизонту та, в невеликій кількості, осадові породи кайнозойського чохла.

Під час вирубки, навантажувальних, розвантажувальних і складських робіт матеріал з кожного з двох масивів усереднювався. У цьому відношенні матеріал з двох масивів звалища на лівому березі майже однорідний у петрографічному, мінералогічному та геохімічному відношенні.

Автори звіту досліджували кварцити та гематитові сланці на поверхні лівобережних териконів. Було відібрано статистично значущу кількість зразків.

За даними геологічного відділу комбінату, в процесі складування матеріалів (від придонної до верхньої частини відвалу) відбулася закономірна зміна мінерального складу, пов'язана зі збільшенням глибини залягання поклада:

- поступове зменшення вмісту гіпергенних оксидів і гідроксидів заліза (мартит, гетит, дисперсний гетит, дисперсний гематит) та гіпергенних силікатів (каолініт, баделіт, монтморилоніт та ін.)
- підвищений вміст реліктового магнетиту та реліктових силікатів (хлориту, кумінгтоніту, біотиту, селадоніту, стильпномелану та ін.), карбонатів (сидериту, сидеропезиту, пістомезиту, феродоломіту та ін.).

Результати напівкількісних спектральних аналізів матеріалу у зразках сланців та гематитових кварцитів показали, що:

- вміст домішкових елементів у сланцях значно перевищує відповідний показник для гематитових кварцитів, що пояснюється більшою ізоморфною ємністю силікатів і карбонатів (мінералів, характерних для сланців і силікатних, магнетитових і силікатних кварцитів) порівняно з оксидами - мінералами, характерними для гематитових кварцитів;
- існує чітко визначена зворотна залежність між вмістом більшості домішкових елементів і загальним вмістом заліза в зразку.

У формуванні сучасної геохімічної моделі відвалів можна виділити наступні особливості.

1. Мінеральні форми, в яких присутні 15 ідентифікованих хімічних компонентів, є власне мінеральними видами та мінералами, що містять ці компоненти у вигляді ізоморфних домішок: хроміт (Cr, V, Ni, Co), ільменіт, рутил, титаніт (Mn, Ti, V, Co), магнетит (V, Co, Mn, Ni, Ti, Cr), циркон (Zr), апатит (P), пірит, піротин, халькопірит, галеніт, сфалерит, каситерит (Cu, Pb, Zn, Sn, Mo, Ag, Ge).

2. Виявлені хімічні елементи також можуть бути присутніми у складі металоорганічних сполук - хелатів, фульватів, гуматів, які характеризуються розчинністю у воді та здатністю до міграції у навколишньому середовищі. Для визначення цього необхідні подальші дослідження із застосуванням спеціалізованих методів та обладнання.

3. Гіпергенний розклад реліктових мінералів (магнетит, хлорит, куммінгтоніт, біотит тощо) супроводжується вивільненням з їх кристалічної решітки мінералізуючих елементів та домішок. Вони переносяться атмосферними водами з продуктів гіпергенезу (мартит, гетит, розсіяний гетит, дисперсний гематит). Хімічний склад гіпергенних розчинів можна визначити за допомогою хімічних аналізів струмкової води, якої особливо багато в дощові періоди.

4. Води сланцевого масиву характеризуються вищим вмістом лужноземельних елементів (кальцій, магній), вищою загальною жорсткістю, вищим вмістом аніонів (хлор, сульфат-іон) і дещо нижчим вмістом вільної вуглекислоти порівняно з аналогічними показниками для вод гематит-кварцитового масиву.

Водневий показник рН води, що витікає зі сланцевого масиву, є нижчим за рН води в масиві гематитових кварцитів через підкислення води сульфат-іоном, продуктом гіпергенного розкладу сульфідів (піриту, піротину), вміст якого в сланцях вищий, ніж у залізистих кварцитах.

Враховуючи високий вміст домішкових елементів у сланцях і низький вміст у гематитових кварцитах, підвищена кислотність води в сланцевому масиві призводить до більш високого вмісту цих елементів в атмосферних водах, що стікають зі сланцевого масиву.

Порівняльні дослідження хімічного складу води вказують на те, що поверхневі води з полігонів на лівому березі суттєво не впливають на склад і термодинамічні параметри підземних вод на прилеглих територіях.

5. Атмосферні води, що містять виявлені забруднюючі речовини, проникають у ґрунти та глинисті підґрунтя лівобережних сміттєзвалищ. Частина розчинених елементів адсорбується ґрунтом. Результати напівкількісних спектральних аналізів показали, що вміст домішкових елементів у зразках ґрунту та глини, відібраних вздовж сланцевого масиву, вищий, ніж у зразках, відібраних вздовж масиву гематит-кварцитів. Враховуючи геохімічну однорідність ґрунтів і глин, ця різниця певною мірою пов'язана з адсорбцією домішкових елементів з розчинів різного складу.

Нейтралізація кислоти карбонатами, присутніми в ґрунті, призводить до осадження важких металів, залучення їх як ізоморфних домішок у

кристалічні мережі гіпергенних силікатів, карбонатів, оксидів і гідроксидів. Це призводить до втрати рухомості домішкових елементів у безпосередній близькості до відвалів і перешкоджає їх поширенню на більш віддалені від місця видобутку території.

6. Домішкові елементи проникають у рослини з ґрунту з водою. Вміст компонентів золи в рослинах у 4-7 разів нижчий за відповідний показник у ґрунті, на якому вони росли. Це підтверджує висновок про низьку міграційну здатність домішкових елементів у ґрунтах.

7. Результати літо-, гідро-, педо- та фітохімічних аналізів свідчать, що вміст домішкових елементів, виявлених у гірських породах, ґрунтах, воді та рослинах, є нижчим за значення Кларка. Міграція елементів у поверхневих водах обмежена масою сміттєзвалища на лівому березі; у ґрунтах прилеглих територій вони іммобілізуються за рахунок нейтралізації підкислених метеоритних вод.

## ЛІТЕРАТУРА

1. **Бєлєвцев Я.М.** Мінерал гідрогематит і його роль в рудоутворенні Кривого Рогу // Геологічний журнал.– 1951.– №3.– С. 3-16.
2. **Додатко О.Д., Дорфман Я.З.** Про кори вивітрювання порід залізо-кременистої формації Криворіжжя // Доповіді АН УРСР. Серія Б.– 1973.– № 5.– С. 395-398.
3. **Євтехов В.Д.** Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізородних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– №4.– С. 111-114.
4. **Євтехов В.Д., Демченко О.С., Тихлівець С.В. та ін.** Геолого-технологічне картування покладу магнетитових руд Скелеватського-Магнетитового родовища за результатами вивчення їхнього мінерального, хімічного складу, фізичних, технічних, технологічних властивостей / Заключний звіт про НДР № 2018/в/огг/332 // Кривий Ріг: Фонди Криворізького національного університету, 2019 р., - 223 с.
5. **Єпатко Ю.М., Мельник Ю.П.** Деякі теоретичні та експериментальні дані про утворення гематиту і гетиту в корі вивітрювання Криворізького залізородного басейну // Геологічний журнал.– 1965.– №2.– С. 12-21.
6. **Калініченко О.О.** Деякі особливості міграції хімічних елементів в глибинних зонах окислення залізистих порід Криворізького басейну // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– №4.– С. 33-34.
7. **Смірнов О.Я.** Геологічна позиція і морфологія покладів гематитових кварцитів / Молодий науковець ХХІ століття. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, магістрантів і молодих дослідників. Кривий Ріг, 5 квітня 2012 р. // Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2012.– С. 164-166.
8. **Смірнов О.Я.** Поклади бідних гематитових руд Валявкинського родовища комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» / Проблеми теоретичної і прикладної мінералогії, геології, металогенії гірничовидобувних регіонів. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Кривий Ріг, 22-24 листопада 2012 р. // Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2012.– С. 72-75.
9. **Смірнов О.Я., Євтехова А.В.** Вертикальна мінералогічна зональність покладів гематитових кварцитів Валявкинського родовища (Криворізький басейн) / Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців. Матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної

конференції. Кривий Ріг, 22-24 березня 2012 р. // Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2012.– С. 15-21.

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

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

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

13. **Соловйова Ф.І.** Саморідний вісмут в докембрії Кривого Рога // Доповіді АН УРСР. Серія Б.– 1962.– № 2.– С. 237-241.

14. **Соловйова Ф.І.** Мідно-нікелева мінералізація в докембрії Кривого Рога // Питання геохімії, мінералогії і петрографії.– Київ: Вид-во АН УРСР, 1963.

15. **Усенко І.С.** Плагіоклазові граніти Кривого Рога / Український кристалічний масив // Київ: Вид. АН УРСР.– 1947.

16. **Юрк Ю.Ю.** Процеси мартитизації і утворення мартиту в породах і рудах Кривого Рогу./ Матеріали з мінералогії України. Труды Інституту геологічних наук АН УРСР // Київ: Вид. АН УРСР, 1960.– Вип. 6.– С. 58-80.