

**ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА «ЦЕНТР ПРОБЛЕМ МОРСЬКОЇ
ГЕОЛОГІЇ, ГЕОЕКОЛОГІЇ ТА ОСАДОВОГО РУДОУТВОРЕННЯ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СТЕЦЕНКО АЛЬОНА ІГОРІВНА

УДК 552.5:551.312.3

**ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ
КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ РОЗКРИВНИХ ПОРІД
ОСАДОВОГО ЧОХЛА В МЕЖАХ КРЕСІВСЬКОЇ, ПАВЛІВСЬКОЇ ТА
ГЛЕЮВАТСЬКОЇ ДІЛЯНОК КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ**

04.00.21 – літологія

103-Науки про землю

Подається на здобуття наукового ступеня

кандидата геологічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Стеценко А. І.

**Науковий керівник: Іванченко Владислав Вікторович, кандидат геолого-
мінералогічних наук , доцент.**

Київ-2021

АНОТАЦІЯ

Стеценко А.І. Літологічна характеристика та перспективи комплексного використання розкритих порід осадового чохла в межах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.21 – літологія. – Державна наукова установа «Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення Національної академії наук України». Інститут геологічних наук НАН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню літологічних особливостей та мінералогічному обґрунтуванню комплексного використання відвальних осадових порід центральної частини Кривого Рогу.

Автором досліджені особливості геологічної будови та речовинного складу палеозой-кайнозойських відкладів у центральній частині Криворізького залізорудного басейну, їх походження та напрями комплексного використання. Отримані нові дані щодо мінерального складу осадових порід у природному заляганні та заскладованих у відвалах. Побудовані геолого-літологічні розрізи, стратиграфічна колонка району, виконана кореляція розрізів осадових порід між родовищами. Встановлена залежність потужності та складу осадових порід від характеру рельєфу

На основі результатів спектрального аналізу осадових порід встановлено закономірний характер розподілу у їх розрізі важких (чорних, кольорових і благородних) металів і рідкісноземельних елементів, обумовлений специфікою процесів седиментогенезу на вивченій території. У межах осадового чохла виділені чотири різновікові літолого-геохімічні зони: I - палеозой-кайнозойська кора вивітрювання з накопиченням Pb, La, Zr, Y, Yb, Sc; II- палеоген-неогенові морські піски з концентрацією Р (Павлівська та Кресівська ділянка), Cu, Pb, Mn, V, Zr, Ga, Yb, Bi, Mo (Глеюватська); III- відклади четвертинного періоду з золото-срібною металогенічною спеціалізацією, IV– сучасні відклади (травертини).

Уперше у центральному Криворіжжі встановлені і описані травертини природно-техногенного походження. Встановлено, що утворення сучасних відкладів пов'язане безпосередньо із діяльністю хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів, а саме із виходом технічних вод ставка-накопичувача на поверхню.

Аналіз об'ємної моделі розподілу осадових шарів палеоген-четвертинного вікового діапазону свідчить про вирішальний вплив геологічної будови докембрійського кристалічного фундаменту, тектонічних розломів, активних з докембрію і до сучасного геологічного періоду. Встановлені закономірності розподілу осадових порід можуть бути використані при побудові комплексних геолого-геохімічних моделей і різних тектонічних і геодинамічних схем, а також при вирішенні практичних завдань геології і пошуків корисних копалин.

Результати літолого-технологічних досліджень порід осадового комплексу свідчать про можливість рентабельного збагачення і комплексного використання розкритих порід неогену та кори вивітрювання докембрійських гранітів і мігматитів з виробництвом каолінітового, кварцового, цирконового та інших промислових концентратів.

Ключові слова: осадові породи, Криворізький басейн, докембрійські граніти і мігматити, кора вивітрювання, мінеральний склад, геологічне середовище, травертини, хвостосховище, комплексне використання.

ABSTRACT

Stetsenko A.I. Lithological characteristics and prospects of complex use of overburden sedimentary rocks within the Kresivska, Pavlivska and Gleyuvatska sections of the Kryvyi Rih basin.— Manuscript.

The thesis for the degree of the Philosophy Doctor of Geological Sciences, specialty 04.00.21 – Lithology. – State Scientific Institution "Center for Marine Geology, Geoecology and Sedimentary Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine". Institute of Geological Sciences, National Academy of Science of Ukraine. Kyiv, 2021.

The thesis is devoted to the study of the lithological features and mineralogical substantiation of the complex use of sedimentary rocks in the central part of Kryvyi Rih. The main results of work are obtained on the basis of processing of primary materials of geological observations of sedimentary rocks in the open pits and natural outcrops of the Kryvyi Rih basin.

The author studies the feature of the geological structure and mineral composition of the Paleozoic-Cenozoic sediments in the central part of the Kryvyi Rih iron ore basin, their origin and directions of integrated use. New data on the mineral composition of sedimentary rocks in the natural occurrence and accumulated in the dumps are obtained.

The geologic-lithological section, the stratigraphic column of the district, and the correlation of the sections of sedimentary rocks between the deposits have been constructed. Dependence of power and composition of sedimentary rocks on the nature of the Precambrian basement lay is established. It is determined that on its elevated sites a powerful layer of weathering crust was formed, while in the lower part formed a variety of lithological shifts of coastal-marine and continental sedimentary rocks.

The influence of accessory minerals on the metallogenic specialization of rocks of the sedimentary complex is established. The distribution of chemical elements in the sedimentary section, which has a pronounced logical character, is investigated. Significant accumulation of a wide range of chemical elements exceeding the value of Clark (Zr, Y, Yb, Sc, Pb, La, Au) is found predominantly in the lower and upper parts of

the section. Importance is the concentration of gold (100 mg / ton) in the Quaternary eolian soils of the area. The performed studies allowed to divide the rock of the sedimentary cover into four age-old lithologic-geochemical zones: I - Paleozoic-Cenozoic weathering crust; II –Paleogene- Neogene sea sand; III - deposits of the Quaternary period, IV –modern sediments (travertines).

The author analyzes the ecological situation that has developed in the city of Kryvyi Rih in general and in particular in its central part, which is an urgent problem for the city and for preservation of the environment. The general description of the objects of modern technogenic loading in the territory of the central part of Kryvyi Rih is presented.

The scale of the influence of man-made objects on the geological environment of the studied territory is determined. The collected information on the history of the study of the sedimentary cover of the region, which is the basis for further analysis of changes occurring in the geological environment under the influence of man-made mining activities of the mining enterprises.

According to the results of research, the influence on the accumulation of heavy metals in the geological environment, not only mining and processing enterprises, but also ordinary, domestic waste and municipal wastewater, was confirmed. In addition, the weight of the wind rose in combination with the relief is emphasized as an additional factor for the distribution of heavy metals in soils. Also, the tendency to active adsorption of plants by a certain percentage of heavy metals has been confirmed, which in combination with periodic reclamation works significantly reduces the concentration of the studied elements, keeping them in most cases within the limits of permissible concentrations. Exceptions include the areas directly adjacent to the mining and extraction facilities.

The mineral originates of natural and man-made origin - travertine in the central Kryvyi Rih region - have been discovered and first described. It was established that the formation of modern sediments is directly related to the activity of the tailings storage of the Central Mining and Processing Plant, namely the release of underground waste water to the surface of the storage tank. Travertine was studied by optical methods, microprobe, spectral and chemical analysis. It was found that CaO is the main component of the breed.

The results of the spectral analysis showed that the carbonate neoplasms were significantly cleaner from the natural sieve of the beams by the level of heavy metals (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co) and rare earth elements (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb). Together with pearls of aragonite, ore gravels, travertine complements the list of technogenic-natural sedimentary rocks, which in the present geological era are formed within the Kryvyi Rih basin.

The analysis of the 3D model of the distribution of sedimentary layers of the Paleogene-Quaternary age range indicates the decisive influence of the geological structure of the Precambrian crystal Foundation, tectonic faults active from the Precambrian to the modern geological period. The regularities of the distribution of sedimentary rocks are established and can be used in the construction of complex geological and geochemical models and various tectonic and geodynamic schemes, as well as in solving practical problems of Geology and mineral prospecting.

The results of lithologic and technological studies of sedimentary rocks indicate the possibility of profitable enrichment and the complex use of neogene rocks and weathering crust of Precambrian granites and migmatites with the production of kaolinite, quartz, zirconium and other industrial concentrates.

Key words: sedimentary rocks, Kryvyi Rih basin, Precambrian granites and migmatites, weathering crust, mineral composition, geological environment, travertine, tailings storage, complex use.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1.Іванченко В. В. Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу. / Іванченко В. В., **Стеценко А. І.** // Східно-Європейський науковий журнал. – 2016. – №8 (12). – С. 39-46. Особистий внесок – аналіз літературних джерел, побудова карт, фотографування техногенних об'єктів.

2.**Стеценко А. І.** Літологія та напрямки використання континентальних і морських відкладів східної частини Криворізького басейну. / **Стеценко А. І.**, Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Геологія і корисні копалини світового океану. – 2018. – №1 (51). – С.46-58. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, побудова літологічних колонок, геологічного розрізу, проведення технологічних випробувань.

3. **Стеценко А. І.** Літологія та геохімія осадових порід Павлівського родовища західної частини Криворізької структури. / Альона Ігорівна Стеценко. //Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія". – 2018. – №1. – С.92-103.

4. **Стеценко А. І.** Особливості мінерального та хімічного складу травертинів природно-техногенного походження у м. Кривий ріг. / **Стеценко А.І.**, Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Мінералогічний збірник ЛНУ ім. Івана Франка. – 2018. - №1(68). – С.172-181. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження, побудова карт і розрізів.

5.Кошарна С.К. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховищ Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів./ Кошарна С.К. , **Стеценко А.І.**, Глонь В.А. //ActaMontanisticaSlovaca. – 2018. – №2. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, підготовка проб до спектрального аналізу.

Монографії

6. Довгий С.О., Коржнев М.М. (ред.), Трофимчук О.М., Іванченко В.В., Курило М.М., Покалюк В.В., Яковлев Є.О., Стеценко В.В., Беліцька М.В., Кошарна С.К., **Стеценко А.І.** Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони // НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208 с. Особистий внесок – участь у написанні розділу «Мінеральні новоутворення та важкі метали на техногенних об'єктах ГЗК».

Статті, які додатково відображають зміст дисертації:

7. **Стеценко А. І.** Формування карбонатних відкладів під впливом інфільтрацій з хвостосховища ЦГЗК (Кривий Ріг). / **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К., Іванченко В. В. // Екологічна безпека та природокористування. – 2017. – № 3-4 (24). – С. 74-84. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, побудова карт і розрізів.

Матеріали і тези конференцій:

8. **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К. Природно-техногенне утворення травертину в Криворізькому басейні: Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців», 22-24 березня 2017 р. Кривий Ріг, – С. 130-132. Особистий внесок: відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження, побудова карт і розрізу.

9. **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К. Особливості складу донних відкладів техногенних і природних водойм центральної частини Криворізького басейну: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Розвиток промисловості і суспільства», 24-26 травня 2017 р. Кривий Ріг, – С. 105-108. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження.

10. **Стеценко А. І.** Будова розрізу та особливості мінерального складу осадових порід Павлівського родовища: Матеріали міжнародної науково-технічної

конференції *«Розвиток промисловості і суспільства»*, 23-25 травня 2018 р. Кривий Ріг, – С. 68-71.

11. **Стеценко А. І.** Літологія і використання осадових порід західної частини Криворізького басейну: Матеріали конференції *«Проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій»* жовтень 2018 р. м. Київ, ІГН НАН України.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ І. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКРИВНИХ ПОРІД ОСАДОВИХ ВІДКЛАДІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ	20
1.1. Попередні дослідження осадових відкладів Кривбасу.	20
1.2. Історія геологічного розвитку	21
1.3. Поширення осадових утворень в межах центральної частини Криворізького басейну.....	23
РОЗДІЛ 2. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РАЙОНУ	34
2.1. Геологічна будова об'єктів дослідження	34
2.1.1. Вибір об'єктів дослідження.....	34
2.1.2. Геологічна будова Павлівської ділянки (Павлівське родовище пісків, західна частина території досліджень)	38
2.1.3. Геологічна будова Глеюватської ділянки (Глеюватське родовище залізистих кварцитів, центральна частина території досліджень)	42
2.1.4. Геологічна будова Кресівської ділянки (Кресівське гранітне родовище , східна частина території досліджень).....	45
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
РОЗДІЛ 4. ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗКРИВНИХ ПОРІД ОСАДОВОГО ЧОХЛА РАЙОНУ РОБІТ	61
4.1. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід	61
4.1.1. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Павлівської ділянки ...	61
4.1.2. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Глеюватської ділянки.	66
4.1.3. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Кресівської ділянки	71
4.2. Геохімічні дослідження осадових порід	78
4.2.1. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховища і Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів	79
4.2.2. Геохімічні дослідження осадових порід Павлівської ділянки	82
4.2.3. Геохімічні дослідження осадових порід Кресівської ділянки	88
4.2.4. Геохімічні дослідження осадових порід Глеюватської ділянки.	92

4.3. Аналіз розподілу хімічних елементів в породах осадового чохла в межах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну за даними факторного аналізу	99
4.4. Сучасні техногенно-природні літологічні утворення (травертини)	108
4.5. Особливості геологічної будови осадової товщі в межах Глеюватської ділянки за результатами 3D моделювання	121
РОЗДІЛ 5. ЛІТОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ РОЗКРИВНИХ ОСАДОВИХ ПОРІД	131
5.1 Літолого-мінералогічне обґрунтування можливості комплексного використання порід осадового комплексу	131
5.2. Літолого-технологічні випробування	136
ВИСНОВКИ	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144
ДОДАТКИ	156
СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	156

ВСТУП

Актуальність роботи. Криворізький басейн відноситься до числа територій з високим рівнем геологічної вивченості і розвиненою гірничо-видобувною промисловістю на базі традиційних корисних копалин, у першу чергу залізних руд. У зв'язку з цим на сьогодні постає задача визначення перспектив і можливостей нетрадиційних напрямів використання надр, передусім осадового покриву, включаючи кори вивітрювання, а також накопичення відходів гірничо-видобувних і переробних підприємств. Функціональні характеристики цих накопичень охоплюють два аспекти: наявність промислових і наближених до них концентрацій корисних компонентів (сполук заліза, циркону, ставроліту, мінералів титану, кварцу, каолініту, монациту, кольорових металів, рідкісноземельних елементів тощо) і негативний – деградація природних рельєфів і утворення джерел забруднення геологічного середовища небезпечними речовинами. Актуальність представленої роботи полягає у наданні літолого-технологічного обґрунтування комплексного використання осадових розкривних і відвальних утворень Криворізького басейну.

Розкривні породи району досліджень представлені: корою вивітрювання порід залізисто-кременистої формації та граніто-гнейсового комплексу Середнього Придніпров'я, кварцовими пісками, алевритами, суглинками та іншими. До їхнього складу входять важливі у промисловому значенні мінерали: оксиди і гідроксиди заліза, циркон, ставроліт, мінерали титану, каолініт, кварц, монацит тощо. Всі вони потрапляють до відвалів, де змішуються і втрачаються як мінеральна сировина для використання у народному господарстві. Це обумовлює необхідність глибокого комплексного дослідження літології розкривних осадових порід центральної частини Криворізького басейну, у тому числі їх хімічного та мінерального складу, будови, генезису та напрямків комплексного використання.

Зважаючи на значні антропогенні зміни геологічного середовища, їх вплив на сучасне мінерало- та породоутворення, виникнення нових осадових порід змішаного природно-техногенного походження, дослідження літології та масштабів впливу антропогенної діяльності на осадові породи та екологію центральної частини Криворізького басейну є важливим і актуальним завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до:

- Дніпропетровської обласної комплексної програми (стратегії) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016 - 2025 роки (затвердження рішенням Дніпропетровської обласної ради від 21 жовтня 2015 року №680-34/VI);

- Тематичних планів наукових досліджень відділу проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України»:

- Держбюджетної теми № ДР 0113U007069 «Літологія, екологія та збереження природного стану і раціональне використання континентально-морських осадків гео-екосистеми Азово-Чорноморського басейну України», 2014-2018 р.р.

- Держбюджетної теми № ДР 0119U100502 «Літологія та геоекологія північного узбережжя Азовського та Чорного морів в контексті концепції збалансованого природокористування і сталого розвитку України», 2019 р.

- Держбюджетної теми № ДР 0120U100851 «Літолого-мінералогічні та технологічні дослідження з метою наукового обґрунтування і впровадження інноваційної технології комплексної переробки гематитових кварцитів Криворізького басейну», 2020 р.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є уточнення геологічної будови та літолого-геохімічних особливостей осадових порід центральної частини Криворізького басейну, мінералого-літологічне обґрунтування можливості комплексного використання розкривних осадових порід та покращення екологічного стану важливого промислового регіону України.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

1. Дослідити будову та речовинний склад розкривних осадових та відвальних порід в межах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок центральної частини Криворізького басейну та визначити їх літологічні і геохімічні характеристики.

2. Побудувати об'ємну структурно-літологічну модель поширення розкривних осадових порід території дослідження.

3. Визначити природні і техногенні чинники формування речовинного складу і будови осадового комплексу Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну.

4. Обґрунтувати напрями та технології комплексної переробки відвальних осадових порід з виробництвом промислових концентратів і залученням новітніх методів переробки мінеральної сировини.

Об'єкт дослідження – розкривні породи осадового чохла у корінному заляганні та закладовані у відвалах у межах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну.

Предмет дослідження – геологічна будова, речовинний склад і технологічні властивості розкривних осадових та відвальних порід Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну.

Методи дослідження. Для збору, узагальнення, структурування інформації щодо геологічних та літологічних характеристик осадових порід використовувався комплекс традиційних і новітніх методів, який включав гранулометричні, петрографічні, рентгено-структурний, мінералогічні та хімічні аналізи.

Для визначення вмісту елементів-домішок у складі осадових порід використовувались атомно-емісійний та атомно-абсорбційний спектральні аналізи. З метою вивчення морфології та хімічного складу рудних і нерудних мінералів порід використовувались електронно-мікроскопічний і мікрозондовий аналізи.

Для обґрунтування технології комплексної переробки відвальних осадових порід з виробництвом гетит-гематитового, цирконового, рутилового, ільменітового концентратів, а також каолінітового, кварцового продуктів були застосовані літолого-технологічні випробування.

Збір, обробка і аналіз даних, підготовка і оформлення дисертаційної роботи виконувались з використанням стандартних і адаптованих статистичних методів комп'ютерної обробки мінералого-геохімічної інформації та ін. На етапі побудов і візуалізації моделей використовувався метод просторового статистичного аналізу реалізований у програмному середовищі CorelDraw, MapInfo та MicroMine.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше встановлено особливості розподілу важких (чорних, кольорових і благородних) металів і рідкісноземельних елементів у вертикальному перерізі і за латераллю розкривних осадових порід.
2. Встановлена регіональна золото-срібна металогенічна спеціалізація четвертинних еолових суглинків центрального Кривбасу.
3. Побудована цифрова об'ємна модель поширення розкривних осадових порід у центральній частині Криворіжжя в межах Глеюватської ділянки.
4. Вперше виявлено і досліджено для Кривбасу сучасні травертини природно-техногенного походження, які пов'язані з діяльністю гірничих підприємств в центральній частині
5. Вперше виконано літолого-технологічне обґрунтування можливості комплексної переробки відвальних осадових порід Криворізького басейну з виробництвом цирконового, рутилового, ільменітового концентратів, а також каолінітового, кварцового продуктів.

Наукове значення роботи полягає у визначенні мінералогічної спеціалізації розкривних осадових порід Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну; встановленні особливостей розподілу хімічних елементів та виокремленні літолого-геохімічних зон у розрізі; побудові цифрової об'ємної моделі залягання розкривних порід в межах Криворіжжя; встановленні золото-срібної металогенічної спеціалізації четвертинних суглинків.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання результатів дисертаційної роботи для комплексної переробки розкривних осадових порід із виробництвом промислових концентратів, а також заходів з покращення екологічного стану та соціальних аспектів гірничо-

видобувного регіону, підвищенні економічного потенціалу промислових підприємств.

Встановлення золото-срібної металогенічної спеціалізації четвертинних суглинків дозволяє розглядати територію центральної частини Кривбасу у якості одного з джерел живлення Азово-Чорноморської провінції «тонкого золота», а також перспективного району для проведення пошукових робіт на розсипи в межах Криворізького басейну та Середнього Придніпров'я в цілому.

Особистий внесок здобувача. Брала участь у польових експедиціях, вивчала та описувала осадові породи у відслоненнях, кар'єрах, відвалах підприємств гірничо-видобувного комплексу. Відбирала проби сучасних осадків у руслах рік, озер та балок. Готувала проби для виконання спектрального, хімічного, мікрозондового, рентгенно-структурного аналізів. Особисто автором виконувалась відмивка «сірих шліхів» та фізико-механічні дослідження осадових порід. Самостійно та за допомогою співробітників Відділу проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України» виконувала мікроскопічні дослідження і технологічні випробування на сепараторах: магнітному, електромагнітному та гравітаційному; проводила розділення матеріалу проб, сірих шліхів, концентратів, доводку концентратів у важкій рідині (бромформі); разом із співробітниками ІГН НАН України вивчала мінерали осадових порід на растровому електронному мікроскопі та рентгенівському мікроаналізаторі.

Основні результати, висновки і наукова новизна, викладені у дисертаційній роботі, отримані автором самостійно. Роботу виконано на фактичному матеріалі, особисто зібраному здобувачем при проведенні науково-дослідних робіт з вишукуванням методів щодо можливості комплексного промислового перероблення, повторного використання та утилізації розкритих осадових порід. Виконано: структурно-текстурні, мінералогічні та геохімічні дослідження порід; проаналізовано результати попередніх мінералогічних і літолого-технологічних досліджень; проведено літолого-технологічне опробування розкритих осадових відкладів родовищ центральної частини Кривбасу; вивчено їх гранулометричний,

хімічний і мінеральний склад; виконано літолого-технологічні експерименти і обґрунтування оптимальної схеми переробки відвальних осадових порід з метою одержання мінеральних концентратів. Особистий внесок здобувача у наукових працях зазначено у списку оприлюднених за темою дисертації робіт.

Апробація результатів дисертації. Методологічні і теоретичні положення виконаних досліджень та основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних наукових конференціях:

1. XIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців», 22-24 березня 2017 р. Кривий Ріг;

2. Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості і суспільства», 24-26 травня 2017 р. Кривий Ріг;

3. II Молодіжна наукова конференція «Суспільство, довкілля і зміна клімату», 15-17 березня 2017 р. м. Київ;

4. Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості і суспільства», 23-25 травня 2018 р. Кривий Ріг;

5. Конференція «Проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій» жовтень 2018 р. м. Київ, ІГН НАН України.

Публікації. Основні наукові результати, що викладені в дисертаційній роботі, опубліковані здобувачем у 11 наукових працях серед яких: 5 публікацій у наукових фахових виданнях України, 2 англомовні статті у виданнях іноземних держав, 3 - включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS, Web of Science; 1 монографія:

1. Іванченко В. В. Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу. / Іванченко В. В., Стеценко А. І. // Східно-Європейський науковий журнал. – 2016. – №8 (12). – С. 39-46.

2. Стеценко А. І. Літологія та напрямки використання континентальних і морських відкладів борисфенської і понтської трансгресії в східній частині Криворізької структури. / Стеценко А. І., Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Геологія і корисні копалини світового океану. – 2018. – №1 (51). – С.46-58.

3. Стеценко А. І. Літологія та геохімія осадових порід Павлівського родовища західної частини Криворізької структури. / Стеценко А. І. // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія". – 2018. – №1. – С.92-103.

4. Стеценко А. І. Особливості мінерального та хімічного складу травертинів природно-техногенного походження у м. Кривий ріг. / Стеценко А.І., Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Мінералогічний збірник ЛНУ ім. Івана Франка. – 2018. - №1(68). – С.172-181.

5. Кошарна С.К. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховищ Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів./ Кошарна С.К., Стеценко А.І., Глонь В.А. // Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – №2

Монографії

6. Довгий С.О., Коржнев М.М. (ред.), Трофимчук О.М., Іванченко В.В., Курило М.М., Покалюк В.В., Яковлев Є.О., Стеценко В.В., Беліцька М.В., Кошарна С.К., Стеценко А.І. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони // НАН України, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – К.: Ніка -Центр, 2017. – 208 с

Статті, які додатково відображають зміст дисертації

7. Стеценко А. І. Формування карбонатних відкладів під впливом інфільтрацій з хвостосховища ЦГЗК (Кривий Ріг). / Стеценко А. І., Кошарна С. К., Іванченко В. В. // Екологічна безпека та природокористування. – 2017. – № 3-4 (24). – С. 74-84.

Особистий внесок автора в роботах, написаних у співавторстві: [1] - аналіз літературних джерел, побудова карт, фотографування техногенних об'єктів; [2, 4, 5, 7] - відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, побудова карт і розрізів; [6] - участь у написанні розділу «Мінеральні новоутворення та важкі метали на техногенних об'єктах ГЗК».

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний текст дисертації налічує 156 сторінок, 7 таблиць, 90 рисунки, список використаних джерел з 117 найменувань, додатки.

Робота виконана під керівництвом завідувача відділом, кандидата геолого-мінералогічних наук Владислава Вікторовича Іванченка, якому автор висловлює щиру подяку за всебічну підтримку, сприяння і спрямування наукових досліджень.

За надання консультацій, критичних зауважень та порад автор глибоко вдячна с.н.с. кандидату технічних наук Ю.Д. Чугунову, провід. н.с. кандидату біологічних наук Т.М. Альохіній, с.н.с. кандидату геологічних наук Л.М. Ковальчук, ведучому інженеру-гідрогеологу Ю.М. Бубліку, гідрогеологу I категорії В.В. Тищенко, а також провідним інженерам відділу В.Д. Канцер, С.Т. Зайцевій, Т.М. Ільченко.

РОЗДІЛ І. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКРИВНИХ ПОРІД ОСАДОВИХ ВІДКЛАДІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КРИВОРІЗЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ

1.1. Попередні дослідження осадових відкладів Кривбасу.

Завдяки значним покладам залізних руд історія геологічного вивчення Криворізької структури, бере свій початок з кінця XVII століття, коли академік В.Ф. Зуєв у 1781 р. виявив і описав на берегах ріки Саксагань "залізний шифер" [80].

Після відкриття В.Ф. Зуєвим криворізьких залізних руд тільки через сто років (1875) О.М. Поль розпочав їх видобуток і практично поклав початок не тільки гірничо-видобувної промисловості в районі, але й послідовному геологічному вивченню Кривбасу [81].

Перші відомості про геологічну будову, мінералогію та залізорудні родовища регіону пов'язані з іменами таких видатних дослідників XIX століття як М.П. Барбот-де-Марні, В.А. Домгер, С.О. Конткевич, П.П. Пятницький та інші. Значний вклад в пізнання геології Кривбасу було зроблено в часи індустріального розвитку Криворіжжя в довоєнні тридцять та післявоєнні (сорокові - шестидесяті) роки, коли колективами виробничих і науково-дослідних геологічних організацій під керівництвом Я.М. Белєвцева, Ю.Г. Гершойга, Г.І. Каляєва, М.І. Світальського та інших не тільки було введено в експлуатацію значну кількість родовищ Кривбасу, але і укладено наукові монографії, що не втратили своєї актуальності і в наш час [80].

Одним з перших дослідив осадові породи Кривого Рогу у своїх роботах Н.А. Соколов (1896). Він надав стратиграфію палеогенових відкладів і охарактеризував

марганцеві руди в околицях Кривого Рогу, що були вперше встановлені А. Д. Федосєєвим (1937). Значний внесок у вивчення осадових порід Криворіжжя та їх мінерального складу зробив І. І. Танатар (1934). У своїх працях він показав, що питання генезису кристалічних та осадових порід не можуть вирішуватись без висвітлення процесів міграції речовини і без детальних петрографічних та мінералогічних досліджень [80].

Чисельні мінерали виявила в четвертинних відкладах М. Г. Дядченко. У долинах річок Саксагань та Жовта вона встановила 62 мінерали, у тому числі шпінель, корунд, золото, рutil, брукит, каситерит. У четвертинних лесово-суглинистих породах долин р. Саксагань та р. Інгулець Г. В. Єфанов відмітив наявність кварцу, польового шпату, рогової обманки, біотиту, мусковіту, епідоту, каолініту, рутилу, окислів заліза та глинистих мінералів [85]. У результаті наступних геологічних досліджень, що проводились на території Криворізького залізорудного басейну на початку ХХ ст., були встановлені загальні особливості будови та стратиграфії осадових порід [64].

Детальний опис осадових порід Центрального залізорудного району Кривбасу наведено у роботі А.А. Березовського та Ю.М. Бублика, на прикладі надрудної товщі Глеюватського родовища залізистих кварцитів [16, 17, 18]. Загалом, вони виділили 8 шарів осадових порід палеоген-неогенового віку, загальною потужністю від 20 до 60 м.

1.2. Історія геологічного розвитку

Суттєво новий період в історії геологічного розвитку Криворізького басейну, який закарбувався у розрізі кайнозойських відкладів осадового чохла, розпочався близько 55-50 млн. років тому. Початок поступового і тривалого опускання території Кривбасу поклала буцацька трансгресія. Морські води проникали в район Кривого Рогу з півдня від Причорноморської западини по досить широких долинах в кристалічному фундаменті, приурочених до ділянок розвитку Західно- та Східно-

Криворізької депресії. Осадконакопичення відбувалося в умовах неглибокого моря, температура води в якому не знижувалася нижче $+20^{\circ}\text{C}$.

Охарактеризовані вище зміни палеогеографічної обстановки в Кривбасі проходили впродовж 7 млн. років, після чого наступив черговий континентальний перерив, який тривав близько 10 млн. років і, в свою чергу, змінився ранньоолігоценовою борисфенською трансгресією. Борисфенське море було мілким, що сприяло накопиченню тільки теригенних (пісків, гравелітів, галечників) і вапнякових черепашникових відкладів. Основними поселенцями моря були молюски та форамініфери, скелети яких і служили матеріалом для формування черепашникових вапняків, а також різноманітні риби, акули і кити.

В пізньосарматський час борисфенське море суттєво зменшилося, але не залишило території Кривбасу. Його берегова лінія проходила приблизно на широті міста Кривого Рогу. Воно значно обміліло, що призвело до накопичення здебільшого теригенних уламкових відкладів (пісків) і збіднення органічного світу. В ньому існували тільки молюски серед яких переважали мактри. Відбулося і зниження температури води в басейні до $+16^{\circ}\text{C}$. Головною геологічною подією на початок меотичного віку неогену (14 млн. років тому) було зменшення площі морського басейну, проте воно зовсім не відступило з території Криворіжжя, яка знову була покрита морем вже у другій половині меота.

Меотичний басейн був мілководним (глибина не перевищувала 25 м) і в ньому накопичувалися теригенні та органогенні осадки. Серед фауни переважали молюски, форамініфери, моховатки, остракоди, риби і тюлені.

З пліоценовим періодом, який тривав від 5 до 2 млн. років назад в Кривбасі, пов'язана понтська трансгресія. Понтське море покривало всю територію Криворіжжя. Воно було мілководним, солоним і теплим, температура води досягала $+18 - +20^{\circ}\text{C}$. В прибережній частині накопичувалися виключно теригенні породи, а у відкритому морі відбувалося формування карбонатних осадків.

Понтська трансгресія була останньою в історії геологічного розвитку Криворізького басейну. Після неї територія району перетворилася на сушу, яка існує і до сьогоденного часу. На ній відбувається формування тільки

континентальних відкладів пов'язаних з геологічною роботою вітру, вод поверхневого та підземного стоку, а на ділянках відслонення кристалічних порід утворюються кори вивітрювання, спричинені сучасними гіпергенними процесами [43].

1.3. Поширення осадових утворень в межах центральної частини Криворізького басейну

Осадовий чохол має кайнозойський вік і представлений дочетвертинними (морськими і континентальними) і четвертинними (континентальними) відкладами. В їх розподілі важливу роль відіграв рельєф поверхні кристалічного фундаменту (рис.1.1). Дочетвертинні відклади заповнили його Східно- і Західно-Криворізьку депресії, які обрамлюють Криворізький кряж, а також, виходячи за їх межі, більш дрібні западини. Четвертинні утворення суцільно покривають всі відклади, які залягають нижче [16, 17, 18].

За період свого формування від середнього еоцену до теперішнього часу, осадові відклади зазнавали розмиву зі зносом уламкового матеріалу з піднятих ділянок суші, а також розмиву в річкових долинах і прибережній зоні морських басейнів. Тому часто форма розповсюдження відкладів напівострівна, а для деяких, наприклад, олігоценів - острівна. Залягання осадових порід майже горизонтальне з нахилом у бік загального нахилу фундаменту на південь (рис.1.1). Максимальна потужність осадового чохла 120 м [16, 17, 18].

Палеогенова система

Палеогенові породи поділяються на середньоеоценові і олігоценів. Товща перших включає породи буцацької і київської світ. Олігоценів відклади представлені межигірською світою.

Буцацька світа ($P_2b\check{c}$) розповсюджена обмежено, виповнює депресії в кристалічному фундаменті (рис.1.2). Найбільший її розвиток відзначається в межах Східно- і Західно-Криворізької депресій. На решті території відзначаються невеликі островки буцацьких відкладів у заглибленнях кристалічного фундаменту. Максимальна потужність відкладів – 31 м - спостерігається в осьовій частині

Східно-Криворізької депресії і в південній частині вивченої території. В північному напрямку вона зменшується до повного виклинювання. Абсолютні відмітки покрівлі світи з півдня на північ збільшуються від 20 до 80 м.

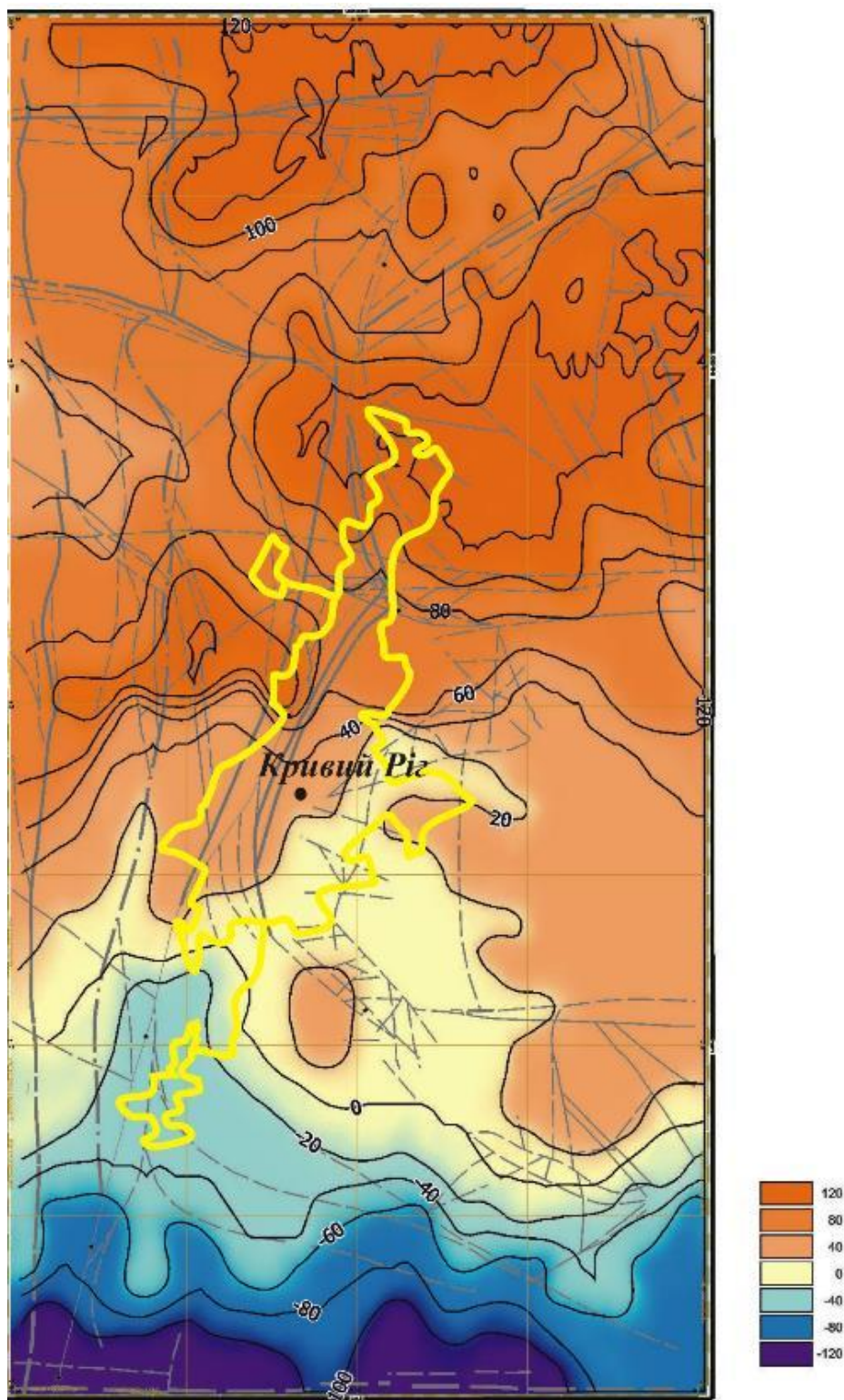


Рис. 1.1. Схематична карта ізогіпс поверхні кристалічних порід М 1:200000 (за Захаровим В.В, 2002 р.) з доповненнями автора [30].

Відклади світи представлені континентальними утвореннями річкової, руслової і озерно-болотної фацій. В будові розрізу беруть участь (знизу догори) пласти піску, вторинного каоліну, бокситоподібної породи (виповнює верхні частини схилу Східно-Криворізької депресії), а також буровугільна товща, складена піском, бурим вугіллям, глиною.

Буцацькі відклади добре охарактеризовані споро-пилковими комплексами. Переважають *Myrioasp.*, *Contaneasp.*, *Platycaruas* [30].

Київська світа (P_2kv) користується більш широким розповсюдженням. Її породи залягають на породах буцацької світи і вивітрених кристалічних породах, виповнюючи в основному депресії фундаменту (рис.1.2). На високо піднятих його ділянках і в місцях ерозійного розмиву відклади київської світи відсутні [16, 17, 18, 30].

Виходи на поверхню відомі лише в деяких пунктах долин річок Інгулець і Саксагань. Абсолютна відмітка покрівлі світи коливається від 30 м на півдні до 100 м на півночі вивченого району. Максимальна її потужність в осьових частинах Східно-Криворізької депресії досягає 35 м.

Відклади київської світи представлені морськими осадками відносно глибоководної і прибережно-мілководної фацій. Поступова зміна фацій від глибоководної до прибережно-мілководної спостерігається з південного сходу на північний захід. Глибоководні утворення (глини) поділяються на три відміни: 1) блакитно-зелена або зеленувато-сіра глина бейделітового, монтморилонітового або гідролюдисто-монтморилонітового складу, жирна, часто місцями обвохрена; 2) сіра, темно-сіра до чорної глина, переважно, каолінітового складу з обвугленими рослинними залишками; 3) біла, жирна каолінітова вогнетривка глина, розповсюджена у верхів'ях русла Східно-Криворізької депресії.

Піщано-глинисті утворення прибережно-мілководної фації тяжіють до присхилкових частин депресії. Вони представлені піщаними глинами, глинистими пісками.

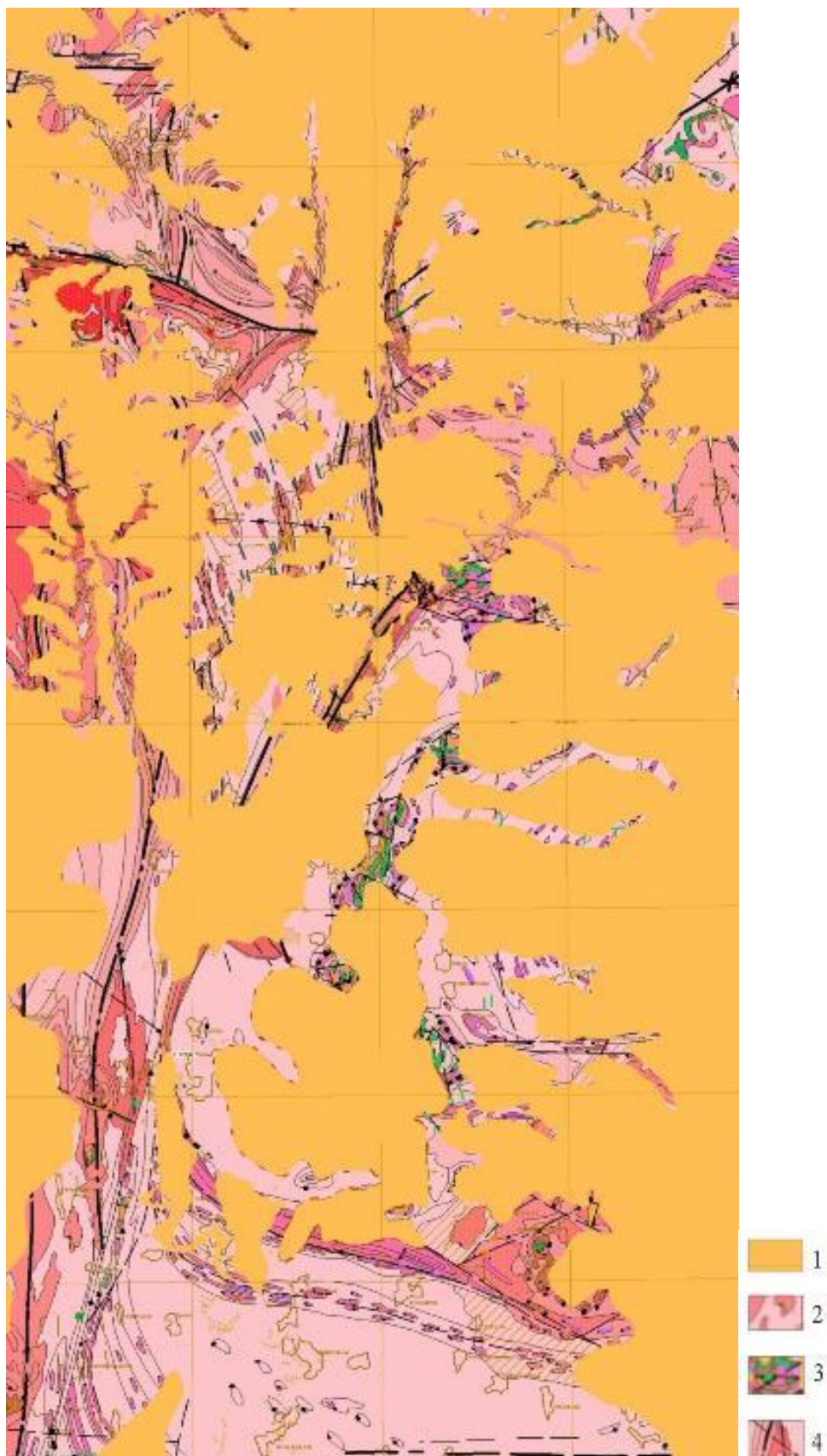


Рис. 1.2. Схематична карта палеогенових відкладів. М 1:200000 (за Захаровим В.В., 2002 р.) [30]. 1- палеогенові відклади, 2 – породи протерозою, 3 – інтрузивні тіла протерозойського віку, 4 - лінії глибинних розломів.

Межигірська світа ($P_3m\check{z}$) об'єднує піщано-глинисті морські утворення. Залягають вони на розмитій поверхні кори вивітрювання кристалічних порід, займаючи незначну площу на водорозділі річок Зеленої і Жовтої [16, 17, 18, 30].

В палеонтологічному відношенні відклади світи німі. До олігоценового віку вони віднесені через їх подібність до відкладів, які широко розповсюджені на північ і північний схід від вивченої площі, і для яких вікова належність підтверджена органічними залишками [16, 17, 18, 30].

Неогенова система

Найбільшим розвитком серед неогенових утворень користуються відклади верхнього міоцену і пліоцену. Дуже обмежені за розповсюдженням породи середнього і нижнього міоцену. Відклади неогену представлені морськими осадами мілководної і прибережної фацій, а також континентальними утвореннями.

Нижній і середній міоцен. Неподілені нижньо-середньоміоценові утворення представлені відкладами новопетровської світи полтавської серії.

Новопетровська світа (N_{1np}) розповсюджена тільки на невеликих ділянках у північно-східній частині вивченої території (рис.1.3). В районі селищ Павлівка і Новочиgirинівка породи світи виходять на денну поверхню по схилах долин річок Зеленої, Саксагань і балки Демуриної. Залягають вони на відкладах київської і межигірської світ, а також на корі вивітрювання кристалічних порід. Перекриваються пісками середньо сарматського регіопід'ярусу. Відмітка покрівлі їх коливається від 90 до 105 м. Максимальна потужність світи 16 м.

В будові світи беруть участь тонко- і дрібнозернисті кварцові піски з різним вмістом слюд, в різній мірі глинисті, білого, світло-сірого, зеленувато-сірого, зеленувато-жовтого і жовтого кольорів. В нижній частині світи в пісках часто спостерігається домішка глауконітового матеріалу.

Характерною особливістю пісків є наявність рожевих, червоних, бурих і вохристих вкраплень, завдяки яким встановлюється межа між новопетровськими і перекриваючими їх середньосарматськими пісками.

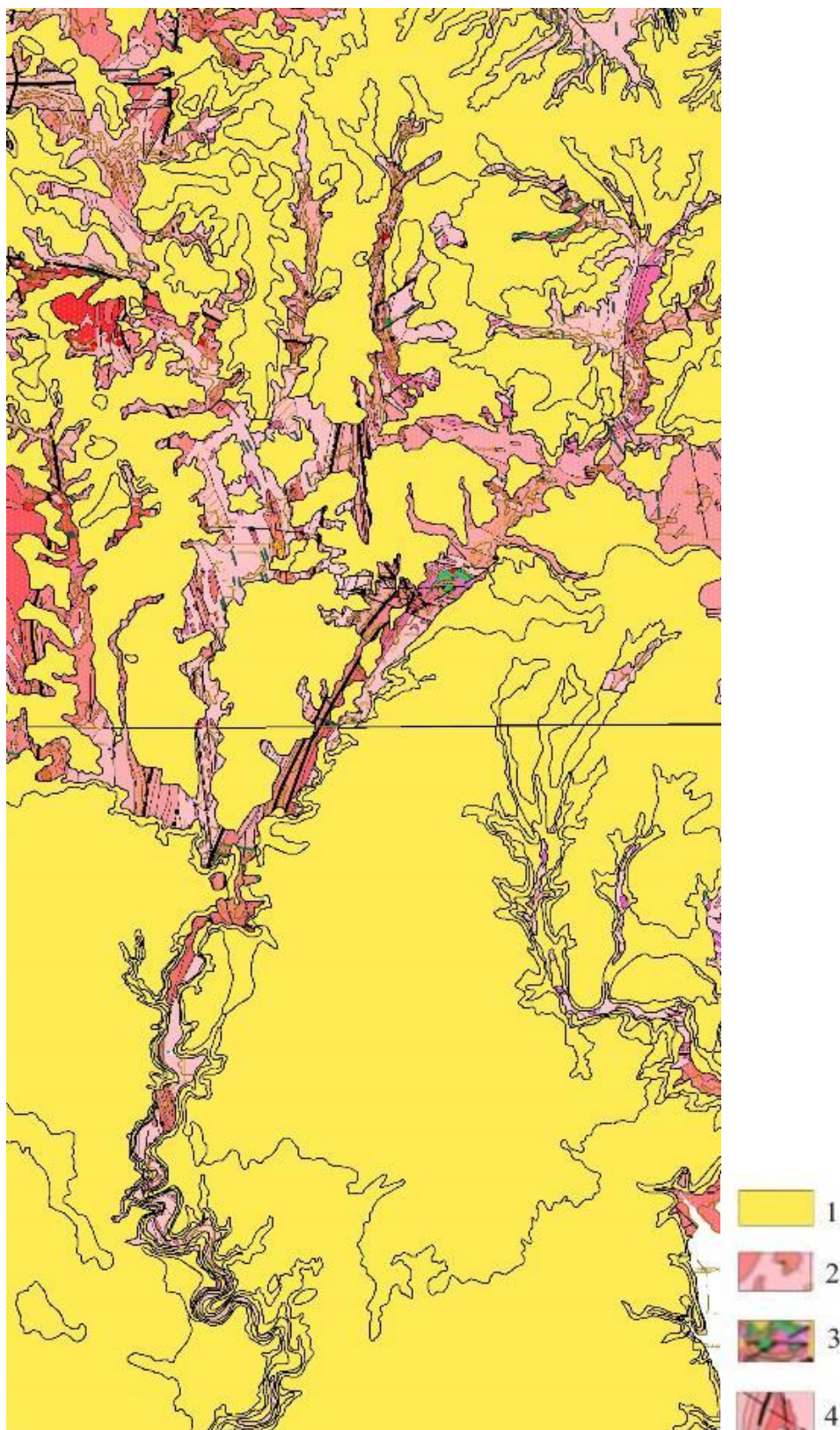


Рис. 1.3. Схематична карта розповсюдження відкладів нижнього та середнього міоцену М 1:200000 (новопетрівська світа, полтавська серія), (за Захаровим В.В., 2002 р.) [30].

1- відклади нижнього та середнього міоцену, 2 – породи протерозою, 3 – інтрузивні тіла протерозойського віку, 4 - лінії глибинних розломів.

Середньоміоценові утворення в межах території представлені відкладами караганського регіоярусу, який проявлений у південній частині Дніпропетровської області [16, 17, 18, 30].

Караганський регіоярус (N_{1kr}) потужністю 2-5м складений зеленими пластичними глинами з домішками зерен кварцу.

Верхній міоценові утворення представлені відкладами сарматського регіоярусу (N_{1s}), в складі якого виділяються середньосарматський і верхньосарматський під'яруси.

Середньосарматський під'ярус (N_{1s2}) розповсюджений у південній частині території і в значно меншій мірі в її північній частині (рис.1.4). Його відклади залягають на породах київської світи, на кристалічних породах і їх корах вивітрювання. Перекриваються верхньосарматськими осадовими породами [16, 17, 18, 30].

Для середньосарматських утворень характерні два різних за літологічним складом типи розрізів. На півдні переважають вапняки з підпорядкованим розвитком пісків і глин (морська мілководна фація). Північніше - домінують піски і глини (прибережна фація).

Верхньосарматський під'ярус (N_{1s3}) користується майже повсюдним поширенням в межах вивченої території. Він неузгоджено залягає на середньосарматських відкладах, кристалічних породах і їх корах вивітрювання. Представлений морськими відкладами мілководної і прибережної фацій, відомими під назвою "геліксові прошарки" (N_{1gl}). Мілководна фація представлена вапняками з підпорядкованим розвитком глин і пісків, прибережна –глинисто-пісчаними породами.

Неподілені верхньоміоценові і нижньопліоценові утворення представлені горизонтом строкатих глин (N_{1-2ps}), які залягають на верхньосарматських, а в разі їх відсутності – на середньосарматських і більш древніх утвореннях. Приурочені вони, головним чином, до водороздільних ділянок рельєфу та їх схилів. Глини сірі, зеленувато-сірі, іноді жовті з зеленуватим відтінком. Склад монтморилонітовий з домішками каолінітового матеріалу і гідролюд. Для глин

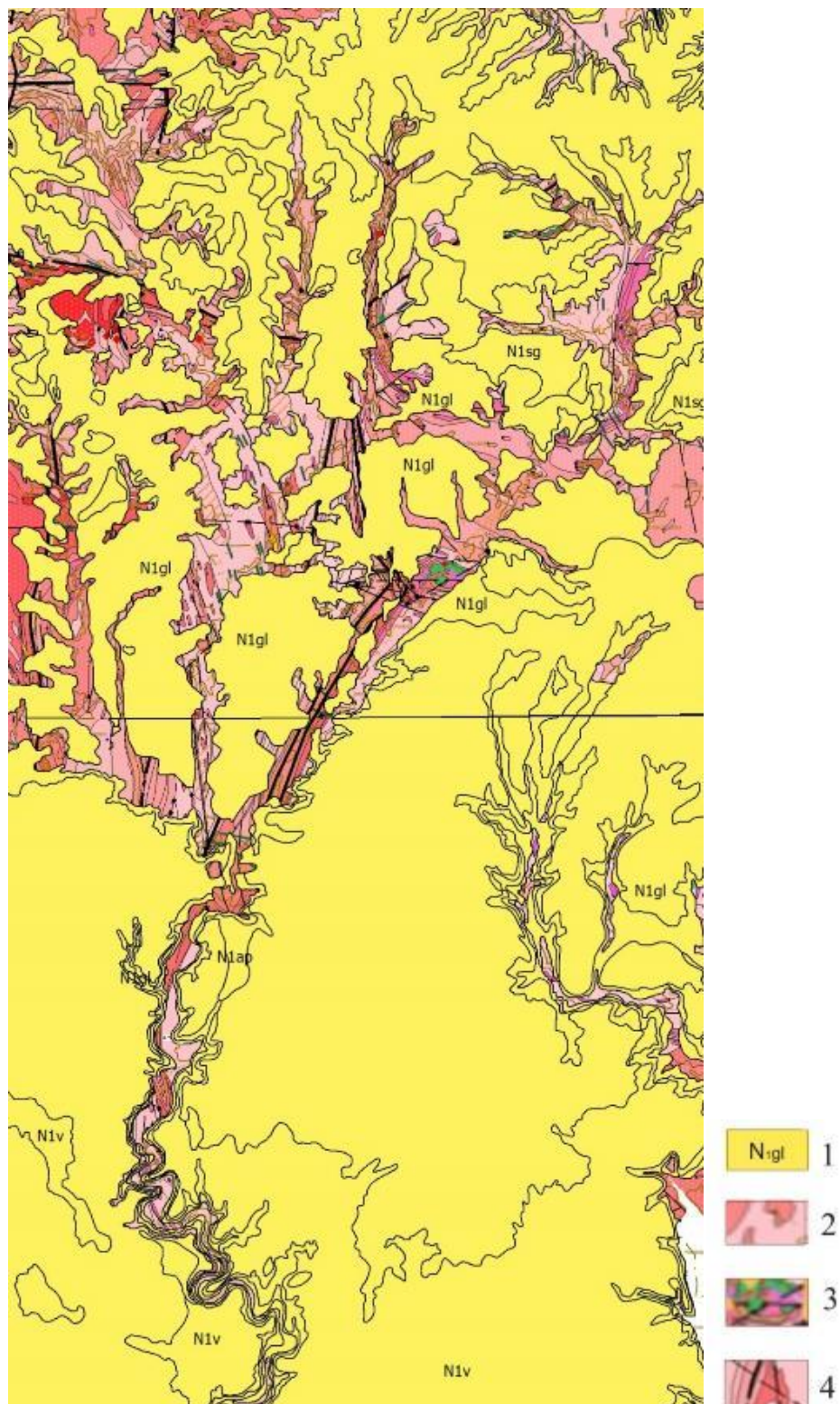


Рис. 1.4. Кордони розповсюдження середньосарматських відкладів. М 1:200000, (за В.В. Захаровим, 2002 р.) з доповненнями [30].

1- середньосарматські відклади, 2 – породи протерозою, 3 – інтрузивні тіла протерозойського віку, 4 - лінії глибинних розломів.

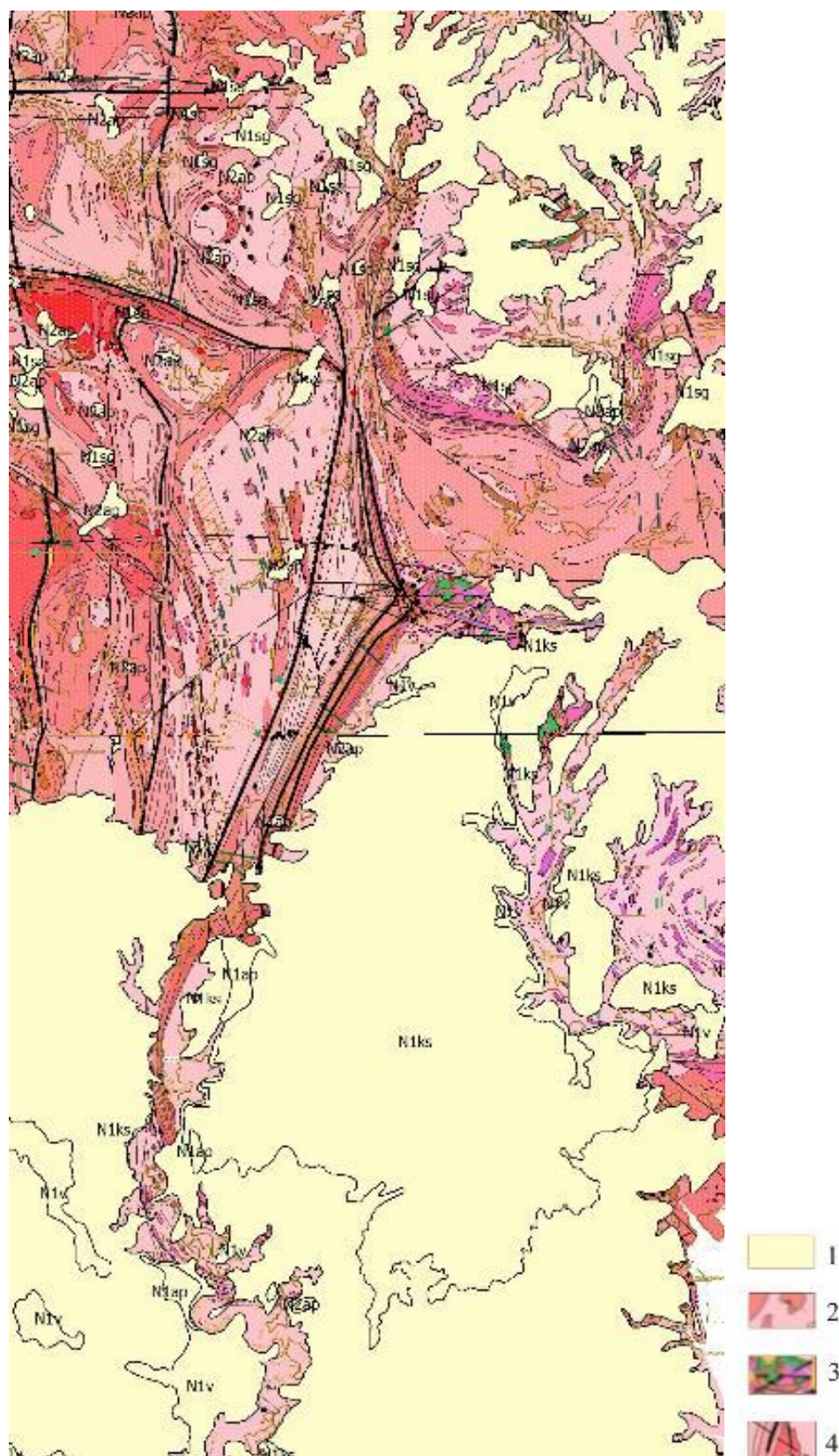


Рис. 1.5. Карта поширення нижньонеогенових відкладів М 1:200000 (за В.В. Захаровим, 2002 р.) [30].

1- нижньонеогенові відклади, 2 – породи протерозою, 3 – інтрузивні тіла протерозойського віку, 4 - лінії глибинних розломів.

характерна наявність бурих, вохристих, цегельно-червоних плям і розводів, а також включень і конкрецій карбонатів, дендритів і бобовин оксидів заліза та марганцю, а також друз і кристалів гіпсу.

Пліоценові відклади розповсюджені на всій території, що вивчається, і представлені нижньопліоценовими морськими осадами понтичного регіонарусу і косовських шарів, а також середньопліоценовими, середньо-верхньопліоценовими континентальними утвореннями [16, 17, 18, 30].

Понтичний регіонарус (N_2p). Нижній під'ярус (N_2p_1) представлений вапняками, глинами і незначно розвинутими мергелями, пісковиками і пісками, які незгідно залягають на верхньосарматських і більш древніх породах, в тому числі кристалічних. Перекриваються вони більш молодими утвореннями. Вапняки, глини, мергелі і пісковики є мілководними морськими осадами. Прибережна фація представлена пісками, розвинутими в північній і в північно-східній частинах поширення понтичних відкладів, де вони фаціально заміщують вапняки.

Косовські шари ($N_2 ks$) залягають на нижньопонтичних і більш древніх відкладах. Вони представлені зеленувато-сірими, сірими, сірими з темно-сірими або вохристими плямами, жовто-бурими глинами, які містять значну кількість вапняків. Нерідко в нижній частині товщі глин, а іноді в середній її частині зустрічаються пласти світло-сірих часто з буруватим відтінком дрібнозернистих кварцових глинистих пісків потужністю від десятків сантиметрів до декількох метрів. Залягаючи в основі розрізу, піски нерідко містять гальку вапняків, пісковиків, а іноді кристалічних порід. В мінералогічному відношенні піски дуже подібні до верхньосарматських.

До середнього пліоцену віднесені алювіальні піски, які утворюють смуги вздовж долин річок Інгулець і його притоків Саксагань і Бокова. Ширина смуг в межах вивченої площі досягає 4-5 км. Більшою частиною вони простягаються від лівих схилів долин до плато рівнин. Піски залягають під червоно-бурими глинами і підстеляються відкладами верхньо- і середньосарматського віку, київської і буцацької світ палеогену, іноді залягають на породах докембрію.

Середній і верхній пліоцен ($N_2 pl_{2-3}$) представлений товщею червоно-бурих глин, розвинутих на всій площі і відсутніх лише в місцях їх сучасного розмиву. Глини дуже щільні, в'язкі, досить пластичні, нешаруваті, з численними поверхнями ковзання, вапнякові, містять карбонатні конкреції, друзи гіпсу і залізо-марганцеві плівки. Донизу в глинах збільшується вміст піщаного матеріалу з крупними зернами кварцу. Глини представляють собою елювіальні, делювіальні, елювіально-делювіальні, еолово-делювіальні утворення і у віковому відношенні можуть бути порівняні з богданівським горизонтом середнього пліоцену і бережанським, і крижанівським горизонтами пліоцену, які виділяються за межами вивченої території [16, 17, 18, 30].

Четвертинні відклади.

Відклади четвертинної системи розповсюджені по всій території Криворізького басейну, відсутні лише в місцях розмиву. Представлені вони суглинистими утвореннями, які чітко розділяються на ґрунтові горизонти і горизонти лесоподібних суглинків. Стратиграфічно на вище вказаній території виділені всі чотири ланки четвертинної системи: нижньочетвертинна, середньочетвертинна, верхньочетвертинна та сучасна.

Нижньочетвертинна ланка - мартоношський і широкинський ґрунтові горизонти червоно-бурого, темно-бурого та коричнево-бурого кольорів, що залягають один на одному, роз'єднаних приазовським лесовим горизонтом. Ґрунти тяжкі, суглинисто-глинистого складу. Загальна потужність 2-10 м.

Середньочетвертинна ланка – суглинки льосовидні, легкі і середні бурого, темно-бурого та жовто-палевого кольору, потужністю 2-10 м. Алювіальні відклади другої надзапальної тераси даної ланки мають потужність 5-10 м.

Середньочетвертинна ланка - суглинки лесоподібні бурі та жовтувато бурі. Алювіальні відклади першої надзапальної тераси мають потужність 15 м.

Сучасні делювіальні відклади схилів долин, балок (переважно суглинки з домішками уламкового матеріалу), алювіальні відклади заплав мають потужність 8-10 м. Алювіально-пролювіальні відклади балок, ярів, ґрунтовий шар мають потужність 0,5-1,0 м [16, 17, 18, 30].

РОЗДІЛ 2. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА РАЙОНУ

2.1. Геологічна будова об'єктів дослідження

2.1.1. Вибір об'єктів дослідження

Значна площа поширення осадових утворень в межах Криворізького басейну обумовлює великий об'єм інформації про їх склад, умови утворення тощо, яка зафіксована у мінералогічних особливостях порід осадового чохла. При розгляді матеріалів *зйомочних* робіт території, виконаних Криворізькою ГРЕ в 50-х та 60-х роках різними авторами помітні суперечливі моменти у визначенні вікових відносин, генезису, фаціальної природи порід, особливо тих, що відносяться до «німих» товщ.

Основні висновки базувались на результатах вивчення залишків фауни і флори, відібраних у невеликих за розміром природних і штучних відслоненнях та свердловинах, які слід розглядати як точкові об'єкти. На той час ще не велись розкривні роботи сучасного масштабу, які виконуються на залізорудних кар'єрах Кривбасу протягом останніх років.

Сьогодні кар'єри гірничо-збагачувальних комбінатів мають довжину до 5 і більше кілометрів. Вони розташовані вздовж всього простягання західного схилу Криворізького кряжу. Кожен кар'єр є практично безперервним техногенним розрізом осадового чохла Кривбасу, який дозволяє детально дослідити будову і склад кайнозойської товщі.

Основними об'єктами досліджень автор обрала відслонення поблизу с. Глеюватка (кар'єр №1 та хвостосховище Центрального гірничозбагачувального комбінату), с. Павлівка, Дніпропетровської області (Павлівський піщаний кар'єр) і р-н КРЕС у м. Кривий Ріг (Кресівський гранітний кар'єр). Об'єкти розташовані в центральній частині Криворізького басейну і перетинають Криворізько-Кременчуцьку структуру у субширотному напрямку (рис. 2.1).

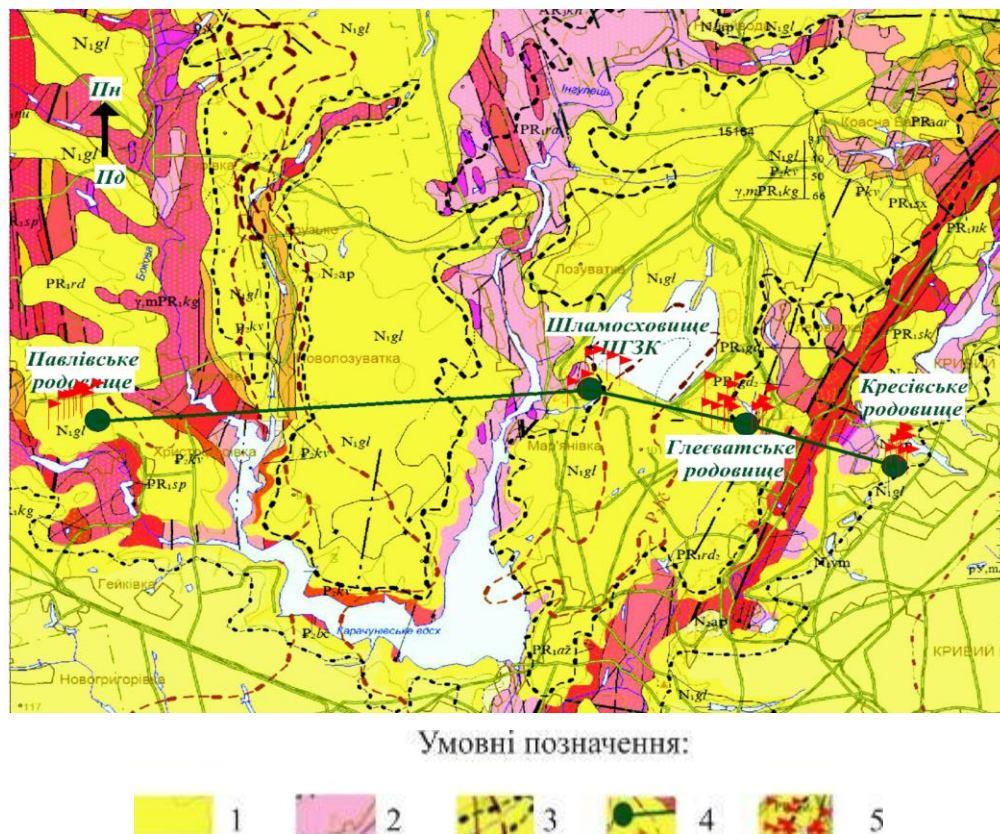


Рис. 2.1. Оглядова карта району досліджень М 1:200000 (за Захаровим В.В., 2002 р.) з доповненнями автора [30].

1 - осадові породи кайнозойського віку; 2 – породи кристалічного фундаменту протерозойського віку; 3 – геологічні границі порід кайнозою; 4 – об'єкти дослідження; 5 – точки відбору геологічних зразків.

Вивчений розріз характерний для центральної (осьової) частини Українського щита. У його будові переважно поширені піщані морські та континентальні відклади міоцену (новопетрівська світа, товща пісків, геліксові верстви та товща різнобарвних глин) з промисловим вмістом рутилу, ільменіту, циркону. Цей тип розрізу поширений у межах Вільногірської СФЗ. Умовна межа між Вільногірською та Широківською СФЗ проходить по лінії розрізу с.

Христофорівка-Глеюватка-Софіївка (рис. 2.2) [30], що тісно межує із обраними об'єктами досліджень.

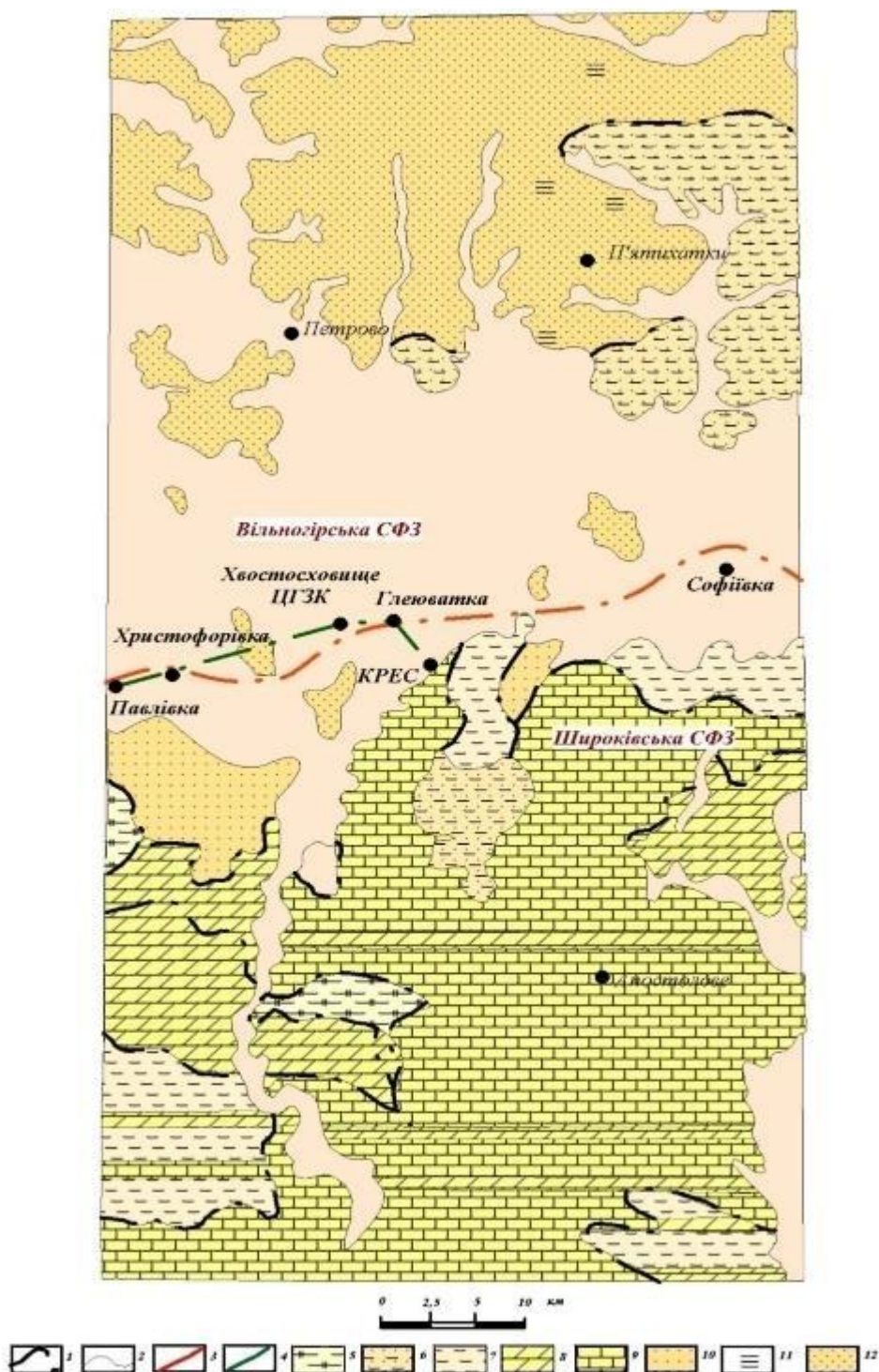


Рис. 2.2. Схематична карта поширення відкладів середнього сармату (за Захаровим В.В., 2002 р.) з доповненнями автора [30].

Умовні позначення: 1 - границя сучасного поширення відкладів сармату, 2- фаціальні границі, 3- границя Центрального і Південного районів Українського щита, 4- лінія розрізу по об'єктам досліджень, 5- глини піщані, 6- піски глинисті, 7- глини, 8- мергелі, 9- вапняки оолітові, з прошарками мергелів, 10- піски кварцові різнозернисті, товщі вапняків та мергелів N_{1vm} , 11-пісковики, 12- піски кварцові різнозернисті, товщі пісків N_{1p} .

Глеюватський залізорудний кар'єр має довжину розрізу осадової товщі, відслоненої у гірничих виробках, близько 2500 м та поєднує в межах свого гірничого відводу максимальну кількість мінералогічних, літологічних, генетичних, вікових та інших ознак різноманітних осадових утворень, властивих для центральної частини Криворізького басейну. Осадовий розріз розпочинається з кори вивітрювання залізо-кременистих порід криворізької серії віком PR-KZ [14].

Павлівський кар'єр розкриває осадові породи, що залягають на корі вивітрювання західно-інгулецьких плагіограніт-мігматитів віком PZ-KZ в межах перехідної зони між Інгулецьким і Середньопридніпровським блоками [1, 13, 14] .

В Кресівському кар'єрі кайнозойські осадові породи залягають на корі вивітрювання найдревніших у Криворізькому басейні гранітоїдах Саксаганського куполу, що входить до складу Придніпровського геоблоку першого порядку [42, 93].

В межах дослідженої території породи осадового чохла були перебудовані Криворізькою геологорозвідувальною експедицією декількома свердловинами опорного зйомочного розрізу. Він був пройдений на відстані близько 3 км на захід від західного борту Глеюватського кар'єру і був орієнтований, як і кар'єр, субмеридіонально. В межах гірничого відводу кар'єру осадові породи проходились при бурінні розвідувальних свердловин без відбору керну, і тому практично не вивчені [30].

Осадові породи району перекривають поклади залізних руд і гранітів в межах гірничих відводів діючих промислових підприємств Криворізького басейну. Проектами видобутку головних корисних копалин не було передбачено комплексне використання розкривних порід, для яких на той час не існувало технології комплексної переробки. Тому потужний комплекс перекривних кайнозойських осадових порід і утворень протерозой-кайнозойської площадної кори вивітрювання, що їх підстилає, в даний час переміщується у спільні відвали і втрачає властивості корисних копалин. Літологічні, мінералого-геохімічні і технологічні дослідження даних об'єктів мають принципове значення для їх

промислового використання як попутної мінеральної сировини і подальшого розвитку важливого промислового регіону і України в цілому.

Таким чином, вибір об'єктів досліджень відповідає актуальним завданням літологічної науки і має важливе практичне значення.

2.1.2. Геологічна будова Павлівської ділянки (Павлівське родовище пісків, західна частина території досліджень)

У геоструктурному відношенні Павлівське родовище належить до центральної частини Українського щита [14]. Родовище знаходиться в Інгуло-Інгулецькому регіоні; в його східній частині, яка розташована між Західно-Інгулецьким і Криворізько-Кременчуцьким регіональними розломами [1,13,14]. Місцевість відома у геологічній літературі під назвою Західно-Інгулецької або Інгулецько-Криворізької зони. В деякому відношенні вона є перехідною між Інгулецьким і Середньопридніпровським блоками [76] (рис. 2.3).

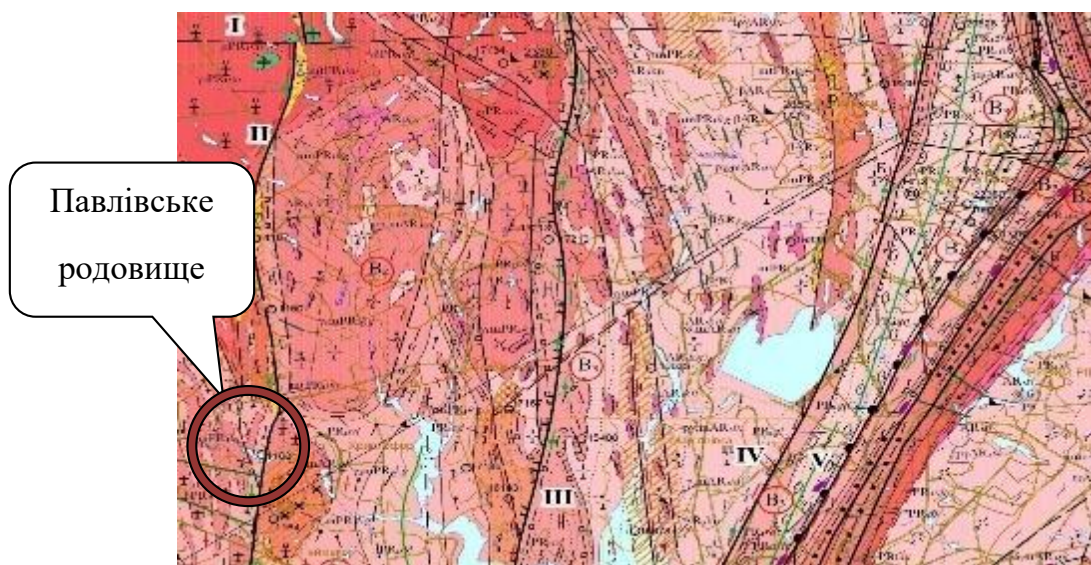


Рис. 2.3. Карта-схема розломно-тектонічної будови району досліджень (за Захаровим В.В., 2002 р.) [30].

Основні регіональні розломи: I – Девладівський, II – Західно-Інгулецький, III – Інгулецький, IV – Західний, V – Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом.

Стратиграфічний розріз родовища має два різновікові комплекси геологічних утворень: нижній – докембрійський і верхній – кайнозойський [16, 17, 18] (рис. 2.4).

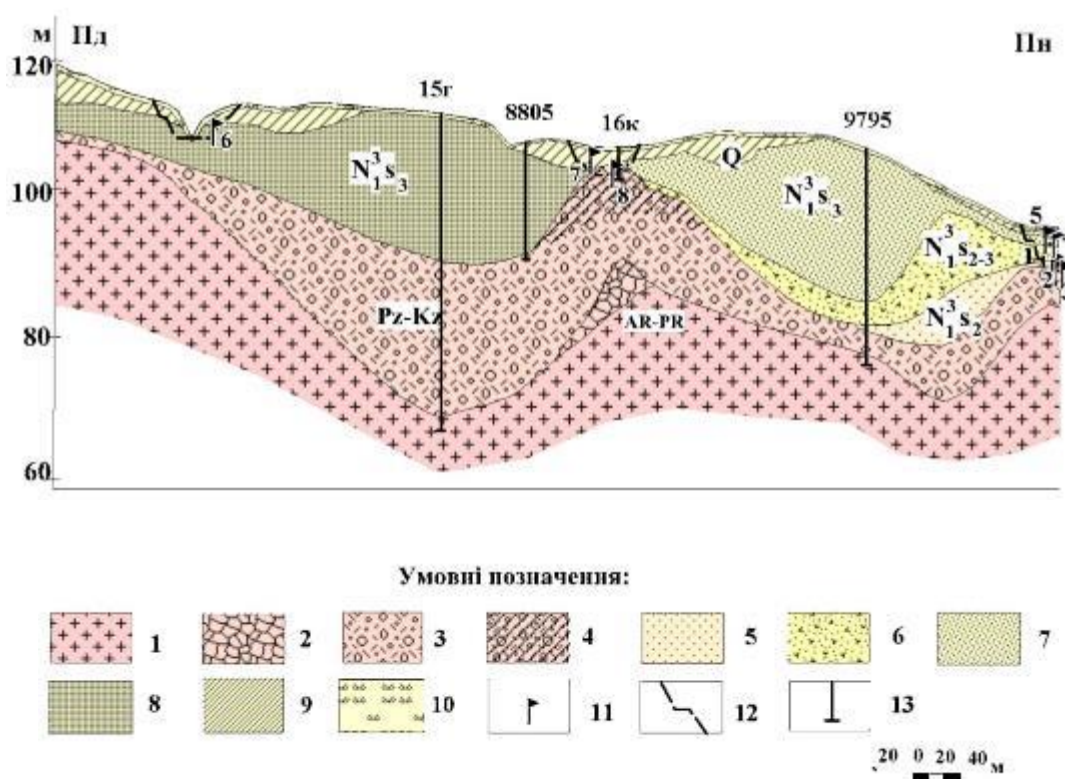


Рис. 2.4. Геолого-літологічний розріз Павлівського родовища (за Т.В.Ганенко (1982 р.)), з доповненнями автора.

1 – докембрійські граніти та мігматити; 2 – жорстково-щебениста зона кори вивітрювання; 3 – гідролудисто-каолінітова зона кори вивітрювання; 4 – зона первинних каолінів; 5 – піски крупнозерністі; 6 – піски дрібнозерністі з домішкою гідроксидів заліза; 7 – піски дрібнозерністі з домішкою бурої глини; 8 – піски дрібнозерністі з домішкою білої каолінової глини; 9 – суглинки; 10 – ґрунтово-рослинний шар; 11 – місця відбору проб, 12 – контури діючих кар’єрів, 13 – геолого-розвідувальні свердловини.

Докембрій представлений інтрузивними, ультраметаморфічними та метасоматичними утвореннями. До них відноситься кіровоградський комплекс ультраметаморфічних гранітоїдів, утворених під час перероблення архейського фундаменту. Переважають дрібно- та середньозерністі, рідше порфіробластичні смугасті і тіньові плагіомікроклінові граніти та мігматити. За складом виділяється два різновиди гранітів і мігматитів – біотитових та амфібол-біотитових, а також гранодіорити і діорити [93].

У межах родовища на кристалічних породах повсюдно розвинена кора вивітрювання [62]. У вертикальному розрізі в корі вивітрювання чітко просліджуються три зони (знизу вгору): зона дезінтеграції (жорстка кварц-польовошпатова), гідролудисто-каоолінова зона, зона повної каоолізації [9].

На породах кори вивітрювання зі стратиграфічним неузгодженням залягають осадові породи кайнозою. Вони представлені сарматськими пісками та четвертинними суглинками [9, 52]. Потужність осадкового розрізу змінюється від 5 до 40 м, внаслідок різної глибини залягання кристалічних порід докембрійського фундаменту. Це особливо характерно для північної частини родовища, яка відділена від південної виступом кристалічних порід [1, 13, 14, 85].

Кайнозойські відклади представлені трьома системами: палеогеновою, неогеновою та четвертинною.

Палеогенова система представлена бучакською світою (P_2). Відклади бучакської світи в межах родовища мають обмежений розвиток, характер їх розповсюдження тісно пов'язаний із рельєфом поверхні кристалічного фундаменту. Вони заповнюють понижені частини рельєфу кристалічного фундаменту, а саме Христофорівську депресію, до якої приурочене Христофорівське родовище бурого вугілля.

Бучакські відклади представлені вуглистими глинами, різнозернистими кварцовими пісками, бурим вугіллям. Найбільший розвиток мають вуглисті глини буровато- і темно-сірого кольору. Максимальна потужність вуглистих глин – 10 м.

Перекривають бучакські осади відклади неогенової системи. Неогенова система в межах родовища представлена верхньоміоценовими відкладами, а саме сарматським ярусом (N_{1s}).

Відклади сарматського ярусу представлені палеонтологічно німими дрібнозернистими кварцовими пісками, мілководна морська фація. Забарвлення пісків вохристо-жовте, світло-жовте, жовтувато-сіре та світло-сіре. Іноді в пісках зустрічаються лінзовидні тіла бентонітоподібних глин вохристо-жовтого чи жовтувато-сірого кольору. У верхній частині розрізу піски часто збагачені карбонатними стяжіннями.

Піски сарматського ярусу майже повсюдно перекриваються червоно-бурими глинами, насиченими гіпсовими включеннями у вигляді друз та стяжінь. Іноді в них зустрічаються малопотужні лінзи глинистих дрібнозернистих пісків. За складом, а часто і за забарвленням, вони неоднорідні як в горизонтальному так і в вертикальному напрямках.

Звичайно глини щільні, із площинами скользіння, не шаруваті. У відношенні віку червоно-бурих глин єдиної думки немає. Більшість відносить їх до пізньонеогенового – ранньочетвертинного віку.

Відклади четвертинної системи розвинені на території родовища повсюдно, перекриваючи усі більш древні породи. За віком четвертинні відклади поділяються на: нижній, середній, верхній та сучасний відділи.

Нижній відділ четвертинних відкладів (Q_I) представлений щільними суглинками бурого, темно-бурого, червоно-бурого кольорів. Потужність їх коливається від 5 до 15 м.

Середній відділ (Q_{II}) представлений різними відтінками бурих суглинків, включно до червоно-бурих. Серед них зустрічається горизонт, а в окремих місцях два, палево-жовтих лесовидних суглинків потужністю 0,5 – 1,5 м. Місцями лесовидні суглинки залягають в підніжжі товщі середньо четвертинних відкладів. Крім того на окремих ділянках зустрічаються горизонти викопних ґрунтів потужністю 0,3 – 1,3 м. Загальна потужність середньо четвертинних відкладів у середньому 8-10 м.

Верхній відділ (Q_{III}) представлений суглинками палево-жовтими, буровато-палевими до світло-бурими, пористими, комковатими з включеннями пухких, рідше щільних карбонатних стяжінь розміром іноді до кількох сантиметрів. Для них характерна лесовидна стовбчата відміна. Потужність верхньочетвертинних відкладів 3 – 6 м.

Сучасний відділ (Q_{IV}) представлений ґрунтово-рослинним шаром степового типу, темно-сірого до чорного кольору від 0,1-0,2 до 1,0 – 1,2 м.

Загальний план залягання осадових порід відхиляється від субгоризонтального під впливом розчленованого рельєфу кристалічних порід докембрійського

фундаменту і має загальний нахил шарів на північ, у напрямку зони Девладівського розлому субширотного залягання [58] (рис. 2.3).

2.1.3. Геологічна будова Глеюватської ділянки (Глеюватське родовище залізистих кварцитів, центральна частина території досліджень)

Дочетвертинні та четвертинні відклади Глеюватського родовища перекривають комплекс метаморфічних порід Криворізької серії. Потужність їх не витримана й, в основному, залежить від рельєфу корінних порід. У східних ділянках вона становить 20-25м, у західних – досягає 55- 60 м (рис.2.5) [16, 17, 18].

Глеюватська ділянка характеризується наявністю кори вивітрювання, що утворилася внаслідок посткриворізького етапу гіпергенезу. Охарактеризовані в літературі метаморфізовані кори вивітрювання докриворізького віку (М.М. Акіменко, Я.М. Белєвцев, Ю.М. Єпатко та ін.) збереглися в районі досліджень фрагментарно і на формування осадових розкривних порід в досліджених ділянках центральної частини Криворізького басейну не мали. Найдавніші кори вивітрювання утворились на поверхні архейських гранітоїдів перед початком утворення базальтоїдної товщі конкської серії. В свою чергу базальтоїди також зазнали впливу вивітрювання перед початком накопичення вулканогенно-осадових порід новокриворізької світи. Обидві ці кори вивітрювання пізніше в процесі динамотермального метаморфізму зазнали змін і в поточний час представлені серицит-кварц-хлоритовими та близького складу сланцями, мономінеральними та силікатними кварцитами. Наступний етап гіпергенезу відбувався після утворення криворізької серії та глеюватської світи. Він охопив тривалий період часу – від пізнього протерозою (або, на думку інших дослідників – середнього протерозою) до початку кайнозою. Цей етап відрізнявся формуванням потужних площинних і лінійних кір вивітрювання. Сучасний етап гіпергенезу за характером процесів мінералоутворення подібний до попереднього. Він супроводжується виносом з вихідних порід калію, натрію, кальцію, магнію та частково кремнезему. В корі вивітрювання залізистих кварцитів відбувається накопичення оксидів і гідроксидів

заліза, частково зберігається реліктовий кварц, а в корі вивітрювання сланців крім названих мінералів за рахунок первинних силікатів формуються глинисті мінерали (переважно, каолінит). Гіпергенні зміни порід криворізької серії і її обрамлення розпочалися в кінці пізнього протерозою і тривали у кілька етапів до початку кайнозою, що призвело до формування потужної площинної та лінійної кори вивітрювання.

Кора вивітрювання сланців складена, головним чином, кварцом, дисперсним гематитом і глинистими мінералами (каолінитом, монтморилонітом, бейделітом та іншими), що розвиваються по глинозем-вмісним силікатам (хлориту, сидериту, біотиту, мусковіту). Також поширені гетит, дисперсний гетит, ярозит, алуніт та деякі інші мінерали.

Кора вивітрювання магнетитових кварцитів за В.Д. Євтеховим, Е.О. Безпояско та ін. має зональну будову. У її вертикальному розрізі проявлена мінералогічна зональність. Виділяються такі основні зони: 1) зона гетитизації гематитових кварцитів (вертикальна потужність 5-15 м); 2) зона повної мартитизації первинних магнетитових кварцитів (потужність до 350 м); 3) зона часткової мартитизації первинних магнетитових кварцитів (потужність 50-70 м).

Відклади палеогену представлені утвореннями середнього й верхнього підвідділів еоцену (бучакський та київський яруси). Вони виповнюють найбільш понижені ділянки рельєфу докембрійського фундаменту.

Середній еоцен, бучакський ярус ($P_2b\check{c}$), складений глинами та глинистими пісками, руслова та озерно-болотна фації. Потужність відкладів 2-10 м. У підшві бучакського ярусу залягають запісочені глини сірих кольорів з рідкими тонкими проверстками вуглистої речовини. Вище за розрізом спостерігаються різнозерністі глинисті піски темно-сірих кольорів з вуглистою речовиною.

Верхній еоцен, київський ярус (P_2kv), представлений глинами світло-сірих кольорів із зеленуватим відтінком з лінзами дрібнозернистого піску. Потужність відкладів 2,5- 8 м. Їх накопичення пов'язане зі змінами палеогеографічних умов у середньому та пізньому еоцені внаслідок трансгресії моря з боку Дніпровсько-

Донецької та Причорноморської западин з формуванням відкладів мілководної та більш глибоководної фацій.

Неогенові відклади складені різнозернистими пісками із прошарками зеленувато-сірих глин верхньосарматського під'ярусу ($N_1 S_3$), геліксові верстви (N_{1gl}), мілководна та глибоководна фації. Їх накопичення пов'язане із значним розширенням трансгресії моря, про що свідчить повсюдне поширення геліксових верств. Море покрило практично всю територію, за виключенням ділянок максимального підняття докембрійського фундаменту. Потужність відкладів 2-10 м.

Середньопліоценові й нижньочетвертинні відклади (N_2-Q_1) представлені горизонтом червоно-бурих глин, що залягають на породах верхньосарматського під'ярусу, місцями на корі вивітрювання кристалічних порід. Починаючи з пліоцену осадо накопичення відбувалося в континентальних умовах. Осади цього періоду є поєднанням утворень елювіальних, делювіальних, елювіально-делювіальних та еолово-делювіальних фацій. Червоно-бурі глини містять карбонатні стягнення та друзи гіпсу [16, 17, 18, 30].

Четвертинні відкладення в районі родовища утворюють суцільне покриття й відсутні лише в місцях виходів на поверхню більш древніх порід (А. А. Березовський, 1998, 2000, 2001).

З корами вивітрювання вміщуючих Криворізьку структуру кристалічних утворень докембрію зв'язані родовища та прояви титану, алюмінію, нікелю, кобальту, рідкісних земель і каоліну. Гіпергенно змінені породи залізисто-кременистої формації Кривбасу вміщують поклади багатих залізних руд, вохри, сурику та інших корисних копалин [32, 33]. Загальний вигляд переходу від кори вивітрювання до осадових порід центральної частини Криворізького залізорудного басейну представлений на рис. 2.5.

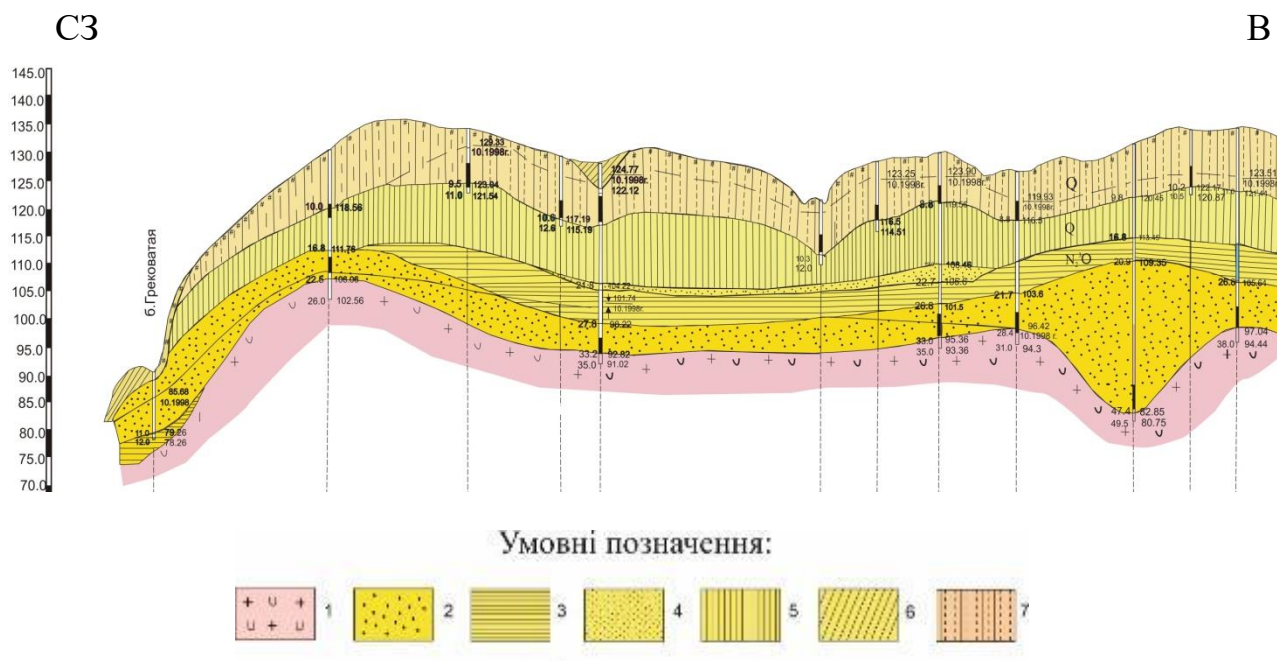


Рис. 2.5. Геологічний розріз центральної частини гірничого відводу ЦГЗК (за А.А. Березовським, Ю.М. Бубликом (2001 р.)) [18], де:

1 - кора вивітрювання кристалічних порід докембрію; 2 – глинисті піски; 3 - глини сірі, зеленувато- та блакитно-сірі; 4 – різнозерністі піски; 5 – суглинки червоно-бурі; 6 - ґрунтово-рослинний шар; 7 - суглинки лесоподібні жовто-бурі, палеві з прошарками реліктових ґрунтів.

2.1.4. Геологічна будова Кресівської ділянки (Кресівське гранітне родовище , східна частина території досліджень)

Кресівське родовище відноситься до Саксаганського куполу у складі Придніпровського геоблоку першого порядку, який охоплює території Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської областей. Вона представляє собою межу геоблока з Криворізько-Кременчуцьким глибинним розломом мантійного закладення, який простягається з південного-заходу на північний схід по лінії Інгулець - Жовті Води [42].

У вертикальному розрізі дослідженої території виділяються два структурних етажі: докембрійський і кайнозойський. Перший представлений саксаганськими плагіоклазовими гранітами і мігматитами з останцями гнейсів, сланців і амфіболітів, що перетинаються дайками діабазів та численними гідротермальними жилами кварцу. За даними ізотопних досліджень акцесорного

циркону, їх вік складає 2800 млн. років [94]. Другий структурний етаж утворюють субгоризонтальні верстви морських осадових порід неогенової системи (рис. 2.6) [55,72].

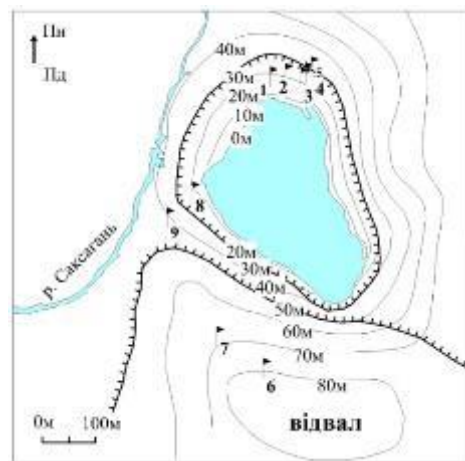
Стратиграфічна колонка району досліджень									
Загальна стратиграфічна шкала						Регіональна стратиграфічна шкала			
Еокайнозойська	Еракея	Система	Відділ	Підвідділ	Ярус	Регіонариси (горизонти)	Підрегійони	Висхідні іспакс	Літологічний склад
ФАНЕРОЗОЙСЬКА	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИНА	ПЛЕЙСТОЦЕН						
		НЕОГЕНОВА	МІОЦЕНОВИЙ	ВЕРХНІЙ		Сарматський	Верхній	Q ₁	Грунтово-рослинний шар
								0,5	Суглинки червоно-бурі
								N _{gl}	Гелікоові верстви. Переважно мертелі та вапняки, в меншій мірі піски та глини. Зустрічаються в основі розрізу проварки та лізні пісків різномісних.
							Нижній	N _p	Товща пісків. Кварцові строкатокалірні піски, дрібно-середньозернисті, проварки, лізні вапняків і пісковики, місцями глини сірого кольору, іноді вуглесті (0-3 м). У пісках підвищені іноді промієлові концентрації ільменіту, рутилу, циркону та ін.
Середньопридніпровський район УЩ									
Криворізько-Кременчуцька УФЗ									
Архей	Ar _{1dn}					>1000	Дніпропетровський комплекс. Плагіограніти і плагіомітматити біотитові та амфіболбіотитові. У верхній частині товщі кори вивітрювання потужністю до 20м.		

Рис. 2.6. Стратиграфічна колонка району досліджень, за В. В. Захаровим, 2002 р., з доповненнями автора [30].

Докембрійські та фанерозойські утворення уздовж річкових долин перекриваються сучасним алювієм, а на водорозділах – еоловими бурими глинами та суглинками четвертинної системи і шаром чорнозему. Інтенсивність гірничо-видобувних робіт тут значно менша, ніж у розташованому поруч Криворізькому басейні. Діють лише Коломойцевський гранітний, Мар'є-Дмитрівський гранітний та піщаний кар'єри. Раніше працював Кресівський гранітний кар'єр (рис.2.7), підприємство буровугільної галузі поблизу Веселих Тернів та деякі інші. Відвали розкривних порід вказаних підприємств розміщені на корі вивітрювання докембрійських гранітів (Кресівський та Коломойцевський кар'єри) та четвертинних суглинках (Мар'є-Дмитрівський кар'єр) і завершують вертикальний розріз утворень сучасного геологічного середовища у даному районі.



а



б



в

Рис. 2.7. Відпрацьований Кресівський гранітний кар'єр, м. Кривий Ріг (а) і план опробування перекривних осадових порід і відвалів (б). 1...9 – номери відібраних проб. в – жорстк'яно-гідрослюдиста кора вивітрювання меланократових плагіограніт-мігматитів з мережею прожилків гідротермального кварцу.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

В основі дисертаційної роботи лежать результати *літологічних досліджень і літолого-технологічних випробувань осадових порід*, проби яких відбирались із досліджуваних об'єктів центральної частини Криворізького басейну, а саме: Павлівське родовище пісків, Глеюватське родовище залізистих кварцитів, Кресівське гранітне родовище, територія навколо хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК». Використовувались також фондові матеріали ДНУ «МорГеоЕкоЦентр Національної Академії Наук України» [67, 68, 69] та літературні дані щодо літологічних та мінералогічних досліджень осадових порід центральної частини Криворізького басейну [9, 19, 40, 41, 63, 64, 65].

Вихідним матеріалом для виконання досліджень були проби осадових порід, вагою 3-5 кг, відібрані за участю автора під час польових експедиційних робіт відділу проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України». Всього вивчено 100 проб (табл. 3.1).

За даними буріння дослідних та пошукових свердловин («Укрчерметгеологія», Кривбаспроект, КрГРЭ, Геоінформ) [30] розріз осадових відкладів досліджуваної території має досить складну будову.

Починається осадовий розріз з кори вивітрювання залізисто-кремнистої формації, плагіогранітів та мігматитів. Значна її потужність обумовлена великим переривом в осадконакопиченні району від протерозою до кайнозою.

На характер формування морських відкладів впливав досить розчленований рельєф кристалічного фундаменту. Морські води проникали в район Кривого Рогу з півдня від Причорноморської западини по досить широких долинах в

кристалічному фундаменті, приурочених до ділянок розвитку Західно- та Східно-Криворізької депресій і поступово відступали. Осадкові породи формувались в умовах неглибокого моря. Тому для кайнозойських відкладів району досліджень характерне перешарування пісків та глин. Потужність верств мінлива, простежується загальне зменшення розрізу у напрямку із заходу на схід.

Четвертинні суглинки завершують розріз осадових порід району і представлені континентальними, в тому числі еоловими відкладами. Вони розповсюджені на всій території та мають стабільну потужність (рис. 3.1) [42].

Таблиця 3.1.

Види і об'єми виконаних робіт

№ п/п	Види робіт	Об'єми
Геологічні та літолого-мінералогічні		
1.	Збір, узагальнення і аналіз геологічних даних за темою дисертації у періодичних і монографічних джерелах	117 джерел
2.	Збір, узагальнення і аналіз фондових даних про геологічну будову	10 джерел
3.	Проведення польових експедицій	7 експедицій
4.	Спостереження і геологічна документація	85 точок спостережень
5.	Фотографування місцевості, осадових порід у відслоненнях, уступах кар'єрів, шурфах, відвалах тощо.	115 фотографій і зарисовок
6.	Відбір проб осадових порід	100 проб
7.	Макроскопічний опис матеріалу відібраних проб і точок їх відбору	100 описів
8.	Мікроскопічні дослідження з визначенням мінерального складу, структури і текстури осадових порід за допомогою бінокюляру, поляризаційного та рудного мікроскопів	100 визначень
9.	Мікрофотографування	117 фотографій
10.	Дослідження осадкоутворюючих мінералів методом електронної растрової мікроскопії	32 знімки
11.	Мікрозондові дослідження	55 аналізів
12.	Спектральний аналіз осадків і продуктів їх збагачення	60 проб на 20 елементів
13.	Складання літологічних колонок та розрізів	4 розрізи, 30 колонок
Літолого-технологічні дослідження		
14.	Технологічні експерименти з використанням магнітного сепаратора	12 дослідів
15.	Технологічні експерименти з використанням повітряно-гравітаційного сепаратора	14 дослідів
16.	Гранулометричний ситовий аналіз	100 проб на 12 класів

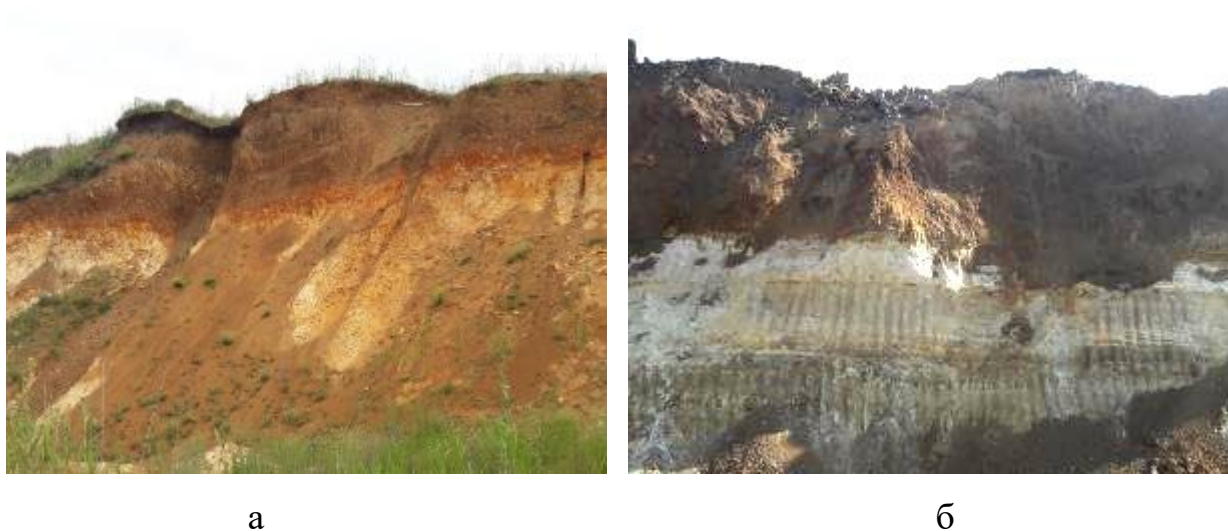


Рис. 3.1. Четвертинні суглинки: а – Павлівський кар'єр, б – Глеюватський кар'єр.



Рис. 3.2. Точки відбору розкривних осадових порід Кресівського кар'єру, заскладованих у відвали.

Внаслідок масштабного розвитку промисловості в центральній частині Кривбасу великий об'єм осадових порід вийняті гірничими підприємствами і невідсортовано складуються у відвали, змішуючись між собою. Їх природне залягання, особливості літології та мінералогічного складу шарів безповоротно втрачені. Змінився природний рельєф території, зменшилося біорізноманіття, зникли чи трансформувалися природні біогеоценози, а на їх місці утворилися нові сформовані під впливом антропогенно-техногенних чинників [2, 5, 6, 8, 21, 22]. Осадові породи поблизу гірничих підприємств постійно «збагачуються» відходами видобутку, збагачення та переробки руд. Природна балка Велика Лозуватка

перетворилася у шламосховище ЦГЗК, яке відіграє значну роль у геоекологічному стані довкілля [7, 86, 89].

Мінливий характер осадонакопичення та потужності осадових порід, а також залучення їх у процеси гірничо-видобувної промисловості обумовили важливість методики вибору місць їх опробування. Визначення місць відбору проб є важливим етапом роботи, оскільки воно в значній мірі забезпечує результативність і достовірність наступних прикладних літолого-технологічних досліджень.

На визначення місць відбору літологічних проб впливали геологічні та антропогенні (техногенні) чинники (рис. 3.2).

Геологічні передумови

Кайнозойські відклади центральної частини Кривбасу залягають на трьох типах кристалічних порід. У західній частині це Кіровоградський комплекс ультраметаморфічних гранітоїдів, утворених під час перероблення архейського фундаменту, у центральній - це Криворізька серія метаморфічних порід, у східній частині - докембрійські породи відносяться до Саксаганського куполу у складі Придніпровського геоблоку першого порядку, який охоплює території Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської областей [94]. Кожен із комплексів поширені на значній території характеризуються значною потужністю площадної кори вивітрювання, дослідження якої також входило до основних задач дисертаційної роботи. Тому об'єкти досліджень, де проводилось опробування порід обирались таким чином, щоб охопити територію кристалічного фундаменту усіх трьох типів. Також для центральної частини характерна розчленованість рельєфу докембрійських порід, що обумовило відмінні риси у накопиченні осадових відкладів на цій території.

Вплив техногенно-антропогенного фактору.

В бортах кар'єрів (Павлівський, Глеюватський, Кресівський) розріз осадових порід повністю оголений гірничою виробкою, до шару осадових порід прокладена дорога, що і обумовило зручність дослідження розрізу саме на їх території. Значні об'єми заскладованих розкривних порід навколо Кресівського та Глеюватського кар'єрів обумовили проведення літолого-технологічних аналізів за для

використання їх як цінної полімінеральної природної сировини та зменшення техногенного навантаження на екологічний стан довкілля.

Площа навколо хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК» (особливо західна ділянка) у період злив та відлиги часто підтоплена, тому на цій території проводилось дослідження на наявність витоків (джерел) високомінералізованої води із-під західної упорної призми [7, 95]. При детальному обстеженні прогнозовані витoki та пов'язані з ними техногенно-природні утворення травертинів були знайдені, місця відбору зареєстровані, породи досліджені мінералогічними, спектральними, хімічними, електронно-мікроскопічними методами (рис.3.3).

Техніка відбору проб. Проби були відібрані борозновим способом із бортів відокремлених кар'єрів та відслонень родовища [59]. Обиралась ділянка із найбільш точним відокремленням шару порід, що має чітку кривлю та підоснову. Відбір матеріалу проводився вкрест простирання шару, перетинаючи повністю його потужність. Відбір борознаної проби проводився вручну за допомогою лопати по попередньо наміченому контуру проби. Вага відібраного матеріалу складала від 3 до 5 кг.

Таким чином, відібрані проби відповідають комплексу критеріїв і, в достатній мірі, відображають мінливість складу та умов формування осадових порід дослідженої території [19, 27, 39, 56, 59].

Камеральна обробка проб осадових порід складалася з визначення фізико-механічних, хімічних, мінералого-петрографічних та інших характеристик донних осадків для їхньої комплексної характеристики (рис. 3.4). В стаціонарних умовах лабораторії проби досліджувалися за допомогою стандартних та апробованих методик, що дозволило забезпечити достовірність отриманих результатів [37, 38, 47, 60, 61].

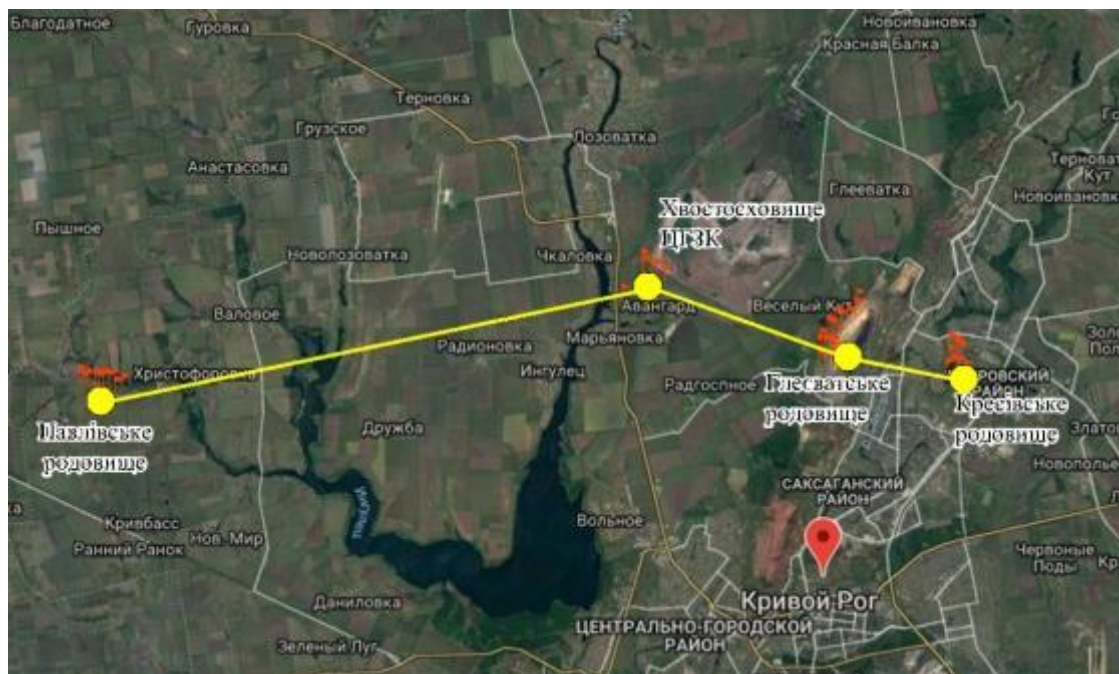


Рис. 3.3. Опробувані ділянки осадових порід у відслоненнях бортів кар'єрів та поблизу хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК»



а

б

Рис. 3.4. Фізико-механічне розділення проби: а – знешламлення ; б – розділення «сірого шліху» у бромоформі.

Для визначення розмірів часток у складі різних осадків виконували *гранулометричний аналіз*. З усередненої проби методом «кільця конуса» первинною вагою 3-5 кг відбиралася наважка масою 100-200 г [15, 47, 52]. Визначення гранулометричного складу донних осадків здійснювали ситовим

методом. Після просіювання з відмучуванням виділяли 12 фракцій: +10 мм; 10÷5; 5÷3; 3÷2; 2÷1; 1÷0,5; 0,5÷0,315; 0,315÷0,25; 0,25÷0,1; 0,1÷0,07; 0,07÷0,05 та - 0,05 мм.

Хімічний аналіз проб проводився згідно стандартних методик [15, 47, 52]. Визначались наступні показники: загальний вміст Fe, Fe₂O₃, FeO, SiO₂, Al₂O₃, TiO₂, MnO, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, P₂O₅, а також витрати при прожарюванні (ВПП).

Визначення концентрацій домішкових хімічних елементів у пробах ґрунтів, донних відкладів і осадових породах виконано *атомно-емісійним спектральним аналізом*, в лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАНУ (аналітик А.А. Таращан) на СТЕ-1 спектрографі великої дисперсії (4,7 Å⁰/мм), за стандартною методкою [3, 4, 28, 48]. Попередню підготовку проб проведено в тій же лабораторії (рис. 3.5).

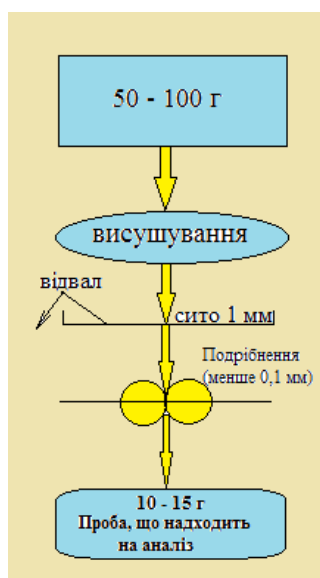


Рис. 3.5. Схема підготовки проб для атомно-емісійного спектрального аналізу [3, 4].

Для більш точного уявлення щодо вмісту важких металів у відібраних зразках результати атомно-емісійного спектрального аналізу були співставлені із результатами атомно-адсорбційного спектрального аналізу. Останній був виконаний за допомогою першопрохідного спектрального випромінювача іСЕ 3300 АА який робить навіть найбільш складні аналізи простими (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Випромінювачі CE 3300 AA Spectrometer

Він був обраний, оскільки серед його характеристик є висока точність, виняткова оптична стабільність. ICE 3300 має неперевершену чутливість до полум'я, яка досягається високою ефективністю небулізації через повністю інертну ударну стрічку, спойлер та камеру для розпилення. Новий оцинкований універсальний титановий пальник забезпечує виняткове розпилення, навіть із самими складними зразками.

Електронно-мікроскопічні та мікрозондові дослідження мінералів виконані в лабораторії електронно-мікроскопічних досліджень Інституту геологічних наук НАН України на скануючому електронному мікроскопі з енерго- та хвильодисперсними спектрометрами (Jeol – 64 LVEDSWDSOxford), аналітик – В.В. Пермяков.

Мінералогічний аналіз отриманих фракцій проби виконувався лінійним методом – способом «смужки» [31, 47]. За допомогою бінокюляра визначались об'ємні відсотки вмісту мінералів із розрахунку на довільні 1000 зерен. Масові відсотки, масовий процент та перерахунок в грамах на тону мінерала виконували за допомогою розрахункової таблиці. Повна характеристика процесу підготовки проб і виконання мінералогічного аналізу наведено на рис. 3.7.

Для підтвердження результатів мінералогічних досліджень був використаний рентгенофазовий аналіз. Дослідження проводились методом рентгенівського аналізу на дифрактометрі ДРОН-2з використанням мідного випромінювання ($\text{Cu}_{K\alpha} = 1,54178 \text{ \AA}$). Зйомка проводилась в інтервалі кутів $4 - 65^\circ$,

з кроком сканування 0,5 град./сек. Для діагностики мінералів використана картотека еталонів бази даних PDF-2 Міжнародного центру з дифракційних даних (ICDD) 2003 р з використанням програми PCPD FWIN. Положення дифракційних максимумів на рентгенограмі порівнювались з наведеними еталонними значеннями мінералів цієї бази даних. Відповідальний виконавець ЛКС ст. наук. спів., канд. геол. наук Гречановська О.Є.

Після аналізу результатів мінералогічних досліджень і визначення перспективних ділянок, з відквартованих дублікатів вихідних проб формували об'єднану пробу для виконання *технологічних досліджень і випробувань*. Метою таких випробувань було виділення концентратів важких мінералів та вивчення напрямків використання у народному господарстві усіх продуктів збагачення, розробка стратегії комплексного використання розкривних осадових порід як цінної полімінеральної природної сировини [25, 33, 35, 41].

Використання осадових порід базується на можливості виділення з них окремих мінералів. Для цього використовують градієнт фізичних властивостей та морфології часточок різного мінерального складу.

З відомих наразі методів і технологій збагачення мінеральної сировини даним завданням відповідає технологія комплексної магнітно-гравітаційної сепарації, що розроблена у Криворізькому відділі ДНУ «МорГеоЕкоЦентр» (к.т.н, ст.н.с. Ю.Д. Чугунов, канд. геол.-мінерал. наук зав. відділу В.В.Іванченко) [101].

При збагаченні осадових порід автор враховувала наступні властивості мінералів: питому вагу, магнітну сприйнятливість, твердість і супротив стиранню, пластичність або крихкість, розмір і морфологію індивідів (здатність утворювати пластинчаті, лускуваті або ізометричні зерна) [91, 92]. Використання зазначеної технології для збагачення та переробки осадових порід було виконано автором на прикладі первинних каолінів Кресівського кар'єру, глинистих пісків Павліського кар'єру та гематитових (окислених) кварцитів з кори протерозойсько-кайнозойської кори вивітрювання залізисто-кременистих порід у Глеюватському кар'єрі. Схеми технологічних випробувань представлені на рис. 3.8.

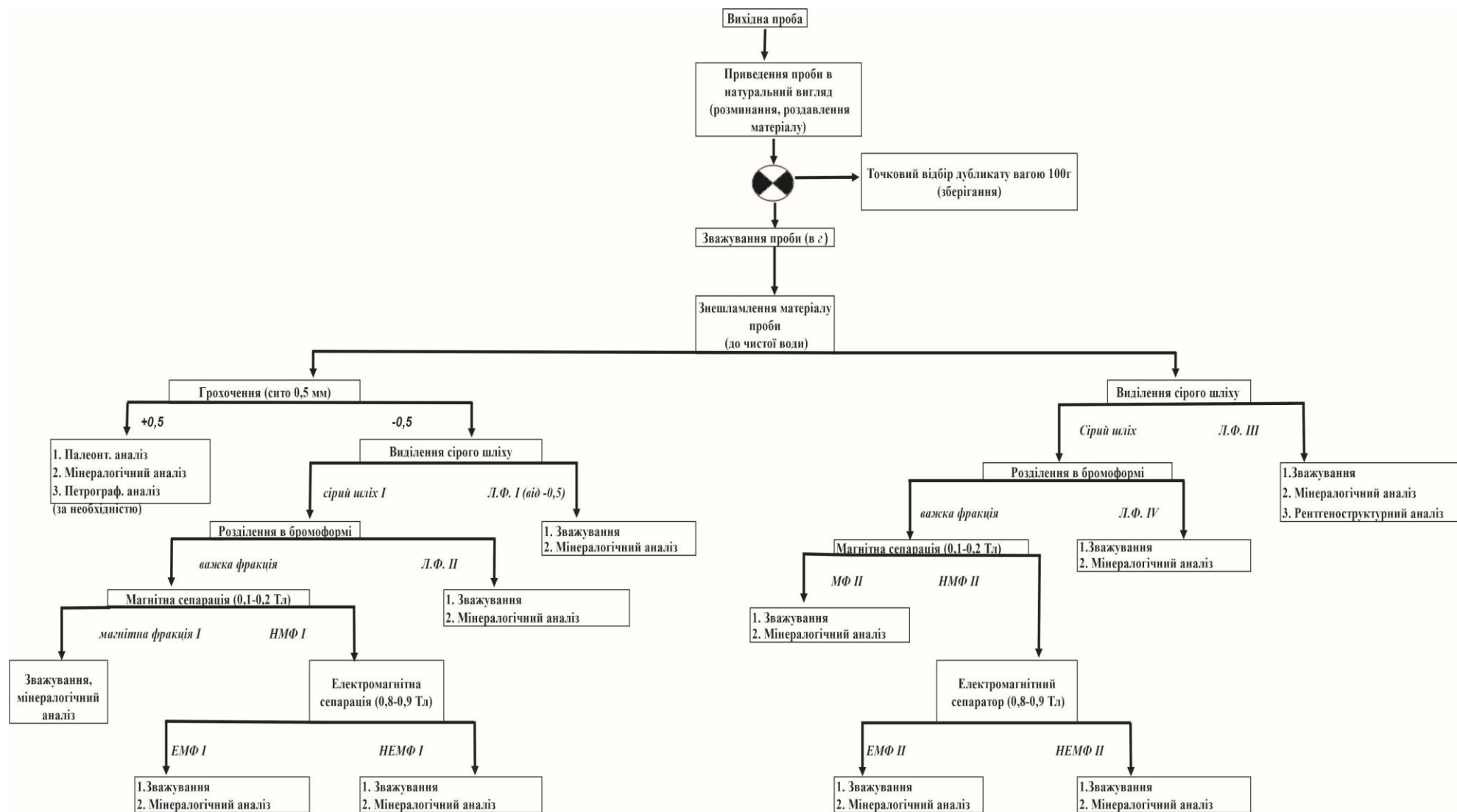


Рис. 3.7. Схема розділення матеріалу проб осадових порід і виконання мінералогічного аналізу.

В технологічній схемі використовували: подрібнення матеріалу, розділення за крупністю зерен (грохочення), сепарацію в магнітних полях різної інтенсивності (від 0,2 до 1,1 Тл), гравітаційну сепарацію у повітряному потоці та інше. Якість сепарації контролювали дослідженням продуктів під оптичним мікроскопом, використовували хімічні та спектральні аналізи, електронну мікроскопію, мікрозондовий аналіз та інші методи.

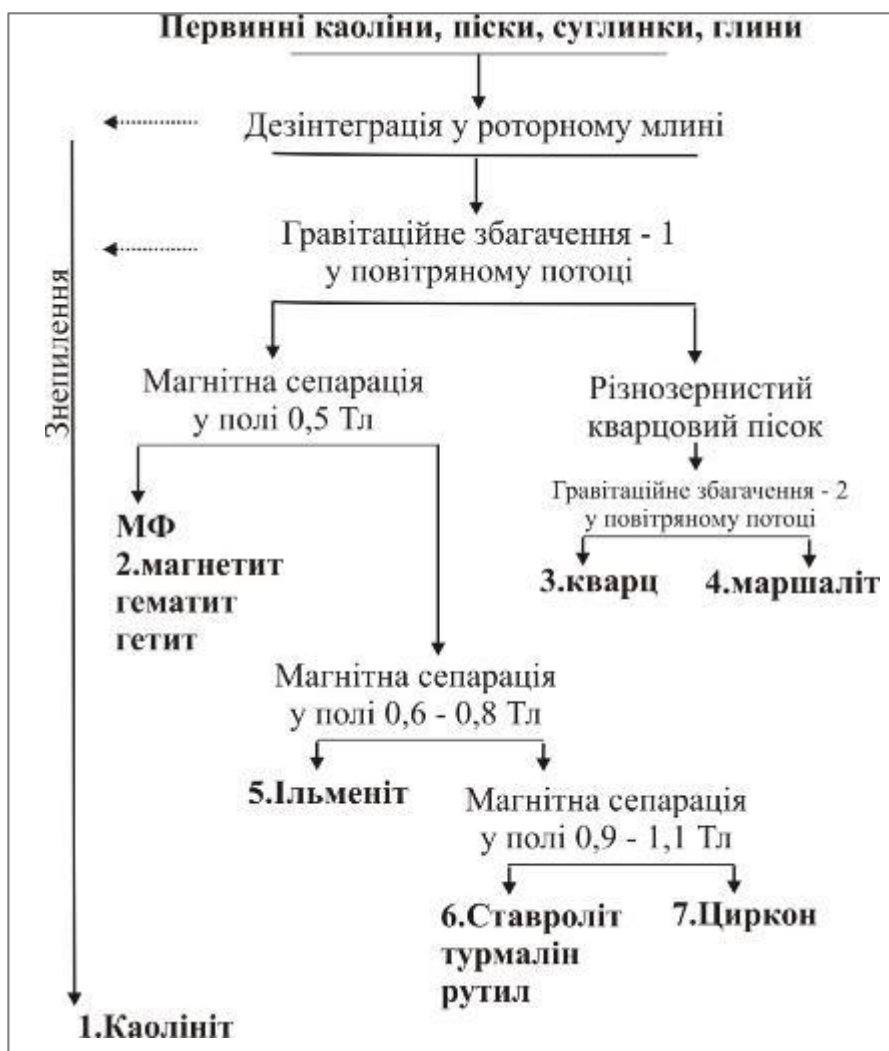


Рис. 3.8. Загальна схема літолого-технологічних випробувань розкривних осадових порід району досліджень, розроблена на основі методики Ю. Д. Чугунова та В.В. Іванченко [101].

Територія навколо хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК» характеризується високим ступенем техногенної навантаженості та наявністю витоків джерел високомінералізованої води із-під його упорних призм [48, 49, 50, 87, 90]. В місцях

витоку джерел утворилися і продовжують формуватись сучасні природно-техногенні осадові породи - травертини (рис. 3.9). Новоутворення були досліджені за допомогою хімічного, спектрального, мікроскопічного, мінералогічного, рентгенно-структурного та мікрозондового аналізів. Результати хімічного аналізу свідчать, що травертин майже повністю складається з карбонату кальцію. Рентгенно-структурним аналізом у складі криворізького травертину встановлено кальцит, арагоніт, кварц, гетит. За результатами спектрального аналізу карбонатні новоутворення виявилися значно «чистішими» за рівнем як важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co), так і рідкоземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb) від четвертинних відкладів балок цієї системи [87, 90].

Осадові породи обстежених об'єктів містять широкий спектр важких мінералів: циркон, ільменіт, рутил, лейкоксен, ставроліт. Також важливе значення мають інші корисні мінеральні компоненти, а саме каолініт, кварц, слюди, тощо. Результати літолого-технологічних досліджень свідчать про можливість розширення сфери використання розкривних осадових порід Кривбасу у народному господарстві, зменшення обсягів відвалоутворення у гірничій промисловості та можуть сприяти покращенню екологічного стану довкілля [88, 89].



Рис. 3.9. Відслонення природно-техногенного травертину поблизу хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК».

На підставі досвіду досліджень осадових порід України було розроблено схему літологічних та літолого-технологічних досліджень з використанням традиційних та сучасних методів. Обстежені та опробованні природні відслонення і борти кар'єрів в межах Павлівської, Глеюватської та Кресівської ділянок, а також ґрунти та сучасні відклади поблизу хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК». Матеріали проб вивчені мікроскопічними, в тому числі електронно-мікроскопічними аналізами, хімічними, спектральними та іншими методами визначення будови і складу осадових порід. Виконані літолого-технологічні експерименти базуються на новітніх технологіях збагачення та комплексної переробки мінеральної сировини, розроблених співробітниками ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України». Значний обсяг фактичного матеріалу дослідженого традиційними та сучасними новітніми методами з викори станням стандартних методик свідчить про достовірність отриманих результатів і відповідність їх сучасним вимогам.

РОЗДІЛ 4. ЛІТОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗКРИВНИХ ПОРІД ОСАДОВОГО ЧОХЛА РАЙОНУ РОБІТ

4.1. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід

Автор вивчила осадові породи центральної частини Криворізького басейну у профілі, що перетинає Криворізько-Кременчуцьку структурно-формаційну зону у субширотному напрямку. Досліджено кори вивітрювання та розрізи неогенових і четвертинних утворень у бортах і відслоненнях Павлівського піщаного, Глеюватського залізорудного та Кресівського гранітного кар'єрів.

4.1.1. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Павлівської ділянки

Вивчений розріз осадових порід родовища складається з первинних та вторинних каолінів (PZ-KZ), піщано-глинстої товщі (N_{1S2-3}), четвертинних суглинків (Q_{III}) (рис. 4.1).

Первинні каоліни (PZ-KZ) - світло-сірі, сірі, рідше з зеленуватим відтінком з успадкованою текстурою і структурою материнських плагіограніт-мігматитів (рис. 4.2). Головні мінерали: каолініт, кварц. Другорядні: каолінізований плагіоклаз, біотит, мусковіт (серицит). Акцесорні: апатит, циркон, ільменіт, монацит, магнетит, рутил, турмалін (шерл), андалузит, пірит, епідот, гетит, лейкоксен. Польові шпати повністю або частково заміщені каолінітом та гідрослюдою. Кварц дезінтегрований, тріщинуватий, зцементований гідрослюдисто-каолінітовою масою. Потужність шару первинних каолінів від 2,3 до 7,0 м.

Вторинні каоліни (PZ-KZ) - білі та світло-сірі, місцями підфарбовані гідроксидами заліза в жовтуваті, буруваті і червонуваті кольори (рис. 4.2, б).

Каоліни пористі неясношаруваті пухкі. Головні мінерали: каолініт, кварц; другорядні: біотит, мусковіт (серицит), каолінізований плагіоклаз, кварц, гетит у вигляді лімоніту. Важкі мінерали: апатит, циркон, пірит, монацит, епідот, турмалін (шерл), андалузит, ільменіт, магнетит, рутил, лейкоксен. Породи шаруваті пухкі. Макроскопічно виділяються верстви майже чистого каолініту потужністю до 30–50 см, що перешаровується з лінзами кварцового піску. Потужність товщі змінюється від 1-2 м на заході до 8-12 м у центральній та східній ділянках родовища.

На вторинних каолінах залягають морські відклади неогенової системи. Осадова товща розпочинається з верстви крупнозернистих кварцових пісків. Породи відносяться до середнього сармату Вільногірської структурно-формаційної зони (СФЗ), товща пісків N_{1p} , прибережна та мілководна фація (рис. 3.1). Це світла крупнозерниста порода біло-сірого кольору. Головні породоутворюючі мінерали: кварц, каолініт. Другорядні: гетит, біотит, плагіоклаз.

Другорядні мінерали: гетит, біотит, плагіоклаз, монтморилоніт. Важкі мінерали: турмалінт, магнетит, гематит, рутил, ільменіт, лейкоксен, монацит, ставроліт, епідот, апатит, пірит. Потужність верстви 20-30 см. Вона поширена у північній частині родовища і виклинюється у південному напрямку.

Вище за розрізом залягає верства пісків із включеннями гідроксидів заліза (рис. 4.3, а). Вони відносяться до середнього та верхнього сармату Вільногірської СФЗ, характерні для товщі пісків N_{1p} прибережна та мілководна фація та геліксових верств N_{1gl} , мілководна фація (рис. 4.1). Порода дрібнозерниста плямиста за рахунок нерівномірного розподілу ділянок жовтого та жовто-бурого кольору. Породоутворюючі мінерали: кварц, каолініт, плагіоклаз; другорядні: гетит, хлорит, біотит, мусковіт, хром-авгіт, глауконіт. Важкі мінерали: магнетит, апатит, ільменіт, ставроліт, лейкоксен, гематит, шерл, рутил, циркон. Потужність верстви близько 10 м, зменшується у південному напрямку і досягає 0 (див. рис. 2.4).

Геохронологічна шкала							Регіональна стратиграфічна шкала		Місцеві стратиграфічні підрозділи	Потужність, м	Породи
Акрон	Еон	Ера	Період	Відділ	Підвідділ	Вік	Регіонарси (горизонти)	Підрегіонарси			
Протерозой Палеопротерозой	Фанерозой	Кайнозойська	Четвертинний	Плейстоцен	Неоплейстоцен		Деснянський	Причорноморський	Еолові відклади <i>Q_{nl}</i> . Виявлені ґрунти із прошарками лесів, бурі суглинки.	0,2-5,0	Бурі суглинки
			Неогеновий	Міоценовий	Пізній		Сарматський	Верхній	Центральний район. Вільногірська СФЗ <i>Гелісові верстви Ngl</i> . Мілководна фация. Одноманітна піщано-глиниста товща	0-15	Піски із домішкою білої каолінової глини та глини, зафарбованих гідроксидами заліза
							Середній		<i>Товща пісків Nр</i> . Прибрежна та мілководна фация. Представлена кварцевими пісками дрібнозернистими, рідше - середньо- і крупнозернистими. Піски «строкаті» - різнобарвні.	0-10	Піски дрібнозернисті із включеннями гідроксидів заліза
			РЗ-КЗ						<i>Кора вивітрювання</i> гранітів та мігматитів: -жорстково-щебениста зона; -гідролудисто-каолінітова зона; -зона первинних каолінів.	1,0-12,0	Вторинні каоліни
						млн. років 2000			<i>Кіровоградський комплекс.</i> Порфіробластичні граніти і мігматити.	2,3-7,0	Первинні каоліни

Рис. 4.1. Місцева стратиграфічна колонка розрізу осадових порід Павлівського родовища піску (за Захаровим В.В., 2002) з доповненнями автора [30].

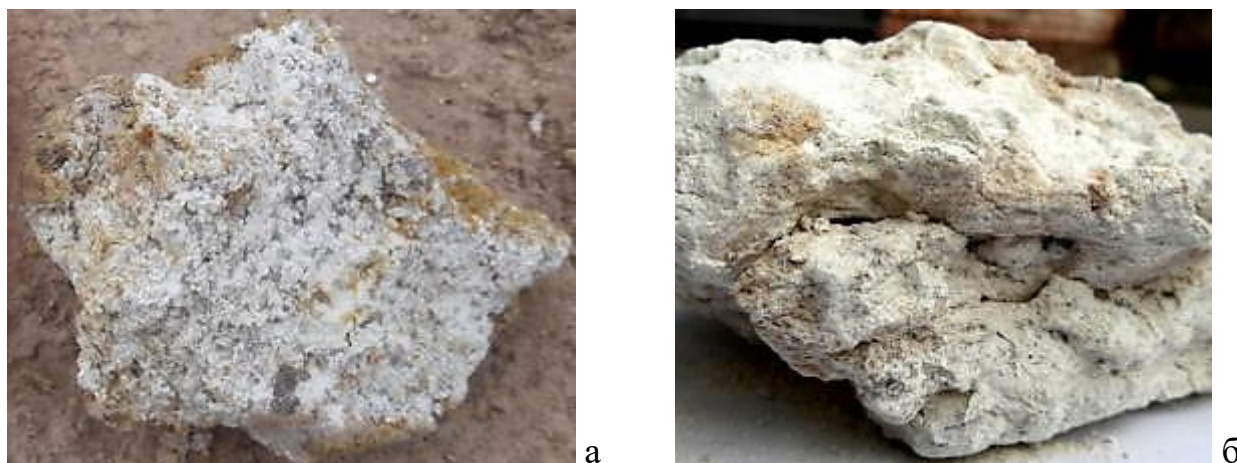


Рис. 4.2. Первинні каоліни (проба П-2) з успадкованою текстурою та структурою докембрійських гранітів (а), б - частково перевідкладені первинно-вторинні каолінові глини (проба П-8). Без збільшення.

Наступна верства - піски із домішкою бурої глини (рис. 4.3, б). Піски відносяться до верхнього сармату Вільногірської СФЗ, геліксових верств N_{1gl} , мілководна фація (рис. 4.1). Порода дрібнозерниста, має плямисту, іноді смугасту текстуру. Колір бурий, жовто-бурий.

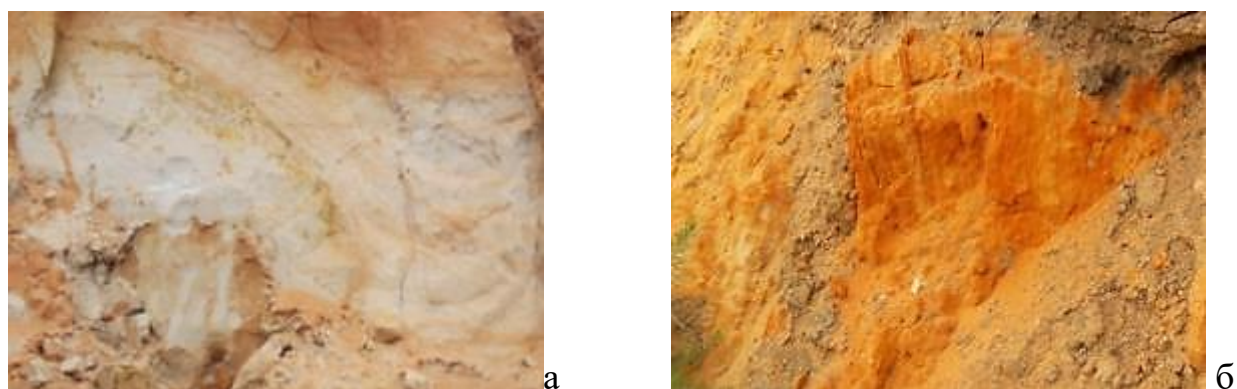


Рис. 4.3. Відслонення осадових порід у північній частині родовища: а - піски із включеннями гідроксидів заліза (проба П-1); б - піски із домішкою бурої глини (проба П-5). Висота відслонення: а – 2 м.; б – 5 м.

Породоутворюючі мінерали: кварц, каолініт, плагіоклаз, гетит; другорядні: хлорит, мусковіт, біотит, хром-авгіт, глауконіт. Важкі мінерали: магнетит, апатит, ільменіт, ставроліт, лейкоксен, гематит, турмалін, рутил, циркон. Потужність верстви у північній частині близько 2-3 м, збільшується у південному напрямку до

15 м. У південній частині родовища верства переходить у дрібнозернисті піски з домішкою білої каолінової глини.

Піски з домішкою білої каолінової глини дрібнозернисті однорідні, іноді плямисті або смугасті (рис. 4.4 а, б). Вони також відносяться до мілководної фації геліксових верств Вільногірської СФЗ верхнього сармату N_{1gl} (рис. 3.1). Колір світло-сірий, іноді з рудими від гідроксидів заліза плямами. Породоутворюючі мінерали: кварц, каолініт; другорядні: хром-авгіт, біотит, кальцит, гетит. Акцесорні мінерали: сфен, магнетит, монацит, ільменіт, лейкоксен, апатит, пірит, ставроліт, рутил, турмалін. Потужність верстви близько 15 м, присутня у південній частині родовища, обмежена виступом інгулецького комплексу докембрійських плагіограніт-мігматитів у центральній його частині (див. рис. 2.4).

Завершує розріз осадових порід родовища товща четвертинних суглинків. Вони дрібнозернисті однорідні або плямисті. Колір – сіро-коричневий, місцями жовто-та червоно-коричневий. Породоутворюючі мінерали: лімоніт, кварц, кальцит; другорядні: каолініт, біотит, мусковіт, егірин, кліноцоїзит, ярозит, акцесорні: рутил, ільменіт, ставроліт, циркон, монацит, лейкоксен, апатит, пірит, магнетит, гетит, турмалін, альмандин, сфен. Суглинки поширені повсюдно. Потужність товщі коливається від 20 см на півночі до 5 м в центральній частині родовища (рис. 4.5).



а



б

Рис. 4.4. Піски з домішкою каолінової глини у відслоненнях Павлівського кар'єру: а –масивні та плямисті; б - смугасті. Висота відслонення 1 м.

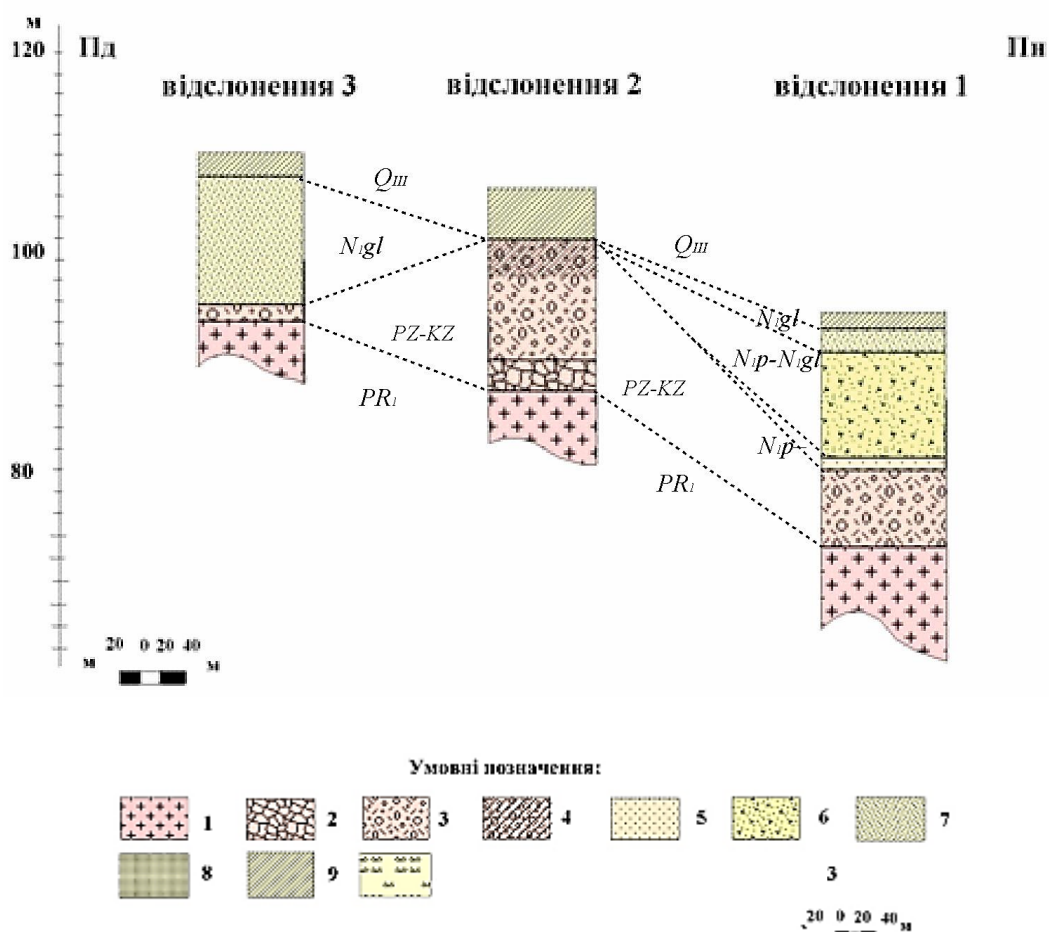


Рис. 4.5. Літологічні колонки по відслоненням осадових порід в бортах Павлівського кар'єру згідно [89], з доповненнями автора.

1 – докембрійські граніти та мігматити; 2 – жорстк'яно-щебениста зона кори вивітрювання; 3 – гідрослюдисто-каолінітова зона кори вивітрювання; 4 – зона первинних каолінів; 5 – піски крупнозернисті; 6 – піски дрібнозернисті з домішкою гідроксидів заліза; 7 – піски дрібнозернисті з домішкою бурої глини; 8 – піски дрібнозернисті з домішкою білої каолінової глини; 9 – суглинки; 10 – ґрунтово-рослинний шар.

4.1.2. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Глеюватської ділянки

Осадовий розріз Глеюватського родовища був вивчений від кори вивітрювання залізистих кварцитів (PR-KZ), сарматських пісків нижнього неогену (N_{1S1}) до четвертинних суглинків (Q_{III}) (рис. 4.6).

Кора вивітрювання родовища утворилася внаслідок пост криворізького етапу гіпергенезу. Він розпочався в кінці пізнього протерозою і тривав до початку кайнозою, що призвело до формування потужної площової та лінійної кори

вивітрювання як на породах залізисто-кременистої формації, так і на вміщуючих граніто-гнейсо-мігматитових утвореннях. За характером зміни вихідних порід він подібний до сучасного, п'ятого етапу гіпергенезу [30]. Головними породоутворюючими мінералами гіпергенно змінених залізистих кварцитів є кварц і гематит. Другорядне значення мають дисперсний гематит або "гідрогематит" (продукт вивітрювання залізо-вмісних карбонатів і силікатів), гетит і дисперсний гетит (гідрогетит), а також реліктовий магнетит (рис. 4.7).

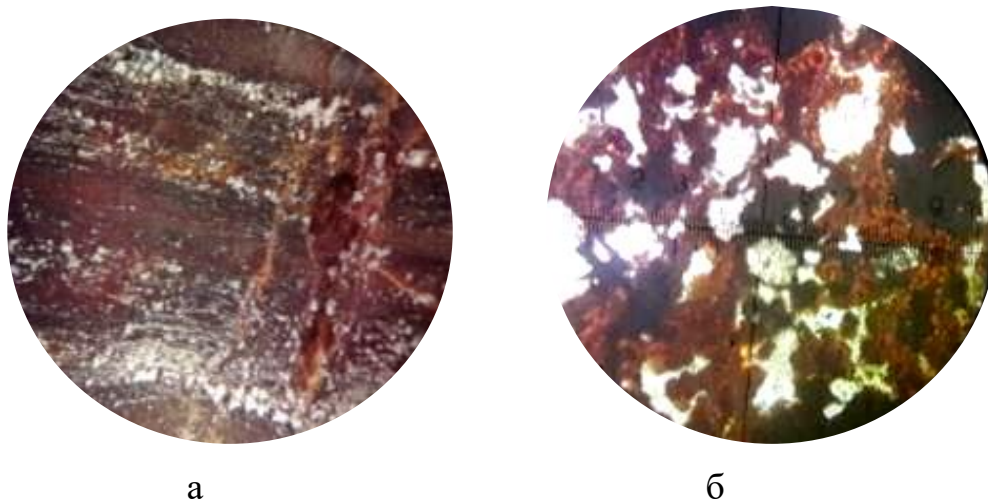
Кори вивітрювання сланців складені, головним чином, кварцом, дисперсним гематитом і глинистими мінералами (каолінітом, монтморилонітом, бейделітом та іншими), що розвиваються по глинозем-вмісним силікатам (хлориту, сидериту, біотиту, мусковіту). Також поширені гетит, дисперсний гетит, ярозит, алуніт та деякі інші мінерали.

Загальна потужність площадної кори вивітрювання змінюється в межах Криворізького басейну від 5-10 до 25-30 м. Лінійні кори вивітрювання в потужних зонах розривних порушень досягають глибини кількох кілометрів [77].

Неогенові відклади в західному борту Глеюватського кар'єру на горизонті +75 м представлені двома шарами сарматських пісків (рис.4.8). Вони відносяться до верхнього сармату геліксових верств N₁gl, вільногірської СФЗ, мілководна фація (рис. 4.10).

Над корою вивітрювання залізистих кварцитів залягає глинистий пісок сіро-жовтий с глиняно-карбонатними прошарками. Текстура породи смугаста, структура середньозерниста. Потужність шару коливається від 1 до 5 м. Породоутворюючі мінерали: кварц, кальцит, гетит (лімоніт), каолініт; другорядні: мусковіт, піролюзит. Мінерали важкої фракції: ільменіт, рутил, лейкоксен, апатит, ставроліт, циркон.

Геохронологічна шкала							Регіональна стратиграфічна шкала		Місцеві стратиграфічні підрозділи	Потужність, м	Породи	
Акрон	Еон	Ера	Період	Відділ	Підвідділ	Вік	Регіонарус (горизонти)	Підрегіонарус				
Протерозой	Палеопротерозой					млн. років 2400			Сучасні відклади Q_n h_1 . Субаквальні та субаеральні відклади. Техногенні відклади поділені на насипні та намивні.	0-0,5	Природно-техногенні травертини	
									ГОЛОЦЕН	ГОЛОЦЕНОВИЙ		
									ПЛЕЙСТОЦЕН	ПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
Протерозой	Палеопротерозой	ФАНЕРОЗОЙ	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИННИЙ	ГОЛОЦЕН		РЕГІОНАЛЬНА СТРАТИГРАФІЧНА ШКАЛА	ПІДРЕГІОНАЛЬНА	Еолові відклади Q_{in} . Викопні ґрунти із прошарками лесів, бурі суглинки.	0,3-4	Бурі суглинки	
									ПЛЕЙСТОЦЕН	ПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									ГОЛОЦЕН	ГОЛОЦЕНОВИЙ		
Протерозой	Палеопротерозой	ФАНЕРОЗОЙ	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИННИЙ	ГОЛОЦЕН		РЕГІОНАЛЬНА СТРАТИГРАФІЧНА ШКАЛА	ПІДРЕГІОНАЛЬНА	ЦЕНТРАЛЬНИЙ РАЙОН. ВУЛЬНОГІРСЬКА СФЗ. Гелісові верстви N_{gl} . Милководна фація. Одноманітна піщано-глиниста товща	0-7	Пісок дрібнозернистий із домішкою каолінової глини і прошарками глини зафарбованих гідроксидами заліза	
									ПЛЕЙСТОЦЕН	ПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									ГОЛОЦЕН	ГОЛОЦЕНОВИЙ		
Протерозой	Палеопротерозой	ФАНЕРОЗОЙ	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИННИЙ	ГОЛОЦЕН		РЕГІОНАЛЬНА СТРАТИГРАФІЧНА ШКАЛА	ПІДРЕГІОНАЛЬНА	Кора вивітрювання залізистих кварцитів	5-30	Гегит-гематитові кварцити	
									ПЛЕЙСТОЦЕН	ПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									ГОЛОЦЕН	ГОЛОЦЕНОВИЙ		
Протерозой	Палеопротерозой	ФАНЕРОЗОЙ	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИННИЙ	ГОЛОЦЕН		РЕГІОНАЛЬНА СТРАТИГРАФІЧНА ШКАЛА	ПІДРЕГІОНАЛЬНА	Криворізька серія. Саксаганська світа Pr_{1xx} . Нижня підсвіта. Залізисті кварцити, сланці серицитові, хлоритові, актинолітові (40-300 м).			
									ПЛЕЙСТОЦЕН	ПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВИЙ		
									ГОЛОЦЕН	ГОЛОЦЕНОВИЙ		



а

б

Рис. 4.7. Гіпергенно змінений залізистий кварцит під мікроскопом: а – полірований шліф (біле – мартит, сіре- кварц, червоне - гідрогематит); б – прозорий шліф, ніколі паралельні (біле – кварц, чорне – мартит, червоне - гідрогематит). Збільшення 55^x.

Наступний шар представлений дрібнозернистим піском із домішкою каолінової глини та із прошарками глини, зафарбованої гідроксидами заліза. Порода характеризується неясною шаруватістю білих та зафарбованих прошарків. Потужність шару коливається від 0 до 3-7 м і зростає у південному напрямку. Породоутворюючі мінерали: кварц, каолініт, гетит (лімоніт); другорядні: мусковіт, гематит, плагіоклаз, егірин. Акцесорні: магнетит, пірит, циркон, рутил, ставроліт.



Рис.4.8. Осадкові породи Глеюватської родовища, західний борт, горизонт +75 м. Білий шар - глинистий пісок з глиняно-карбонатними прошарками; червоно-бурий - дрібнозернистий пісок, строкато зафарбований гідроксидами заліза.

Завершують розріз четвертинні суглинки. Породи мають червоно-коричнєве забарвлення. Текстура шарувата, суглинки мають тонкі прошарки піску із домішкою каолінової глини (рис.4.9). Структура дрібнозерниста. Потужність шару

від 0,3 до 4 м. Породоутворюючі мінерали: кварц, каолінит, гетит (лімоніт), другорядні: біотит, мусковіт, кумінгтоніт, кальцит. Важкі: пірит, рутил, ільменіт, магнетит, гематит, турмалін, піролюзит.

Осадкові породи загалом мають узгоджене горизонтальне залягання, але в деяких місцях простежується неузгодженість неогенових та четвертинних відкладів, що характеризується хвилястою лінією контакту шарів (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Осадкові породи Глеюватського родовища, неузгоджене залягання четвертинних та неогенових відкладів у західному борту Глеюватського кар'єру.

	Індекс Вік	Потужність, м	Опис порід
	Q ₁	1,8	Четвертинні відклади - суглинки
	N ₁ S	0-7	Пісок дрібнозернистий з домішкою каолінової глини, з прошарками глини зафарбованих гідрооксидами заліза
	N ₁ S	1-5	Глинистий пісок сіро-жовтого кольору з глиняно-карбонатними прошарками.
	PR-KZ	10-30	Кора вивітрювання по залізистим кварцитам у вигляді останців порід та їх гальки з залізистий глиняною цементатії

Рис. 4.10. Літологічна колонка відслонення осадових порід на гор. +75, західний борт Глеюватського кар'єру.

4.1.3. Літолого-мінералогічний аналіз осадових порід Кресівської ділянки

Розріз осадових порід Кресівської ділянки представлений корою вивітрювання гранітів та мігматитів (AR-KZ), неогеновими відкладами (N_1S) і четвертинними суглинками (Q_{III}) (рис. 4.11).

Геохронологічна шкала							Регіональна стратиграфічна шкала	Місцеві стратиграфічні підрозділи	Потужність, м	Породи
Акрон	Еон	Ера	Період	Відділ	Підвідділ	Вік				
		КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИННИЙ	ПЛЕЙСТОЦЕН	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН		ДЕСНЯНСЬКИЙ	ПРИЧОРНОМОРСЬКИЙ	1-1,5	Бурі суглинки
			НЕОГЕНОВИЙ	МІОЦЕНОВИЙ	ПІЗНІЙ		САРАТСЬКИЙ	ЦЕНТРАЛЬНИЙ РАЙОН. ВІЛЬНОГІРСЬКА СФЗ <i>Товща пісків N_{1р}</i> . Прибережна та мілководна фація.	0,5-1	Кварцовий пісковик із глинисто-карбонатним цементом.
								ПІВДЕННИЙ РАЙОН. ШИРОКІВСЬКА СФЗ <i>Товща вапняків і мергелів N_{1м}</i> . Мілководна фація. В основі товщі залягають глинисті піски, глини. Глини сірі, зеленувато-сірі, монтморилоніт-гідроліди, у верхніх частинах мергелісті.	0,5-1	Сіро-зелені глауконітові глини.
								ПІВДЕННИЙ РАЙОН. ШИРОКІВСЬКА СФЗ <i>Збручські верстви N_{1зб}</i> . Мілководна фація. Представлені глинами та пісками, в меншій мірі вапняками та мергелями.	0,5-1	Глинисті вапняки.
AR-KZ								Кора вивітрювання плагіогранітів та плагіомігматитів: -жорстково-щебеніста зона; -гідроліди-каолінітова зона; -зона первинних каолінів.	1-2	Первинні каоліни
									3-10	Жорстково-гідроліди-каолінітова кора вивітрювання
АРХЕЙ	НЕОАРХЕЙ					млн. років 2900		Саксаганський комплекс (2791 млн. р.) Плагіограніти і плагіомігматити.		

Рис. 4.11. Місцева стратиграфічна колонка для Кресівського гранітного родовища (за Захаровим В.В., 2002) з доповненнями автора [30].

Осадовий чохол починається з кори вивітрювання плагіоклазових гнейсо-мігматитів та гранітів, що представлена жорствою (рис. 4.12) і первинними каолінами (AR-KZ). Її потужність змінюється від 3 до 10 м, а на контакті гранітів з дайками діабазів сягає 15-20 м.

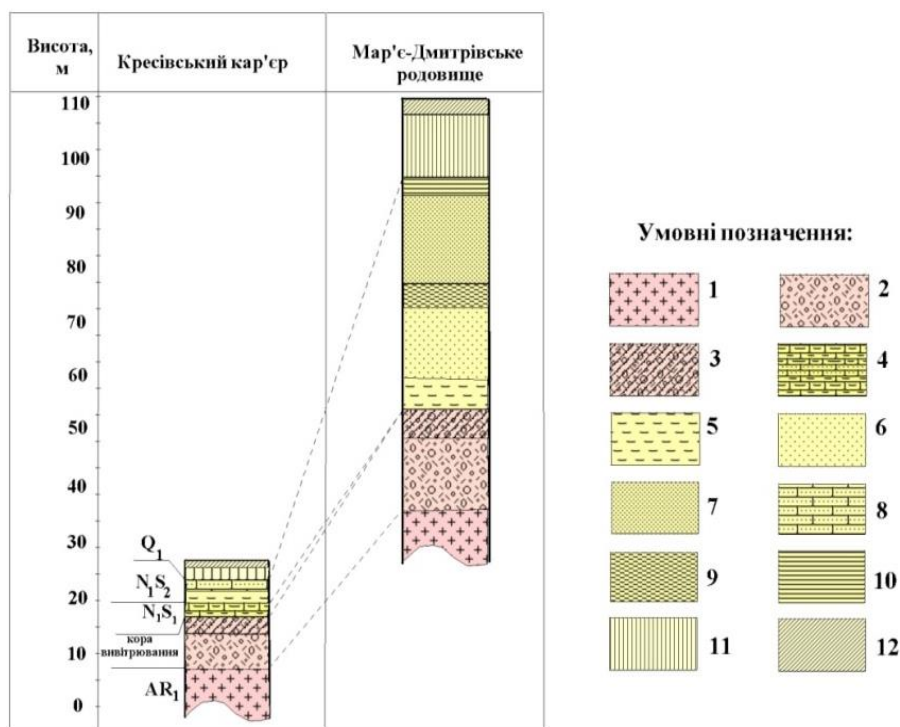


Рис. 4.12. Літологічні колонки осадового розрізу Кресівського та Мар'є-Дмитрівського родовища [88], з доповненнями автора.

Умовні позначення: 1 – плагіограніти саксаганського типу, 2 – гідрослюдиста кора вивітрювання, 3 – каолінова кора вивітрювання, 4 – вапняково-глиниста порода, 5 – сіро-зелені глини та суглинки, 6 – середньозернистий кварцовий пісок сірого кольору, 7 – дрібнозернистий кварцовий пісок жовтувато-сірий, сірий, 8 – пісковик із вапняково-глинистим цементом, 9 – світло – зеленувато-сірі глини, 10 – червоно-бурі глини, 11 – червоно-бурі, жовто-бурі, палево-жовті суглинки, 12 – сірі гумусовидні суглинки, чорнозем.

Жорства жовто-сіра масивна крупнозерниста. Містить кварцові жили, що пересікають корінні породи і продовжуються у корі вивітрювання (рис. 4.13). Розмір зерен породи залежить від ступеню вивітрілості і змінюється від 0,3-0,5 см до 1-2 см, зустрічаються уламки частково вивітрених гранітів, розміром до 5-15 см (рис. 4.14). Склад жорстви однорідний, представлений продуктами вивітрювання докембрійських гранітів і мігматитів. Основними породоутворюючими мінералами вивчених проб є плагіоклаз (до 60%), кварц (біля 30%) і біотит – (до 10%). В незначних кількостях присутні мікроклін, рогова обманка, мусковіт, а також

акцесорні мінерали гранітоїдів: танталовмісний магнетит, ільменіт з ізоморфною домішкою мангану (рис. 4.15, 4.16), епідот, циркон. Вторинні: серицит, каолініт, гідроксиди заліза.

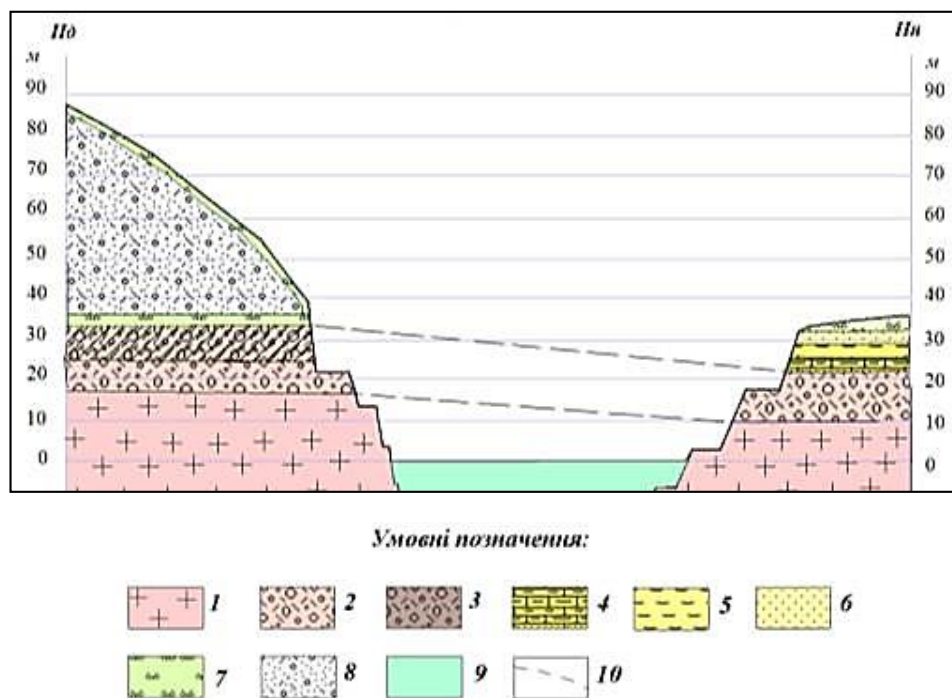


Рис. 4.13. Розріз осадових порід Кресівського гранітного кар'єру, за [88]. *Умовні позначення:* 1 – біотитові плагіограніти, 2 – жорствяно-гідрослюдиста коравивітрювання, 3 – каолінова кора вивітрювання, 4 – вапняки глинисті, 5 – глини, 6 – пісковики, 7 – рослинно-грунтовий шар, 8 – відвал первинних каолінів, 9 – вода, 10 – контури порід кори вивітрювання.



Рис. 4.14. Щебінь (а) і жорства (б) у корі вивітрювання біотитових плагіогранітів Кресівського кар'єру, м. Кривий Ріг.

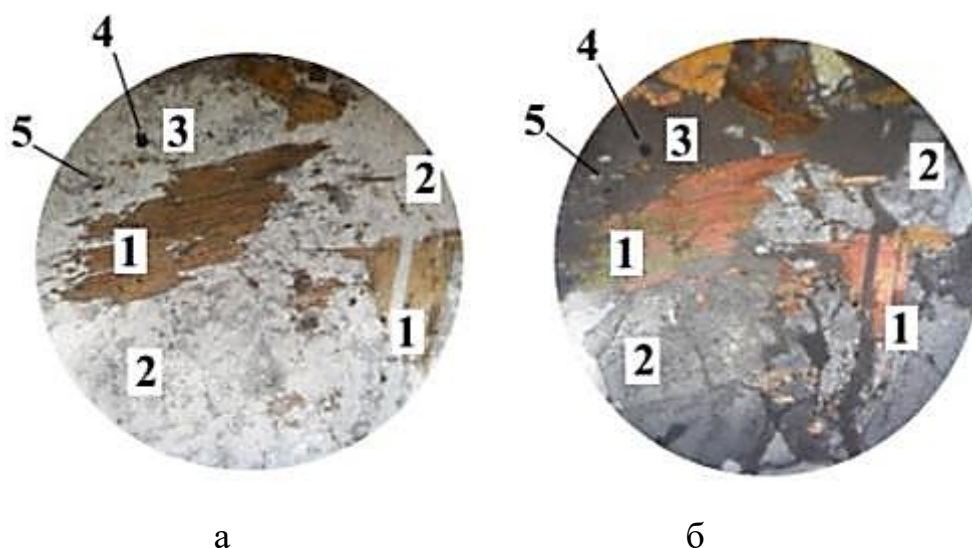
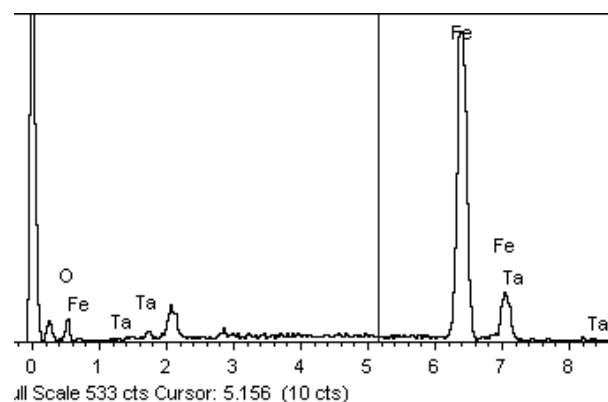
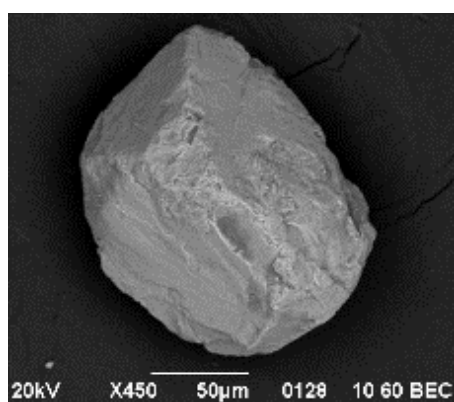
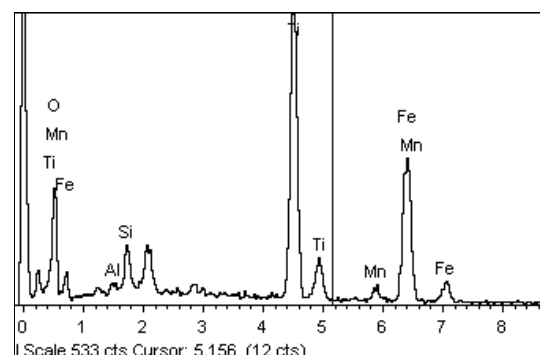
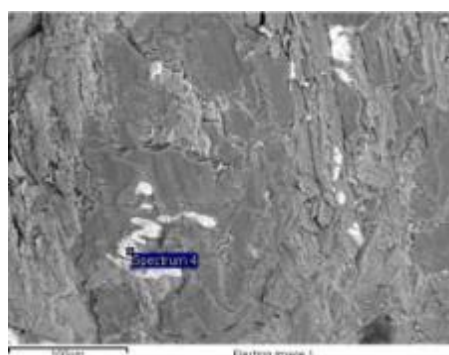


Рис. 4.15. Вивітрений біотитовий плагіограніт під мікроскопом. 1- біотит, 2 – сосюритизований плагіоклаз, 3 – кварц, 4 – магнетит, 5 – ільменіт. Кресівський кар'єр, пр. 1. Прозорий шліф, ніколі: а – паралельні; б – схрещені. Збільшення 32^х.



а



б

Рис. 4.16. Рудні мінерали в жорстк'яно-гідрослюдистій корі вивітрювання плагіограніт-мігматитів Дніпровського комплексу (пр. 1, 2): а - октаедричний кристал магнетиту з ізоморфною домішкою танталу; б - марганцевистий ільменіт у вигляді пойкилітових включень в лускуватих кристалах біотиту. РЕМ, МЗА.

На жорстк'яно-щебенистій пачці кори вивітрювання залягають первинні каоліни. Це пухкі породи білого кольору з легким жовтим відтінком за рахунок гідроксидів заліза, з домішками кварцу, рідше залишками жорстви вихідних порід (рис. 4.17, а). Каолін щільний, тонкозернистий, жирний на дотик, масивний однорідний, або плямистий брекчієвидний (рис. 4.17, б). Потужність шару 1-2 м. Основним породоутворюючими мінералами є: каолініт – (до 50%), кварц (до 30 %), та вивітрений мусковіт (близько 15%). В незначних кількостях присутні сосюритизований плагіоклаз, піроксени, біотит; акцесорні: циркон, турмалін, рутил, ставроліт, сфен. Автор встановила, що первинні каоліни Кресівського кар'єру мають підвищений вміст кварцу, каоліну та важких рудних і акцесорних мінералів (табл. 4.1).

Вивітрювання кристалічних древніх порід відбувалося до їх перекриття осадами кайнозойського чохла, найбільш повний розріз якого представлений у східній та північній частині кар'єру [72].

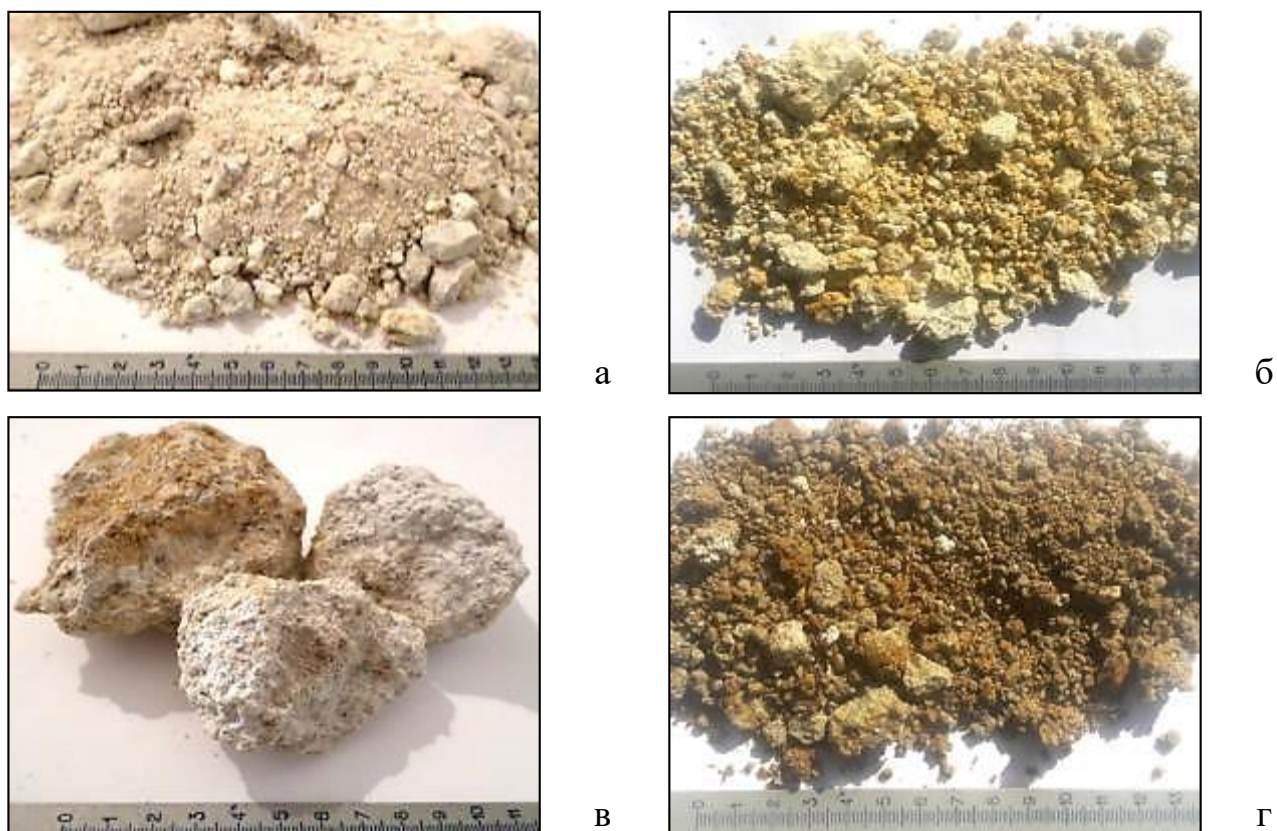


Рис. 4.17. Осадкові породи Кресівської ділянки: а – первинні каоліни (пр. 6); б - вапняково-глиниста порода (пр. 3); в – включення каоліну у вапняково-глинистій породі (пр.3); г - сіро-зелена глауконітова глина (пр. 4).

Неогенові відклади складають вапняковисті глини іноді з лінзами глин зеленого кольору, котрі перекриваються пачкою сіро-зелених глин і пісків. Цей комплекс порід належить до утворень сарматського ярусу неогенової системи [72]. Завершують розріз бурі суглинки з прошарками червоно-бурих глин четвертинного віку.

Таблиця 4.1

Вміст важких рудних і акцесорних мінералів у первинних каолінах
Кресівського кар'єру

Мінерали	Вміст у первинних каолінах, г/т	Мінерали	Вміст у первинних каолінах, г/т
Гетит	15288,2	Ільменіт	123
Магнетит	1245	Епідот	104
Циркон	1002	Рутил	33,4
Гематит	124,5	Турмалін	16,7

Глинисті вапняки відносяться до збручських верств нижнього сармату N_{1zb} , мілководна фація, Широківська СФЗ [30]. Породи пухкі, місцями зцементовані жовто-білого кольору (рис. 3.17, в). Мають плямисту текстуру, різнозернисту структуру. Внижній ділянці розрізу вапняки містять включення первинних каолінів у вигляді брекчій розміром до 5 см білого, іноді жовто-білого кольору. Головні породоутворюючі мінерали: каолініт, кальцит, кварц, гьотит; другорядні: ярозіт, мусковіт, біотит, хлорит. Мінерали важкої фракції: циркон (гіацинт), епідот, магнетит, хроміт, рутил, ільменіт, апатит, моноцит. Потужність шару до 1 м.

Сіро-зелена глауконітова глина відноситься до товщі вапняків і мергелів середнього сармату N_{1vm} , мілководна фація, Широківська СФЗ (рис. 4.17, г). Порода пухка, крихка, плямиста різнозерниста. Містить включення вапняково-глинистих порід розміром до 3 см, світло-сіро кольору, також досить крихких. Складається головним чином з глауконіту, кварцу, гетиту; другорядні: біотит, кальцит, ярозіт, хлорит. Важкі мінерали: ільменіт (часто лейкоксенізований),

рутил, гранат, епідот, авгіт, пірит, циркон, моноцит, магнетит. Потужність шару до 1 м.

Кварцові пісковики - щільні породи жовто-білого кольору масивні дрібнозернисті (розмір зерен кварцу від 0,25 до 0,1мм) (рис. 4.18). Відносяться до товщі пісків N_{1p} , прибережна та мілководна фація, середній сармат, Вільногірська СФЗ. Уламки представлені кварцом, піроксеном (авгіт), безрудним кварцитом. Цемент - базальний глинисто-карбонатний, місцями перекристалізований. В ньому присутні у невеликій кількості гідроксиди заліза, глауконіт. Характерна наявність онколітів та раковинного детриту.

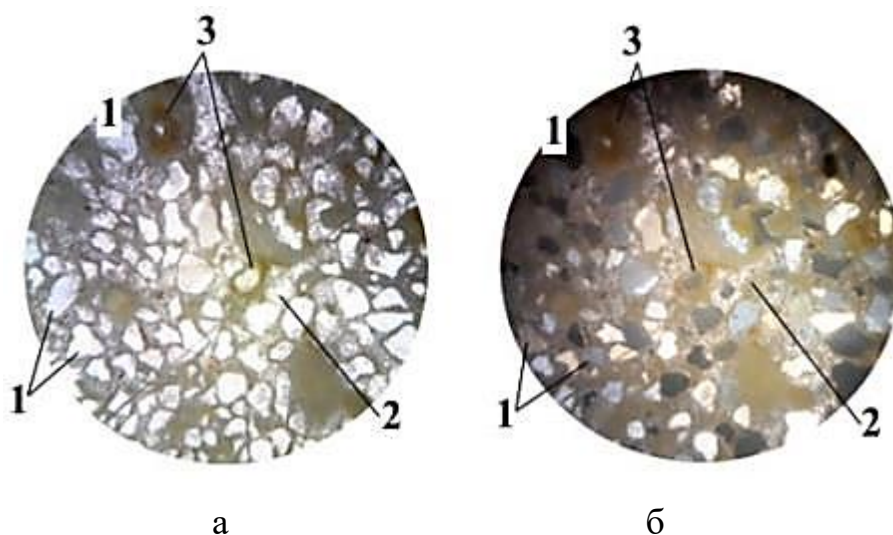


Рис. 4.18. Кварцовий пісковик під мікроскопом. 1 – зерна кварцу, 2 – глинисто-карбонатний цемент, 3 – онколіти. Кресівський кар’єр, пр.5. Прозорий шліф, ніколі: а – паралельні; б – схрещені. Збільшення $32\times$.

Завершують розріз кайнозойського чохла бурі суглинки з прошарками червоно-бурих глин четвертинної системи (Q_{III}), перекриті ґрунтово-рослинним шаром [36, 72].

На рис. 4.13 представлений геологічний розріз ультраметаморфічних і осадових порід Кресівського кар’єру. Граніти і мігматити залягають у формі купола, що пояснює характер залягання кайнозойських відкладів. На підвищеній ділянці кристалічного фундаменту має місце каолінова кора вивітрювання, а у

понижений – відбувалося накопичення осадових порід в прибережно-морських умовах північного узбережжя неогенового моря [72].

У південній частині кар'єру розташовані відвали, в яких роздільно зберігаються первинні каоліни, та вапняковисті глини (див. рис. 4.13). Каоліновий відвал найбільший за розміром та знаходиться безпосередньо біля кар'єру. Абсолютні висоти відвалу: 35-40 м (підніжжя) - 85 м (вершина). На схід від нього розташований відвал, що складається із вапняковистих глин.

Виходячи з наведених даних, *кора вивітрювання* кристалічних порід центральної частини Криворізького басейну утворилися в умовах гумідного типу літогенезу за класифікацією Н.М. Страхова (1960) [92]. *Неогенові відклади* району досліджень відносяться до гумідного типу літогенезу, морської групи формацій, тип: епейрогенні формації морів з помірно розчленованим водозбором (теригенно-карбонатні, теригенно-кременисті). *Суглинки* четвертинної системи мають риси платформенної теригенної формації аридних рівнин. Таким чином, осадові формації району утворюють симетричний ряд: платформенні, геосинклінальні в стадії нормального режиму, платформенні.

Умови утворення і склад кайнозойських порід кори вивітрювання, прибережно-морських та еолових відкладів зумовили формування в Центральному Криворіжжі сприятливих для накопичення мінеральних асоціацій важливого промислового значення. Великі обсяги осадових порід наразі задіяні у гірничовидобувному процесі і окремо зберігаються в межах гірничих відводів підприємств. Це робить їх потенційно придатними для попутного видобутку і комплексного використання у господарчій діяльності.

4.2. Геохімічні дослідження осадових порід

Вміст домішкових хімічних елементів в осадах і осадових породах центрального Криворіжжя досліджували по площі району, а також у вертикальних осадових розрізах. Відібрані автором зразки ґрунтів і осадових порід: всього 60

проб на 20 хімічних елементів. Аналізували методом емісійного спектрального аналізу на приладі СТЕ-1 спектрографі великої дисперсії ($4,7 \text{ Å}^0/\text{мм}$), за стандартною методкою [3, 4, 28, 48] (аналітик А.А. Тарашан).

4.2.1. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховища і Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів

Одним із основних принципів збалансованого природокористування є розвиток промислових об'єктів гірничовидобувного спрямування таким чином, щоб забезпечити сприятливий екологічний фон для майбутніх поколінь за рахунок відновлення природного стану навколишнього середовища [28, 40, 63, 65]. Враховуючи зазначене, можна стверджувати, що асиміляційний потенціал геологічного середовища Криворізького залізорудного регіону тісно пов'язаний із проблемою раціонального використання наявних там корисних копалин.

Очевидно, що ситуація у досліджуваному регіоні нині вже відноситься до еколого-небезпечних. За своїми масштабами антропогенний вплив на геологічне середовище уже перевищує найбільший максимум його асиміляційної здатності. У роботі Гріня А.В. та Лі С.К. [28] основною небезпекою визначаються мігруючі відходи не повністю протікаючих технологічних процесів, а саме: газових викидів, сточних та шахтних вод промислових підприємств, що містять токсичні утворення і потрапляють до ґрунтів та водойм.

Для оцінки просторового розподілу важких металів у місті Кривий Ріг було обрано 3 райони досліджень. Перший – західна частина хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК», другий – західний борт кар'єру №1 (Глеюватський кар'єр), третій – територія навколо гранітного Кресівського кар'єру (рис. 4.19). Із вищеперерахованих районів відбиралися проби ґрунтових покривів, які в основному представлені: чорноземом, технічним мулом, суглинками та пісками.



Рис. 4.19. Об'єкти дослідження просторового поширення важких металів у межах площ гірничих відводів кар'єрів та хвостосховища.

Дослідження розподілу важких металів в межах хвостосховища ПРАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат» (ЦГЗК) встановлено перевищення гранично-допустимих концентрацій хрому, вміст якого, в середньому сягає 150-160 мг/кг.

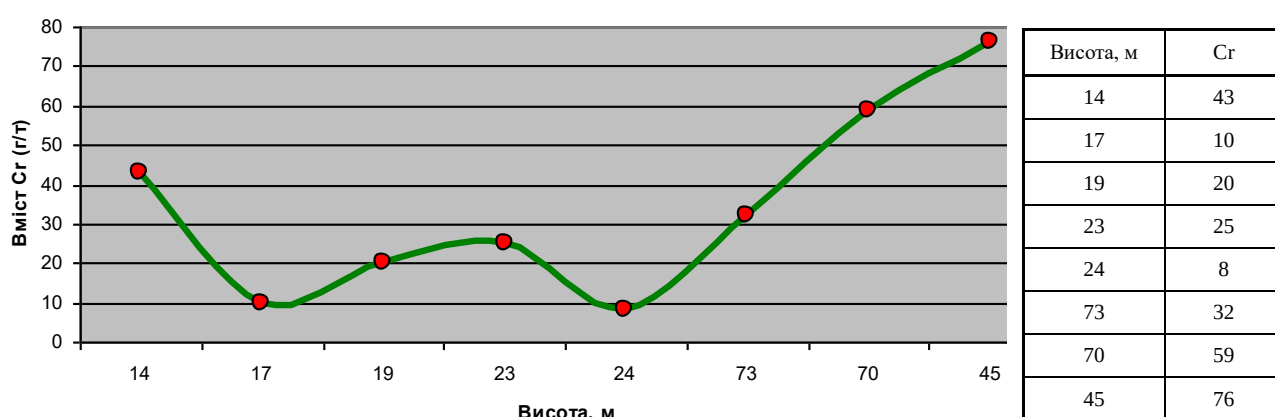


Табл. 4.2.

Рис. 4.20. Розподіл хрому у межах комплексу осадових порід Кресівського кар'єру [50].

В межах Кресівського кар'єру спостерігається тенденція до накопичення важких металів (мідь, свинець та нікель) у безпосередній близькості з досліджуваним об'єктом. На відстані від кар'єру в зразках ґрунтів концентрація важких металів була меншою.

Останнім об'єктом став західний борт кар'єру №1 ПРАТ «ЦГЗК» (рис. 4.21, табл. 4.3). І це єдина площа дослідження, де зразки відбиралися у межах безпосередньо гірничо-видобувного підприємства.

Західний борт кар'єру №1

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

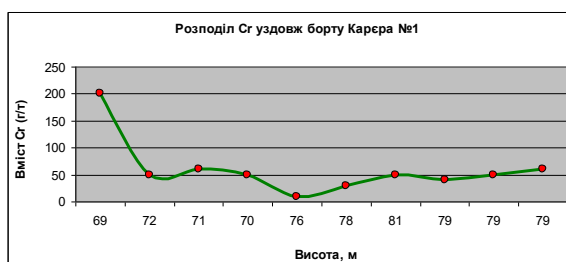
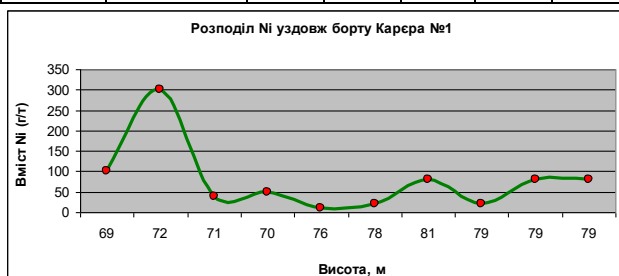
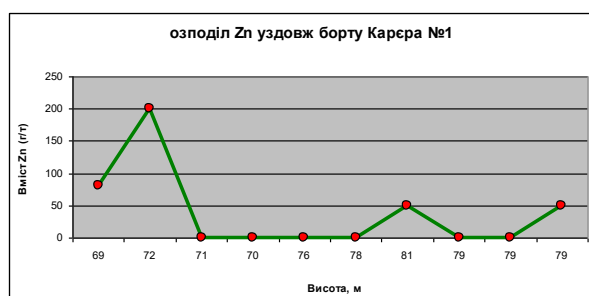


Табл. 4.3

Рис. 4.21. Розподіл важких металів в ґрунтах і осадових породах в межах гірничого-відводу кар'єру №1 ПРАТ «ЦГЗК» [50].

У південно-західному борту кар'єру концентрації усіх ВМ підвищені і суттєво виходять за межі ГДК (ліва частина графіку). Західний борт характеризується вирівненим розподілом ВМ, що балансує на межі гранично-допустимих концентрацій. Подібні накопичення можна зв'язати із превалюючими в даній місцевості північно-східними вітрами, що сприяють направленому переносу матеріалу із накопиченими у ньому ВМ.

В результаті проведених досліджень підкреслена вагомість рози вітрів у сукупності із рельєфом, як додатковий фактор розподілу важких металів у ґрунтах і осадових породах промислово навантажених регіонів [70, 78].

4.2.2. Геохімічні дослідження осадових порід Павлівської ділянки

За результатами геохімічних досліджень порід осадового чохла Павлівського родовища більшість вивчених хімічних елементів концентруються у корі вивітрювання докембрійських порід (проби П-2, П-3, П-8) і четвертинних суглинках (проба П-7). Накопичуються такі елементи як: Ni, Ti, V, Cr, Zr, Be, Y, Yb, Sc, Pb, Ga, Cu та La (рис. 3.22).

В неогенових пісках (проби П-4, П-1, П-5, П-6) виявлено накопичення лише Nb та P (рис. 4.23).

Виключно у четвертинних суглинках (проба П-7) накопичуються Au і Mn (рис. 4.24).

Встановлено, що лише у породах кори вивітрювання (проби П-2, П-3, П-8) накопичуються Pb, La (з перевищенням кларку) та Ga. Вище за розрізом їх вміст зменшується (рис. 4.25).

Майже в усіх породах в однаковій кількості присутні Cu, Ag, Zn, Li. Ці елементи не мають літологічної чи хронологічної залежності у накопиченні та концентруються однаково на всіх етапах осадкоутворення. Bi, Sn, Ba, Ce, Co зустрічаються лише в окремих літологічних відмінах, що свідчить про рідкість знаходження цих елементів у даному регіоні, та літологічний контроль їх розподілу.

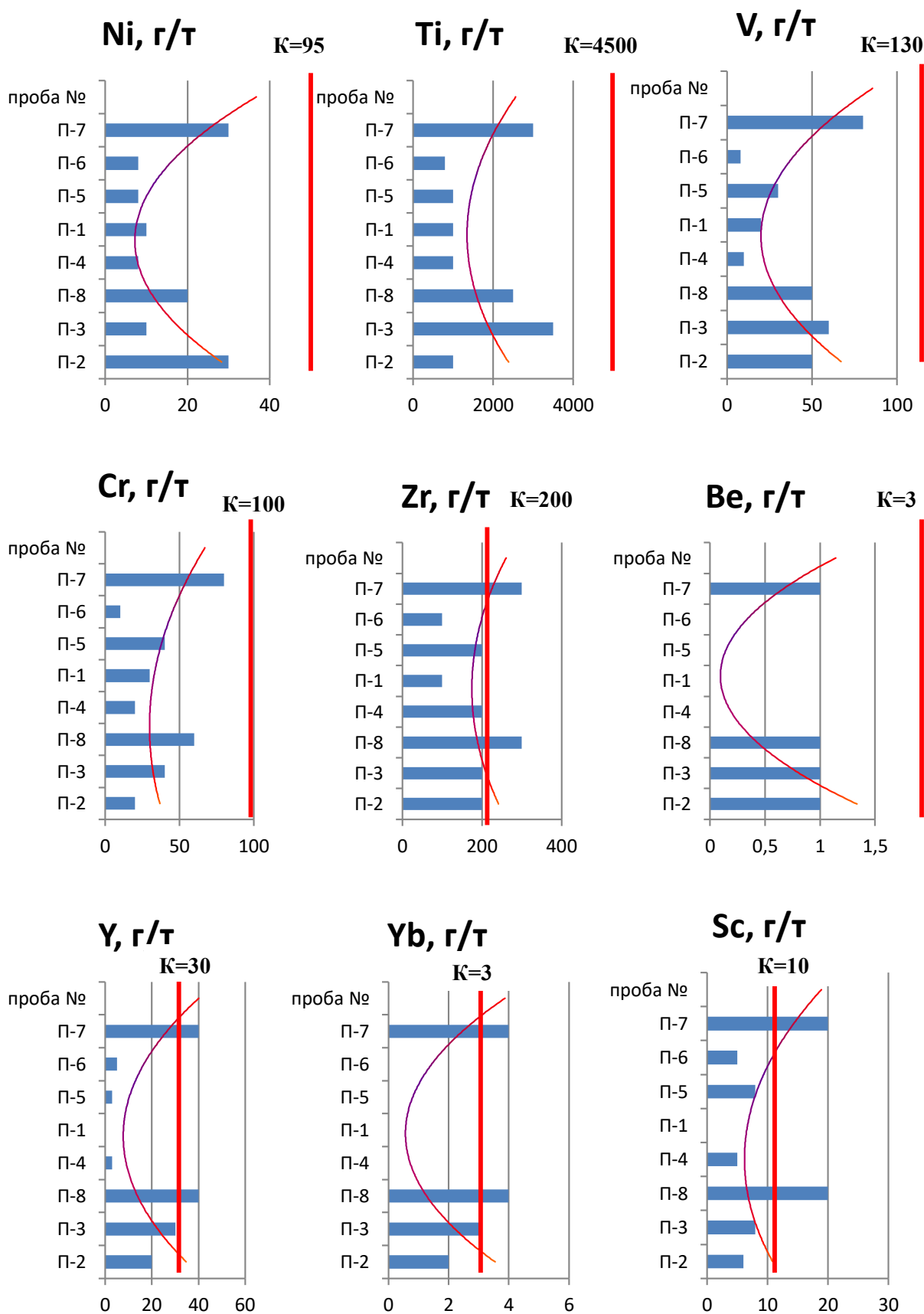


Рис. 4.22. Розподіл хімічних елементів у розрізі осадових порід Павлівського родовища. (тут і далі **K**- кларк хімічного елемента в осадових породах за А. П. Виноградовим [20], г/т).

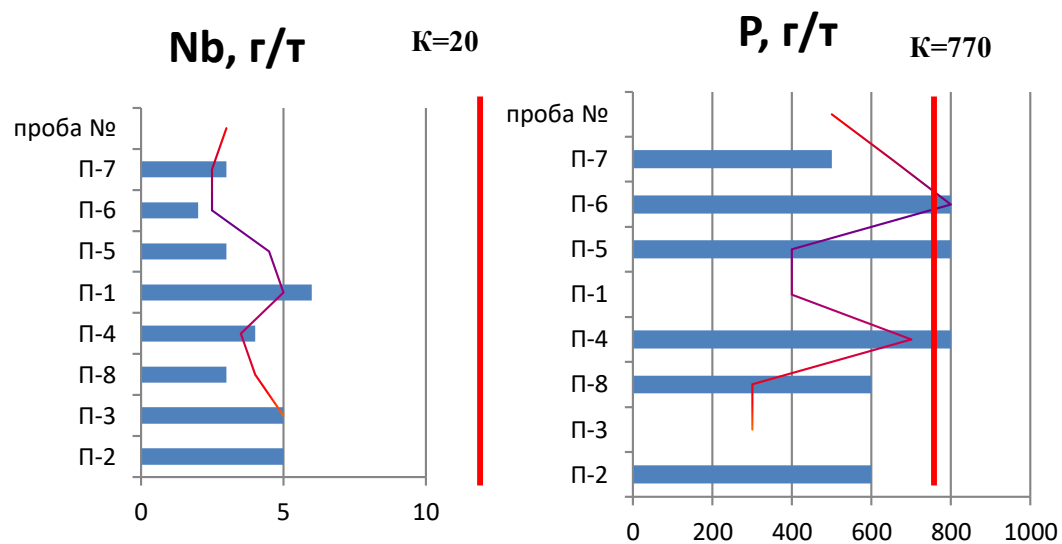


Рис. 4.23. Вміст Nb та P в осадових породах Павлівського родовища.

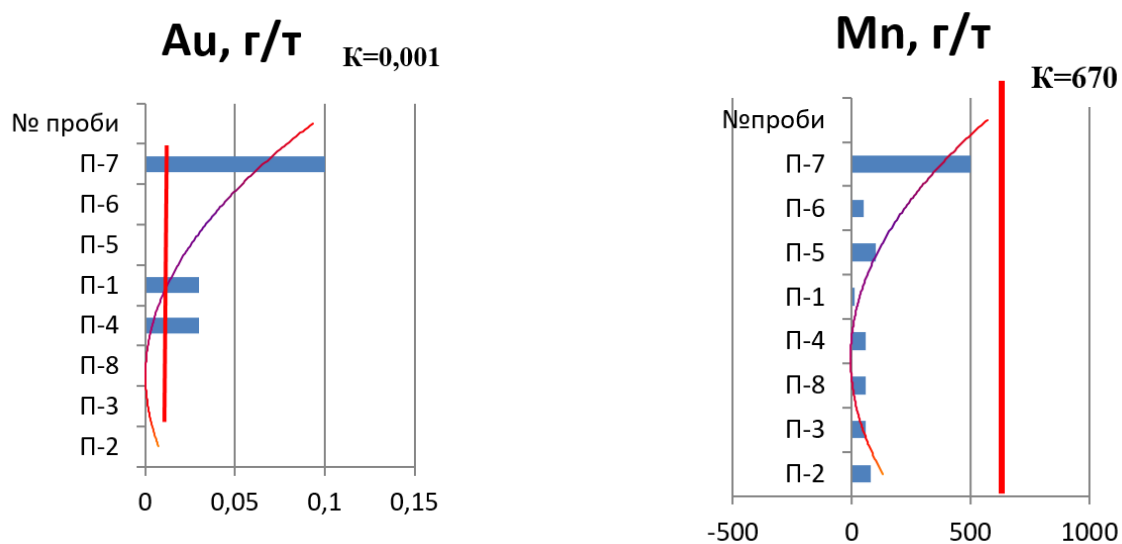


Рис. 4.24. Вміст Au та Mn в осадових породах Павлівської ділянки.

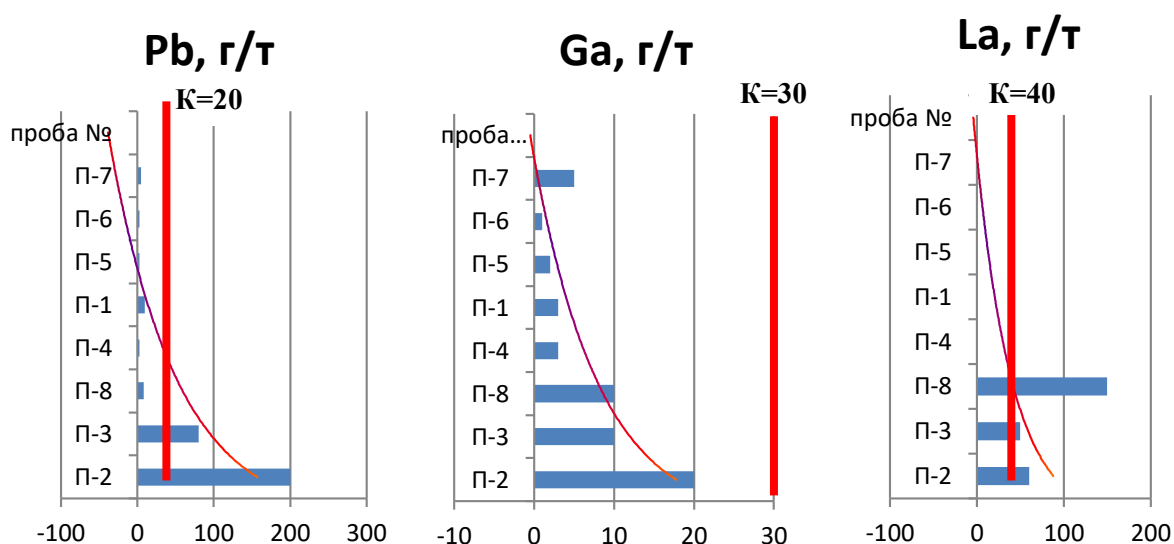


Рис. 4.25. Вміст Pb, Ga, Cu та La у розрізі осадових порід Павлівської ділянки.

Осадові породи західної частини Кривбасу відображають тісний зв'язок із розломно-блоковою тектонічною будовою кристалічного фундаменту району. В зонах розломів другого, третього і більш високих порядків, що супроводжують Криворізько-Кременчуцький глибинний розлом, інтенсивність денудації кристалічних порід підвищується, що приводить до збільшення потужності площадної кори вивітрювання [45, 96]. Над піднятими блоками кристалічного фундаменту потужність кори вивітрювання і осадового розрізу за рахунок більш інтенсивного розмиву зменшується. Отже виступ кристалічних порід у центральній частині території досліджень мав вплив на дві головні особливості розрізу: 1) породи кори вивітрювання в цій зоні більш денудовані і представлені трьома зонами (жорстково-щебениста, гідрослюдисто-каолінітова та власне каолінітова), в північній та південній зонах кора вивітрювання представлена лише гідрослюдисто-каолінітовою; 2) підняття материнських порід також мало вплив на формування неогенових морських відкладів — південна та північна частина родовища мають різний літологічний та мінеральний склад осадових утворень.

Вміст хімічних елементів, що накопичуються, як правило перевищує кларк [20, 26]. До них відносяться Pb, La (халькофільний та сідерофільний елементи за [79]

відповідно) – у корі вивітрювання; Au (халькофільний) – в суглинках та пісках; Р – у пісках (літофільний); Zr, Y, Yb, Sc (літофільні) – у суглинках та корі вивітрювання. Меншим за кларкові є вміст Ni, Ti, V, Cr, Be, Nb, Mn, Ga. Високий вміст широкого спектру домішкових елементів характерний для порід з високим вмістом пелітової компоненти: первинних і вторинних каолінів, суглинків. В меншій мірі вони накопичуються у пісках.

Більшість хімічних елементів мають закономірний характер розподілу у розрізі осадових порід. Ni, Ti, V, Cr, Zr, Be, Y, Yb, Sc накопичуються переважно у корі вивітрювання та в суглинках (нижня та верхня ділянки осадового розрізу) та розсіюються у неогенових пісках (середня частина розрізу). La, Pb, Ga – елементи, що значно переважають у нижній частині розрізу (корі вивітрювання). Au та Mn мають свої максимуми вмісту у верхній частині розрізу (четвертинних еолових суглинках). Р та Nb переважають у середній частині розрізу (неогенових морських пісках)

За даними Перельмана А. І. [79], глинисті фракції ґрунтів та порід у порівнянні з піщаними звичайно містять більше V, Cr, Ni, Cu і менше SiO₂. У процесі вивітрювання сполуки Al та Fe утворюють колоїди, у тому числі глинисті мінерали, а вище зазначені елементи легко сорбуються колоїдами та утримуються в глинах. Тому для Ti, Zr, Be, Y, Yb, Sc, Pb, Ga, Cu та La головним фактором розподілу в осадовому розрізі Західного Кривбасу, вірогідно, є сорбція їх глинами [20, 26]. В первинних плагіограніт-мігматитах більшість вказаних елементів у складі акцесорних мінералів утворюють включення в зернах біотиту, мусковіту, роговій обманці та інших фемічних мінералів, що заміщуються каолінітом та іншими гіпергенними утвореннями у корі вивітрювання. Вторинні глинисті мінерали, таким чином, збагачуються великою кількістю важких хімічних елементів.

Піски бідні на важкі хімічні елементи. В розрізі родовища вони збагачені лише фосфором і ніобієм, рідше Ti, Zr та Gf– типовими складовими акцесорних мінералів гранітоїдних порід регіону, що слугували джерелами постачання мінеральної сировини до неогенових відкладів.

Золото та марганець до еолових суглинків були привнесені агентами вивітрювання з інших джерел у період континентального осадконакопичення [105, 106, 107]. Тому слід звернути особливу увагу на можливість концентрації тонкого та лускуватого золота в четвертинних відкладах Криворіжжя.

За геохімічними та літологічними особливостями порід району досліджень автором виділені три різновікові групи (літолого-геохімічні зони): I – палеозой-кайнозойська кора вивітрювання; II – неогенові морські піски; III - відклади четвертинного періоду (рис. 4.26). Для них притаманні відмінні умови утворення та мінеральний склад, що обумовлюють різний характер накопичення-розсіювання хімічних елементів.

Породи	Потужність, м	Умовні позначення	Літолого-геохімічні зони
Суглинки	0,5 - 4	II-7	III
Піски дрібнозернисті з домішкою білої каолінітової глини	10-15	II-6	II
Піски дрібнозернисті з домішкою бурої глини	2-15	II-5	
Піски дрібнозернисті з домішкою гідроксидів заліза	0-10	II-1	
Піски крупнозернисті	0,2-0,3	II-4	
Каолінітові глини	2-12	II-8	I
Первинні каоліни	2,3-7	II-3 II-2	
Гідрослюдисто-каолінітова зона	15-20		
Жорстка кварц-польовошпатована	5-10		
Ультраметаморфічні граніти та мігматити			

Рис. 4.26. Літолого-геохімічні зони у розрізі осадових порід Середнього Придніпров'я.

4.2.3. Геохімічні дослідження осадових порід Кресівської ділянки

За результатами емісійного спектрального аналізу проб, взятих з осадових порід Кресівської ділянки, більшість виявлених хімічних елементів концентруються в четвертинних суглинках (проба К-10). Накопичуються такі елементи: Au, Cr, Pb, Ba, Mn, Zr, Ag (рис.4.27).

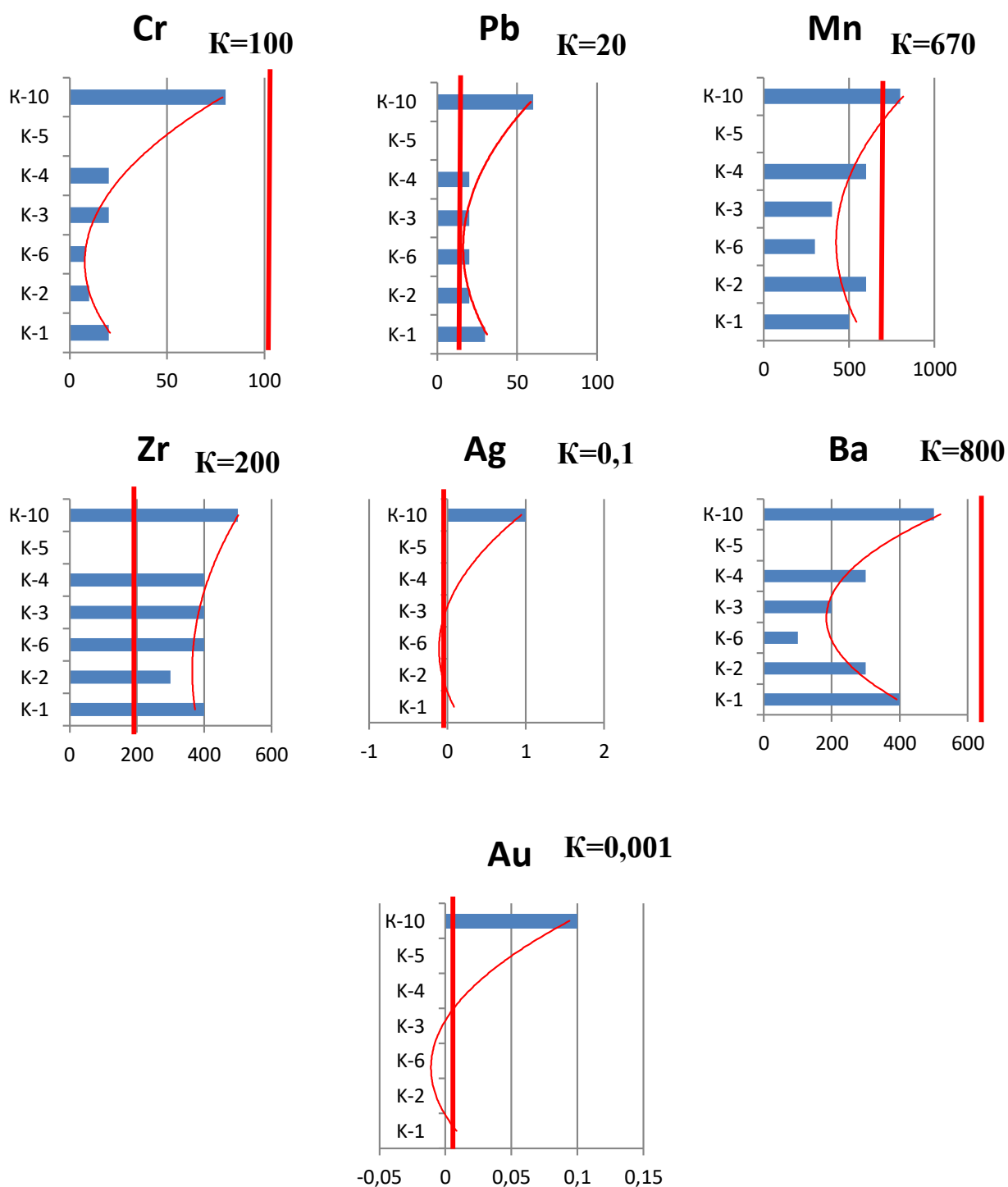


Рис. 4.27. Розподіл хімічних елементів у розрізі осадових порід Кресівської ділянки.

Виділяється група хімічних елементів, що однаково накопичуються як у корі вивітрювання (проби К-1, К-2, К-6), так і в морських неогенових відкладах (проби К-3, К-4). До них відносяться: Co, Ti, V, Nb, Ga, Be (рис. 4.28).

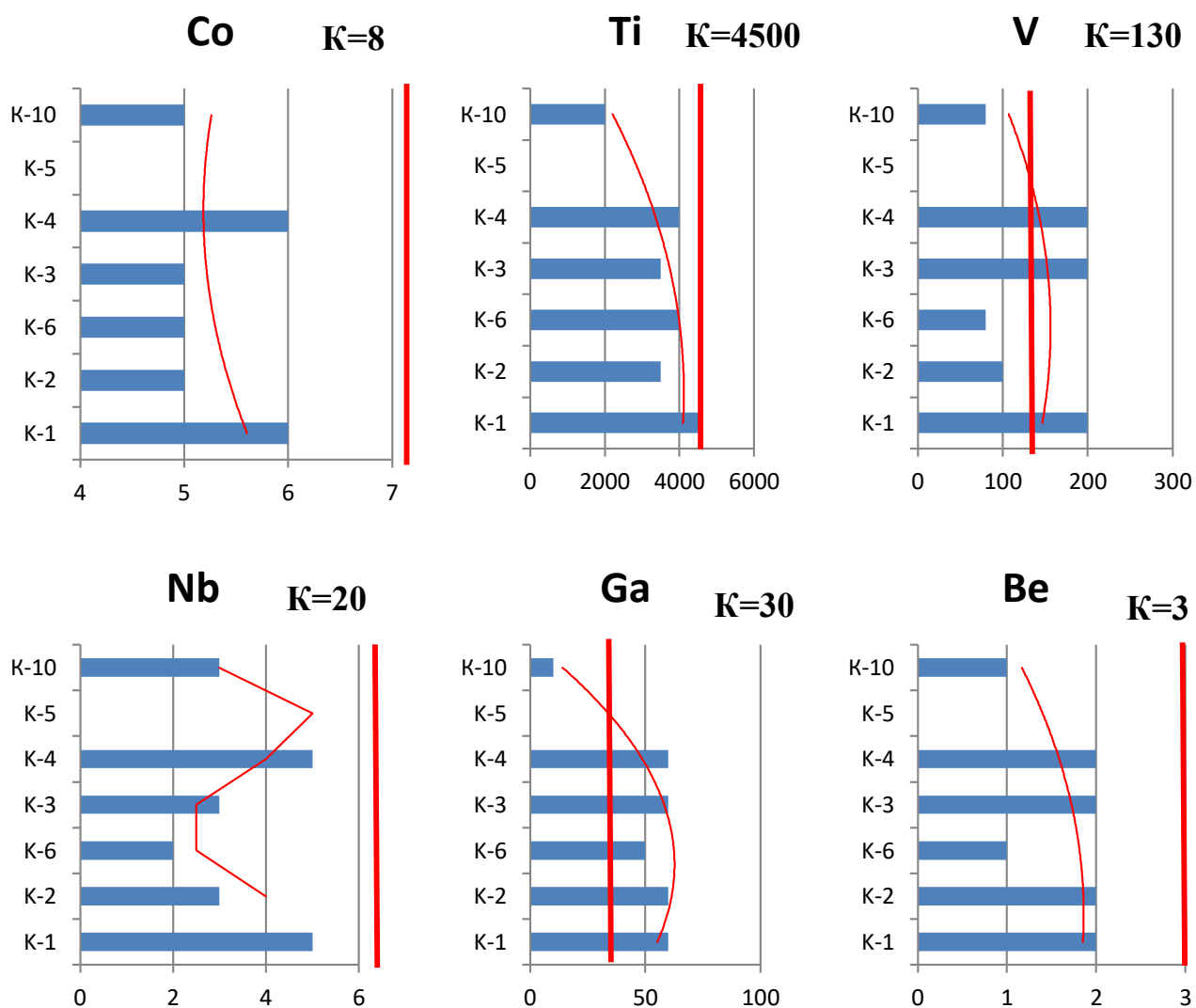


Рис. 4.28. Характер накопичення хімічних елементів у корі вивітрювання та в морських відкладах Кресівської ділянки.

Переважаю в морських неогенових породах накопичуються такі елементи як: Ni, Y, Yb, P (проби К-3, К-4) (рис. 4.29).

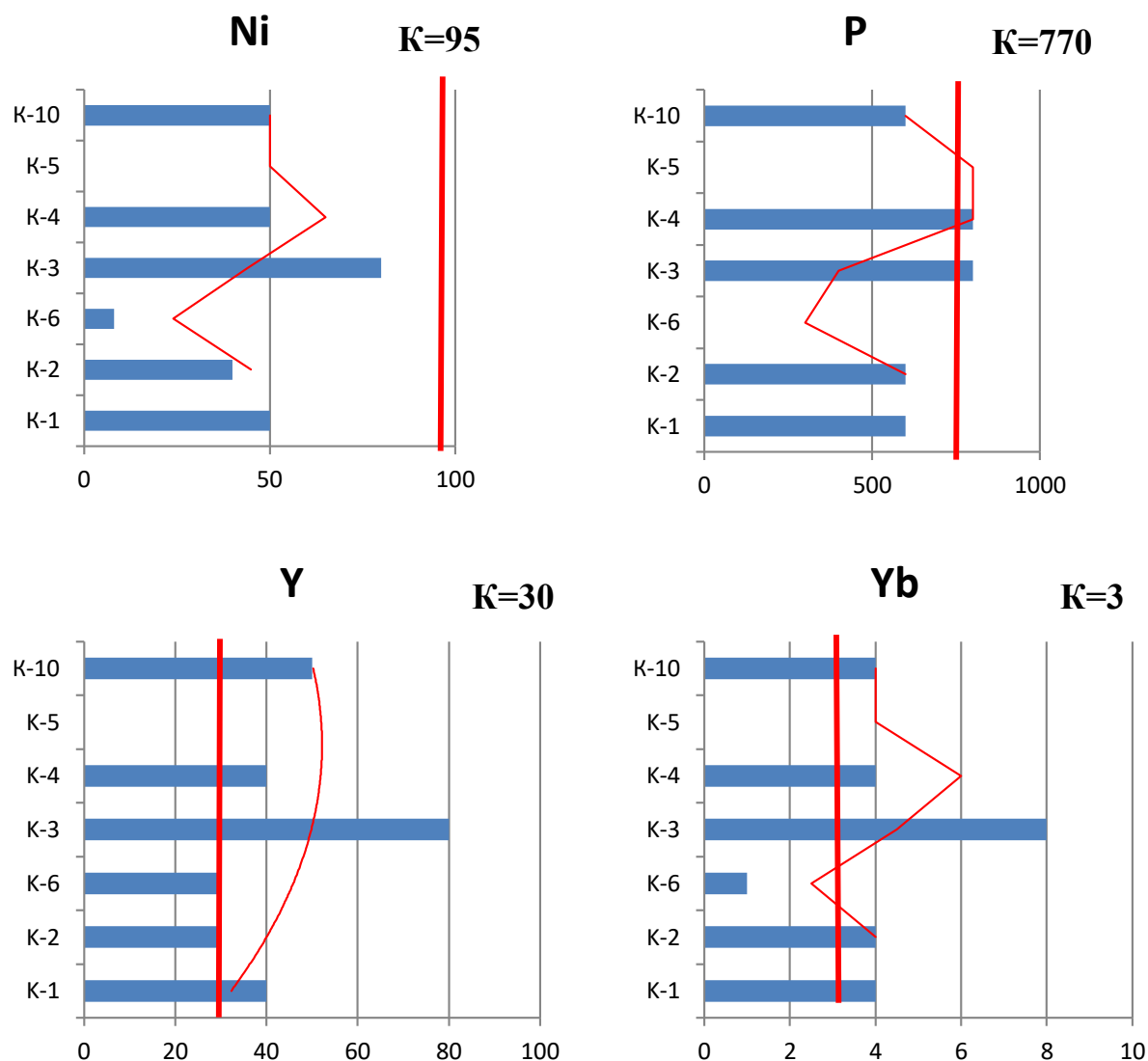


Рис. 4.29. Поширення хімічних елементів в неогенових морських породах Кресівської ділянки.

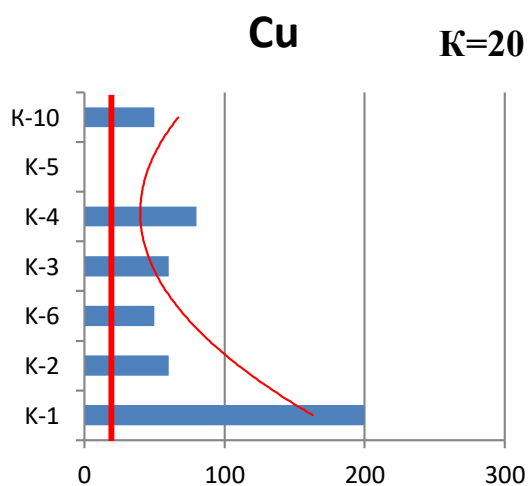


Рис. 4.30. Розподіл Cu в осадовому розрізі Кресівської ділянки (К- кларк хімічного елемента за А. П. Виноградовим [20], г/т).

У корі вивітрювання накопичується лише Cu (проба К-1) (рис. 4.30).

В однаковій кількості (рівномірно) по всьому розрізу порід розподілені Bi, Sn, Sc (рис. 4.31).

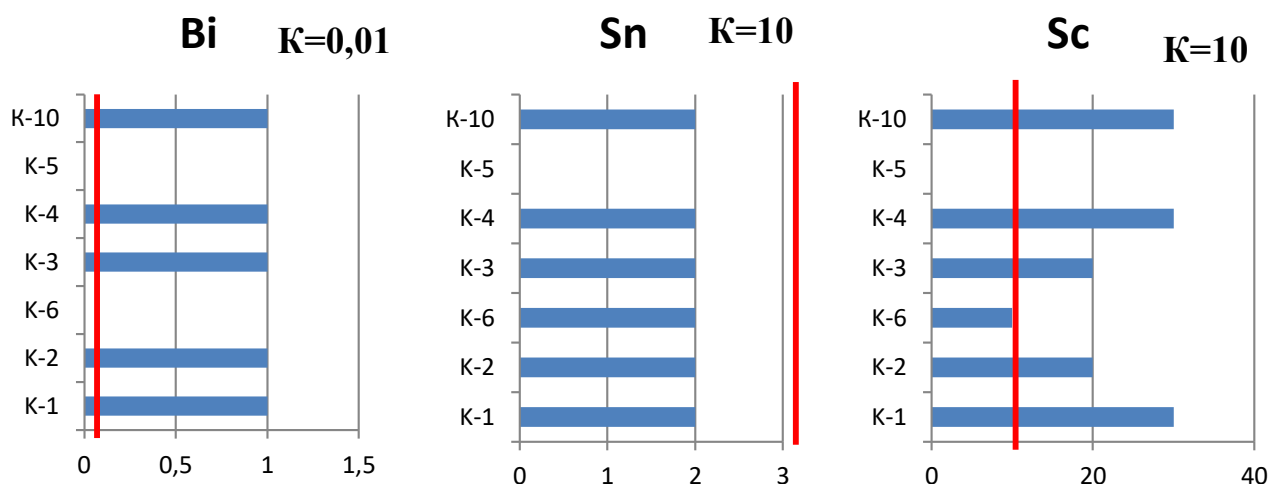


Рис. 4.31. Елементи, що рівномірно розподілені у розрізі осадових порід.

Цинк не був визначений в жодній з проаналізованих проб.

До хімічних елементів, що накопичуються в досліджених осадових породах відносяться Cu – у корі вивітрювання; V, Ga – в пісках та корі вивітрювання; P, Y, Yb – у пісках; Pb, Mn, Zr, Ag, Au – у суглинках; Bi, Sc – накопичуються в усіх літологічних відмінах. Меншим за кларкові є вміст Cr, Ba, Co, Ti, Nb, Be, Ni, Sn. Високий вміст широкого спектру домішкових елементів характерний для порід з високим вмістом пелітової компоненти: суглинків, в меншій мірі кори вивітрювання. В пісках накопичуються фосфор, як наслідок морської природи утворення відкладів, та рідкісноземельні елементи Y, Yb.

За геохімічними та літологічними особливостями осадові породи району Кресівського кар'єру поділяються також як і в Павлівському родовищі на три різновікові групи (літолого-геохімічні зони): I – палеозой-кайнозойська кора вивітрювання; II – неогенові морські піски; III – відклади четвертинного періоду. Для них притаманні відмінні умови утворення та мінеральний склад, що обумовлюють різний характер накопичення-розсіювання хімічних елементів.

4.2.4. Геохімічні дослідження осадових порід Глеюватської ділянки.

У розрізі осадових порід Глеюватського родовища автором встановлена концентрація з перевищенням кларку [20] наступних хімічних елементів: Ni, Cr, Cu, Pb, Zn, Sc, Y, Yb, Mn, Co, V, Mo, Zr, Ag, Au, Bi, Ga, Be. Розсіюються лише P, Sn, Nb, Ti і Ba (рис. 4.32).

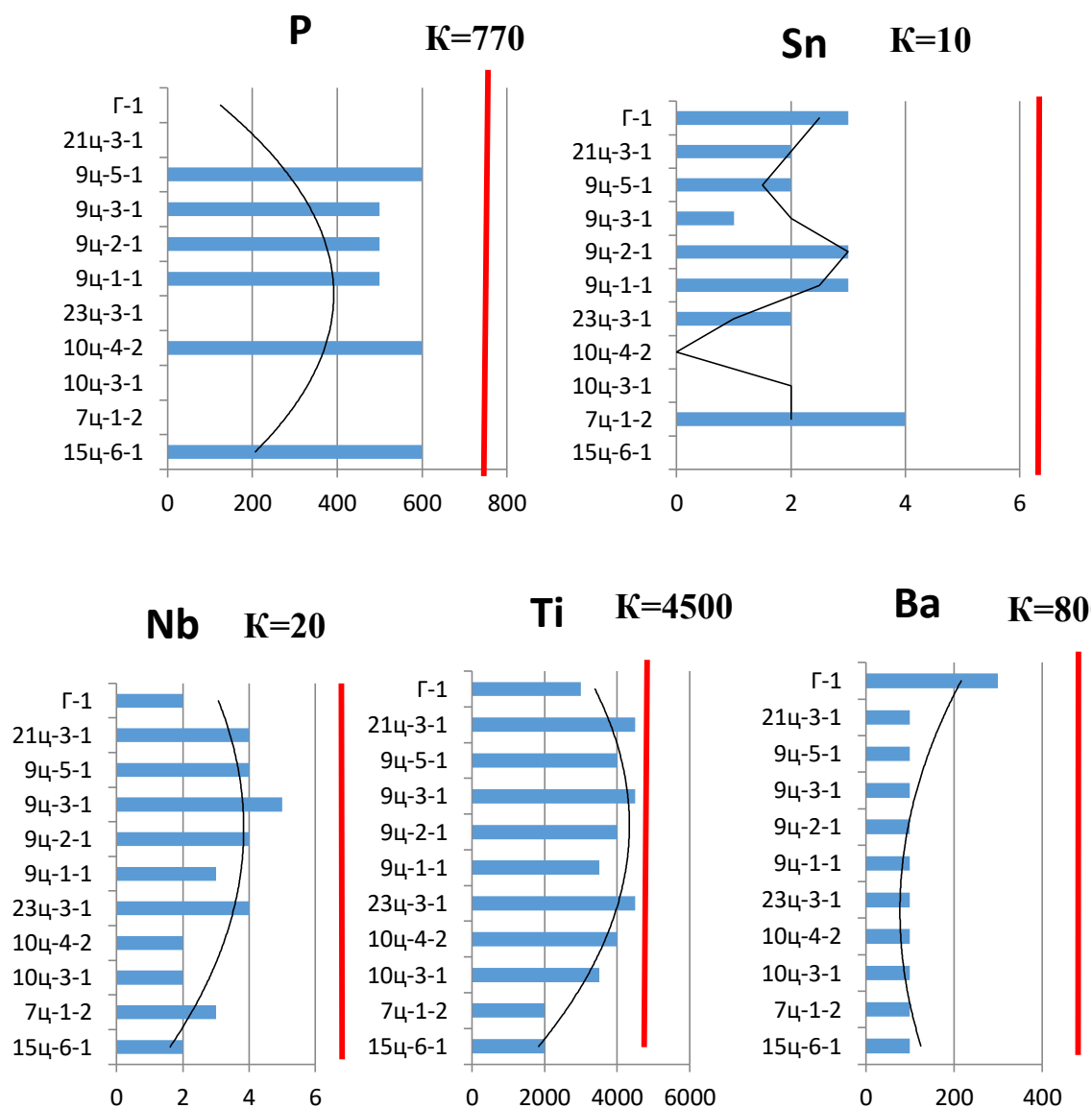


Рис. 4.32. Розподіл P, Sn, Nb, Ti, Ba в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

До хімічних елементів, що перевищують значення кларку в усіх літологічних відмінах відносяться: Yb, Bi (рис. 4.33).

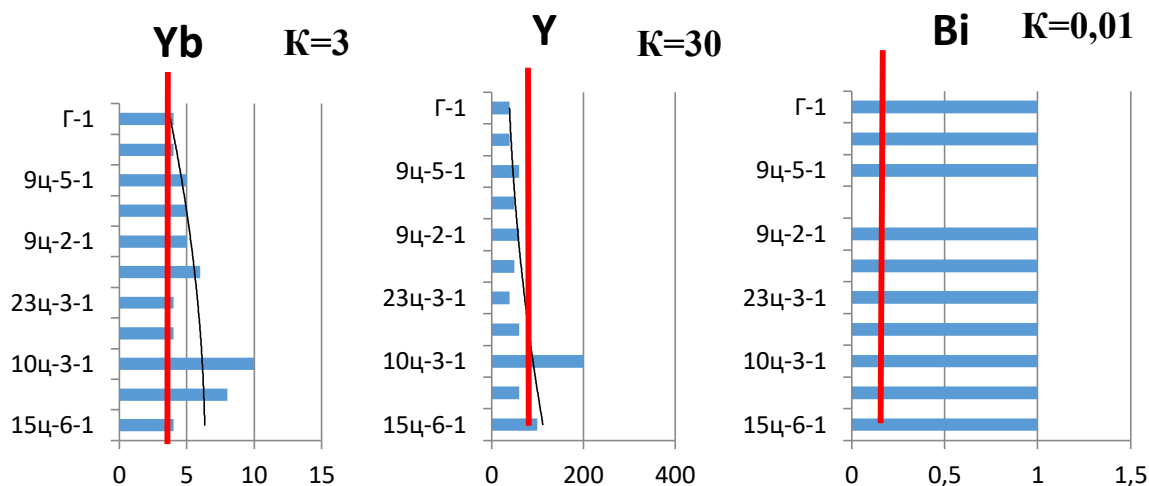


Рис. 4.33. Характер розподілу Yb та Bi в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

Поодинокі перевищення кларку мають Cr в пробі (9ц-1-1, гор. +75 –глина жовто-коричнева, цементує гальку окислених кварцитів); Zn перевищує кларк лише у пробі (7ц-1-2, гор. + 36 - охристі глини з вицвітами оксидів марганцю; вміст Be, Ni, Mo, Co перевищує кларк лише в пробах (9ц-1-1, гор.+75 - глина жовто-коричнева, цементує гальку окислених кварцитів та (7ц-1-2, гор. +36 - вохристі глини з оксидами марганцю (рис. 3.34).

Вміст Ga перевищує кларк лише в пробі (9ц-5-1, гор. + 75 – пісок середньозернистий білого кольору із прошарками глинистого піску бурого кольору (рис. 4.35).

Ag та Au накопичуються в четвертинних суглинках із вмістом 1 та 0,03 г/т відповідно (рис. 4.36).

Zr поширений в усіх літологічних відмінах окрім проб (9ц-1-1, гор.+75 - глина жовто-коричнева, цементує гальку окислених кварцитів) та (7ц-1-2) гор. +36 - охристі глини з оксидами марганцю (рис. 4.37).

Cu та Pb перевищують значення кларку в усіх пробах окрім (15ц-6-1, гор.+ 23 – пісок слабо глинистий сірого кольору, у підшві шару присутня галька) (рис. 4.38).

Вміст Sc перевищує кларк у семи пробах: Г-1, 21ц-3-1, 9ц-3-1, 9ц-2-1, 23ц-3-1, 10ц-3-1, 7ц-1-2, що характеризуються значним вмістом глинистої компоненти (рис. 4.39).

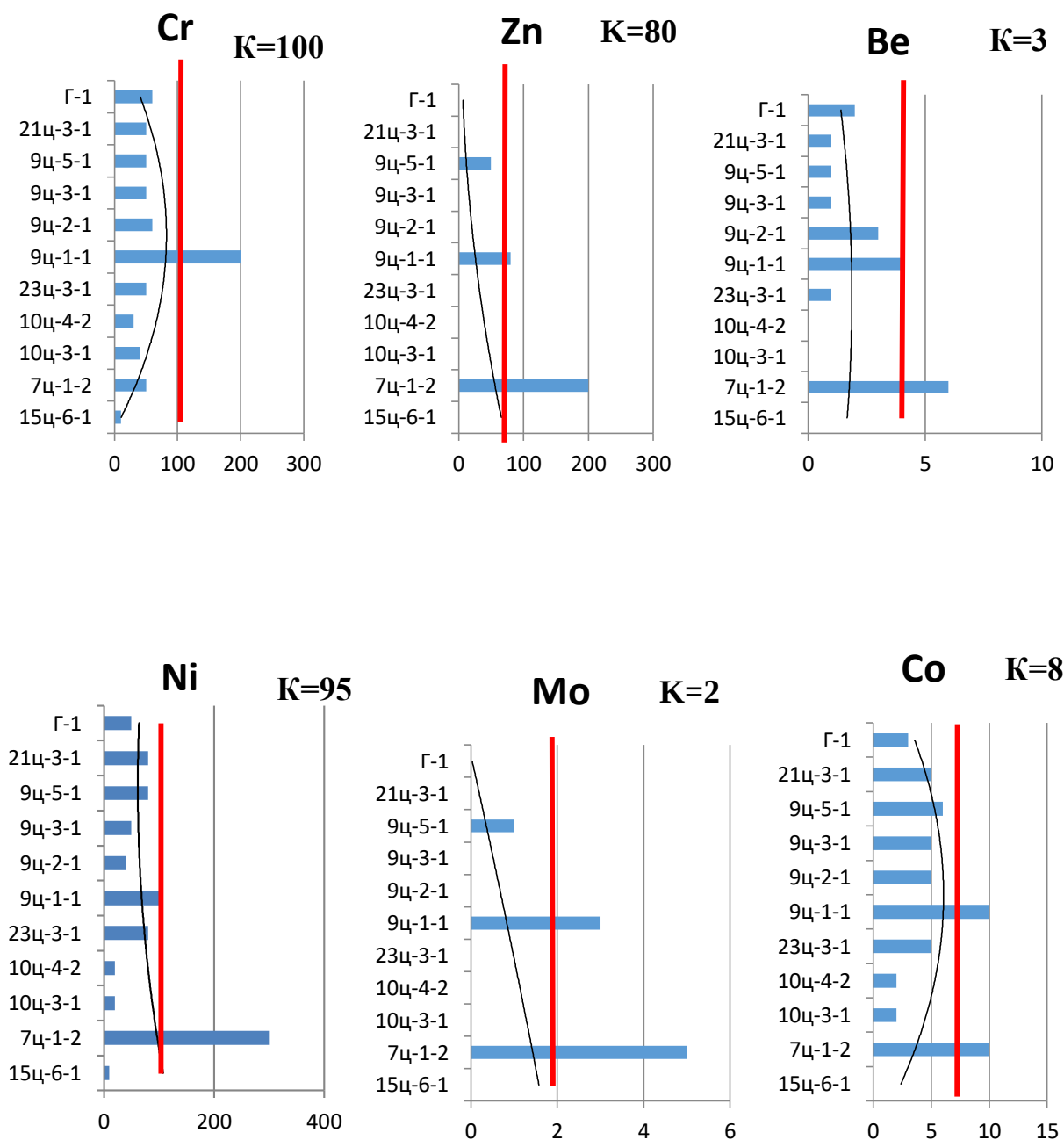


Рис. 4.34. Вміст Cr, Zn, Be, Ni, Mo, Co в породах осадового розрізу Глеюватської ділянки.

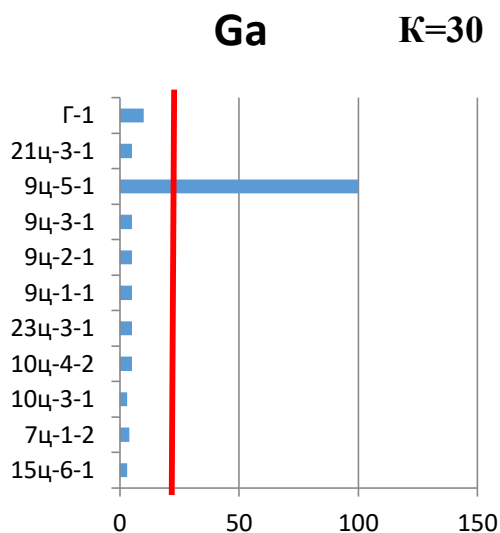


Рис. 4.35. Характер розподілу Ga в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки (**K**-кларк хімічного елемента за А. П. Виноградовим [20], г/т).

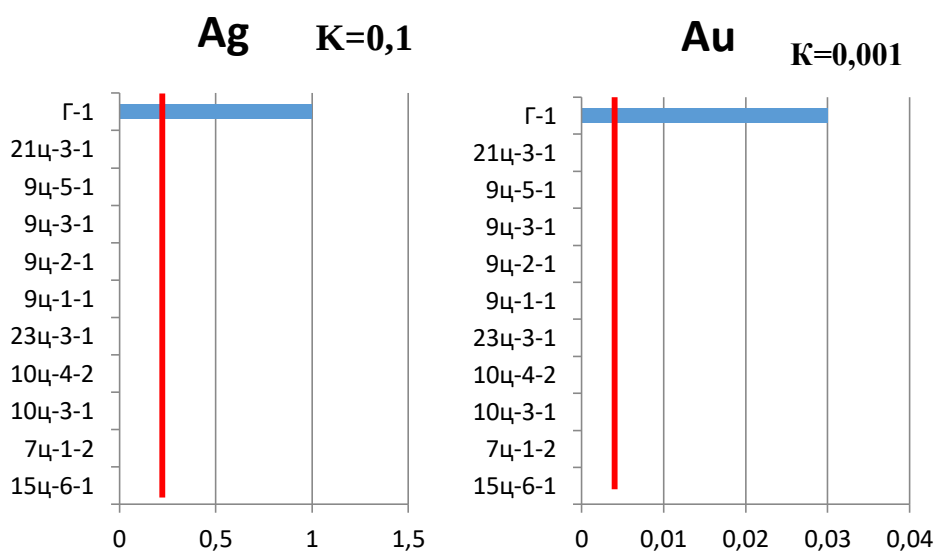


Рис. 4.36. Розподіл Ag, Au в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

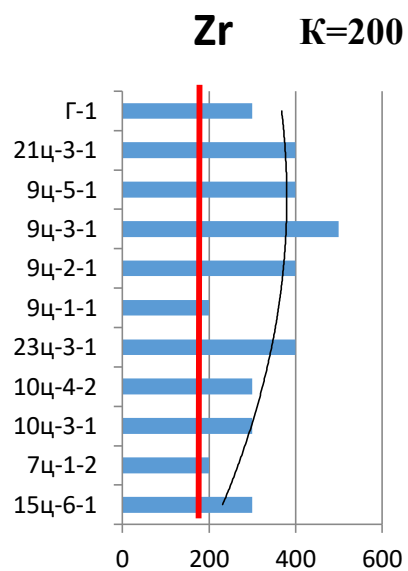


Рис. 4.37. Розподіл Zr в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

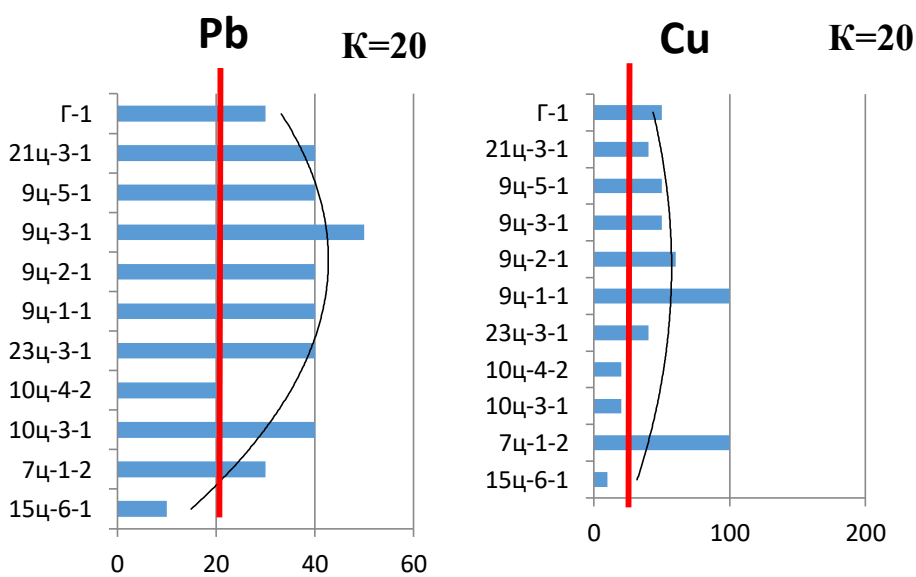


Рис. 4.38. Поширення Pb, Cu в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

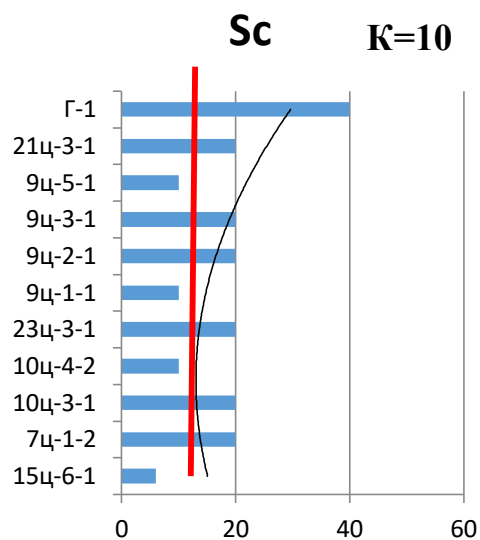


Рис. 4.39. Поширення Sc в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

Накопичення Mn зафіксоване в пробах: 21ц-3-1, 9ц-5-1, 9ц-1-1, 23ц-3-1, 7ц-1-2. V накопичується в пробах Г-1, 9ц-3-1, 9ц-2-1, 9ц-1-1, 7ц-1-2 (рис. 4.40).

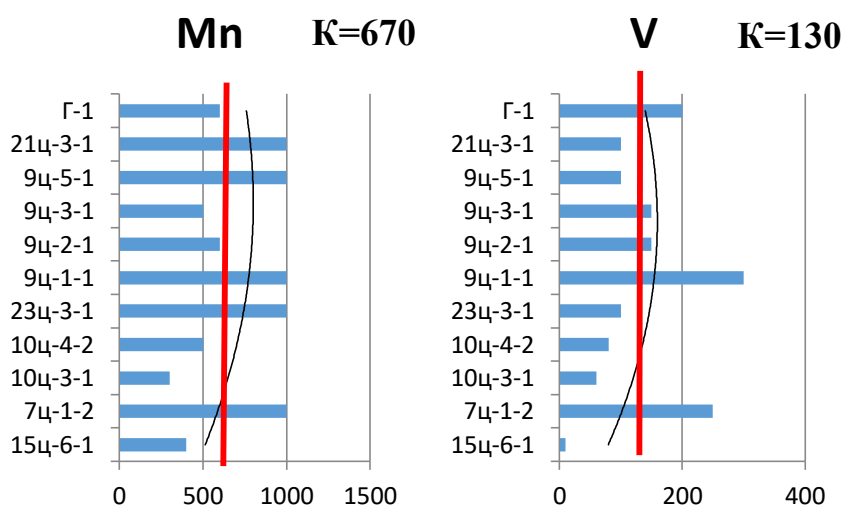


Рис. 4.40. Поширення Mn та V в розрізі осадових порід Глеюватської ділянки.

Гори- зонт, м	Шифр пробы	Мощ- ність, м	Умовні позначення	Порода
+147	21ц-3-1	5,5		Глина фісташково-зелена, сильно пластична. Мергель зеленого кольору з глинистими ділянками і присутністю фауни.
+70	9ц-5-1	2,0		Пісок середньозернистий білого кольору з прошарками глинистого піску бурого кольору.
	9ц-3-1	3,9		Сірий глинистий пісок, різнозернистий, зустрічаються округлі карбонатні стяжіння
	9ц-2-1	2,5		Глина сіро-зелена з охристими п'ятнами, в зустрічаються карбонатні стяжіння.
	9ц-1-1	0,9		Глина жовто-коричнева, цементує гальку окислених кварцитів.
+57	23ц-3-1	2,0		Пісок кварц-палеовшпатовий крупнозернистий сірого кольору, в основі галька залізистих кварцитів; глина піщана сірого кольору.
+47	10ц-4-2	3,7		Перешарування світло-жовтих піщаних і коричневих глинистих прошарків.
	10ц-3-1	2,0		Сильно глинисті піщані відклади сірого кольору, місцями з охристими п'ятнами.
+36	7ц-1-2	1,1		Охристі глини з тріщинуватістю, заповнені відкладами оксидів марганцю.
+23	15ц-6-1	1,0		Пісок слабо глинистий сірого кольору, знизу шару присутня галька.

Рис. 4.41. Літологічна колонка розрізу осадових порід Глеюватського родовища, з яких відбирались проби на спектральний аналіз.

Результати досліджень вмісту хімічних елементів у вертикальному розрізі осадових порід виявили закономірний характер їх розподілу. За геохімічними та літологічними особливостями породи району автором поділено на чотири різновікові групи (літолого-геохімічні зони): I – палеозой-кайнозойська кора вивітрювання; II – неогенові морські піски; III - відклади четвертинного періоду; IV– сучасні відклади травертинів (рис. 4.42). Для них притаманні відмінні умови утворення та мінеральний склад, що обумовлюють різний характер процесів накопичення-розсіювання хімічних елементів.

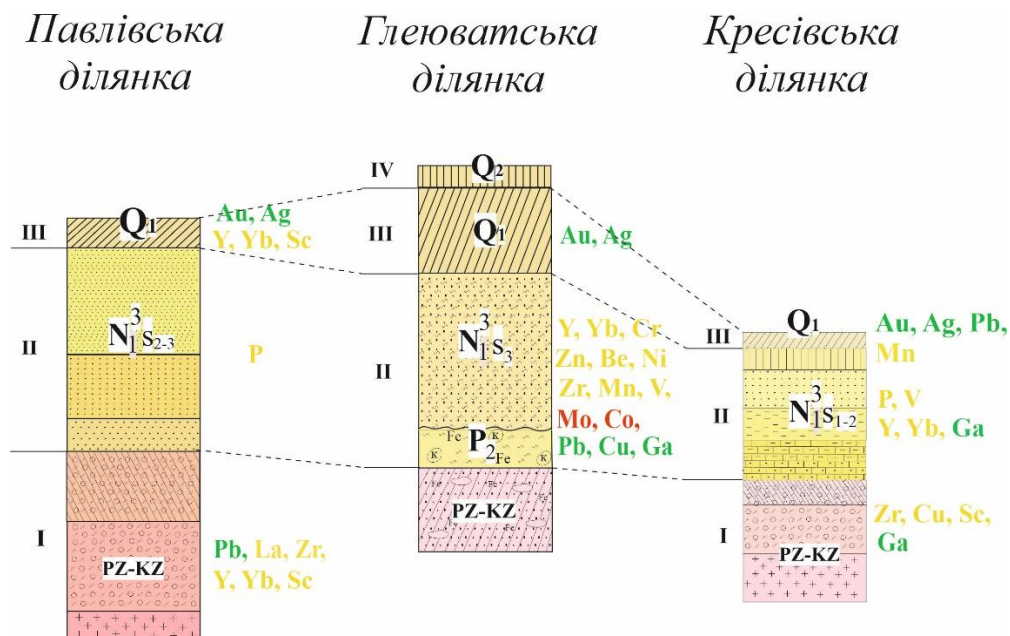


Рис. 4.42. Літолого-геохімічні зони у розрізі осадових порід центрального Криворіжжя, де зеленим кольором виділені халькофільні, жовтим – літофільні, червоним – сидерофільні хімічні елементи.

Розподіл хімічних елементів в осадовому розрізі має чітко виражений закономірний характер. Встановлено суттєве накопичення широкого спектру хімічних елементів (Zr, Y, Yb, Sc, Pb, La, Au, Ag), що перевищують кларк переважно у нижній та верхній частинках розрізу, збагачених глинистими компонентами. Здебільшого це літофільні елементи. Важливе пошукове значення може мати концентрація золота (до 100 мг/т) в четвертинних еолових суглинках району.

4.3. Аналіз розподілу хімічних елементів в породах осадового чохла в межах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну за даними факторного аналізу

З метою виявлення прихованих зв'язків між окремими хімічними елементами та встановлення загальних закономірностей їх концентрації і розсіювання, автором виконаний факторний аналіз (метод головних компонент) даних вмісту хімічних елементів в осадових породах центральної частини Криворізького залізорудного

басейну. До матриці вихідних даних увійшли результати визначення вмісту 26 хімічних елементів, географічна широта і довгота, а також висота над рівнем моря у точках відбору проб. Перераховано результати аналізів 28 проб, відібраних автором з природних відслонень, уступів гірничовидобувних кар'єрів та відвалів розкритих осадових порід на території досліджень. Математичні перерахунки мали такі завдання: виявити стійкі зв'язки між вмістом окремих хімічних елементів; виконати групування та узагальнення масиву даних; визначити головні чинники (фактори) варіативності вмісту хімічних елементів; встановити геологічну природу виявлених чинників.

Розподіл вмісту хімічних елементів в даному регіоні характеризується високою мінливістю. Деякі з них розсіюються або знаходяться на рівні кларку за А. П. Виноградовим [20] по всій території: Co, Ti, Nb, Sn, Li. Є хімічні елементи з поодинокими випадками перевищення кларку. Ni, Cr, Zn, Mo, Be перевищують кларк в осадових породах Глеюватського кар'єру №1 ЦГЗК. La, Ba мають підвищений вміст лише в осадових породах Павлівського кар'єру. Тільки на Кресівському родовищі накопичується Р. На всіх досліджених об'єктах перевищують кларк: Y, Zr (рис. 4.43). Найбільший спектр накопичених в осадовому розрізі хімічних елементів характерний для Глеюватського кар'єру ЦГЗК. В ньому осадові породи залягають безпосередньо на породах залізисто-кременистої формації докембрію. Для східного та західного обрамлення Криворізько-Кременчуцької структури, де осадові породи залягають на гранітоїдному фундаменті, інтенсивність накопичення і різноманіття елементів менше. Це свідчить про суттєвий вплив порід кристалічного щита на формування складу кайнозойських відкладів регіону.

За результатами розрахованих коефіцієнтів парної кореляції виділено три типи взаємодії елементів: позитивна кореляція ($r > 0,44$), негативна ($r < -0,44$), кореляція відсутня ($0,44 > r > -0,44$). Позитивну кореляцію мають Sc з Zr ($r = 0,454$) (рис. 4.38). Їх тісний зв'язок пояснюється схожими геохімічними властивостями, що приводять до спільного накопичення у цирконі – провідному мінералі важкої фракції осадових порід району досліджень. Так, у рудах циркону - носіях скандію

- разом із 100 тис. т на рік циркону видобувається попутного 5—12 тонн скандію на рік [114].

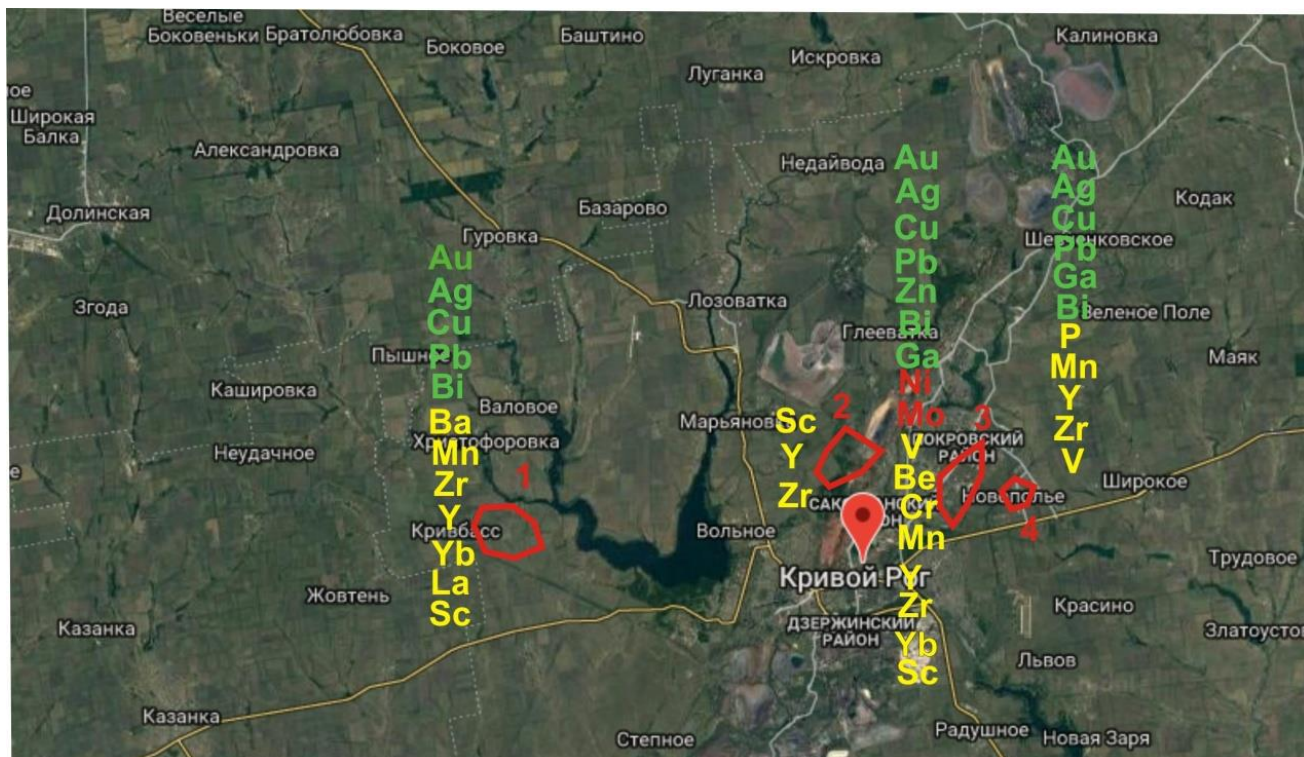


Рис. 4.43. Карта-схема накопичення хімічних елементів в осадових породах центральної частини Криворізького басейну. 1 – Павлівське родовище, 2 – територія поблизу хвостосховища ЦГЗКу, 3 – кар’єр №1, ЦГОК, 4 – Кресівський кар’єр. **Au**-халькофільні елементи, **Ni**- сідерофільні елементи, **Mn**- літофільні елементи.

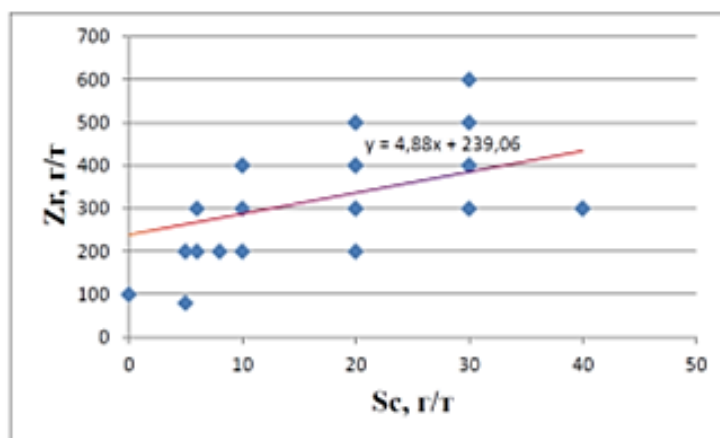


Рис. 4.44 . Поле кореляції Sc і Zr.

Ag позитивно корелює із Au ($r = 0,685$) (рис.4.44). Це підтверджує їх спільне походження та асоціацію в родовищах [104, 106]. Ймовірно, це тонко лускувате золото з домішкою срібла, що накопичується в еолових четвертинних відкладах центральної частини Криворіжжя. Найближче джерело золота у Дніпропетровській області - Сурський золоторудний район, що включає родовища Сергіївське та Балка Золота, розташований в південній частині однойменної архейської зеленокаменної структури Українського щита. Середній вміст золота в рудах по родовищу Сергіївської становить 7-8 г / тонну при відношенні Au: Ag = 1: 2. У родовищі Балка Золота, розташованому в 4 км на північний схід, середній вміст металу в рудах становить 6,2 г / тонну [29, 95]. Позитивну кореляцію мають вміст Ag і значення географічної широти у точці відбору ($r = 0,446$). Це говорить про те, що вміст срібла (і золота) в осадових породах району досліджень зростає у північному напрямку, що має важливе пошукове значення.

Негативна кореляція Au та Ag із Li (рис. 4.46) пояснюється їх різним походженням та відмінними умовами накопичення у ландшафті. Так еолові золото-та срібновмісні відклади центрального Криворіжжя тяжіють до понижених ділянок рельєфу, тоді як пегматитові жили, в яких концентрується Li, в ландшафті займають місце пагорбів та височин.

Позитивна кореляція між географічною довготою місць відбору проб і вмістом у них Ti, V, Zr та негативна кореляція географічної довготи з Nb (рис. 4.47) свідчить, що Ti, V, Zr накопичуються в осадових породах східного обрамлення Криворізької структури, а Nb - західного. Такий розподіл хімічних елементів пояснюється впливом петрографічного складу і геохімічних особливостей порід кристалічного фундаменту на речовинний склад осадової товщі. Так, гранітоїди саксаганського куполу вміщують акцесорний циркон, ванадієвмісні ільменіт та рутил, в той час як гранітоїди Кіровоградського комплексу характеризуються проявами Nb-вмісного монациту.

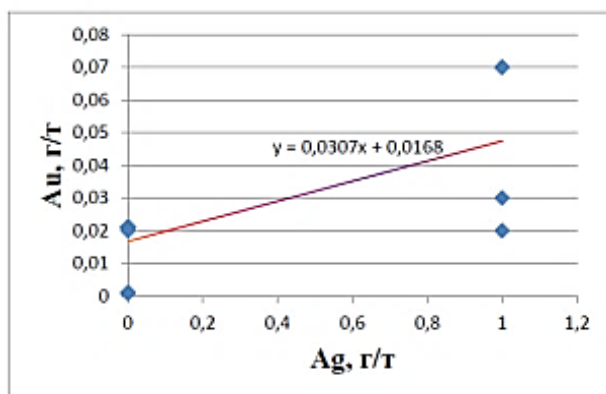


Рис. 4.45. Поле кореляції Ag з Au.

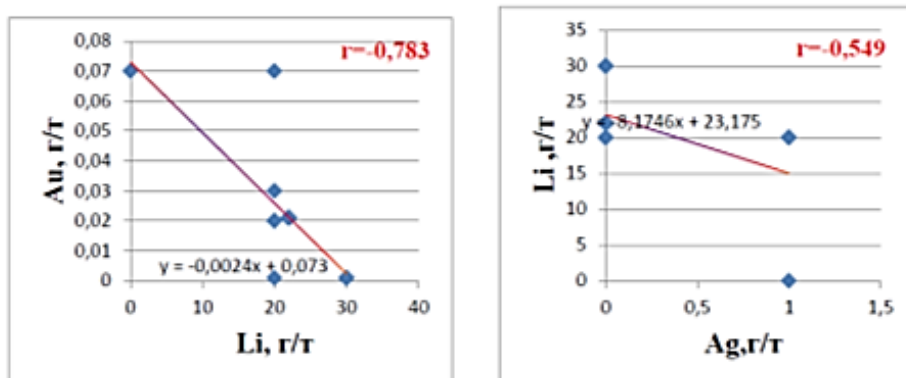


Рис. 4.46. Поле кореляції Ag і Au з Li.

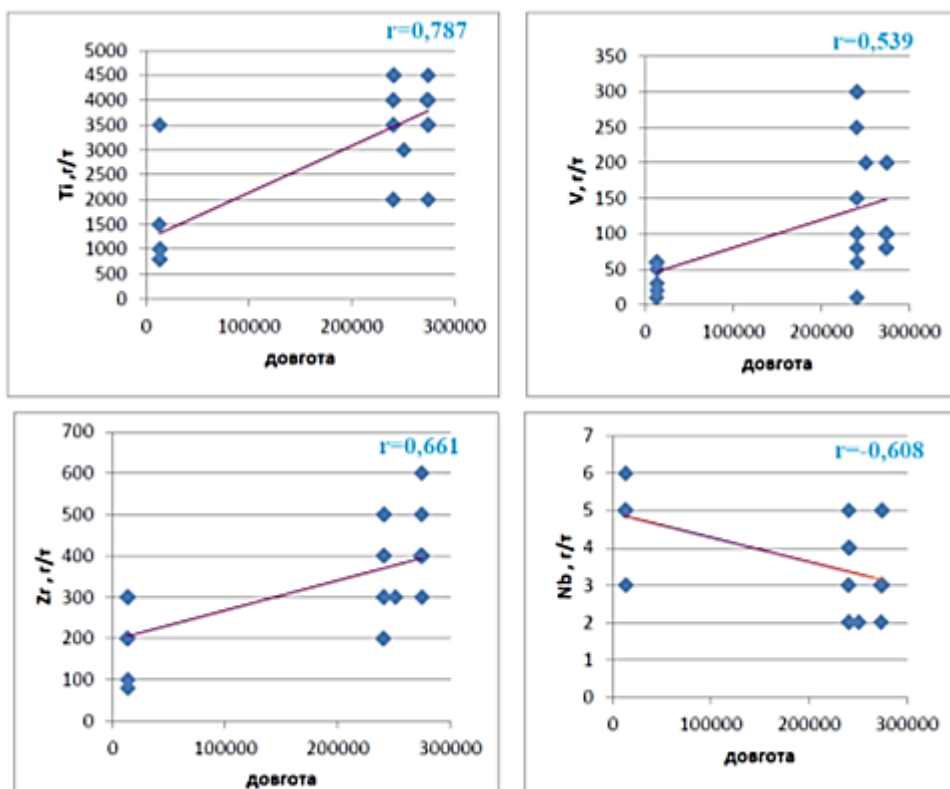


Рис. 4.47. Графіки кореляції географічної довготи у точках відбору проб з вмістом Ti, V, Zr, Nb в осадових породах району досліджень.

Позитивну кореляцію мають Ti з Zr та Ti з V (рис. 4.48). Це підтверджує наявність ільменіт-рутил-цирконових розсіпів у центральній частині Криворізького басейну, що є характерними для центральної, північно-західної та південно-східної частин Українського щита [98, 100]. Стійка кореляція Ti з V може свідчити про ізоморфні домішки ванадію у кристалічній ґратці рутилу та ільменіту в породах досліджуваного району.

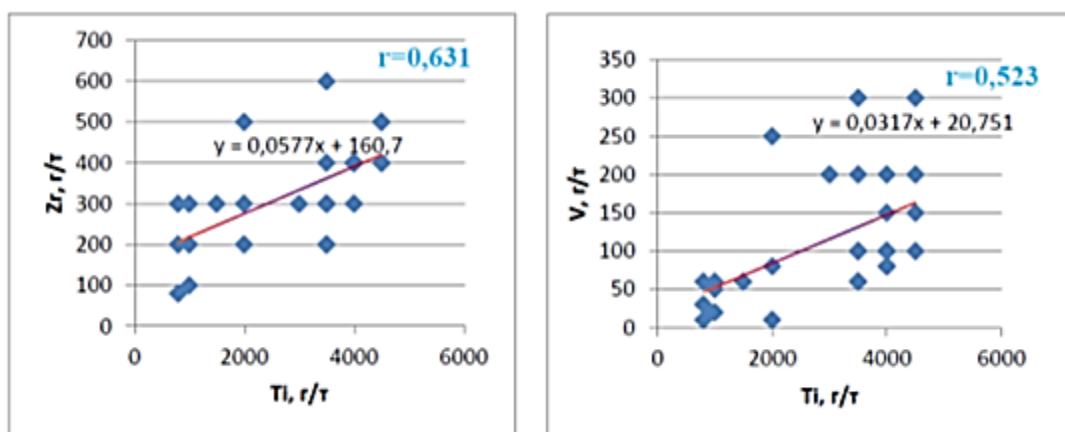


Рис. 4.48. Графіки парної кореляції між Ti, Zr та V.

Високі коефіцієнти кореляції між собою таких важких елементів як Ni, Zn, Mn, Co, V, Mo, Yb говорить про вплив техногенного навантаження на геологічне середовище району досліджень, а також сільського господарства. Так високі концентрації в породах таких елементів як Ni, Zn, Mo, Yb можуть бути пов'язані із використанням фермерами мінеральних добрив, особливо фосфорних, які виробляються з апатитовмісних гірських порід, до складу яких входять підвищені концентрації шкідливих елементів [21].

Високі концентрації Ni, Zn, Mn, Co, V можуть бути пов'язані із видобувною промисловістю, зокрема гірничою технікою в паливі, мастилах та продуктах зносу знаходяться високі концентрації вище згаданих хімічних елементів, що шкідливо впливають на біосферу [21].

Відсутність кореляції між хімічними елементами говорить про те, що їх накопичення та розсіювання не залежать один від одного і вони не мають спільного або принципово протилежного походження. До таких елементів відносяться переважно ті, що мають фонове значення для даного регіону та не перевищують кларк (Ga, La, P, Ba тощо) [20].

Більш значимою для вирішення літолого-геохімічних питань є багатовимірна кореляція за програмою факторного аналізу (табл. 4.4). Вона враховує зв'язки як окремих елементів між собою, так і всієї вибірки в цілому. Розрахунками встановлено вісім головних компонент (факторів), якими можна охарактеризувати мінливість системи геохімічних даних.

Величини факторних навантажень свідчать, що осадові породи у центральній частині Кривбасу характеризуються на 24,73% фактором F1, на 14,027% фактором F2, на 11,573% фактором F3, на 9,848% фактором F4, на 8,542% фактором F5, на 5,931 % фактором F6, на 4,329% фактором F7, на 3,659% фактором F8. Чотири перші фактори пояснюють біля 60% мінливості параметрів дослідженої геохімічної системи. Вони відображають найбільш значимі геологічні чинники, що впливають на геохімічну та металогенічну спеціалізацію осадових утворень центральної частини Криворізького басейну.

Таблиця 4.4.

Фактори мінливості (головні компоненти) складу домішкових хімічних елементів в осадових породах району досліджень.

Компонента	Фактор							
	1	2	3	4	5	6	7	8
V	0,826	0,140				-0,100	-0,271	0,225
Co	0,823		-0,108	-0,421	-0,174			0,139
Be	0,797	0,441				-0,146		
Ni	0,773	0,385	-0,247		-0,213			-0,168
Mn	0,741	-0,168	-0,282	-0,190	-0,106	0,231	0,134	0,217
Географічна довгота	0,732	-0,530	0,315					
Zn	0,684	0,372	-0,192		-0,349	-0,162		-0,312
Yb	0,672			0,599	0,174		0,144	
Mo	0,654	0,601	-0,140	-0,102	-0,201		0,155	-0,177
Bi	0,618	-0,280		0,341			0,277	
Ti	0,529	-0,522	0,339			-0,306	-0,314	
Cu	0,526	0,198	0,272	-0,521	0,187	-0,121		
Sn	0,349	0,642		-0,137	0,481	0,135		
Pb	-0,323	0,530		0,122	0,375		0,377	
Au	0,219	-0,513	-0,389	-0,158	0,414	-0,430		
Nb	-0,419	0,500	0,165	-0,219		-0,312	-0,200	
P			0,715	-0,175			0,295	
Ag		-0,277	-0,658	-0,246	0,608			
Zr	0,356	-0,347	0,635	0,117	0,220		-0,176	
Ga	0,208	-0,221	0,610	-0,405				-0,351
Y	0,304	-0,347		0,639			0,424	
Висота			-0,361	0,615	-0,236		-0,255	
Ba	0,197	-0,377	-0,264	-0,595	0,186	0,448	0,263	
Sc	0,285	0,246	0,355	0,152	0,660	0,341	-0,105	
La		0,319	0,384	0,372	0,493	-0,379	0,238	-0,104
Геогр. широта	0,204	-0,184	-0,262	0,224	0,466	0,366	-0,422	-0,283
Li		0,443	0,437	0,121	-0,245	0,698		
Cr	0,276	0,489	-0,311	0,172	0,198			0,580

0,826 – позитивна кореляція

-0,595 – негативна кореляція

Аналіз ознакової структури *першого фактора F1* (24,73%) показує, що навантаження цього фактора має однополярний характер і визначається вмістом елементів: V (0.826), Co (0.823), Be (0.797), Ni (0.773), Mn (0.741), Zn (0.684), Yb (0.672), Mo (0.654), Bi (0.618), Ti (0.529), Cu (0.526). До нього входить також значення географічної довготи в місцях відбору проб (0,732), що свідчить про домінуючий східний напрямок надходження даних елементів до басейну

седиментації – з території Саксаганського куполу та Середньо Придніпровського геоблоку в цілому. Цим пояснюється об'єднання в одному факторі літофільних, сідерофільних, халькофільних хімічних елементів, чорних, важких, рідкісних та легких металів. Тобто перший фактор є фактором переважаючого впливу регіональних геологічних і геоморфологічних чинників.

Структура *другого фактора F2* (14,027%) має біполярний характер і відображає вплив Sn (0.642), Mo (0.601), Pb (0.530), Nb (0.500), Cr (0.489), Li (0.443), Be (0.441), Ti (-0.522), Au (-0.513) і географічної довготи (-0,530). До нього входять інша група літофільних, сідерофільних та халькофільних хімічних елементів. Важливим металогенічним індикатором є Au. Більшість елементів позитивно корелюються з фактором, а Ti та Au мають негативну кореляцію. Географічний аспект, як і у першому факторі, відіграє важливу роль. Він відображає зв'язок Ti і Au з джерелами живлення, розташованими на схід від Криворізько-Кременчуцької зони, тобто Середнього Придніпров'я а Sn, Mo, Pb, Nb, Cr, Li та Be – на захід, з території Кіровоградського геоблоку.

Ознакова структура *фактора F3* (11,573%) характеризується позитивною кореляцією P (0.715), Zr (0.635), Ga (0.610), що негативно корелюються з Ag (-0,658). Це може свідчити про спільні умови накопичення P, Zr, Ga, у процесі розмиву та вивітрювання магматичних порід, що містять акцесорні циркон, апатит та Ga-вмісний сфалерит, та непов'язані з цим умови накопичення Ag, наприклад, в результаті еолових процесів.

Ознакова структура *фактора F4* (9,848%) має складний характер і відображає позитивну кореляцію з Y (0,639), Yb (0,599), висотою над рівнем моря (0,615) і негативну кореляцію з Cu (-0,521) і Ba (-0,595). Позитивна кореляція Y і Yb з висотою може бути пов'язаною з пегматитовими жилами і дайками у центральній частині Криворізького басейну, що зазвичай утворюють позитивні форми рельєфу [70] – височини, пагорби тощо, тоді як накопичення Cu і Ba більш характерне для низинних ділянок. Таким чином, F4 є фактором, що відображає вплив рельєфу.

Аналіз ознакової структури *фактора F5* (8,542%) показує, що навантаження цього фактора має однополярний характер і визначається вмістом елементів: Sc (0.660), Ag (0.608), La (0.493), Sn (0.481), Au (0.414) та географічною широтою (0,466). Це може відображати спільне надходження даних елементів до басейну седиментації з півночі, а саме з порід, поширених у шовній зоні Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому [82].

Таким чином, математичні перерахунки відображають стійкі зв'язки між хімічними елементами, що у більшості ендегенних геологічних процесів (магматичному, метаморфічному, гідротермальному), а також хемо-біогенному седиментогенезі не утворюють стійких асоціацій. Проте вони можуть бути характерною ознакою накопичення теригенних осадків в умовах прибережно-морських мілководних басейнів та континентальних еолових відкладів. Результати математичного аналізу свідчать про домінуючий вплив на осадові відклади докембрійського фундаменту: його тектоніки, рельєфу, петрографічного і мінерального складу, геохімічної та металогенічної спеціалізації.

4.4. Сучасні техногенно-природні літологічні утворення (травертини)

На території Криворізького басейну розташована велика кількість гірничих підприємств, з діяльністю яких пов'язані значні зміни довкілля. Особливо навантаженими є ділянки геологічного середовища, наближені до хвостосховищ, відстійників, шламосховищ та інших накопичувачів подрібнених та зволжених промислових відходів [5, 97, 102, 103]. З них у водоносні горизонти та поверхневі природні водотоки інфільтрується технологічна вода, насичена легкорозчинними солями. Дослідження пов'язаних з ними мінеральних новоутворень мають важливе значення, оскільки дозволяють прогнозувати розвиток природно-техногенних процесів у навколишньому середовищі.

Одним з об'єктів гірничої промисловості є хвостосховище ПРАТ «ЦГЗК». Воно розташоване у тальвегах балок Велика та Мала Лозуватка, в центральній

західній частині Кривого Рогу на відмітках 95-115 м над рівнем моря. До хвостосховища скидаються відходи збагачення магнетитових кварцитів ЦГЗК у вигляді пісків та високо мінералізованих стічних вод. Щорічні надходження пісків становлять 7,8 млн тонн із вмістом магнітного заліза близько 7,0% [87]. Важка фракція відходів накопичується у картах наміву хвостосховища, а відносно очищена вода частково повертається до ставка оборотної води шламосховища, звідки знову забирається для потреб збагачувальної фабрики. Повернення води забезпечується шляхом стікання її до дренажних систем, розташованих по периметру хвостосховища (рис. 4.49). Втрата води внаслідок випаровування з поверхні дзеркала хвостосховища, дренажу через упорні призми (дамби) і до водоносних горизонтів, змушує підприємство постійно поповнювати запаси води із річки Інгулець, біля с. Авангард.

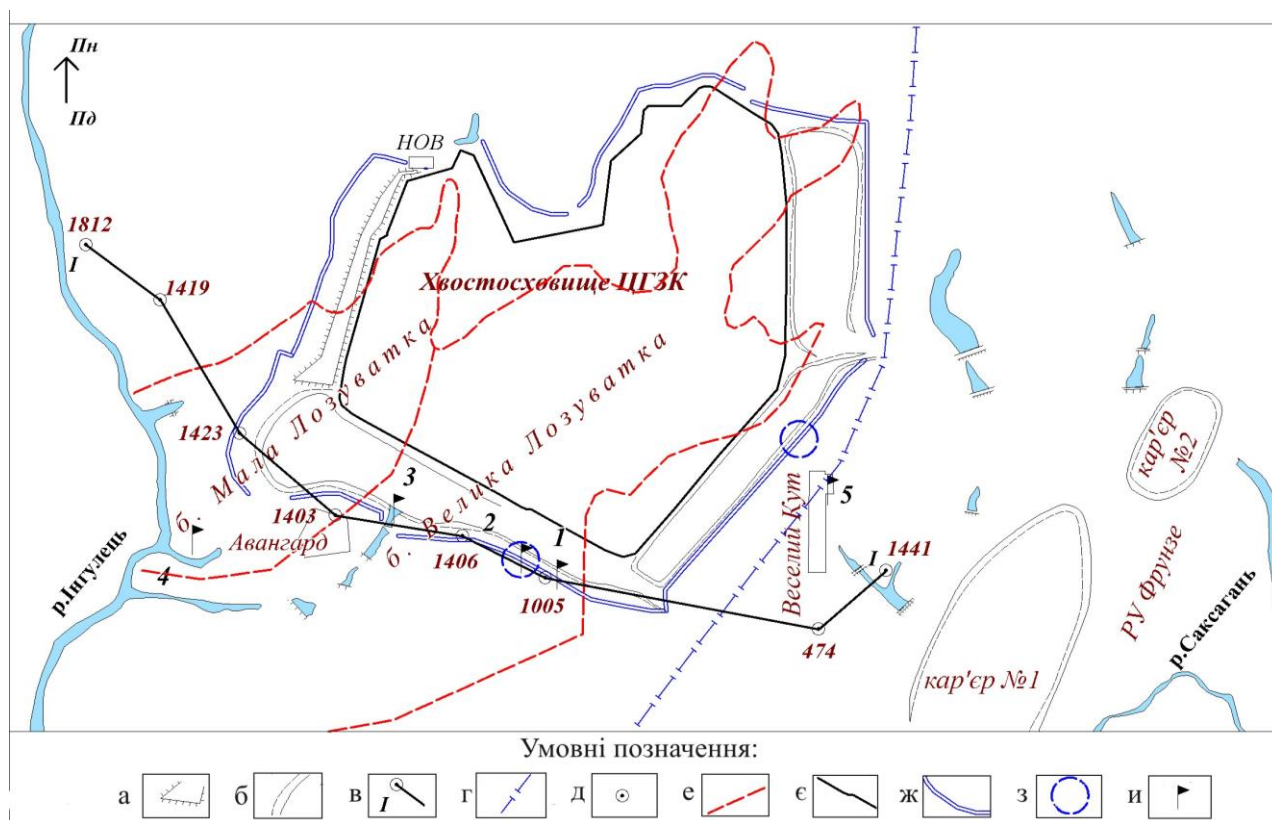


Рис. 4.49. Карта-схема району досліджень; а – дамба хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК»; б – контури упорних призм; в – лінія геологічного розрізу I-I (рис. 4.50)[84]; г – лінія водорозділу; д – гідропостережні свердловини; е – контури балок; є – контур хвостосховища; ж – дренажна система хвостосховища; з – місця виходу джерел високомінералізованої води, и – місця відбору проб, 1-5 – номери проб.

По периметру хвостосховища утворилися штучні джерела, через які високомінералізована вода drenує із-під дамби хвостосховища у напрямку річки Інгулець, промислових об'єктів та населених пунктів Криворізького району (рис. 4.49). Насичені штучні розчини-водотоки поширюються у навколишньому середовищі, drenують товщу палеоген-неогенових осадових порід і змінюють їх природний стан [102, 103]. Безпосередньо у місцях витоку їх із-під дамби хвостосховища автор встановила поклади травертину техногенно-природного походження.

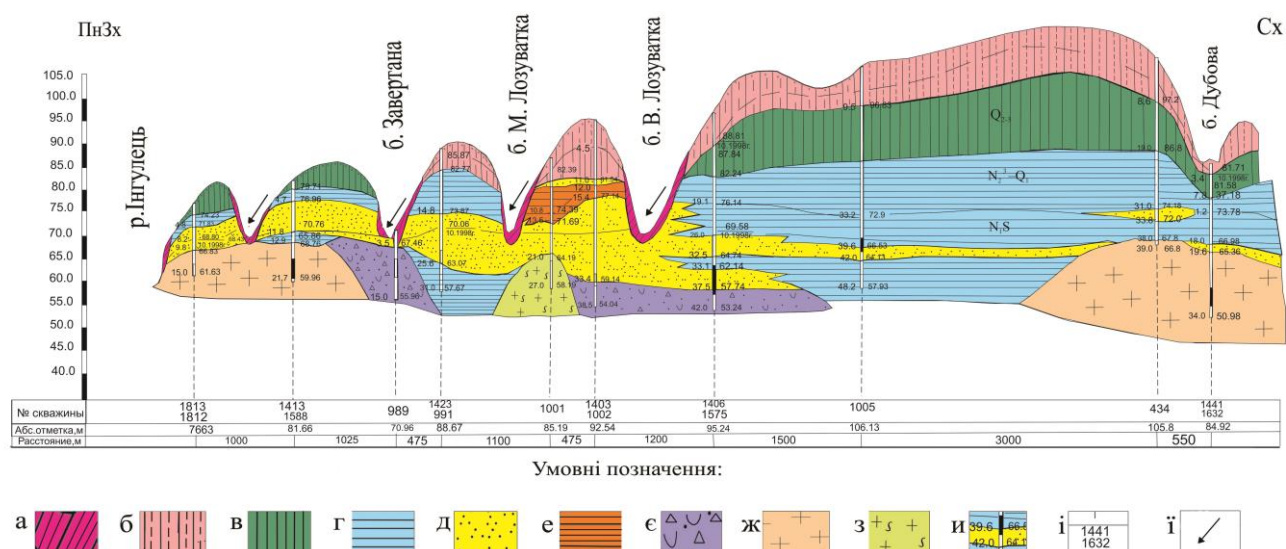


Рис. 4.50. Геологічний розріз осадового чохла по лінії I-I (рис. 4.49) (за Є. І. Варьоху, з доповненнями автора)[86]. Умовні позначення: а – ґрунтово-рослинний шар; б – суглинки лесоподібні жовто-бурі, палеві з прошарками реліктових ґрунтів; в – суглинки червоно-бурі; г – глини сірі, зеленувато- та блакитно-сірі; д – піски; е – глини червоно-бурі; є - кора вивітрювання кристалічних порід докембрію; ж – жильні апліто-пегматоїдні граніти; з – плагіограніт-мігматити; и – свердловини; і – номери свердловин; ї – місця утворення техногенно-природного травертину.

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

В тальвегах балок навколо хвостосховища ЦГЗК автор виявила поклади травертину, що залягають на розмитій поверхні четвертинних лесоподібних суглинків з прошарками чорнозему. Вапняки утворюють субгоризонтальні верстви та лінзи потужністю від кількох сантиметрів до 0,5 м. (рис. 4.50). Вони суттєво відрізняються від карбонатних осадових порід сарматського віку у відслоненнях балок Велика та Мала Лозуватка і не пов'язані з їх перевідкладенням.

Таблиця 4.5

Стратиграфічна колонка до розрізу I-I (рис. 4.50.) (за В. В. Захаровим , 2002, з доповненнями) [30, 87].

Загальна стратиграфічна шкала					Регіональна стратиграфічна шкала			Стратиграфічні підрозділи																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Епохеми	Ерагеми	Система	Відділ	Підвідділ	Ярус	Регіональні (горизонти)	Підрегіони	Віковий індекс	Літологічний склад	Потужність, м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
ФАНЕРОЗОЙСЬКА	КАЙНОЗОЙСЬКА	ЧЕТВЕРТИНА	Голоцен	Плейстоцен				Q ₂			Травертини білі, жовто-сірі																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
											0,5	Грунтово-рослинний шар																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											1	Суглинки лесо-подібні жовто-бурі, палеві з прошарками реліктових ґрунтів																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											10	Суглинки червоно-бурі																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											10	Товща червоно-бурих глин																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											30	Товща алювіальних пісків. Піски цегляно-червоні з лінзами і прошарками мулистих глин																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
											20	Геліксові верстви. Мергелі і вапняки, рідко піски, глини. В основі розрізу з прошарками та лінзами пісків різнозернистих.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											15	Товща вапняків і мергелів. В основі розрізу розвинуті піски глинисті і глини.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
											15	Збручські верстви. Перешарування пісків і глин, рідко зустрічаються мергелі, детритові вапняки.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
ФАНЕРОЗОЙСЬКА	КАЙНОЗОЙСЬКА	НЕОГЕНОВА	МІОЦЕНОВИЙ	Пліоцен	ВЕРХНІЙ	Сарматський		N _{2cb}																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															



а



б

Рис. 4.51. Субгоризонтальні відклади природно-техногенного травертину у тальвезі балки Велика Лозуватка (а) та сформовані ними ступінчасті форми мікрорельєфу (б).

Макроскопічно порода біла, світло-сіра, рідше зеленкувата та блідо-рожева. Текстура грубо-шарувата, лускувата, пориста. Структура дрібнозерниста, прихованокристалічна (рис 4.52, а). Місцями травертин утворює пухку землисту або грудкувату масу незцементованих часточок всередині пачок щільної будови або на їх поверхні. У формуванні відслонень приймають участь різновеликі уламки залізистих кварцитів зі схилів упорної призми хвостосховища та велика кількість рослинних залишків, покритих кірками, щітками та вицвітами хемогенних карбонатів (рис. 4.52, б). Карбонатний склад агрегатів підтверджує бурхлива реакція з розчином HCl .



а



б

Рис. 4.52. Техногенно-природні карбонатні новоутворення: а – малопотужні верстви травертину, частково забарвлені гідроксидами заліза, без збільшення; б - кірка

карбонатів на глибі залізистого кварциту. Тальвег балки у підніжжя упорної призми хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК».

Під мікроскопом порода має білий з коричневим відтінком колір, шарувата, місцями плямиста з великою кількістю пустот (рис. 4.53). Шаруватість зумовлена тонким чергуванням мікроверств прихованокристалічного карбонату, глинистих мінералів та гетиту. Ділянками породоутворюючі мінерали утворюють концентрично-зональні натічні агрегати.

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

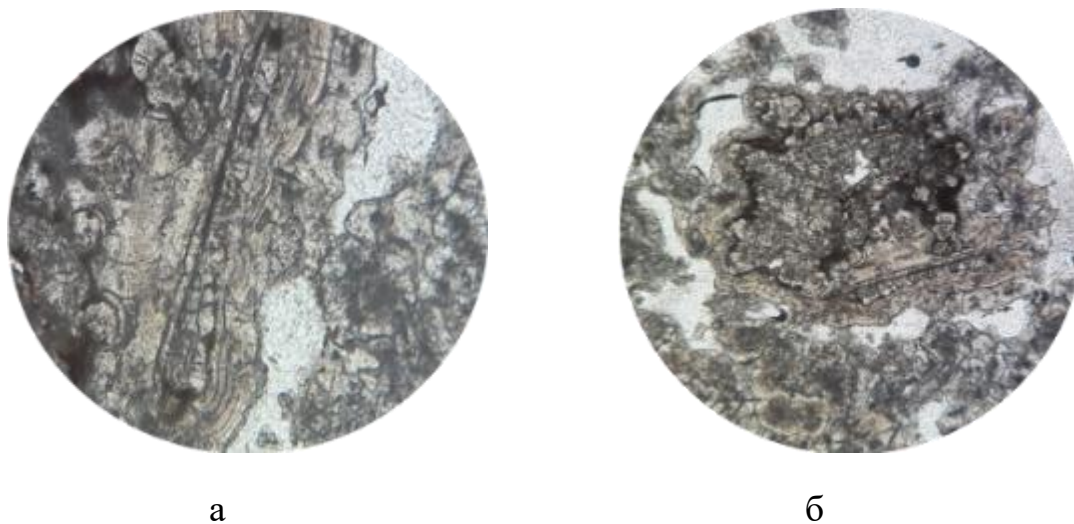
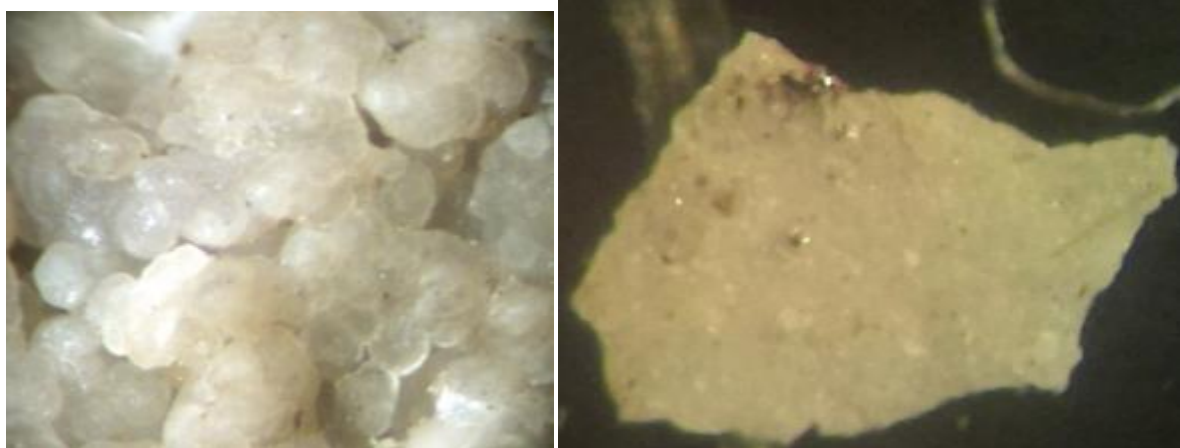


Рис. 4.53. Травертин під мікроскопом: а – мікрошаруватий; б – концентрично-зональний з великою кількістю. пустот. Прозорий шліф, ніколі паралельні, збільшення 25^x.

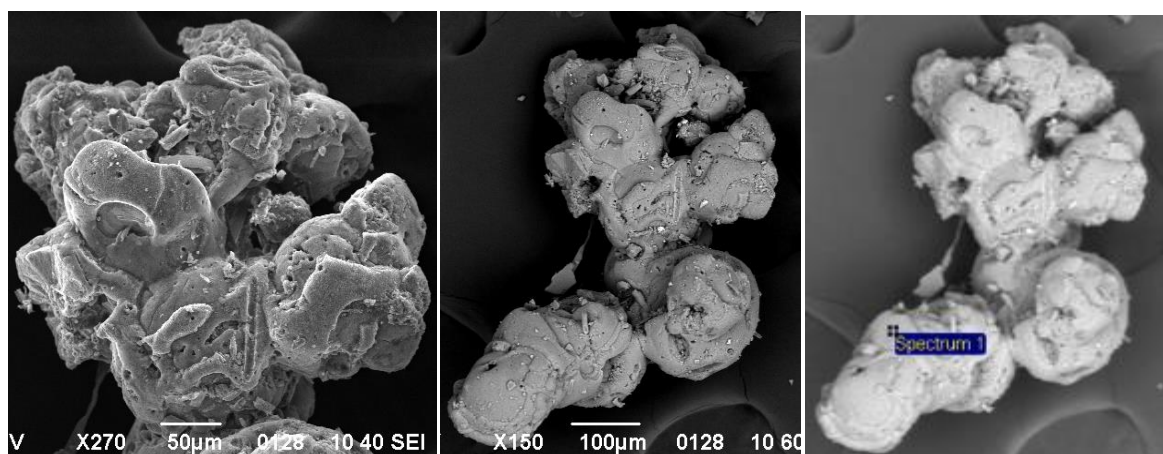
Карбонати молочно-білі, рожеві, жовто-коричневі від домішків гетиту, зустрічаються незабарвлені виділення. Кристали спостерігаються рідко. Основна форма агрегатів – сфероїд. Скупчення сфероїдів утворюють натічні форми (рис. 4.54, а) та кірки, щітки і плівки (рис. 4.54, б).



а

б

Рис. 4.54. Форми виділення карбонатів: а – сфероїдальні натічні агрегати; б – кірки, щітки і плівки. Бінокуляр, збільшення: а- 300^х; б - 200^х.

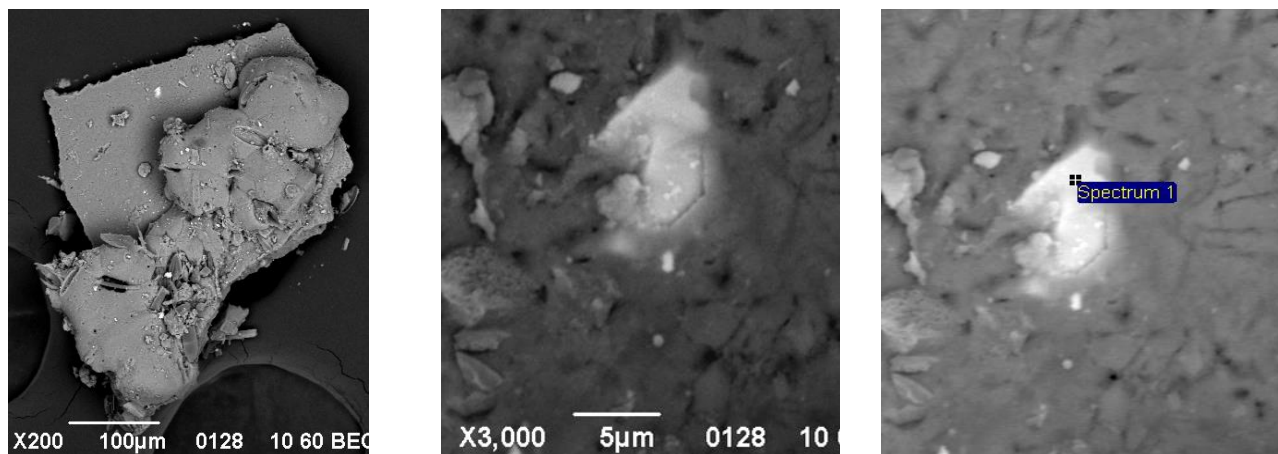


Елемент	Вміст, %		Вміст сполук, %	
	ваговий	атомний		
C	21.50	29.15	CO ₂	78.77
Si	0.38	0.22	SiO ₂	0.81
S	0.20	0.10	SO ₃	0.50
Cl	0.82	0.38		0.00
Ca	13.66	5.55	CaO	19.11
O	63.45	64.60		
Загалом	100.00			

Рис. 4.55. Натічні агрегати природно-техногенного кальциту. (фото зроблено на растровому електронному мікроскопі в лабораторії фізичних методів досліджень ІГН НАН України).

Під *електронним мікроскопом* натічні форми карбонатів мають вигляд грудкуватих агрегатів, напливів, стяжін, сфероїдальних утворень прихованокристалічної внутрішньої будови (рис. 4.55). За даними мікрозондового аналізу, їх склад відповідає кальциту. Можливі домішки опалу, гіпсу, галогенідів.

Уламкові зерна гематиту (мартиту) з матеріалу дамби хвостосховища покриті зональною оторочкою гіпергенного гетиту (лімоніту) (рис.4.56, б).



Елемент	Вміст, %	
	ваговий	атомний
C	17.14	25.41
S	0.34	0.19
Cl	0.30	0.15
Ca	25.75	11.43
O	56.46	62.82
Загалом	100.00	

а

Елемент	Вміст, %		Вміст сполук, %	
	ваговий	атомний		
Fe	69.94	40.00	Fe ₂ O ₃	100.00
O	30.06	60.00		
Загалом	100.00			

б

Рис. 4.56. Кірки і грудкуваті натічні агрегати карбонатів (а) з уламковими зернами гематиту в «сорочці» гіпергенного гетиту (б). (фото зроблено на растровому електронному мікроскопі в лабораторії фізичних методів досліджень ІГН НАН України).

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

Фазовий якісний аналіз показав, що досліджуваний зразок представлений арагонітом (Arg, № карт.75-2230), кальцитом (Cal, № карт.72-1937) і кварцем Qz (рис. 4.57). В дуже незначній кількості присутній пірит (Py). Рентгенограма підтверджує результати мінералогічного аналізу, зокрема наявність у великій кількості арагоніту у складі травертину.

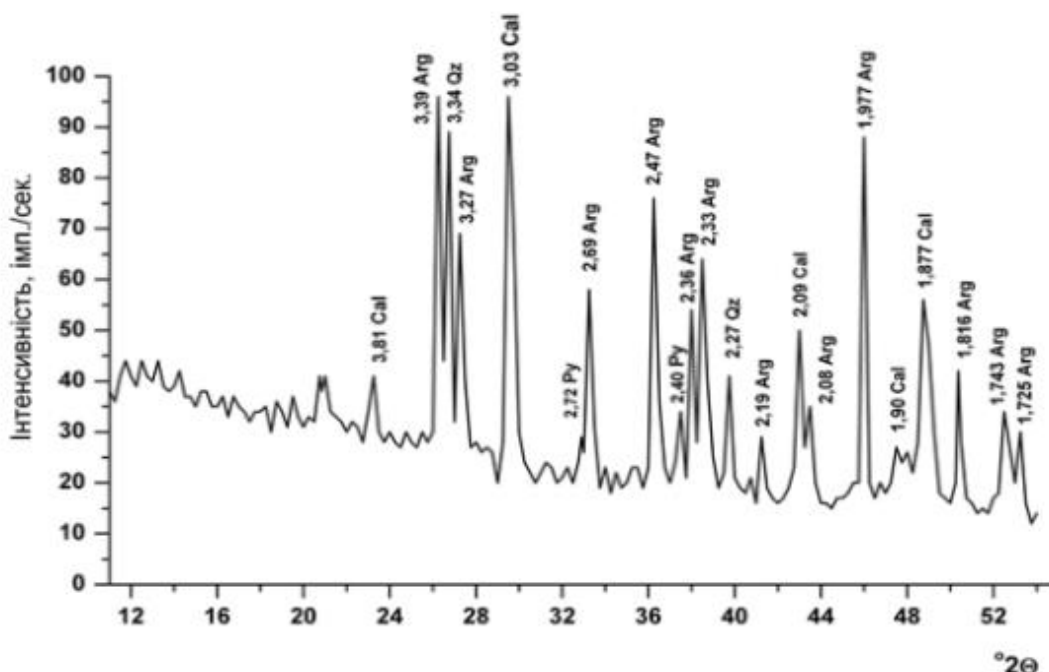


Рис. 4.57. Рентгенограма досліджуваного зразка травертину.

Результати спектрального аналізу карбонатних новоутворень та інших осадов у тальвезі балки Велика Лозуватка наведені в табл.4.6.

Таблиця 4.6

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

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

Примітки: 1. Аналізом не встановлені хімічні елементи: P, Ag, Hd, Bi. 2. Н - висота над рівнем моря. Відстань місць відбору проб від упорної призми хвостосховища: пр. 1 - 3 м; пр. 2 - 20 м; пр. 3 – 200 м. Матеріал проб: пр. 1 – суглинки зі значною домішкою чорнозему; пр. 2 – травертин; пр. 3 – записочені суглинки з чорноземом.

З наведених даних видно, що досліджений травертин має суттєві геохімічні особливості, що відрізняють його від природних осадових порід у районі досліджень. Порода збагачені лише CaO і тільки за вмістом Mn схожа з іншими

осадками району досліджень. Вміст останніх хімічних елементів значно нижчий, а Sc, Ba, Y, Co, Zr, Nb, Ga, Be, Yb взагалі не визначені спектральним аналізом. Таким чином, карбонатні новоутворення виявилися значно «чистішими» за рівнем як важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co), так і рідкоземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb).

Наведені дані свідчать про чистоту хімічних процесів в умовах сучасного осадконакопичення без участі у них домішок важких металів. У процесі формування травертину бере участь суто гідрокарбонат кальцію, який під впливом зміни термо-динамічних умов розкладається на нерозчинний карбонат кальцію, чисту воду та вуглекислий газ [84, 113]: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

Утворення травертину відбувається звичайно з падінням тиску, пов'язаного з виходом підземних вод на поверхню. Воно супроводжується асиміляцією виділеного CO_2 рослинами або дифузією в атмосферу внаслідок інтенсивного руху води. У результаті відбувається хімічна реакція, в якій виділяється нерозчинний у воді карбонат кальцію [84, 113].

З таблиці також видно, що вміст важких металів у пробах змінюється від вершини до гирла балки. На ділянках сучасного формування травертинових новоутворень вміст майже усіх важких металів різко падає і навіть досягає нуля, а в напрямку до гирла балки знову зростає. Це може свідчити про розчинення та вимивання з осаду окремих хімічних елементів водою, що депонує з виявлених джерел. Розчинення мало вибіркового характеру, оскільки вміст Ni, Cu, Pb, Mn, Co, V, Ga і Be в осадах не змінився.

Технологічна вода, що циркулює в оборотному циклі ГЗК збагачена різноманітними розчинними солями, у тому числі гідрокарбонатом кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Значні обсяги депонування її з об'єму хвостосховищ у геологічне середовище приводять до активізації процесів сучасного континентального осадкоутворення. Розвантаження техногенних та змішаних природно-техногенних вод на денну поверхню супроводжується осадженням розчинених солей. Йому сприяє зміна температур, рН середовища та підвищення концентрації внаслідок випарювання води. Карбонатна порода, утворена з вуглекислих джерел, може бути

віднесена до *травертину*. Досліджені травертини приурочені до джерел у фундаменті дамби хвостосховища ГЗК і за походженням є техногенно-природними. Вони локалізовані на денній поверхні виключно в зоні витоку та випаровування високомінералізованої технологічної води ГЗК. Зміна умов в місцях розвантаження подібна до умов утворення природного травертину [112, 113, 117].

Верстви травертинів у Криворізькому басейні локалізуються біля підніжжя дамб хвостосховищ. Нижче за течією потоків потужність верств травертину зменшується, проте масштаби проявів і точок мінералізації розширюються. Прояви сучасних природно техногенних карбонатів виявлені також в зонах впливу хвостосховищ, відвалів та промислових майданчиків усіх ГЗК Криворізького басейну.

Так донні відклади постійного водотоку у тальвезі балки Петриківки поблизу хвостосховища ПнГЗК містять карбонатні кірки, друзи, щітки, вицвіти на рослинних рештках і інших компонентах осаду в гранулометричних класах від 0,45 мм до 5 мм (рис. 4.58 а, б). В балці поблизу с. Чабанове, перекритій відвалами осадових порід Ганівського кар'єру ПнГЗК в осадах постійного водотоку карбонатні новоутворення складають до 80% донного мулу. Алювій р. Саксагань в зоні впливу шахти «Октябрська» і р. Інгулець в зоні впливу хвостосховища ІнГЗК містять арагоніт у вигляді кірок друзочок на поверхні кварцу, магнетиту та інших мінералів осаду (рис. 4.58 в, г).

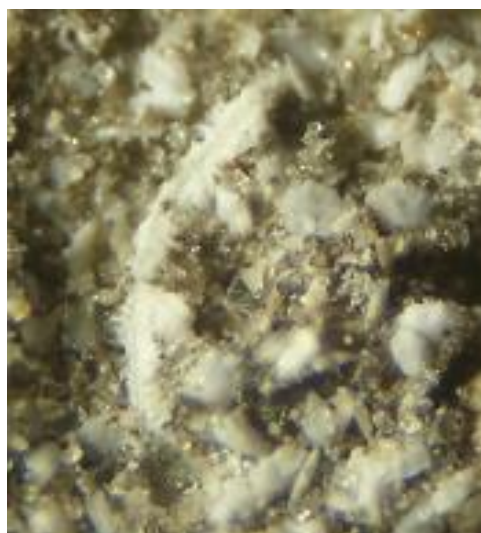
В осаді поверхневих водотоків в районі відвалів осадових порід в карбонатних новоутвореннях встановлена значна присутність кременисто-карбонатних діатомових водоростей (рис.4.59).



а



б



в



г

Рис. 4.58. Шідки і кірки кальциту (а, б) і арагоніту (в, г) у донному осаді балок Петриківка (а) -3 мм, Чабанове (б), річок Саксагань (в) і Інгулець (г). Бінокуляр, збільшення: а, б – $20\times$; в, г – $80\times$.

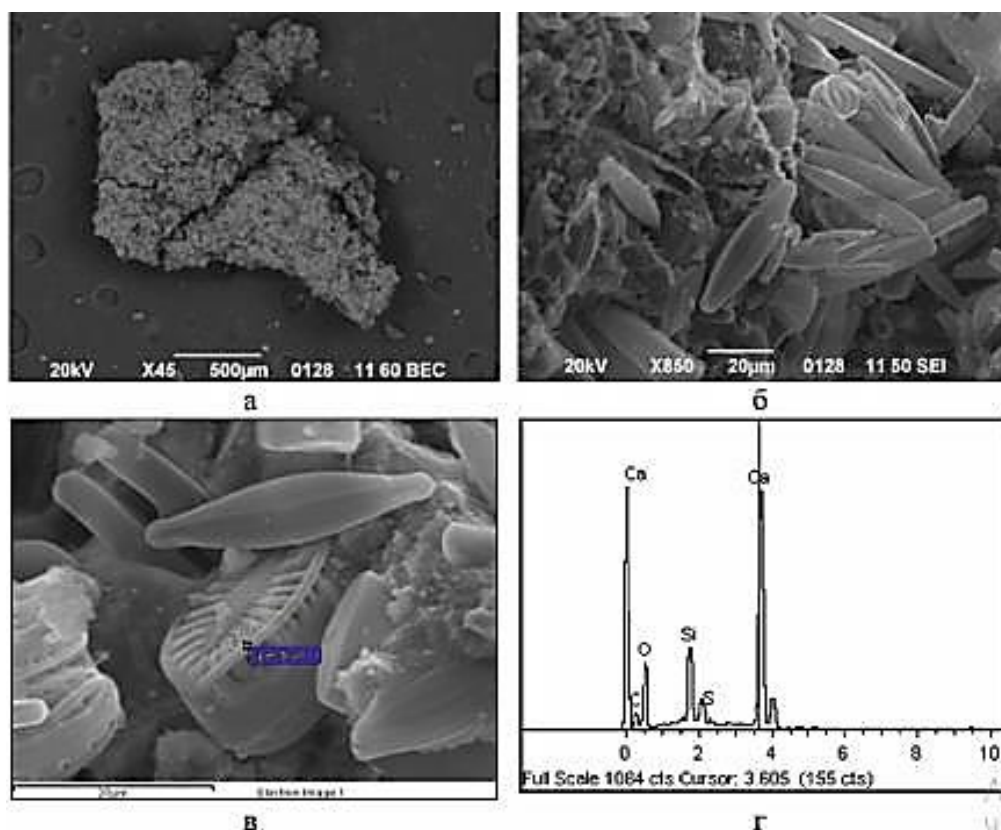


Рис. 4.59. Скупчення кременисто-карбонатних діатомових водоростей у донному осаді сучасних поверхневих водотоків Криворізького басейну. (фото зроблено на растровому електронному мікроскопі в лабораторії фізичних методів досліджень ІГН НАН України).

Спільне знаходження карбонатних хемотропних і органічних компонентів донного осаду поверхневих водойм обумовлено особливостями сучасної геоекології. Значні обсяги палеоген-неогенових вапняків накопичені у відвалах гірничих підприємств Кривбасу. Вони розчиняються дощовою водою, що наповнюють численні мілкі добре аеровані проточні водойми з високомінералізованою водою. В даних умовах хемотропне осадження карбонатів супроводжується розвитком діатомових водоростей особливого кременисто-карбонатного складу.

В цілому техногенно-природні травертини, карбонатні щітки, друзочки, вицвіти і водорості є ще недостатньо дослідженою, але регіонально поширеною

ознакою сучасної геоекосистеми району досліджень. Їх поширення є логічним наслідком перенесення вагомих обсягів розкривних палеоген-неогенових вапняків з розкривних горизонтів видобувних кар'єрів до відвалів з наступним розчиненням і перевідкладенням в різноманітних породних і мінералогічних асоціаціях.

У стратиграфічному відношенні, охарактеризовані породи відносяться до верхнього підрегіонарусу голоценового відділу четвертинної системи. На геологічному розрізі ділянки їх поширення обмежуються мережою балок, де вони локально перекривають суглинки лесоподібні жовто-бурі, палеві з прошарками реліктових ґрунтів. Разом з перлами арагоніту [34], рудними грауваками [113], травертини доповнюють перелік техногенно-природних осадових порід, що в сучасну геологічну епоху утворюються в межах Криворізького басейну. Сучасні відклади є однією із складових техногенних формацій [77], що у великій кількості почали накопичуватися із розвитком промислової діяльності у ХХ ст.

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

4.5. Особливості геологічної будови осадової товщі в межах Глеюватської ділянки за результатами 3D моделювання

Наявність достатньої кількості інформації щодо геологічної вивченості району досліджень надала можливість побудувати об'ємну модель осадового чохла та рельєфу кристалічного фундаменту. Дана модель будувалась на основі стратиграфічних колонок гідропостережних свердловин на території навколо хвостосховища ПРАТ «ЦГЗК» (додаток 3).

Метою побудови моделі було визначення закономірностей залягання та речовинного складу осадового чохла на межі Вільногірської та Широківської структурно-фаціальних зон, їх залежність від тектонічної будови і характеру

рельєфу кристалічного фундаменту. Просторова модель дає можливість більш об'єктивно та різносторонньо оцінити умови утворення та характер просторового розподілу кори вивітрювання та осадових відкладів кайнозою на території дослідження, від палеогену до четвертинної системи.

Побудова 3д моделі реалізована за допомогою програми *Micromine*. Ця гірничо-геологічна інформаційна система (ГГІС) відноситься до прикладного професійного програмного забезпечення для інженерів на гірничих роботах, геологів та маркшейдерів [44, 53]. *Micromine* заносить дані абсолютних відміток свердловин, їх глибин, літологічний склад та потужність осадових шарів у єдиний інформаційний простір (рис. 4.60).

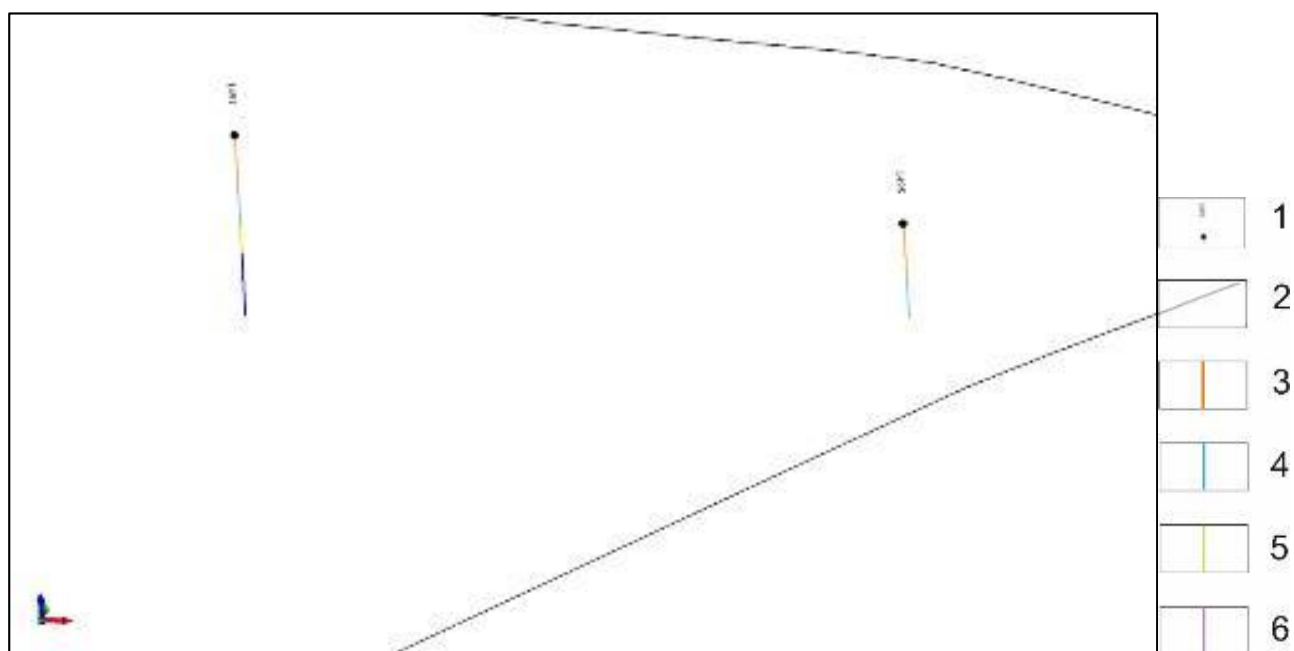


Рис. 4.60. Винесення свердловин у 3D простір за допомогою програми *Micromine*.

1 – положення та номер свердловини; 2 - горизонталь; 3 - шар глини піщаної щільної ($N_2^3Q_1$); 4 – шар пісків середньозернистих кварцових (N_{1S}); 5 – шар каолінової зони кори вивітрювання гранітів (PZ-KZ); 6 – шар жорстк'яно-слюдистої зони кори вивітрювання гранітів (AR-KZ).

Наступним кроком є поєднання між собою покрівлі та підосви однойменних шарів, таким чином ми отримуємо їх розраховані інтерпретаційні контури. Глибини пробурених на даній території свердловин набагато менші за відстані між

ними. Тому об'ємну модель осадових порід будували збільшеною у вертикальному розрізі і використовували пошарову інтерпретацію (рис. 4.61).

Нижній шар (рис. 4.61, а) об'ємної моделі представляє собою поверхню жорстк'яної зони кори вивітрювання AR-KZ разом із виходами невивітрених куполів кристалічного фундаменту AR₃. Даний малюнок демонструє закономірність накопичення жорстких відкладів у понижених частинах рельєфу архейських порід, видовжених з південного заходу на північний схід, згідно з напрямком системи розломів другого порядку.

Наступний шар (рис. 4.61, б) демонструє відношення жорстк'яної AR-KZ та каолінової зон вивітрювання PZ-KZ. З рисунка видно, що каолінова зона практично повторює зону розвитку жорсткості, але займає дещо більшу територію по краям, поширюючись також на площі розвитку гранітоїдних куполоів.

Наступний шар (рис. 4.61, в) демонструє відношення каолінового шару кори вивітрювання PZ-KZ до сарматських відкладів пісків нижнього неогену N_{1s}. В цьому випадку простежується зовсім інша картина. Сарматські морські відклади перекривають позитивні форми рельєфу та не перекривають понижену ділянку у південній частині рисунка, що простягається лінією із заходу на схід по всій території дослідження. Це може свідчити про поступове обміління неогенового моря та характер його відступу на південь або про наявність сильної течії у цьому напрямку, через що піщаний матеріал був розмитий. Лінія виклинювання сарматських пісків співпадає із межею Широківської та Вільногірської структурно-фаціальних зон на цій території. Це також свідчить про різку зміну кліматичних та геологічних умов у сарматському періоді.

Наступний шар (рис. 4.61, г) демонструє відношення неогенових пісків N_{1s} до глини піщаної щільної N₂³Q₁. Це відклади, про які не має точних даних щодо їх віку та відносяться до перехідного етапу між неогеновим та четвертинним періодами осадкоутворення. Характер залягання даного шару свідчить про його накопичення переважно із півдня на північ, в цьому напрямку відбувається їх поступове виклинювання.

Наступний шар (рис. 4.62, д) демонструє відношення глин $N_2^3Q_1$ віку до четвертинних відкладів. Останні перекривають територію суцільним шаром, лише в деяких місцях спостерігаються невеликі ділянки їх виклинювання, що може бути пов'язано із характером дочетвертинного рельєфу на даній території, а саме підвищенні відмітки цих ділянок.

Отримана просторова геологічна модель за основними закономірностями демонструє залежність геоморфологічних особливостей шарів осадових порід від досить розчленованого рельєфу кристалічного фундаменту (рис. 4.63) так само, як і за результатами геохімічних досліджень. Так, на рис. 4.63 ми можемо спостерігати як рельєф четвертинних відкладів відзеркалює рельєф кристалічного фундаменту.

З рис. 4.62 видно нерівномірність залягання осадових порід за різними лініями розрізу. Так у південній частині моделі (рис. 4.64 а) видно, що тіла сарматських пісків та щільних піщаних глин $N_2^3Q_1$ мають лінзовидну форму і виклинюються у напрямку до річки Інгулець, каолінова зона кори вивітрювання практично відсутня. У вигляді лінзовидних тіл залягають руслові річкові та озерні відклади. Залягання осадових порід у вигляді лінз пояснюється неравномірністю умов осадонакопичення та впливом розчленованого рельєфу.

У північно-східній частині моделі (рис. 4.64 б) спостерігається практично горизонтальне залягання усіх осадових шарів з невеликим кутом нахилу на захід, що зумовлено загальним нахилом рельєфу кристалічного фундаменту у цьому напрямку; з'являється шар невеликої потужності каолінових глин.

Із західної сторони моделі (рис. 4.64 в) спостерігається значне зменшення потужностей осадових піщано-глинистих шарів та зростання потужності кори вивітрювання кристалічного фундаменту.

Результати геологічного 3D моделювання доповнюють сучасні уявлення про будову осадового чохла середньої частини Криворіжжя на межі двох структурно-формаційних зон: Вільногірської та Широківської, як в окремих її ділянок, так і на всій дослідженій території загалом.

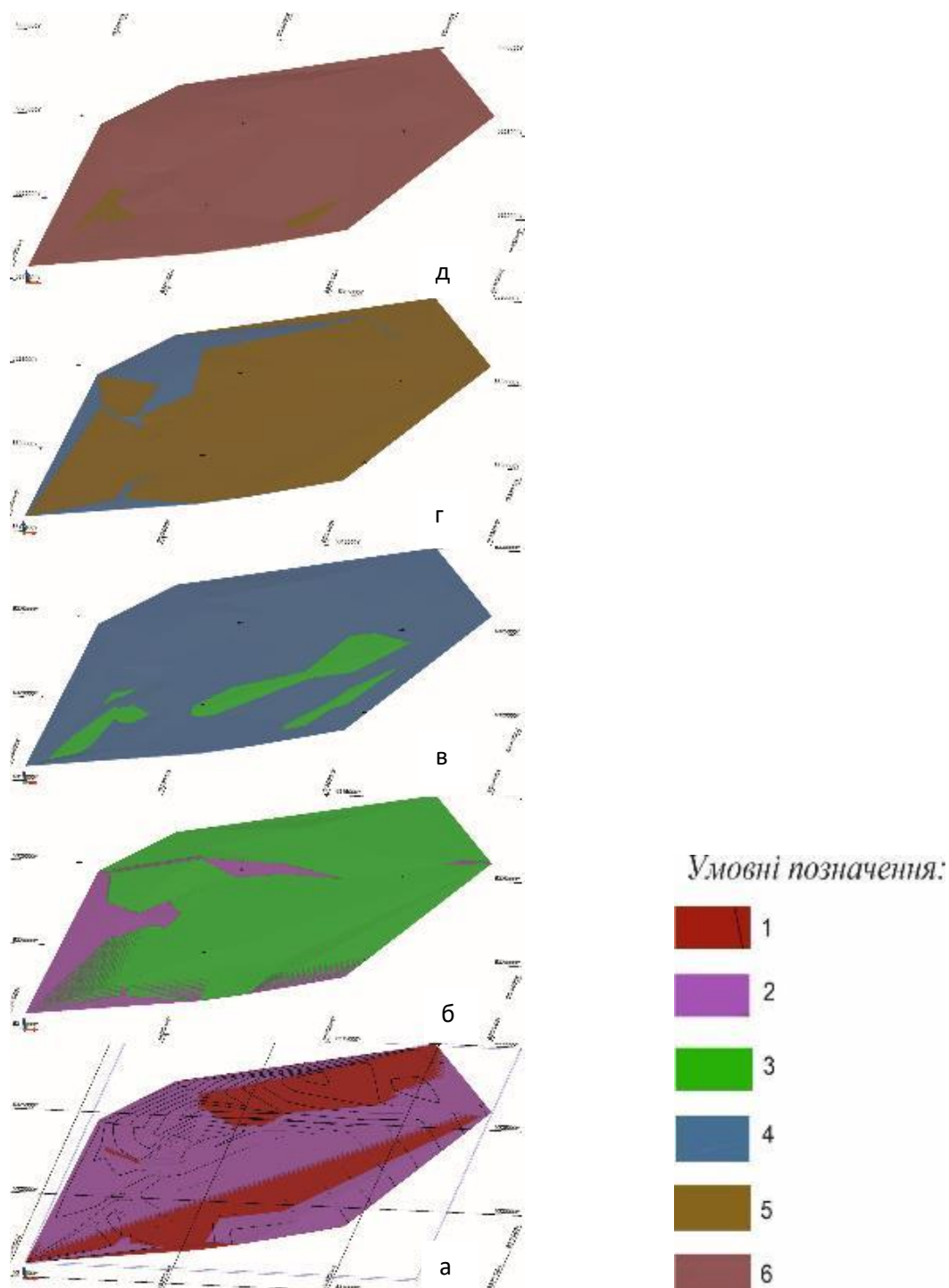
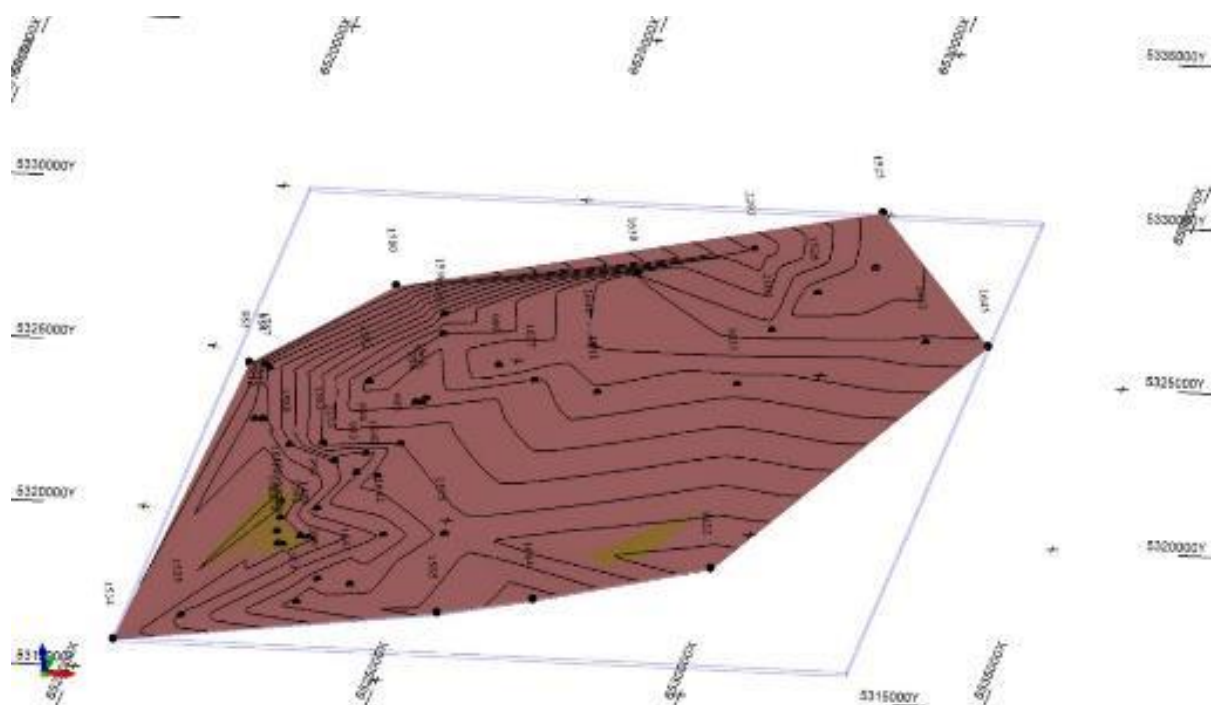
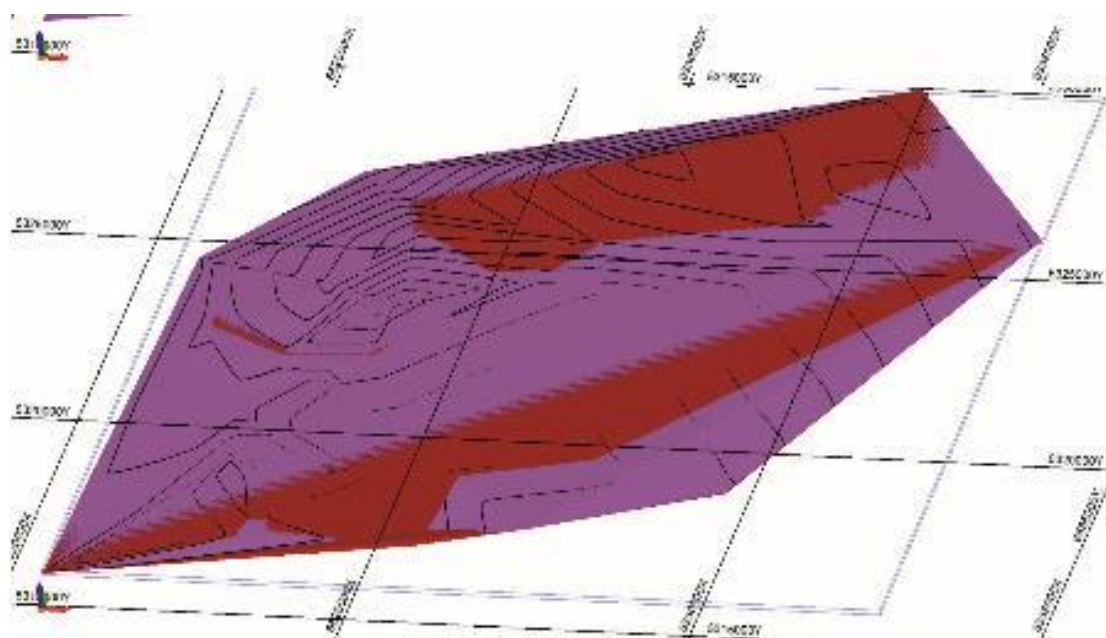


Рис. 4.62. Пошарова об'ємна модель залягання осадових відкладів на території дослідження, де 1 – граніти аплітопегматоїдні біотитові (AR_3); 2 – жорстк'яно-слюдиста зона кори вивітрювання гранітів ($AR-KZ$); 3 – каолінова зона кори вивітрювання гранітів ($PZ-KZ$); 4 – піски середньозернисті кварцові (N_{1s}); 5 – глина піщана щільна ($N_2^3Q_1$); 6 – еолові глини (Q_{1-2});



а



б

Рис. 4.63. Порівняльна модель рельєфу фундаменту та четвертинних відкладів.
Умовні позначки ті ж, що на рис. 4.62.

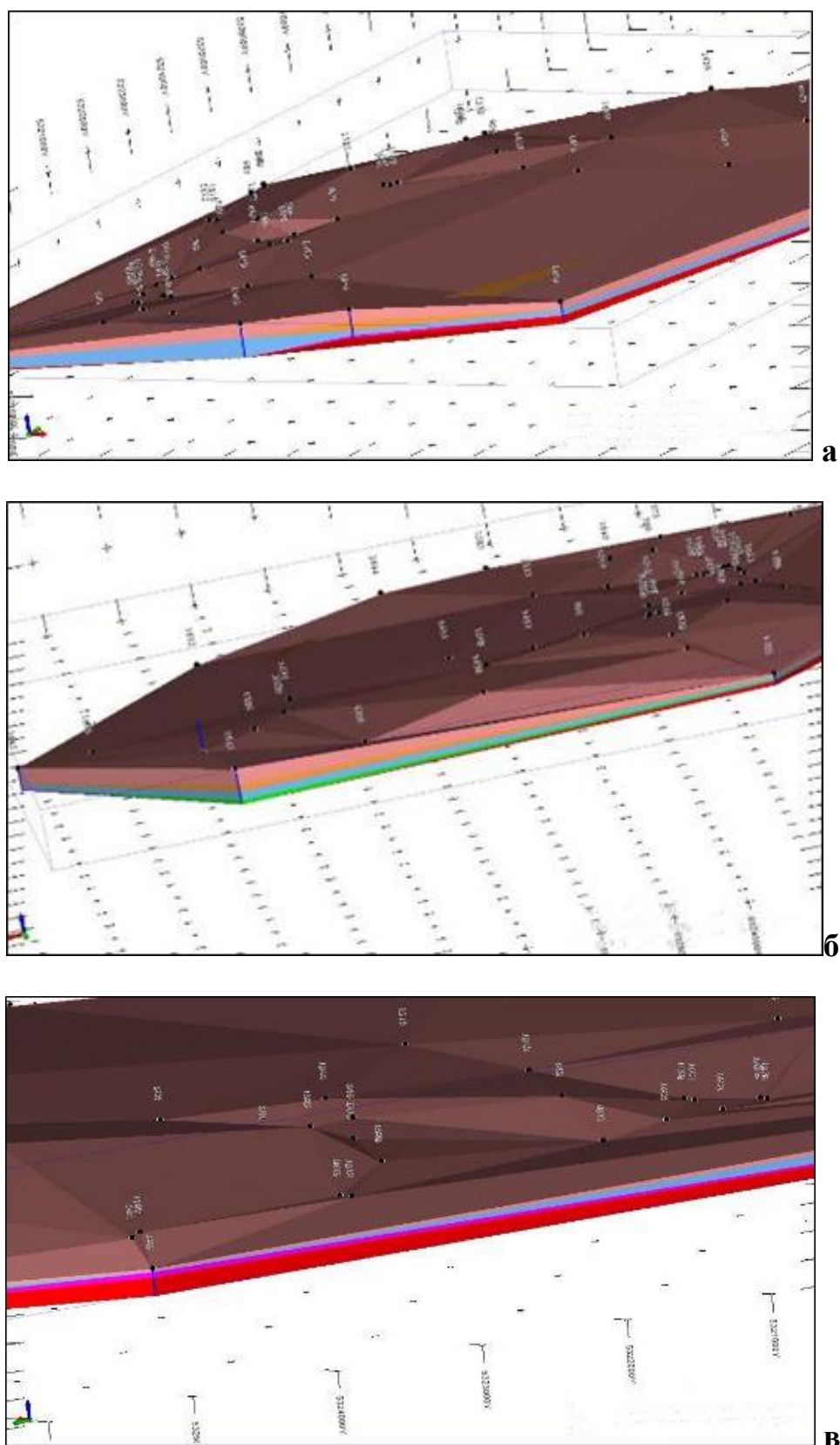


Рис. 4.64. Розрізи товщі осадових порід у центральній частині Криворіжжя (поблизу с. Глеюватка): а- розріз із південної частини товщі, б- розріз із північно-східної частини товщі, в – розріз із західної частини товщі (із сторони р. Інгулець). Умовні позначки ті ж, що на рис. 4.62.

Аналіз об'ємної моделі розподілу осадових шарів палеоген-четвертинного вікового діапазону свідчить про вирішальний вплив геологічної будови докембрійського кристалічного фундаменту, тектонічних розломів, активних з докембрію і до сучасного геологічного періоду. Встановлені закономірності розподілу осадових порід можуть бути використані при побудові комплексних геолого-геохімічних моделей і різних тектонічних і геодинамічних схем, а також при вирішенні практичних завдань геології і пошуків корисних копалин. Особливо актуальним є прогнозування вирішення проблеми зсувоутворення порід осадового чохла на території навколо хвостосховища ЦГЗК.

Виконані дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Розріз розкривних порід центральної частини Криворізького басейну представляє собою закономірний парагенезис осадових гірських порід континентального ряду формацій з чітко вираженою успадкованістю літологічного, мінералогічного складу і металогенічної спеціалізації осадових комплексів. Він сформувався за рахунок тривалого розмиву потужної площадної та лінійної протерозой-палеозойської кори вивітрювання докембрійських кристалічних порід в умовах переходу від мілководних палеоген-неогенових континентальних басейнів до слабо розчленованих приморських рівнини четвертинного періоду.

2. Встановлено закономірний характер розподілу важких (чорних, кольорових і благородних) металів і рідкоземельних елементів у розрізі осадових порід, обумовлений специфікою процесів седиментогенезу на вивченій території. Виконані дослідження дозволяють розділити породи осадового чохла на чотири різновікові літолого-геохімічні зони:

I - палеозой-кайнозойської кора вивітрювання з Pb, La, а також Zr, Y, Yb, Sc - металогенічною спеціалізацією;

II- неогенові морські піски та глини із накопиченням фосфору для Павлівського та Кресівського родовищ та концентрацією Cu, Pb, Mn, V, Zr, Ga, Yb, Bi, Mo в Глеюватському родовищі;

III- континентальні відклади четвертинного періоду з Au, Ag - металогенічною спеціалізацією;

IV– сучасні відклади (травертини).

3. Вперше у центральній частині Кривого Рогу виявлені і досліджені сучасні травертини природно-техногенного походження. Вони мають суттєві геохімічні особливості, що відрізняють його від природних осадових порід у районі досліджень. Порода збагачені лише CaO і тільки за вмістом Mn схожа з іншими осадами району досліджень. Вміст останніх хімічних елементів значно нижчий, а Sc, Ba, Y, Co, Zr, Nb, Ga, Be, Yb взагалі не визначені спектральним аналізом. Таким чином, карбонатні новоутворення виявилися значно «чистішими» за рівнем як важких металів (Ni, Cr, Cu, Pb, Ti, V, Co), так і рідкоземельних елементів (Sc, Y, Zr, Nb, Ga, Be, Yb). Цей факт зумовив виділення IV літолого-геохімічної зони – сучасних відкладів (травертинів).

4. Математичними перерахунками за програмою факторного аналізу виявлені стійкі зв'язки між хімічними елементами, обумовлені накопиченням теригенних осадків в умовах прибережно-морських мілководних басейнів та континентальних еолових відкладень. Результати математичного аналізу свідчать про домінуючий вплив на осадові відклади району докембрійського фундаменту: його тектоніки, рельєфу, петрографічного і мінерального складу, геохімічної та металогенічної спеціалізації.

5. Встановлено, що відвальні розкривні осадові породи мають значний потенціал попутного використання з виробництвом цирконового, рутил-ільменітового концентратів, каолініту, маршаліту, травертину та інших корисних компонентів.

6. Аналіз об'ємної моделі розподілу осадових шарів палеоген-четвертинного вікового діапазону свідчить про вирішальний вплив геологічної будови докембрійського кристалічного фундаменту, тектонічних розломів, активних з докембрію і до сучасного геологічного періоду. Встановлені закономірності розподілу осадових порід можуть бути використані при побудові комплексних геолого-геохімічних моделей і різних тектонічних і геодинамічних схем, а також

при вирішенні практичних завдань геології і пошуків корисних копалин. Особливо актуальним є прогнозування вирішення проблеми зсувоутворення порід осадового чохла на території навколо хвостосховища ЦГЗК.

РОЗДІЛ 5. ЛІТОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ТА НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ РОЗКРИВНИХ ОСАДОВИХ ПОРІД

Зважаючи на сприятливі гірничо-геологічні умови залягання та значні обсяги осадових порід, що роздільно закладовані у відвалах з метою раціонального використання мінеральної сировини, автором виконані додаткові мінералогічні дослідження і технологічні випробування поширених на території центральної частини Криворізького басейну осадових порід.

5.1 Літолого-мінералогічне обґрунтування можливості комплексного використання порід осадового комплексу

Попереднє визначення можливості і ефективності видобутку з осадових порід корисних у промисловому сенсі продуктів виконували з урахуванням результатів мінералогічного аналізу за Копченовою Є. В. [47]. Відібрані проби відмучували, відмивали «сірий шліх», розділяли у бромформі та сепарували у магнітному полі 0,2 - 0,9 Тл. Дана методика дала змогу виділити кілька мономінеральних фракцій (концентратів): циркону, ільменіту, рутилу, оксидів і гідроксидів заліза (магнетиту, гематиту, гетиту), ставроліту, Кварцу (у тому числі дрібнозернистого), каолініту (рис. 5.1) [88].

Циркон зустрічається у вигляді видовжених білих - метаміктних- (малокону) та майже ізометричних рожевих кристалів (гіацинту). Має сильний алмазний блиск, блідо-рожевий до бурого колір, прозорий до напівпрозорого у разі метаміктного стану. У районі досліджень не радіоактивний. Розмір кристалів

становить від 0,05 мм до 2,0 мм, в середньому 0,12 мм. В каоліновій корі вивітрювання плагіограніт-мігматитів Саксаганського комплексу циркон ідіоморфний невідсортований за розміром. У складі теригенного комплексу (палеоген, неоген, четвертинний період) зустрічаються уламкові та в різній мірі обкатані зерна. Вміст циркону у породах коливається від 0,48 г/т в глинистому піску сіро-жовтому Глеюватського родовища до 3762,9 г/т в піску із домішкою бурої глини Павлівського родовища (рис.5.1, а).

Мінерали титану. Ільменіт має вигляд окатаних та кутастих зерен сплющеної форми (рис. 4.1, б). Колір – чорний, сильний металічний блиск. Слабомагнітний. Розмір зерен від 0,5 мм до 3,0 мм. Вміст у породах – від 3,44 г/т у вапнякових глинах Кресівського родовища до 26873,97 г/т в дрібнозернистому піску із домішкою каолінової глини Глеюватського родовища. Лейкоксен знаходиться у вигляді округлених зерен. Розвивається по ільменіту, тому приймає форму ільменітових зерен. Рідше заміщує сфен і рутил. Розмір від 0,3 мм до 2,5 мм. Колір блідо-жовтий, сірий до помаранчевого і коричневого (рис. 5.1, в). Жирний блиск. Слабомагнітний. Вміст у породах від 3,4 г/т у пісках дрібнозернистих із домішкою каолінової глини до 6849,3 г/т у пісках із домішкою бурої глини Павлівського родовища. Рутил має вигляд обкатаних зерен видовженої або досчастої форми (рис. 5.1, г). Колір від світло-жовтого до темно рубінового. Зерна ізометричної форми мають більш світле забарвлення, а видовжені, голчасті - більш темні до чорного. Має сильний металічний блиск. Немагнітний. Розмір виділень від 0,4 мм до 3,2 мм. Вміст в породах - від 0,3 г/т в глинистому піску сіро-жовтому Глеюватського родовища до 13708,66 г/т в кварцовому піску із домішкою бурої глини Павлівського родовища.

Мінерали заліза: магнетит значно поширений у корі вивітрювання порід залізисто-кременистої формації, де відіграє роль другорядного реліктового мінералу [84, 104]. В осадовому розрізі теригенний, у відвальних осадових породах – теригенний і техногенний. Зустрічається у вигляді уламкових зерен та техногенних кульок, що утворюють магнітні флокули (рис. 5.1, д). Розмір зерен від 0,005 мм до 0,5 мм. Колір чорний, блиск металічний сильно магнітний. Вміст в

породах коливається від знаків до 1597,6 г/т в первинних каолінах Кресівського родовища. Гематит у вигляді мартиту і залізної слюдки є одним з головних породоутворюючих мінералів кори вивітрювання залізистих кварцитів [9, 64, 66]. Значно поширений також у складі палеоген-неогенових і четвертинних порід району. Гетит, гідрогетит, лепідокрокит та гідрогематит.- продукти гіпергенних змін залізовмісних мінералів (оксидів, силікатів, сульфідів, карбонатів) порід залізо кременистої формації [9, 23]. Вони є головними пороодо-, і рудо утворюючими мінералами кори вивітрювання, стійкі в екзогенних умовах і присутні у всьому осадовому розрізі дослідженого району. Зустрічаються у вигляді ксеноморфних агрегатів, грудочок, стяжінь. Рідше утворюють лускуваті та видовжені кристали мікроскопічних розмірів. Колір - від червоного до чорного. Близь металічний, непрозорий. Сильно- та слабкомагнітні. Розмір агрегатів від 0,01 мм до 1 мм. Вміст гетиту у породах від 0,02 г/т в глинистому піску сіро-жовтому Глеюватського родовища до 20585,9 г/т в первинних каолінах Кресівського родовища.

Мінерали заліза відіграють принципову роль у економічному розвитку регіону, але у складі утворень площадної кори вивітрювання, морських і континентальних відкладах направляються до відвалів і втрачаються.

Ставроліт знаходиться у вигляді кутастих рідше обкатаних зерен. Часті випадки утворення хрестоподібних зростків. Колір жовтий, медово-жовтий, жовто-бурий (рис. 5.1, е). Близь скляний. Розмір зерен від 0,7 до 1,9 мм. Мають місце зерна із включеннями магнетиту. Слабкомагнітний. Вміст у породах: від 0,11 г/т в глинистому піску сіро-жовтому Глеюватського родовища до 6609,41 г/т в пісках із домішкою каолінової глини Павлівського родовища.

Мінерали кремнезему: кварц — головний компонент осадових порід, утворених в умовах мілководних палеоген-неогенових басейнів центральної частини Криворізького басейну [46, 72]. Це справедливо також і для континентальних четвертинних суглинків еолового походження. У складі вказаних порід переважають олігоміктові кварцові піски, алеврити, суглинки та, у меншій мірі, глини.

Розмір зерен від 0,01 мм в алевритах і глинистих алевритах до 1-2 см у жорствяній корі вивітрювання плагіогранітів, що містять лінзи і прожилки гідротермального кварцу. Колір переважно білий, іноді рожевий та димчатий (рис. 5.1, є). Прозорий. Зустрічаються поодинокі зерна із включеннями магнетиту. Форма зерен обкатана або кутааста.

Тонкозернистий кварц присутній майже в усіх шарах осадових порід. Він має білий колір, прозорий. Зерна кутаасті, неправильної форми (рис. 5.1, ж). Розмір коливається практично від 0 до 0,01 мм. Тонкозернистий кварц відрізняється своєю винятковою чистотою і відсутністю домішок за рахунок процесів вивітрювання кварцу. Його вміст коливається від 281,7 г/т в піску з домішкою каолінітової глини в Павлівському родовищі і сягає максимуму – 196080,29 г/т в четвертинних суглинках Глеюватського родовища.

Потужними джерелом надходження кварцу є площадна кора вивітрювання докембрійських граніто-гнейсових комплексів Середнього Придніпров'я та порід залізисто-кременистої формації Криворізької серії. Важливу роль відіграють також віддалені джерела живлення.

Каолініт поширений у всіх шарах осадових порід району досліджень. У корі вивітрювання плагіограніт-мігматитів у східному та західному бортах Криворізького басейну первинні каоліни утворюють товщу потужністю більше десяти метрів. Вище за розрізом вони перешаровуються з лінзами і прошарками вторинних каолінів і кварцових пісків. Загалом, потужність каолінвмісних порід сягає кількох десятків метрів. Вміст каолініту в осадових відкладах коливається від 0,5% в четвертинних суглинках Кресівського родовища до 67,8% в четвертинних суглинках Глеюватського кар'єру. Каолініт має білий, жовто-білий колір, іноді підфарбований гідроксидами заліза в жовто-бурий колір. Майже не прозорий. Зустрічається у вигляді землистих мас, шаруватих та грудкуватих агрегатів. Скупчення каолініту в продуктах збагачення і переробки осадових порід утворюють флокули та міцели (рис.5.1, з).

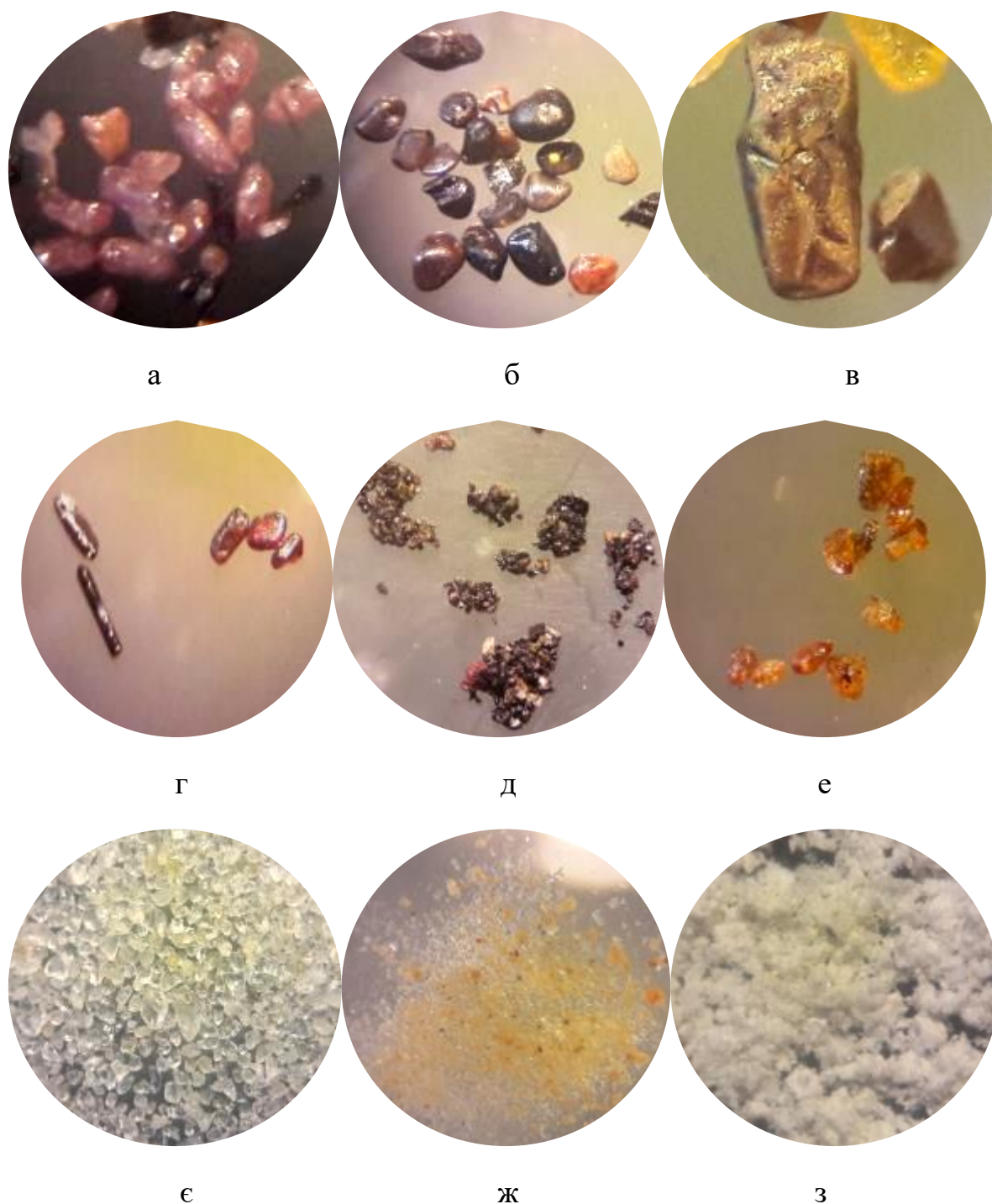


Рис. 5.1. Мінерали, потенційно перспективні для *попутного видобутку з перекривних осадових порід* центральної частини Криворізького басейну: а – циркон; б, в, г – ільменіт, лейкоксен, рутил; д – флокули пиловидного магнетиту; е – очищений від домішків кварц; ж – тонкозернистий кварц з домішкою гідроксидів заліза; з – каолініт; а, е-з – Кресівський кар'єр; б-г – Павлівський кар'єр; д – Глеюватський кар'єр. Бінокуляр, збільшення: а, б – $180\times$; в – $220\times$; г, е – $130\times$; д, е – $20\times$; з, ж – $180\times$.

5.2. Літолого-технологічні випробування

Для майбутнього промислового збагачення і комплексної переробки осадових порід корінного залягання та закладованих у відвалах гірничих підприємств, найбільш ефективною, на думку автора, є технологія комплексного гравітаційно-магнітного збагачення пухкої сировини у вихровому повітряно-мінеральному потоці, запропонована співробітниками Національної академії наук України [101]. Це метод сухого розділення породи на декілька продуктів без участі води, що, безумовно, є пріоритетною умовою для отримання концентратів важких мінералів, кварцу та глинистих мінералів в одному циклі технологічних операцій. На основі методу, запропонованого к.т.н. Ю.Д. Чугуновим та за його допомогою, автором були побудовані та опробувані літолого-технологічні схеми для комплексної переробки розкривних осадових порід центральної частини Криворізького басейну. Робота виконувалась за двома напрямками: кора вивітрювання гранітоїдів і комплекс осадових порід (рис. 5.2); кора вивітрювання порід залізисто-кременистої формації (рис. 5.3).

З використанням технологічних схем (рис. 5.2; 5.3) з розкривних порід Кресівського, Глеюватського та Павлівського кар'єрів були отримані наступні концентрати: каолінітовий, кварцовий (і окремо тонеозернистий кварцовий), цирконовий, гетит-гематитовий, вохра (рис. 5.4).

Каолінітовий концентрат (рис.5.4, а). Мінеральний склад: каолініт - 98%, кварц (тонкозернистий) - 1%, гетит - 0,5%, мусковіт - 0,5%. Отриманий концентрат придатний для виробництва порцеляново-фаянсових, побутових і технічних виробів, вогнетривів, в якості білого пігменту (в обпеченому вигляді) при приготуванні клейових фарб, гумо-технічних виробів, пластмас та ін. У хімічній промисловості - для отримання сірчаноокислого алюмінію, глинозему, ультрамарину, каталізаторів ряду хімічних процесів (крекінгу вуглеводнів тощо), а також як наповнювач добрив та інсектицидів.



Рис. 5.2. Принципова схема технологічних випробувань розкривних осадових порід центральної частини Криворізького басейну, за [101].



Рис. 5.3. Принципова технологічна схема комплексної переробки розкривних гематитових кварцитів центральної частини Криворізького басейну, за [101] з доповненнями автора.



а



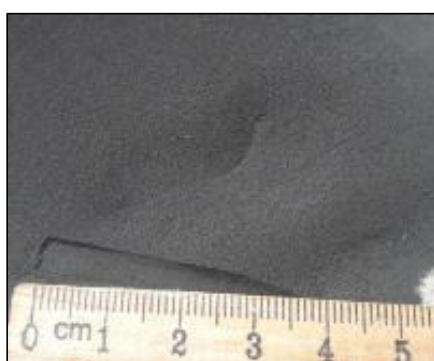
б



в



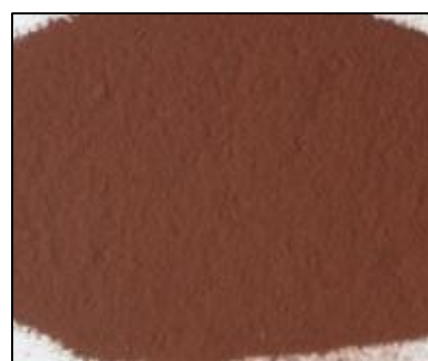
г



д



е



є

Рис. 5.4. Продукти збагачення розкривних порід Павлівського, Глеюватського та Кресівського кар'єру: а – концентрат каолініту, б - кварцовий пісок; в – концентрат циркону з незначними домішками ільменіту, епідоту та рутилу; г – тонкозернистий кварц, д – гетит-гематитовий концентрат, е – пиловидний продукт для цементного виробництва, є - вохра. в, г – бінокуляр. Збільшення: б – 5^х; в – 20^х.

Кварцовий пісок (рис. 5.4, б). Мінеральний склад: кварц - 96%, каолініт, гетит, кальцит, плагіоклаз – по 1%. Може використовуватись в будівництві, створення фільтрів для басейнів, в ландшафтному дизайні, при виробництві асфальту, цегли, бетонних блоків тощо [109, 116].

Цирконовий концентрат (рис. 5.4, в). Склад: циркон – 95%, епідот, рутил - по 2%, ільменіт – 1%. Може використовуватись в якості спеціального ливарного піску, абразивного матеріалу, як руда ZrO_2 , як вогнетрив для скловарних і сталеплавильних печей, а також як формувальний матеріал при ливарному виробництві [114].

Тонкозернистий кварц (рис. 5.4, г). Склад: кварц – 97,5%, каолінізований мусковіт, каолініт - по 1%, лімоніт – 0,5%. Може застосовуватись у різних видах виробництв: як наповнювач гум (особливо електроізоляційних) і пластмас; в скляній промисловості - для варіння незабарвленого скла; в якості матеріалу чи фарби для ливарних форм; замість кварцу при виготовленні порцеляни та фаянсу; в якості абразиву для шліфування скла, мармуру і т. д.; для виготовлення легкого динасового вогнетриву і вогнетривких замазок; для отримання силікату натрію (розчинного скла), кислотостійкого цементу, автоклавних будівельних матеріалів; як мікронаповнювач бетонів; в якості наповнювача спеціальних сортів паперу, фарб, клею тощо [116].

Гетит-гематитовий концентрат (рис. 5.4, д). Склад: гематит – 85%, гетит – 9%, кварц – 6%. Може використовуватись в металургійній промисловості для отримання сталі та чавуну.

Пиловидний продукт (рис. 5.4, е). Мінеральний склад: мусковіт, гьотит, кальцит, біотит, магнетит, гематит, епідот, піроксени, турмалін. Розмір часток менше 0,25 мм. Може використовуватись для виробництва газобетону та шлакоблоків, цементу [109].

Вохра (рис. 5.4, є). Мінеральний склад: лимоніт, гетит, каолініт, кварц (маршаліт). Розмір часток менше 0,1 мм. Може використовуватись для виготовлення всіх видів фарби, а також у виробництві червоної цегли та черепиці.

Травертини

Техногенно-природні травертини Криворіжжя мають високі тепло-, та звукоізоляційні властивості, задовільний декоративний вигляд та дуже низький, до повної відсутності, вміст важких металів (рис. 5.5). Вони можуть знайти використання у житлово-комунальному будівництві, оформленні інтер'єрів та виробництві екологічно чистих матеріалів іншого призначення [110, 115].



Рис. 5.5. Природно-техногенні травертини центрального Криворіжжя. Розмір зразка – 10 см.

Проведені автором літолого-мінералогічні і технологічні дослідження дозволили уточнити характер розподілу головних, другорядних і рідкісних акцесорних мінералів у розрізі осадових порід центральної частини Кривбасу. Встановлено значний потенціал осадового комплексу для промислового виробництва низки концентратів і цінних матеріалів: циркону, ільменіту, рутилу, оксидів і гідроксидів заліза (магнетиту, гематиту, гетиту), ставроліту, очищеного від домішок кварцу, каолініту. Використання технології комплексної переробки мінеральної сировини у повітряно-мінеральному потоці сприятиме розширенню сфери промислового комплексного використання осадових порід даного регіону, значна частина яких вже заскладована у відвалах гірничих підприємств.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі виявлених особливостей літологічного складу осадових порід центральної частини Криворізького басейну та їхніх технологічних властивостей вирішена значна наукова та важлива прикладна задача обґрунтування можливості комплексного використання розкривних порід як перспективної сировини та поліпшення економіки промислових підприємств, екологічного стану довкілля і соціальних аспектів регіону.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи полягають у наступному:

1. На основі результатів геохімічних досліджень осадових порід Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок встановлено особливості розподілу у їх розрізі важких (чорних, кольорових і благородних) металів і рідкісноземельних елементів, обумовлений специфікою процесів седиментогенезу на вивченій території. В межах осадового чохла виділені чотири різновікові літолого-геохімічні зони і формаційні ряди: I - палеозой-кайнозойська кора вивітрювання з накопиченням Pb, La, Zr, Y, Yb, Sc; II- палеоген-неогенові морські піски з концентрацією Р (Павлівська та Кресівська ділянки), Cu, Pb, Mn, V, Zr, Ga, Yb, Bi, Mo (Глеюватська ділянка); III- відклади четвертинного періоду з золото-срібною металогенічною спеціалізацією, IV—сучасні відклади (травертини). Уточнено характер просторового розподілу важких металів в межах площ, прилеглих до об'єктів гірничо-видобувних підприємств, що мають найбільший вплив на забруднення природного середовища. Встановлено суттєве забруднення в районі досліджень осадових порід та геологічного середовища в цілому важкими металами: Pb, Zn, Cr, Ni, Cu, в тому числі з перевищенням ГДК. Підтверджений вплив на накопичення важких металів у геологічному середовищі промислових та побутових відходів.

2. Результати геологічного 3D моделювання доповнили сучасні уявлення про будову осадового чохла середньої частини Криворіжжя на межі Вільногірської та Широківської структурно-формаційних зон. Встановлені закономірності розподілу осадових порід можуть бути використані при побудові комплексних геолого-геохімічних моделей і геодинамічних схем, а також при вирішенні практичних завдань геології і пошуків корисних копалин, зокрема прогнозування вирішення проблеми зсувоутворення порід осадового чохла на території навколо хвостосховища ЦГЗК.

3. Вперше для Кривого Рогу виявлені і досліджені сучасні природно-техногенні травертини, генетично і просторово пов'язані з діяльністю хвостосховищ ГЗК. Фазовий якісний аналіз показав, що вони представлені арагонітом, кальцитом і кварцом. В дуже незначній кількості присутній пірит. Рентгенограма підтверджує результати мінералогічного аналізу, і зокрема наявність у великій кількості арагоніту у складі травертину. За результатами геохімічних досліджень новоутворення виділяються низьким вмістом важких металів. В цілому техногенно-природні травертини, карбонатні щітки, друзочки, вицвіти і водорості є ще недостатньо вивченою, але регіонально поширеною ознакою сучасної геоекосистеми району досліджень. Їх утворення є логічним наслідком перенесення вагомих обсягів розкривних палеоген-неогенових вапняків з розкривних горизонтів видобувних кар'єрів до відвалів, з наступним розчиненням і перевідкладенням в різноманітних породних і мінералогічних асоціаціях.

4. Розроблено і випробовано технологічні схеми комплексної переробки відвальних осадових порід центральної частини Криворізького басейну з виробництвом продуктів і концентратів: цирконового, каолінітового, кварцового (крупнозернистого та тонкозернистого), гетит-гематитового, клінкерної сировини, вохри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акименко, Н. М. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Н. М. Акименко, Я. Н. Белевцев, Б. И. Горошников — М.: Госгеолтехиздат, 1957. — 280 с.
2. Альохіна Т.М. Магнітна складова донних осадків як критерій техногенної трансформації гідроекосистем гірничо-видобувних регіонів / Т.М. Альохіна, А.О. Бобко //Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы исследований. Мат. III Международной науч. конф. — Херсон, 2012. — С. 192-195.
3. Арнаутов Н.В. Прямые методы количественного эмиссионного спектрального анализа природных объектов и оценка их правильности / Н.В. Арнаутов. — Тамбов: Из-во тамб.ун-та. — 1978. — 204 с.
4. Арнаутов Н.В. Приближенный количественный спектральный анализ природных объектов (Таблицы появления и усиления спектральных линий) / Н.В. Арнаутов, Н.М. Глухова, Н.А. Яковлева. — Новосибирск: Наука, 1987.
5. Багрій, І.Д. Досвід комплексної оцінки та картографування техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська / [Багрій І.Д., Білоус А.М., Вілкул Ю.Г., Гожик П.Ф. та ін.]. — К.: Фенікс, 2000. — 108 с.
6. Багрій І.Д. Геологічні проблеми криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі / І.Д. Багрій. П.В. Блінов. Н.А. Белокопитова. — К.: Фенікс, 2000. — 190 с
7. Багрій І.Д, Годжик П.Ф., Самоткал Е.В. та ін. Гідроекосистема Криворізького басейну — стан і напрямки поліпшення. — К.: Фенікс, 2005. — 216с.
8. Байсарович І.М. Базові поняття екологічної геології / Байсарович І.М., Коржнев М.М., Шестопапов В.М. — К.: «Обрій», 2008.- 122 с.
9. Белевцев, Р.Е. Минералогия Криворожского бассейна / Р.Е. Белевцев, Н.И. Бучинская, Д.К. Возняк — К.: Наук. думка, 1977. — 542 с.

10. Белевцев Р.Я. О горизонтальной и вертикальной метаморфической зональности Криворожского бассейна / Геологическое строение и перспективы рудоносности Кривого Рога на больших глубинах // Киев: Наукова думка, 1973.— С. 91-95.
11. Белевцев Я. Н. Криворожский бассейн. / Белевцев Я.Н. — М.: Государственное изд-во геолог. лит-ры. — 1951. — 178 с. — (Геологическое строение; т. 1).
12. Белевцев Я.Н., Бура Г.Г., Дубинкина Р.П. и др. Генезис железных руд Криворожского бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1959.— 308 с.
13. Белевцев, Я.Н. Геология криворожских железорудных месторождений / Я.Н. Белевцев, Г.В. Тохтуев, А. И. Стрыгин и др. — К.: АН УССР, 1962.— Т. 1 — 484 с.
14. Белевцев, Я. Н. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна / Я.Н. Белевцев, Р.Я. Белевцев. — К.: Наук. думка, 1981. — 48 с.
15. Белкин, В.И.; Рязанов, И.В. О понятиях сортированности и однородности гранулометрического состава осадочных пород . -2. - 1974г.
16. Березовский, А. А. О местной стратиграфической схеме палеогеновых обложений Кривбасса. / Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины // Днепропетровск. Т. 2. № 3. 1998 — С. 93-95.
17. Березовский, А.А. Местная стратиграфическая схема палеогена Криворожского бассейна / А.А. Березовский // Біостратиграфічні та палеоекологічні аспекти подійної стратиграфії. — К.: ІГН НАН України, 2000.— С. 43-45.
18. Березовский, А.А. Состав и строение кайнозойской толщи Глееватского месторождения Криворожского бассейна / А.А. Березовский, Ю.М. Бублик // Геолого-мінералогічний вісник. — Кривий Ріг, 2001.— №1. — С. 66-77.
19. Бирюков Н.С. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов / Н.С. Бирюков, В.Д. Казарновский, Ю.Л. Мотылев. — М.: Недра, 1975. — 178 с.

20. Виноградов, А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре: Геохимия. / А. П. Виноградов. — М., 1956. — № 1. — С. 6-52.
21. Вступ до медичної геології / [за ред. Г.І. Рудька, О. М. Адаменка] — К.: Вид-во «Академпрес», 2010.- Т.1. — 736 с.
22. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / [Довгий С.О., Коржнев М.М. (ред.), Трофимчук О.М., Іванченко В.В. та ін..] НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. — К.: Ніка-Центр, 2017. — 208 с.
23. Гершойг Ю.Г. Генезис руд Кривого Рога / Геология и генезис руд Криворожского железорудного бассейна // Киев: Изд. АН УССР, 1955.— С. 86-99.
24. Гершойг Ю.Г. Зона окисления богатых железных руд ингулецкого типа в Криворожском бассейне // Кора выветривания.— 1960.— №3.— С. 190-202.
25. Гершойг Ю.Г. Вещественный состав и оценка обогатимости бедных железных руд // Москва: Недра, 1968.— 200 с.
26. Гольдшмидт, В. М. Сборник статей по геохимии рідких елементів / В. М. Гольдшмидт. — М., 1938.
27. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
28. Гринь, А. В.; Ли, С. К. Поступление тяжелых металлов в растения в зависимости от их содержания по миграции // Тезисы докладов II — Всемирного совещания по миграции загрязненных веществ в почвах и определенных сферах. Ленинград, 1980 г. — С. 46–48.
29. Гурський, Д. С. Концептуальні засади державної мінерально-сировинної політики щодо використання стратегічно важливих для економіки країни корисних копалин. — Львів: ЗУКЦ, 2008. - 192 с.
30. Державна геологічна карта України (пояснювальна записка). Масштаб 1: 200000. Серія: Центрально-українська. Аркуші: М-36-XXXIV (жовті води), L-36-IV (Кривий Ріг). - Київ: Геоінформ, 2002. (Державна геологічна служба, КП

«Південукргеологія», Криворізька КГП). / В.В. Захарова, А.В. Мартинюк, Ю.М. Токар. – 101 с.

31. Джонс М.П. Прикладная минералогия / Джонс М.П. - Москва: Недра, 1991.– 392 с.

32. Євтехов В. Д. Етапи формування комплексної мінерально-сировинної бази залізорудних родовищ Криворізько-Кременчуцького лінеаменту // Відомості Академії гірничих наук України, 1997.– №4.– С. 111-114.

33. Євтехов В.Д. Альтернативная минерально-сырьевая база железорудных месторождений Кривбасса / Разработка рудных месторождений // Кривой Рог: Криворожский технический университет, 1997.– С. 121-125.

34. Євтехов В.Д. «Шахтні перли» Криворізького басейну. Геолого-мінералогічний вісник. – 2002. - №2.

35. Євтехов В.Д., Федорова І.А. Техногенні поклади Кривбасу як комплексна мінеральна сировина / Техногенно-екологічна безпека регіонів як умова сталого розвитку України. Матеріали другої науково-практичної конференції // Львів: Товариство “Знання” України, 2002.– С. 29-30.

36. Заморій, П. К. Четвертичні відклади Української РСР. – К.: Вид-во КДУ, 1961 – 550 с.

37. Захарова, Е.М. Шлиховые поиски и анализ шлихов. - Из-во Московського университета, 1960 г. – 167 с.

38. Захарова, Е.М. Шлиховые поиски и анализ шлихов. - Учебное пособие. – М.: Недра, 1974. – 170 с.

39. Захарова, Е.М. Шлиховой метод поисков полезных ископаемых. - Учеб. пособие для техникумов. – М.: Недра, 1989. – 160 с.

40. Іванченко В.В., Беліцька М.В., Смірнов Я.Ю. Ільїна Ф.С. Зміни у процесі седиментації річок, викликані впливом сучасної системи України: матеріали третього пленарного засідання та польової поїздки з Каспію до Середземномор'я: зміни навколишнього середовища та реакції людини під час четвертинного періоду, 22-30 вересня 2015 р. Астрахань (Росія) / Астрахань: Просвіропейці, 2015. — С. 91-96.

41. Іванченко, В.В. Літологія та можливості комплексного використання сучасного алювію річки Дніпро / Іванченко, В.В., Беліцька М.В., Гаврилюк І.В. - Вісник Дніпропетровського університету. Том 23(1) 2015. – 56-64 с.
42. Іпатко, Ю.М. Періоди техногенезу гірничого Кривбасу /Ю.М. Іпатко, І.М. Малахов // Геологічний журнал. – К., 2004. – №1. – С.62 – 69.
43. Казаков В.Л., Паранько І.С., Сметана М.Г., Шипунова В.О., Коцюруба В.В., Калініченко О.О. Природнича географія Кривбасу. - Кривий Ріг: Видавничий дім, 2005. - 151с.
44. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров). - Санкт-Петербург: Недра, 2004. - С. 334.
45. Караулов В.Б., Успенская Е.А., Цейслер В.М., Чернова Е.С. Основы региональной геологии СССР. - Москва: Недра, 1984. - 358 с.
46. Ковальчук М.С. Перспективні напрямки розвитку літологічних досліджень в ІГН НАН України // Літологія та корисні копалини: Зб. наук. праць ІГН НАН та ІГНС НАН та МНС України. - К., 2006. - 155–160 с.
47. Копченкова Е.В. Минералогический анализ шлихов. – М: Недра, 1951.
48. Коржнєв, М.Н. Ресурсні та екологічні критерії визначення асиміляційного потенціалу геологічного середовища на прикладі гірничих районів України / М.Н. Коржнєв, М.М. Курило, Н.В. Захарій // Вісник Томського державного університету. — 2014.— №3(87). — 243-252 с.
49. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Котлов Ф.В. – М.: Недра, 1978. – 264 с.
50. Кошарна С.К. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховищ Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів./ Кошарна С.К., Стеценко А.І., Глонь В.А. //ActaMontanisticaSlovaca. – 2018. – №2.
51. Крючков А.В. Совершенствование технологии обогащения железистых кварцитов / Крючков А.В. - Горн. журнал. – 2002. – №12. – С. 9–10.
52. Кузнецов, В. Г. Литология. Осадочные горные породы и их изучение / В. Г. Кузнецов. — М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. — 511с.

53. Кузнецов Ю.Н., Курцев Б.В., Стадник Д.А., Стадник Н.М. Научные основы формирования геоинформационной базы прогнозирования и оценки запасов угольных месторождений.. — Горная книга, 2017. — 124 с.
54. Куцекович М.Б. Рентген-дифрактометрический метод определения карбонатов, кварца и др. минералов осадков (к работе З.Н. Горбуновой). - 1971г.
55. Лазаренко Е.К. Минералогия Криворожского бассейна / Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И. и др. - К: Наукова думка, 1977. - 543 с.
56. Лидер, М.Р. Седиментология. Процессы и продукты / М.Р. Лидер. – М.: Мир, 1986. – 438 с.
57. Лисицын А. П., Мурдмаа И. С., Петелин В. П., Скорникова Н. С. Гранулометрический состав осадков. Тихий океан. Кн. I. Осадкообразование в Тихом океане. - М., 1970. - С. 296–323.
58. Личанский Л. В. Детальная разведка Павловского месторождения песков. Отчет о результатах работ, выполненных геологической партией Криворожской ГРЭ в 1991-1992 гг. – книга I. – Кривой Рог, 1992 г.
59. Логвиненко Н.В., Сергеева Э.И. Методы определения осадочных пород: Учеб. пособие для вузов. – Л. : Недра – 1986. – 240 с.
60. Логвиненко, Н.В. Петрография осадочных пород (с основами методики исследования): Учебник для студентов геолог. спец. вузов. – 3-е изд., перераб., и доп. – М.: Высш. Шк., 1984. – 416 с.
61. Лысенко, М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М: Высш. Шк., 1972. - 320 с.
62. Макаренко Д.Е. Палеогенові відклади північно-західної частини Українського кристалічного щита / Д.Е. Макаренко // Геологічний журнал. — 1959.— №1. — С. 47-56.
63. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі / Кривий Ріг: Октан – принт, 2003. – 252 с. – (Серія «Геологічне середовище антропогенної екосистеми»).

64. Малахов, И.Н. Новая геологическая сила / И. Н. Малахов; НАН Украины, Отд-ние мор. геологии и осадоч. рудообразования. – Кривой Рог, 2009. – 312 с.
65. Малахов, І. М. Методологічні питання трансформації геологічного середовища у гірничо-видобувних регіонах / [Малахов І.М., Альохіна Т.М., Бобко А.О. та ін.]. – Кривий Ріг: «Октан-принт», 2011. – с. 170.
66. Мала гірнича енциклопедія: у 3т./ за ред. В. С. Білецького.— Донецьк: Донбас, 2004.
67. Мінеральні компоненти металургійних шлаків в сучасній екосистемі (механізми розповсюдження, зміни, діагностика). Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів: матеріали 4-ої міжнародної науково-практичної конф. (Інститут проблем природокористування та екології НАН України / Іванченко В.В., Тиришкіна С.М. – Дніпропетровськ. 2007. – С. 49-52.
68. Мінеральний та петрографічний склад донних осадків р. Інгулець як індикатор забруднення екологічного середовища. Проблеми екології та екологічної освіти: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції / Іванченко В.В., Журавель Н.Р., Бобко А.О. – Кривий Ріг: «Видавничий дім», 2008. – С. 49-52.
69. Моніторинг геологічного середовища Кривбасу: Звіт про НІР / Криворізька геолого-розвідувальна партія (КГРП); Керівник Т. Н. Кулькова. – №4024. –Кривий Ріг, 2000. – 206 с.
70. Нотаров В.Д. Гидрогеологическое районирование Криворожского бассейна / В.Д. Нотаров. – М.: ГосНТИ, 1960. – 84 с. – (Труды НИГРИ; Вып. 4).
71. Нотаров В.Д. Геоморфологія Криворізького залізорудного басейну / В.Д. Нотаров // Геологічний журнал. – 1961. – т. 21. – Вип. 4. – С. 84-88.
72. Осетров И.И. Среднесарматские отложения Криворожского железорудного бассейна // Сборник научных трудов КГРИ. Вып. 8. – 1960. – С. 66-78.
73. Осовецкий Б.М. О связи минерального состава тяжёлой фракции алювиальных отложений с их гранулометрией. -1. - 1974г.

74. Осовецкий Б.М. К теории процессов минералов в песчаных осадках равнин. -3. - 1978г.
75. Панченко Н.А. Распределение глинистых и цеолитовых минералов по площади и разрезу марганцевой Восточной части Никопольского месторождения. -6. - 1977г.
76. Паранько, И.С. Некоторые особенности развития Криворожской структуры / И. С. Паранько // Геологический журнал. – Киев, 1993. - №4.- С. 112-133.
77. І. Паранько, А. Сіворонов, М. Павлунь, О. Бобров. Основи вчення про геологічні формації : підручник. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2010. – 192 с.
78. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высш. шк., 1975. – 342с.
79. Перельман, А. И. Геохимия: учебное пособие для геологических специальностей университетов / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1979. – 423 с.
80. Полтавщина в "Путешественных записках" 1781 року [Текст] / В. Ф. Зуєв; наук. ред., упоряд., авт. вступ. ст. О. Б. Супруненко ; Управління культури Полтавської обласної держ. адміністрації, Центр охорони та досліджень пам'яток археології управління культури Полтавської облдержадміністрації. - Полтава : Археологія, 1999. - 47 с.: іл. - (Джерела з історії Полтавщини ; вип. 2)
81. Поль О.М. і його місце в суспільно-політичному житті та економічному розвитку Півдня України другої половини ХІХ століття [Текст] : дис... канд. іст. наук: 07.00.01 / Кочергін Ігор Олександрович; Національний гірничий ун-т. - Д., 2003. - 206 арк. - арк. 183-203
82. Послеархейские эпохи корообразования на территории Украинского щита: Доклады АН УССР. Серия Б / Додатко А.Д. – 1979.— №2.— С. 83-87.
83. Рудько Г.І. Економічна геологія родовищ залізистих кварцитів: Монографія / Г.І. Рудько, О.В. Плотников та ін. – К.: Вид-во «Академпрес», 2010. – 272 с.
84. Свинко Й. Травертини (вапнякові туфи) // Тернопільський енциклопедичний словник: у 4 т. / редкол.: Г.Яворський та ін.— Тернопіль:

Видавничо-поліграфічний комбінат «Збруч», 2008. — Т. 3 : П — Я. — 708 с. — ISBN 978-966-528-279-2. — С. 463–464.

85. Семененко, Н. П. Петрография железисто-кремнистых формаций Украинской ССР / Семененко Н.П., Половко Н.И., Жуков Г.В. - Киев: Изд. АН УССР, 1956.— 536 с.

86. Стеценко, А. І. Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу / А.І. Стеценко, В.В. Іванченко // East European Scientific Journal. – 2016. – №12, част. 1. – С. 39-46.

87. Стеценко А. І. Формування карбонатних відкладів під впливом інфільтрацій з хвостосховища ЦГЗК (Кривий Ріг). / Стеценко А. І., Кошарна С. К., Іванченко В. В. // Екологічна безпека та природокористування. – 2017. – № 3-4 (24). – С. 74-84.

88. Стеценко, А. І. Літологія та напрямки використання континентальних і морських відкладів східної частини Криворізького басейну. / Стеценко А. І., Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Геологія і корисні копалини світового океану. – 2018. – №1 (51). – С.46-58.

89. Стеценко А. І. Літологія та геохімія осадових порід Павлівського родовища західної частини Криворізької структури. / Стеценко А. І. // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія". – 2018. – №1. – С.92-103.

90. Стеценко А. І. Особливості мінерального та хімічного складу травертинів природно-техногенного походження у м. Кривий ріг. / Стеценко А.І., Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Мінералогічний збірник ЛНУ ім. Івана Франка. – 2018. - №1(68). – С.172-181.

91. Страхов, Н. М. Образование осадков в современных водоемах / Страхов Н. М., Бродская Н. Г., Князева Л. М. - М: Недра, 1954. - 792 с.

92. Страхов, Н. М. Основы теории литогенеза и типы литогенеза и их размещение на поверхности земли. – М: Недра, 1960. - 212 с.

93. Страхов, Н.М. Основы теории литогенеза. - Москва: Изд. АН СССР, 1962.– Т. 2.– 575 с.

94. Трощенко, В. Н. Плагиигранит-мигматитовые комплексы Криворожско-Кременчугской зоны и малые субщелочные гранитоидные интрузии / В. Н. Трощенко // Геологическое строение и перспективы рудоносности Кривого Рога на больших глубинах. – К.: Наук. думка, 1973. – С. 29 – 31.

95. Учет и оценка природных ресурсов и экологического состояния территории различного функционального пользования / Методические рекомендации. – М.: ИМГРЭ. – 1996. – 96 с.

96. Фізична географія Кривбасу: монографічна навчальна книга / [Казаков В. Л., Калініченко О. О., Коцюрба В. В., Остапчук І. О. та ін.]. – Кривий Ріг: ТОВ «Центр-Принт», 2012. – 263 с.

97. Федоров И.С. Складирование отходов рудообогащения / И.С. Федоров, М.Н. Захаров. – Москва: Недра, 1985. – 228 с.

98. Ферсман А.Е. Геохимия.- в 4-х т. Л.:ОНТИ Химтеорет., 1934-1939.- т.2.- 354 с.

99. Формовочный материал для литейного производства и строительных песков Криворожья : Материалы XVIII научно-технической конференции молодых специалистов, 2004 г. КривойРог, — С. 17 – 18.

100. Холодов, В. Геохімія осадового процесу/ В Холодов. — М.: "Geos", 2006. – 608 с.

101. Чугунов Ю.Д. Обогащение и комплексная переработка руд в воздушном потоке/ Чугунов Ю.Д., Иванченко В.В. - Збагачення корисних копалин, 2013. –Вип.55(96).

102. Шантар А.А К вопросу о гранулометрическом составе песчаных пород в шлифах. - 6, 1964г.

103. Шерстюк Н.П. Оценка и прогнозирование влияния техногенеза на химический состав природных вод в районах размещения горнообывающий промышленности : Дис. кандидата географических наук: 11.00.07 : Киев, 1995. – 125 с.

104. Шерстюк Н.П., Хільчевський В.К. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об'єктах Кривбасу: Монографія. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2012. – 263 с.
105. Шнюков Е.Ф. Минералы и мир / Шнюков Е.Ф. – К.: ВМГОР НАНУ, 2008. – 521 с.
106. Шнюков, Е. Ф. Марганцевые руды Украины / Шнюков Е. Ф., Орловский Г.Н., Панченко Н.А., Хмелевский В.А., Янчук Э.А.. – Киев.: Наукова Думка, 1993. – 172 с.
107. Шнюков, Е.Ф. Поиски месторождений мелкого и тонкого золота в Азово-Черноморском регионе – важная геологическая проблема XXI века, в кн. «Геологические проблемы Черного моря», Киев 2001.
108. Шнюков, Е. Ф. - Проявления золота в донных отложениях акватории Черного моря / Шнюков, Е. Ф., Кардаш, В. Т. - Геологический журнал, №3, 1994.
109. Щербак Н.П., Бартницкий Е.Н., Луговая И.П.. / Изотопная геология Украины : [монография]. - К. : Наукова думка , 1981. - 247 с.
110. Francis A. J. (1978). Thecementindustry, 1796-1914 : a history. NewtonAbbot: DavidandCharles. ISBN 0715373862.
111. Hrasna M (1999): Environmental Geology – the new branch of geologic sciences. Acta Geologica Iniv / Hrasna M/ - Com., Bratislava, Nr. 54 P. 66-68.
112. Harper, E.M. , Palmer, T.J. andAlphey, J.R. (1997) Evolutionary responseby bival vesto changing Phanerozoic sea-waterchemistry. Geological Magazine 134: 403-407
113. Palmer, T.J. and Wilson, M.A. (2004) Calciteprecipitation and dissolution of biogenic aragonite in shallow Ordovician calciteseas. Lethaia 37: 417-427.
114. Pirkle F. L., Podmeyer D. A. Zircon: origin and uses. Originally published in surgery, the amount.292 society of mining, metallurgy, and exploration, inc., p.3.
115. Pohl, Walter L. (2011). Economic geology: principles and practice: metals, minerals, coal and hydrocarbons – introduction to formation and sustainable exploitation of mineral deposits. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell. p. 331.

116. Simplot (13 March 2011). Silica sand MSDS. Retrieved on 24 November 2011.
117. Schmittner Karl-Erich and Giresse Pierre (1999) "Micro-environmental controls on biomineralization: superficial processes of apatite and calcite precipitation in Quaternary soils", Roussillon, France. *Sedimentology* 46/3.

ДОДАТКИ

Додаток 1

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Іванченко В. В. Основні джерела та чинники техногенного впливу на осадові породи центральної частини Кривбасу. / Іванченко В. В., **Стеценко А. І.** // Східно-Європейський науковий журнал. – 2016. – №8 (12). – С. 39-46. Особистий внесок – аналіз літературних джерел, побудова карт, фотографування техногенних об'єктів.

2. **Стеценко А. І.** Літологія та напрямки використання континентальних і морських відкладів східної частини Криворізького басейну. / **Стеценко А. І.**, Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Геологія і корисні копалини світового океану. – 2018. – №1 (51). – С.46-58. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, побудова літологічних колонок, геологічного розрізу, проведення технологічних випробувань.

3. **Стеценко А. І.** Літологія та геохімія осадових порід Павлівського родовища західної частини Криворізької структури. / Альона Ігорівна Стеценко. // Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, серія "Геологія. Географія. Екологія". – 2018. – №1. – С.92-103.

4. **Стеценко А. І.** Особливості мінерального та хімічного складу травертинів природно-техногенного походження у м. Кривий ріг. / **Стеценко А. І.**, Іванченко В. В., Стеценко В. В. // Мінералогічний збірник ЛНУ ім. Івана Франка. – 2018. – №1(68). – С.172-181. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження, побудова карт і розрізів.

5. Кошарна С.К. Просторовий розподіл важких металів в межах площ хвостосховищ Криворізьких гірничо-видобувних та переробних об'єктів. / Кошарна С.К., **Стеценко А. І.**, Глонь В.А. // Acta Montanistica Slovaca. – 2018. – №2. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, підготовка проб до спектрального аналізу.

Монографії

6. Довгий С.О., Коржнев М.М. (ред.), Трофимчук О.М., Іванченко В.В., Курило М.М., Покалюк В.В., Яковлев Є.О., Стеценко В.В., Беліцька М.В., Кошарна С.К., **Стеценко А. І.** Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони // НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208 с. Особистий внесок – участь у написанні розділу «Мінеральні новоутворення та важкі метали на техногенних об'єктах ГЗК».

Статті, які додатково відображають зміст дисертації:

7. **Стеценко А. І.** Формування карбонатних відкладів під впливом інфільтрацій з хвостосховища ЦГЗК (Кривий Ріг). / **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К.,

Іванченко В. В. // Екологічна безпека та природокористування. – 2017. – № 3-4 (24). – С. 74-84. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, побудова карт і розрізів.

Матеріали і тези конференцій:

8. **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К. Природно-техногенне утворення травертину в Криворізькому басейні: Матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції *«Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців»*, 22-24 березня 2017 р. Кривий Ріг, – С. 130-132. Особистий внесок: відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження, побудова карт і розрізу.

9. **Стеценко А. І.**, Кошарна С. К. Особливості складу донних відкладів техногенних і природних водойм центральної частини Криворізького басейну: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції *«Розвиток промисловості і суспільства»*, 24-26 травня 2017 р. Кривий Ріг, – С. 105-108. Особистий внесок – відбір проб, виконання фізико-механічних досліджень проб, визначення мінерального складу осадових порід, мікроскопічні дослідження.

10. **Стеценко А. І.** Будова розрізу та особливості мінерального складу осадових порід Павлівського родовища: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції *«Розвиток промисловості і суспільства»*, 23-25 травня 2018 р. Кривий Ріг, – С. 68-71.

11. **Стеценко А. І.** Літологія і використання осадових порід західної частини Криворізького басейну: Матеріали конференції *«Проблеми літології осадових басейнів України та суміжних територій»* жовтень 2018 р. м. Київ, ІГН НАН України.