

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК

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

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2021 р.

Дисертація є рукописом

Робота виконана у відділі проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ Державної наукової установи «Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення НАН України»

Науковий керівник: кандидат геолого-мінералогічних наук, доцент **Іванченко Владислав Вікторович**, ДНУ «Центр проблем морської геології, геоекології та осадового рудоутворення НАН України», завідувач відділом проблем екологічної геології і розробки рудних родовищ

Офіційні опоненти: доктор геологічних наук, професор, **Кураєва Ірина Володимирівна**, завідувач відділу геохімії техногенних металів і аналітичної хімії Інституту геохімії, мінералогії і рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

кандидат геологічних наук, **Криницька Марія Василівна**, доцент кафедри геології та гідрології Національного університету водного господарства та природокористування

Захист відбудеться «29» квітня 2021 р. о 10³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.162.04 Інституту геологічних наук НАН України за адресою: вул. Олеся Гончара, 55-б, м. Київ, 01601.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту геологічних наук НАН України, 01601, м. Київ, вул. Олеся Гончара, 55-б

Автореферат розіслано « 27 » березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 26.162.04,
кандидат геологічних наук



Г.–Х.В. Ключина

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Криворізький басейн відноситься до числа територій з високим рівнем геологічної вивченості і розвинутою 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 покрову, 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 залізисто-кременистої формації та граніто-гнейсового комплексу Середнього Придніпров'я, кварцовими пісками, алевритами, суглинками та інші. До їхнього складу входять важливі у промисловому значенні мінерали: оксиди і гідроксиди заліза, циркон, ставроліт, мінерали титану, каолініт, кварц, монацит тощо. Усі вони потрапляють до відвалів, де змішуються і втрачаються як мінеральна сировина для народного господарства. 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 напрямів 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 континентальноморських осадків геоекосистеми 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 характеристик осадових порід центральної частини Криворізького басейну, 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 методів, який включав гранулометричні, петрографічні, рентгеноструктурний, 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 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, в тому числі 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 сучасні травертини природно-техногенного походження в центральній частині Криворіжжя, які пов'язані з діяльністю гірничих підприємств.

5. Вперше виконано літолого-технологічне обґрунтування можливості комплексної переробки відвальних осадових порід центральної частини Криворізького басейну з виробництвом цирконового, рутилового, ільменітового концентратів, а також каолінітового, кварцового та маршалітового 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 Глеюватської ділянки центральної частини Криворіжжя; встановленні золото-срібної металогенічної спеціалізації четвертинних суглинків.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості використання результатів дисертаційної роботи для комплексної переробки розкривних осадових порід із виробництвом промислових концентратів, і, як наслідок, 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 перспективного району для проведення пошукових робіт на розсипні золотоносні родовища.

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 осадів у руслах рік, озер та балок. Готувала проби для виконання спектрального, хімічного, мікрозондового, рентгеноструктурного 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 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, зокрема: XIII Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасна геологічна наука і практика в дослідженнях студентів і молодих фахівців», 22-24 березня 2017 р. Кривий Ріг; Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості і суспільства», 24-26 травня 2017 р. Кривий Ріг; II Молодіжна наукова конференція «Суспільство, довкілля і зміна клімату», 15-17 березня 2017 р. м. Київ; Міжнародна науково-технічна конференція «Розвиток промисловості і суспільства», 23-25 травня 2018 р. Кривий Ріг; 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, 2 статті у виданнях іноземних держав, 3 - включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS, Web of Science; 1 колективна монографія.

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

Робота виконана під керівництвом завідувача відділом, кандидата геолого-мінералогічних наук Владислава Вікторовича Іванченка, якому автор висловлює щирю 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, а також провідним інженерам відділу В.Д. Канцер, С.Т. Зайцевій, Т.М. Ільченко.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибраної теми дисертації, показано в рамках яких наукових програм, тем виконувалась дисертаційна робота і особистий внесок здобувача, сформульовано мету і завдання досліджень, описано матеріали і методи досліджень, визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У **розділі 1 – «Сучасний стан дослідження розкривних порід осадових відкладів центральної частини Криворізького залізорудного басейну»** висвітлені основні етапи попередніх досліджень осадових відкладів Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну, їх історію розвитку та поширення у районі досліджень. Одним з перших дослідили осадові породи Кривого Рогу Н. А. Соколов, (1896), А. Д. Федосєєв, (1937). Великий внесок у вивчення осадових порід Криворіжжя та їх мінерального складу зробив І. І. Танатар (1934). 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, рутил, брукіт, 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 (Н. П. Семененко, 1956 р.). Достатньо 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. Загалом, вони виділили 8 шарів осадових порід палеоген-неогенового віку, загальною потужністю від 20 до 60 м (А.А. Березовський, 1998, 2000, 2001).

У **розділі 2 - «Геологічна будова району»** охарактеризовано геологічну будову основних об'єктів дослідження, їх приуроченість до основних геологічних структур.

Основними об'єктами досліджень розкривних осадових порід автор обрала кар'єр №1 Центрального гірничо-збагачувального комбінату (Глеюватська ділянка), Павлівський піщаний кар'єр (Павлівська ділянка) і Кресівський гранітний кар'єр (Кресівська ділянка). Об'єкти розташовані в центральній частині Криворізького басейну. Глеюватський 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 південної та північної частин Криворізького басейну. Павлівський кар'єр розкриває осадові породи в межах перехідної зони між Інгулецьким і Середньопридніпровським блоками. У Кресівському кар'єрі осадові породи залягають на Саксаганському граніто-гнейсовому куполі, який входить до складу Придніпровського геоблоку першого порядку. Осадовий комплекс представлений палеозой-кайнозойською корою вивітрювання кристалічних порід, низкою літологічних відмін палеоген-неогенового віку та завершують розріз повсюдно поширені четвертинні суглинки.

У **розділі 3 - «Методи досліджень»** описані методики відбору проб та методи досліджень, які використовувались.

Для встановлення літологічних особливостей осадових порід об'єктів досліджень застосовувались геологічні, літолого-петрографічні, мінералогічні, геохімічні, лабораторні та геоінформаційні групи методів дослідження порід.

Наведено методику літологічних та технологічних досліджень осадових порід. Вона включає традиційні та новітні методи, у тому числі: геологічні та літологічні методи (польові експедиції з геологічним описом, документацією відслонень, складання літологічних колонок і розрізів, відбір біля 100 проб осадових порід та ґрунтів, дослідження його складу та будови). Літолого-технологічні дослідження включали: гранулометричний ситовий аналіз, технологічні експерименти з використання магнітних та повітряно-гравітаційних сепараторів, визначення питомої ваги осадових порід та продуктів їх збагачення. Досліджено літологічний склад осадових порід, з визначенням їх геохімічних характеристик (хімічний аналіз, спектральний аналіз 60 проб на 20 елементів) та мінералогічного складу. Геохімічні дослідження проводились у лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (аналітик А.А. Таращан) на СТЕ-1 спектрографі великої дисперсії (4,7 Å⁰/мм).

Висвітлені схеми літолого-технологічних досліджень з використанням традиційних та сучасних методів. Застосування сучасних методів і технологій збагачення та переробки мінеральної сировини може забезпечити можливість раціонального використання осадових порід центральної частини Криворізького басейну, збереженню і відновленню порушеного екологічного стану регіону. Виконані літолого-технологічні експерименти базуються на новітніх технологіях та методах збагачення і переробки осадових порід, розроблених співробітниками ДНУ «МорГеоЕкоЦентр НАН України».

Достовірність отриманих результатів забезпечується значним обсягом фактичного матеріалу, вивченого традиційними та сучасними методами наукових досліджень.

У розділі 4 – «Літологічна характеристика розкривних порід осадового чохла району робіт» наведені результати *літологічних* досліджень осадових порід Глеюватської, Павлівської та Кресівської ділянок Криворізького басейну.

Павлівська ділянка представлена розрізом осадових порід: первинних та вторинних каолінів палеозой-кайнозойського віку, піщано-глинистої товщі нижнього відділу неогену, суглинків четвертинного періоду.

У межах родовища на кристалічних породах повсюдно розвинена їх кора вивітрювання. У вертикальному розрізі кори вивітрювання чітко простежується три зони (знизу догори): 1) зона дезінтеграції (жорсткості кварц-польовошпатової); 2) гідрослюдисто-каолінітова зона; 3) зона повної каолінізації (первинні та вторинні каоліни). Переходи від однієї зони до іншої поступові.

Зона дезінтеграції являє собою жорстково-щербенисту кору вивітрювання із частково каолінізованими польовими шпатами. Її потужність коливається від 1 до 3 метрів.

Гідрослюдисто-каолінітова зона представлена світло-сірою, сірою із зеленуватим відтінком породою із повністю успадкованою текстурою та структурою материнських порід. Польові шпати повністю або частково заміщені каолінітом та

гідрослюдами. Кварц дезінтегрований, тріщинуватий, розбитий на вуглуваті уламки, які зцементовані гідрослюдисто-каоолінітовою масою.

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

Вторинні каоліни (PZ-KZ) – білі та світло-сірі, місцями підфарбовані гідроксидами заліза в жовтуваті, буруваті і червонуваті кольори. Каоліни пористі, неясношаруваті. Потужність товщі змінюється від 1-2 м на заході до 8-12 м у центральній та східній ділянках родовища. Головні породоутворюючі мінерали: каолініт, кварц, мусковіт (серицит), другорядні: каолінізований плагіоклаз, лімоніт. Важкі мінерали: апатит, циркон, пірит, монацит, епідот, шерл, андалузит, ільменіт, біотит, магнетит, рутил, лейкоксен, гетит.

На вторинних каолінах залягають морські відклади *неогенової системи*. Вони відносяться до товщі пісків N_{1p}, прибережної та мілководної фацій. Осадова товща розпочинається з верстви крупнозернистих кварцових пісків. Це світла крупнозерниста порода біло-сірого кольору. Потужність верстви 20-30 см. Вона поширена у північній частині родовища і виклинюється у південному напрямку. Головні мінерали: кварц, каолініт. Другорядні: гетит, шерл, біотит, лімоніт, плагіоклаз, монтморилоніт. Акцесорні: магнетит, гематит, рутил, ільменіт, лейкоксен, монацит, ставроліт, епідот, апатит, пірит.

Вище за розрізом залягає верства пісків з включеннями гідроксидів заліза, також товща пісків N_{1p}, прибережна та мілководна фація. Порода дрібнозерниста плямиста за рахунок нерівномірного розподілу ділянок жовтого та жовто-бурого кольору. Потужність верстви близько 10 м, зменшується у південному напрямку і виклинюється за межами кар'єру. Головні мінерали: кварц, каолініт, плагіоклаз; другорядні: гетит, хлорит, біотит, мусковіт, глауконіт. Акцесорні: магнетит, апатит, ільменіт, ставроліт, лейкоксен, гематит, шерл, рутил, циркон, хром-авгіт.

Наступна верства - піски із домішкою бурої глини, геліксові верстви N_{1gl}, мілководна фація. Порода дрібнозерниста, має плямисту, іноді смугасту текстуру. Колір бурий, жовто-бурий. Потужність верстви у північній частині близько 2-3 м та збільшується у південному напрямку до 15 м. Головні мінерали: кварц, каолініт, плагіоклаз, гетит; другорядні: хлорит, мусковіт, біотит, хром-авгіт, глауконіт. Акцесорні: магнетит, апатит, ільменіт, ставроліт, лейкоксен, гематит, шерл, рутил, циркон.

У південній частині родовища верства переходить у дрібнозернисті піски з домішкою білої каолінової глини, геліксові верстви N_{1gl}, мілководна фація. Потужність верстви близько 15 м, присутня у південній частині родовища, обмежена виступом докембрійських плагіограніт-мігматитів інгулецького комплексу. Головні мінерали: кварц, каолініт, біотит, кальцит; другорядні: хром-

авгіт, ставроліт, лімоніт. Акцесорні: рутил, шерл, ільменіт, сфен, магнетит, монацит, лейкоксен, апатит, пірит.

Завершують розріз осадових порід родовища товща четвертинних суглинків. Це переважно еолові відклади (Q_{III}). Вони дрібнозернисті однорідні або плямисті. Колір – сіро-коричневий, місцями жовто- та червоно-коричневий. Головні мінерали: гетит, кварц, кальцит; другорядні: каолінит, мусковіт, біотит, вуглиста речовина, егірин, кліноцоїзит, ярозит, хризокола. Акцесорні: рутил, ільменіт, ставроліт, циркон, монацит, лейкоксен, апатит, пірит, магнетит, гетит, шерл, альмандин, сфен.

Осадова товща Кресівської ділянки представлена корою вивітрювання плагіоклазових гнейсо-мігматитів та гранітів та комплексом неогенових морських відкладів.

Кора вивітрювання має зональну будову. *Перша зона дезінтеграції*, представлена частково зміненими плагіограніт-мігматитами і гнейсами Саксаганського куполу, потужністю 3-5 м. *Друга гідрослюдиста зона* представлена інтенсивно вивітряними гранітами і жорствою. Її потужність змінюється від 3 до 10 м, а на контакті гранітів з дайками діабазів сягає 15-20 м.

Жорства жовто-сіра масивна крупнозерниста. Містить кварцові жили, що пересікають корінні породи і продовжуються у корі вивітрювання. Розмір зерен породи залежить від ступеню вивітрілості і змінюється від 0,3-0,5 см до 1-2 см, зустрічаються уламки частково вивітрених гранітів першої зони, розміром до 5-15 см. Основними породоутворюючими мінералами є сосюритизований плагіоклаз (до 60%), кварц (біля 30%) і гідробіотит – (до 7%), каолінит (біля 3%); другорядні: рогова обманка, хлорит. Акцесорні: циркон, апатит, шерл, ільменіт, рутил, епідот, ставроліт, сфен.

Третя зона первинних каолінів представлена пухкими утвореннями білого кольору з легким жовтим відтінком за рахунок гідроксидів заліза, з домішками кварцу, рідше залишками жорстви плагіогранітів і гнейсів. Каолін щільний, тонкозернистий, жирний на дотик, масивний однорідний, або плямистий брекчієподібний. Основним породоутворюючими мінералами є: гідрослюди, каолінит та інші глинисті мінерали (до 50%), кварц (до 30 %), та вивітрений біотит (близько 15%). В незначних кількостях присутні сосюритизований плагіоклаз, піроксени. Акцесорні: циркон, турмалін рутил, ставроліт, сфен. Потужність 1-2 м.

Вище за розрізом залягає комплекс порід сарматського ярусу неогенової системи та четвертинного віку.

Вапнякові глини пухкі, місцями зцементовані жовто-білого кольору. Це збруцькі верстви (N_{1zb}), мілководна фація. Мають плямисту текстуру, різнозернисту структуру. У нижній ділянці розрізу вапняки містять включення первинних каолінів у вигляді брекчій розміром до 5 см білого, іноді жовто-білого кольору. Головні породоутворюючі мінерали: каолінит, кальцит, кварц, гетит; другорядні: ярозит, мусковіт, біотит, хлорит. Мінерали важкої фракції: циркон (гіацинт), епідот, магнетит, хроміт, рутил, ільменіт, апатит, моноцит.

Сіро-зелена глауконітова глина відноситься до товщі вапняків та мергелів (N_{1vm}), мілководна фація. Вона пухка, крихка, містить включення вапняково-глинистих порід розміром до 3 см, світло-сіро кольору, також досить крихких. Порода плямиста, різнозерниста. Складається головним чином з глауконіту, кварцу,

гетиту; другорядні: біотит, кальцит, ярозит, хлорит. Мінерали важкої фракції: ільменіт (часто лейкоксенізований), рутил, гранат, епідот, авгіт, пірит, циркон, моноцит, магнетит.

Кварцові пісковики відносяться до товщі пісків (N_{1p}), прибережної та мілководної фації. Це щільні породи жовто-білого кольору масивні дрібнозернисті (розмір зерен кварцу від 0,25 до 0,1мм). Уламки представлені кварцом, піроксеном (авгіт), безрудним кварцитом. Цемент - базальний глинисто-карбонатний; місцями перекристалізований. У ньому присутні у невеликій кількості гідроксида заліза, глауконіт. Характерна наявність онколітів та раковинного детриту (рис. 1).

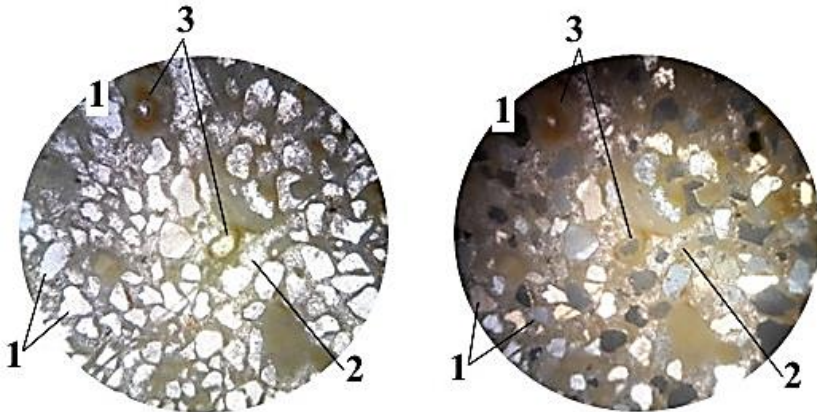


Рис.1. Кварцовий пісковик під мікроскопом. 1 – зерна кварцу, 2 – глинисто-карбонатний цемент, 3 – онколіти. Кресівський кар'єр, пр.5. Прозорий шліф, ніколі: а – паралельні; б – схрещені. Збільшення 32^x. Автор фото: Стеценко А. І.

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

Головні мінерали суглинків: каолініт, кальцит, кварц, гетит; другорядні: ярозит, мусковіт, біотит, глауконіт, хлорит. Мінерали важкої фракції: циркон (гіацинт), епідот, магнетит, хроміт, рутил, ільменіт, апатит, моноцит.

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 у досліджених ділянках центральної частини Криворізького басейну не мали. Найдавніші кори вивітрювання утворились на поверхні архейських гранітоїдів перед початком утворення базальтоїдної товщі конкської серії. У 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. У 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 (бучацький та київський яруси). Вони виповнюють найбільш понижені ділянки рельєфу докембрійського фундаменту.

Середній еоцен, бучацький ярус ($P_2b\delta$), складений глинами та глинистими пісками, руслова та озерно-болотна фації. Потужність відкладів 2-10 м. У підосві бучацького ярусу залягають запісочені глини сірих кольорів з рідкими тонкими проверстками вуглистої речовини. Вище за розрізом спостерігаються різнозернисті 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_1s_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.

Серед них на горизонті +75 м зустрічається глинистий пісок сіро-жовтий з глиняно-карбонатними прошарками. Текстура породи смугаста, структура середньозерниста. Потужність шару коливається від 1 до 5 м. Породоутворюючі мінерали: кварц, кальцит, гетит (лімоніт), каолінит; другорядні: мусковіт, піролюзит. Мінерали важкої фракції: ільменіт, рутил, лейкоксен, апатит, ставроліт, циркон.

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, каолінит, гетит; другорядні: мусковіт, гематит, плагіоклаз, егірин. Мінерали важкої фракції: магнетит, пірит, циркон, рутил, ставроліт. Потужність відкладів 2-10 м.

Середньопліоценові й нижньочетвертинні відклади (N_2-Q) 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. Породи мають червоно-коричнєве забарвлення. Текстура шарувата, суглинки мають тонкі прошарки піску із домішкою каолінової глини. 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.

Досліджуючи четвертинні породи в межах об'єктів гірничої промисловості, а саме хвостосховища ЦГЗК, автор виявила вперше для Криворізького басейну травертини природно-техногенного походження. Вони відносяться до сучасних відкладів ($Q_{IV} hl$), субаквальні та субаеральні відклади. Встановлено, що вони утворюються з перенасичених розчинами вод, що фільтруються через дамбу хвостосховища ЦГЗК та періодично затоплюють тальвеги балок навколо нього. Травертини залягають у вигляді субгоризонтальних верств та лінз потужністю від кількох сантиметрів до 0,5 м (рис. 2). Вони суттєво відрізняються від карбонатних осадових порід сарматського віку у відслоненнях балок Велика та Мала Лозуватка і не пов'язані з їх перевідкладенням.



а



б

Рис. 2. Субгоризонтальні відклади природно-техногенного травертину у тальвезі балки Велика Лозуватка (а) та сформовані ними ступінчаті форми мікрорельєфу (б). Автор фото: Стеценко А. І.

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

покритих кірками, щітками та вицвітами хомогенних карбонатів. Карбонатний склад агрегатів підтверджує бурхлива реакція з розчином HCl.

Під електронним мікроскопом натічні форми карбонатів мають вигляд грудкуватих агрегатів, напливів, стяжін, сфероїдальних утворень приховано кристалічної внутрішньої будови (рис. 3).

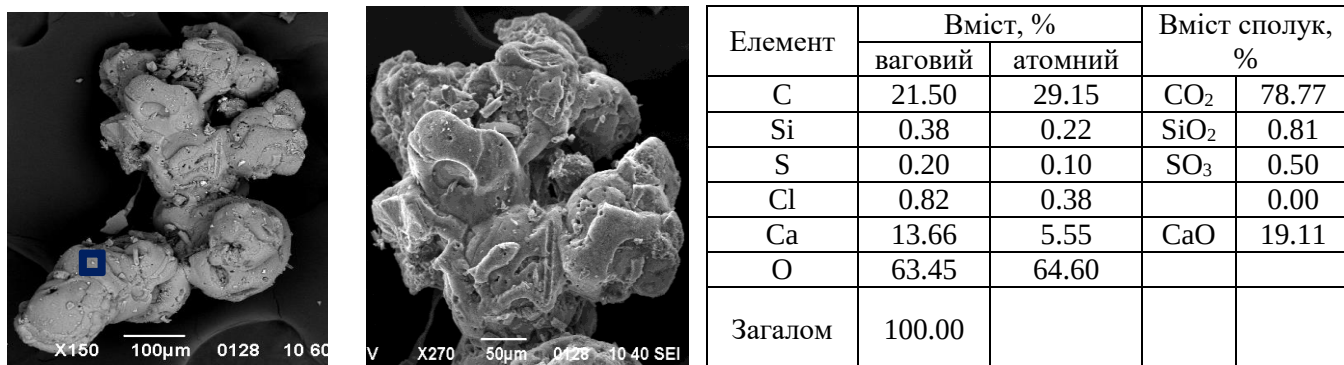


Рис.3. Натічні агрегати природно-техногенного кальциту (фото зроблено на растровому електронному мікроскопі в лабораторії фізичних методів досліджень ІГН НАН України).

Аналіз розподілу домішкових хімічних елементів у складі осадових порід.

За результатами дослідження горизонтального розподілення-накопичення важких елементів підтверджено вплив гірничих підприємств на накопичення важких металів у геологічному середовищі. Зазначено вагомий вплив рози вітрів у сукупності із рельєфом на розподіл важких металів у ґрунтах. Підтверджена тенденція до активного адсорбування рослинами певного відсотку важких металів, що у сукупності із періодичними рекультиваційними роботами значно знижує концентрації досліджуваних елементів, утримуючи їх в більшості випадків у межах гранично-допустимих концентрацій. Винятки ж становлять площі, що безпосередньо прилягають до гірничо-видобувних об'єктів.

Розподіл хімічних елементів у розрізі досліджуваних відкладів має певні закономірності, зокрема суттєве накопичення широкого спектру хімічних елементів (Zr, Y, Yb, Sc, Pb, La, Au, Ag), що перевищують кларк (за А.П. Виноградовим, (1956)), відбувається переважно у нижній та верхній частинках розрізу, збагачених глинистими компонентами. Здебільшого це літофільні елементи. Важливе пошукове значення має концентрація золота (100 мг/т) в четвертинних еолових суглинках району.

Детальне вивчення розрізу осадових порід центрального району Криворізького басейну дозволило розділити його на чотири різновікові формації, які в свою чергу складаються з субформацій осадових порід: 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). Для них притаманні відмінні умови накопичення осадового матеріалу, різний набір осадових порід і їх мінеральний та хімічний склад, геохімічна і металогенічна

спеціалізація. Окремі формації утворюють вертикальний ряд та розділяються між собою зонами розмиву і стратиграфічними неузгодженнями (рис. 4).

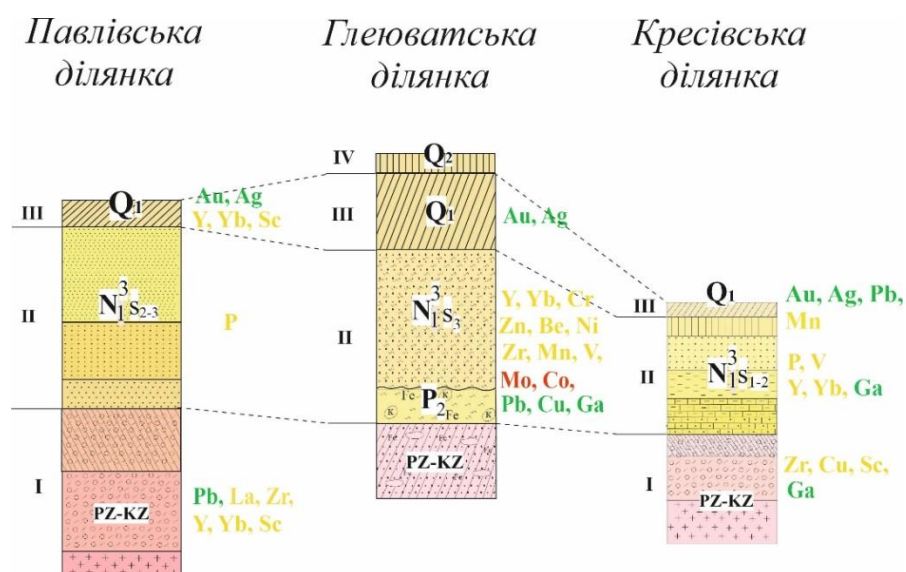


Рис. 4. Літолого-геохімічні зони і формаційні ряди (I-IV) у розрізі осадових порід дослідженого району. Автор: Стеценко А.І.

Примітки: **Mo** – сидерофільні, **La** – літофільні, **Au** – халькофільні елементи.

Результати факторного аналізу даних вмісту хімічних елементів в осадових породах Кресівської, Павлівської та Глеюватської ділянок Криворізького басейну.

З метою виявлення прихованих зв'язків у розподілі домішкових елементів та встановлення загальних закономірностей їх концентрації та розсіювання автором виконаний факторний аналіз (метод головних компонент) даних вмісту хімічних елементів в осадових породах центральної частини Криворізького залізорудного басейну, за даними емісійного спектрального аналізу. 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 розкривних осадових порід на території досліджень.

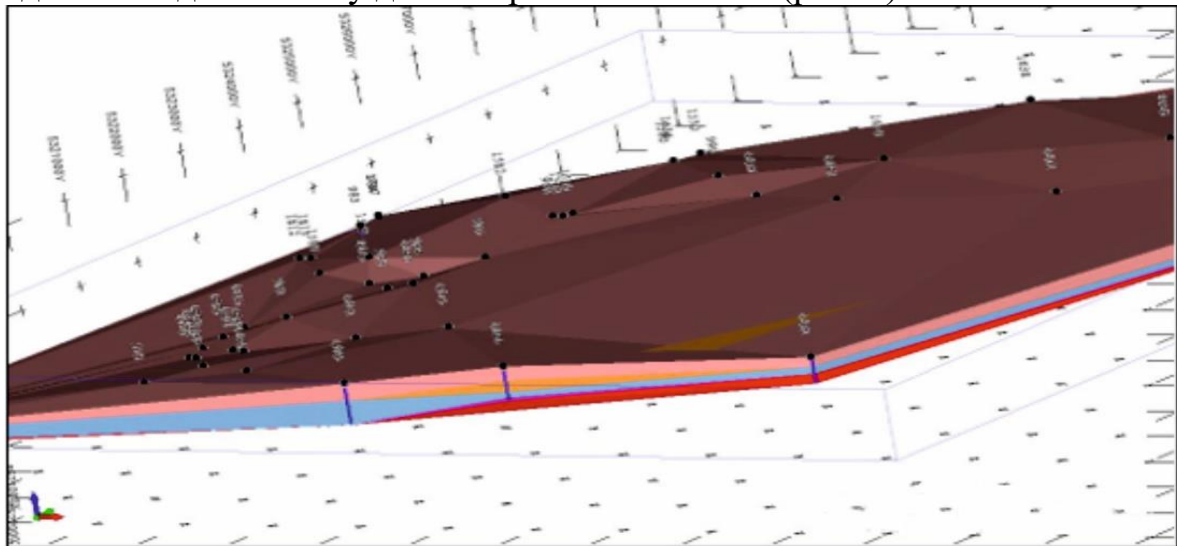
Математичні перерахунки відображають стійкі зв'язки між хімічними елементами, що у більшості ендегенних геологічних процесів (магматичному, метаморфічному, гідротермальному), а також хемо-біогенному седиментогенезі не утворюють стійких асоціацій. Проте вони можуть бути характерною ознакою накопичення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

Особливості геологічної будови осадової товщі 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».

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 (рис. 5).



Умовні позначення:



Рис. 5. Розріз товщі осадових порід у центральній частині Криворіжжя (поблизу с. Глеюватка, розріз із південної частини товщі). 1 – граніти аплітопегматоїдні біотитові (AR₃); 2 – жорствяно-слюди́ста зона кори вивітрювання гранітів (AR-KZ); 3 – каолінова зона кори вивітрювання гранітів (PZ-KZ); 4 – піски середньозернисті кварцові (N_{1s}); 5 – глина піщана щільна (N₂³Q₁); 6 – еолові глини (Q₁₋₂). Автор: Стеценко А.І.

Отримана просторова геологічна модель за основними закономірностями демонструє залежність геоморфологічних особливостей шарів осадових порід від досить розчленованого рельєфу кристалічного фундаменту так само, як і за результатами геохімічних досліджень.

Так у південній частині моделі (рис. 5) видно, що тіла сарматських пісків та щільних піщаних глин N₂³Q₁ 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 нерівномірністю умов осадонакопичення та впливом розчленованого рельєфу, що, у свою чергу, обумовило зміну фаціальних умов у різних ділянках басейну седиментації.

У північно-східній частині моделі спостерігається практично горизонтальне залягання усіх осадових шарів з невеликим кутом нахилу на захід, що зумовлено

загальним нахилом рельєфу кристалічного фундаменту в цьому напрямку; з'являється шар невеликої потужності каолінових глин.

Із західної сторони моделі 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 окремих її ділянок, так і на всій дослідженій території загалом. Мозаїчний характер розташування фаціальних відмін осадових порід обумовлений складним рельєфом дна палеобасейнів, утвореного магматичними і метаморфічними породами докембрійського фундаменту. Збільшення потужності кори вивітрювання в зоні впливу Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому призвело до утворення лінійних зон з покладами багатих залізних руд в оторочці гематитових кварцитів. Вище за розрізом вплив даного чинника нівелюється, але залишається помітним за результатами 3D-моделювання.

У розділі 5 *«Літолого-технологічні випробування та напрями використання розкритих осадових порід»* представлені результати технологічних випробувань, а також обґрунтування можливості комплексного використання розкритих осадових порід, що складуються у відвали в межах Кресівської, Глеюватської та Павлівської ділянок.

Визначено, що для промислового використання осадових порід корінного залягання та закладованих у відвалах гірничих підприємств, найбільш ефективною є технологія комплексного гравітаційно-магнітного збагачення пухкої сировини у вихровому повітряно-мінеральному потоці, запропонована співробітниками Національної академії наук України (Чугунов Ю.Д., Іванченко В.В., 2013). 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, автором були побудовані та опробовані літолого-технологічні схеми для комплексної переробки розкритих осадових порід центральної частини Криворізького басейну. Робота виконувалась за двома напрямками: кора вивітрювання гранітоїдів і комплекс осадових порід; кора вивітрювання порід залізисто-кременистої формації.

З використанням технологічних схем з розкритих порід Кресівської, Глеюватської та Павлівської ділянок Криворізького басейну були отримані наступні продукти і концентрати: каолінітовий, кварцовий (крупнозернистий та тонкозернистий), цирконовий, гетит-гематитовий, клінкерна сировина, вохра (рис. 6).

Каолінітовий продукт (рис. 6 а). Мінеральний склад: каолінит - 98%, маршаліт - 1%, гетит - 0,5%, мусковіт - 0,5%. Він може бути придатний для виробництва порцеляново-фаянсових, побутових і технічних виробів, вогнетривів, у якості білого пігменту (в обпеченому вигляді) при приготуванні клейових фарб, гумо-технічних виробів, пластмас та ін. У хімічній промисловості - для отримання сірчанокислового алюмінію, глинозему, ультрамарину, каталізаторів ряду хімічних

процесів (крекінгу вуглеводнів тощо), а також як наповнювач добрив та інсектицидів.

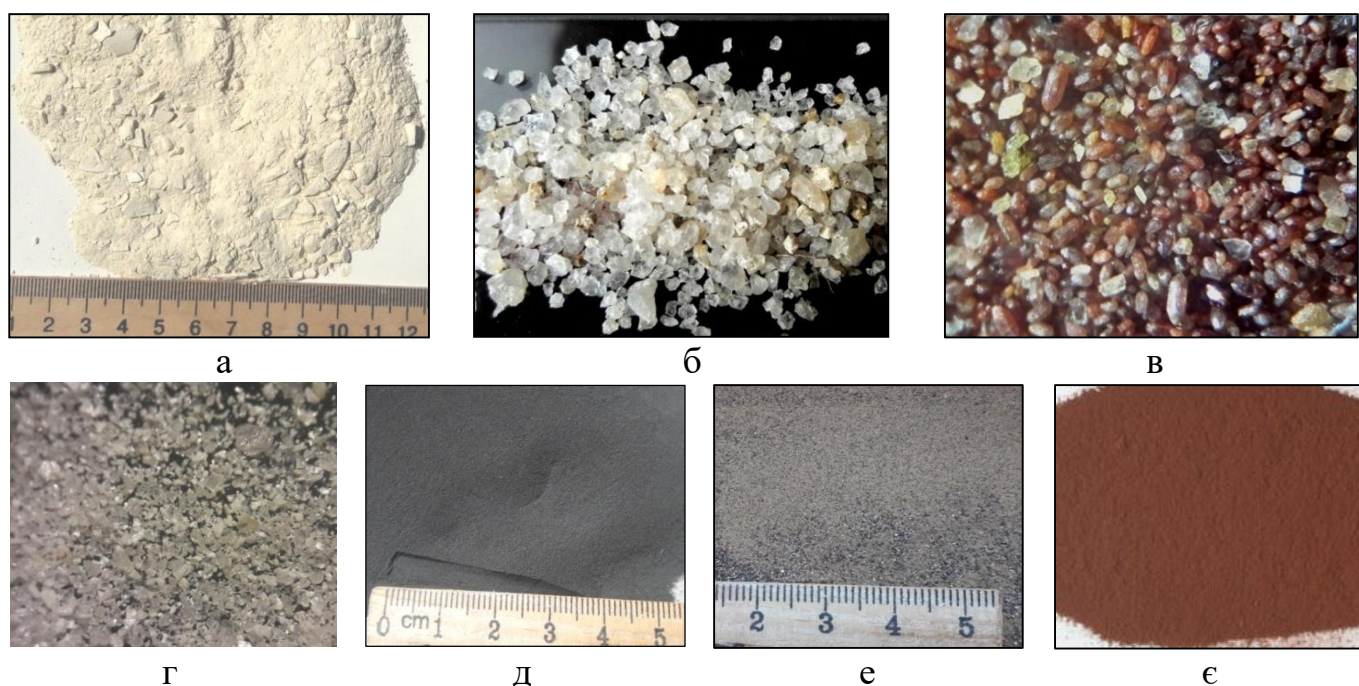


Рис. 6. Продукти збагачення розкривних осадових порід Павлівської, Глеюватської та Кресівської ділянок: а – каолін, б – крупнозернистий кварцовий пісок; в – концентрат циркону з незначними домішками ільменіту, епідоту та рутилу; г – тонкозернистий кварцовий продукт, д – гетит-гематитовий концентрат, е – клінкерна сировина, є - вохра. в, г – бінокуляр. Збільшення: б – $5^{\times}$; в – $20^{\times}$; г – $40^{\times}$. Автор фото: Стеценко А. І.

Кварцовий продукт крупнозернистий (розмір часточок від 1 до 3 мм) (рис. 6 б). Мінеральний склад: кварц - 96%, каолініт, гетит, кальцит, плагіоклаз – по 1%. Продукт може використовуватись у будівництві, у виготовленні меблів, створенні фільтрів для басейнів, у ландшафтному дизайні, при виробництві асфальту, цегли, бетонних блоків тощо.

Цирконовий концентрат (рис. 6 в). Мінеральний склад: циркон – 95%, епідот, рутил - по 2%, ільменіт – 1%. Може використовуватись у 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.

Кварцовий продукт тонкозернистий (розмір часточок від 0,05 до 0,1 мм (рис. 6 г). Мінеральний склад: кварц – 97,5%, каолінізований мусковіт, каолініт - до 1%, лімоніт – 0,5%. Може застосовуватись у різних видах виробництв як наповнювач гум (особливо електроізоляційних) і пластмас; у скляній промисловості - для варіння незабарвленого скла; в якості матеріала чи фарби для ливарних форм; замість кварцу при виготовленні порцеляни та фаянсу; у 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; у якості наповнювача спеціальних сортів паперу, фарб, клею тощо.

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

Клінкерна сировина (рис. 6 е). Мінеральний склад: мусковіт, гетит, кальцит, біотит, магнетит, гематит, епідот, піроксени, турмалін. Розмір часток менше 0,25 мм. Може використовуватись для виробництва газ-бетону та шлакоблоків, цементу.

Вохра (рис. 6 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.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведено детальне вивчення літології та мінерального складу осадових порід центральної частини Криворізького залізрудного басейну та досліджено можливості їх комплексного використання для потреб різноманітних галузей виробництва.

Основні результати проведених досліджень можуть бути сформульовані в наступному вигляді:

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, що обумовлено специфікою процесів седиментогенезу на вивченій території. У 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 у 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 доповнюють 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. У 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. У 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 у різноманітних породних і мінералогічних асоціаціях.

4. Розроблено і випробувано літолого-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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях України, у наукових періодичних виданнях інших держав та у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз.

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., Коржнєв 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.

АНОТАЦІЯ

Стеценко А.І. Літологічна характеристика та перспективи комплексного використання розкривних 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. – Інститут геологічних наук НАН України. – Київ, 2021.

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

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

На основі результатів спектрального аналізу осадових порід встановлено закономірний характер розподілу у їх розрізі важких (чорних, кольорових і благородних) металів і рідкоземельних 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 природно-техногенні 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 розкривних 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.

АННОТАЦИЯ

Стеценко А.И. Литологическая характеристика и перспективы комплексного использования вскрышных пород осадочного чехла в пределах Крэсовского, Павловского и Глееватского участков Криворожского бассейна. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.21 – литология. – Институт геологических наук НАН Украины. – Киев, 2021.

Диссертационная работа посвящена исследованию литологических особенностей и минералогического обоснования комплексного использования осадочных пород центральной части Кривого Рога.

Автором исследованы особенности геологического строения и вещественного состава палеозой-кайнозойских отложений в центральной части Криворожского железорудного бассейна, их происхождение и направления комплексного использования. Получены новые данные по минеральному составу осадочных пород в естественном залегании и заскладированных в отвалы. Построены геолого-литологические разрезы, стратиграфические колонки района, выполнена корреляция разрезов осадочных пород между месторождениями. Установлена зависимость мощности и состава осадочных пород от характера рельефа докембрийского фундамента.

На основе результатов спектрального анализа осадочных пород установлен закономерный характер распределения в их разрезе тяжелых (черных, цветных и благородных) металлов и редкоземельных элементов, обусловленный спецификой процессов седиментогенеза на изученной территории. В пределах осадочного чехла выделены четыре разновозрастные литолого-геохимические зоны: I - палеозой-кайнозойская кора выветривания с накоплением Pb, La, Zr, Y, Yb, Sc; II-палеоген-неогеновые морские пески с концентрацией Р (Павловский и Крэсовский участки), Cu, Pb, Mn, V, Zr, Ga, Yb, Bi, Mo (Глееватский участок) III- отложения четвертичного периода с золото-серебряной металлогенической специализацией, IV – современные отложения (травертины).

Впервые в центральном Криворожье найдены и описаны минеральные новообразования травертины природно-техногенного происхождения. Установлено, что образование современных отложений связано непосредственно с деятельностью

хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов, а именно с выходом технических вод прудов-накопителей на поверхность.

Анализ объемной модели распределения осадочных слоев палеоген-четвертичного возрастного диапазона свидетельствует о решающем влиянии геологического строения докембрийского кристаллического фундамента, тектонических разломов, активных с докембрия и до современного геологического периода. Установлены закономерности распределения осадочных пород могут быть использованы при построении комплексных геолого-геохимических моделей и различных тектонических и геодинамических схем, а также при решении практических задач геологии и поисков полезных ископаемых.

Результаты литолого-технологических исследований пород осадочного комплекса свидетельствуют о возможности рентабельного обогащения и комплексного использования пород неогена и коры выветривания докембрийских гранитов и песков с производством каолинитового, кварцевого, цирконового и других концентратов и продуктов.

Ключевые слова: осадочные породы, Криворожский бассейн, докембрийские граниты и мигматиты, кора выветривания, неогеновые отложения, минеральный состав, геологическая среда, травертины, хвостохранилище, комплексное использование.

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. – The 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 material 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 siege 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.