

ГЕОЛОГІЧНІ НАУКИ

УДК 550.84.09

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.143613

ОРЕОЛЬНІ ВОДИ РТУТНИХ РУДНИХ ПОЛІВ ДОНБАСУ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ЕВОЛЮЦІЇ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Л. В. Іщенко

Розглянуто фактори та процеси формування ореольних вод гідротермальних рудних полів Донбасу як результат еволюції гідротермальних систем на постгідротермальному етапі їхнього розвитку.

Встановлено, що ці води утворюються на ділянках активного тепломасоперенесення по зонах розломів. Визначено, що у формуванні ореольних вод гідротермальних родовищ приймають участь інфільтраційні води зони вільного водообміну, напірні води глибоких горизонтів та ендегенні флюїди

Ключові слова: *ореольні води, флюїди, гідротермальна система, рудне поле, рудна мінералізація, гідрогеохімічні асоціації*

1. Вступ

Ореольні води – природні води, що формуються у зонах рудної мінералізації у породах і характеризується аномально-підвищеними концентраціями хімічних елементів та сполук, що входять до складу рудних мінералів. Ці води представлені асоціаціями елементів-індикаторів певних типів зруденіння серед яких виділяються основні і супутні.

Ореольні води різко відрізняються від фонових вод, що широко розповсюджені поза зоною дії як рудних тіл, так і рудної мінералізації (первинних і вторинних літогеохімічних ореолів розсіювання). Вони формуються внаслідок конвективно-дифузійного тепломасоперенесення речовини підземними водами за наявності постійного джерела переходу у розчин хімічних елементів.

2. Літературний огляд

В основі досліджень ореольних вод гідротермальних рудних родовищ лежить визначення гідрогеохімічних ореолів родовищ. Теоретичні та методологічні основи для їх вивчення належать як українськими так і зарубіжними дослідниками.

В кінці 1960-х роках гідрогеохімічний метод пошуку корисних копалин набув широкого розвитку. Його ефективність була пов'язана з успішним використанням хімічного складу підземних вод для виявлення родовищ корисних копалин. Це, великою мірою, стосувалося і глибокозалегаючого зруденіння у різних за будовою геологічних регіонах на різних континентах – Північній Америці, Європі, Азії, Африці.

У США вивчення основ формування ореольних вод для оптимізації геохімічних методів пошуку мінеральних родовищ розпочалося з розробки теорії геохімічних методів пошуку та їх практичного застосування при пошуках рудних родовищ [1, 2].

Серед радянських (російських) дослідників ореольних вод було декілька напрямків і шкіл, які досліджували гідрогеохімічні особливості підземних вод при геохімічних пошуках рудних родовищ [3]. При вивченні гідрогеохімічних ореолів розсіювання було виявлено найбільш типові асоціації елементів-індикаторів, які є характерними для ореольних вод родовищ рудних корисних копалин [4, 5], визначено концентрації хімічних елементів (кларки) та форми їх міграції у підземних водах, досліджено фактори та причини формування гідрогеохімічної зональності [6].

В Україні найбільший внесок у вирішення проблеми формування ореольних вод рудних родовищ зроблено у напрямку застосування гідрогеохімічного методу пошуку захищеного зруденіння у Донбасі та Дніпровсько-Донецькій западині. У процесі проведення цих робіт було сформульовано основні принципи утворення гідрогеохімічних аномалій та методу гідрогеохімічних пошуків різних типів захищеного зруденіння [7], виявлено закономірності формування та поширення водних ореолів розсіювання ртутних та поліметалічних родовищ та участь підземних вод у формуванні та руйнуванні родовищ корисних копалин [7].

У всіх цих роботах формування ореольних вод розглядалося в основному як процес вилуження та

розчинення речовини рудних мінералів водами активного водообміну. автором на основі теорії формування гідрогеохімічних аномалій [8] запропоновано модель утворення водних ореолів розсіювання на ділянках активного поліхронного тепломасоперенесення як результати дії ендегенних (води глибоких горизонтів, тепловий потік та ендегенні флюїди) та екзогенних (вадозні води) факторів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної статті є дослідження гідрогеохімічних аномалій основних ртутних рудних полів північно-західної та центральної частин Донбасу та визначення ореольних вод, що формуються навколо рудних тіл.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Визначення гідрогеохімічних особливостей Микитівського, Дружківсько-Костянтинівського та Слов'янського рудних полів.

2. Визначення ділянок з аномально-підвищеними концентраціями хімічних елементів ртутного та поліметалічного зруденіння.

3. Дослідження формування ореольних вод у системі «рудне тіло-вода».

4. Формування ореольних рудних полів Донбасу

Ореольні води – результат природних геологічних процесів у геохімічній системі «рудне тіло-вода». Утворення їх пов'язане з порушенням фізико-хімічних рівноваг у цій системі внаслідок впливу різних геологічних процесів включно з тектонічними рухами. Це, насамперед, стосується новітніх і сучасних проявів тектоніки, що має місце в межах гідротермальних ртутних рудних полів Донбасу у породах Горлівської (Головної), Дружківсько-Костянтинівської та Слов'янської антиклінальних структурах. Гідротермальне зруденіння в них сформувалися у поліхронних осередках тепломасоперенесення, що приурочені до флюїдодинамічно відкритих ділянок зон глибинних розломів, з якими і пов'язане утворення цих складчастих структур. Ртутна бітумо-гідротермальна мінералізація тут пов'язана з ларамійською фазою альпійського тектогенезу [9, 10].

Оскільки тектонічна активізація на цих та інших рудоносних антиклінальних структурах регіону відбувається і в сучасну пору, що проявляється у їх здійсненні до 5–10 мм/рік [11, 12], то на думку автора цей процес можна розглядати як «постгідротермальний етап» розвитку гідротермальних систем [13]. Такий концептуальний підхід і дозволяє вивчати формування ореольних вод на ртутоносних антиклінальних структурах регіону як наслідки їх флюїдодинамічної еволюції.

Проявом постгідротермальної еволюції гідротермальних систем у межах Микитівського, Дружківсько-Костянтинівського та Слов'янського рудних полів є не лише сучасна тектонічна активність контролюючих їх розломів. У їх межах встановлено високу напруженість геотермального поля, вільне виділення газових струменів з парою ртуті, воднем, гелієм, метаном, азотом, двооксидом вуглецю, інертними

газами, що характеризуються високим напором вод глибоких горизонтів та утворюють контрастні гідрогеохімічні аномалії, що безумовно пов'язано із сучасними процесами тепломасоперенесення [14, 15], які також відіграють важливу роль у формуванні ореольних вод. Останні мають не лише аномальні мінералізацію та геохімічний тип (високомінералізовані (≥ 30 г/дм³) хлоридні натрієві або хлоридно-сульфатні натрієві води), а й специфічний мікроелементний склад. Серед основних мікроелементів, що утворюють висококонтрастні гідрогеохімічні ореоли тут, з одного боку, присутні ртуть, арсен, цинк, свинець, стибій та інші є продуктами процесів вилуження їх підземними водами з основних гідротермальних рудних мінералів, а з іншого боку – літій, рубідій, цезій, бор, пара ртуті (Hg⁺) тощо, що притаманні ділянкам конвенції глибинних флюїдів то зонах активних розломів [15, 16]. Все це вказує на особливу специфіку формування ореольних вод регіону наслідок поєднання процесів ендегенного тепломасоперенесення (з глибинних горизонтів земної кори та мантиї) та конвективно-дифузійних обмінних процесів у системі «рудне тіло-вода» у межах розповсюдження рудної мінералізації у породах і графічно представлено на флюїдодинамічній моделі цього процесу (рис. 1).

У межах окремих ртутних родовищ Микитівського рудного поля (Чорнобугорське, Напівкупол Новий, Чернокурганське, Новозаводське, Микитівське, Софіївське та інші), що приурочені до Головної (Горлівської) антиклінали. На цій ділянці спостерігається порушення гідрогеохімічної зональності на фоні низькомінералізованих нейтральних або слабколуужних гідрокарбонатно-натрієвих або слабколуужних гідрокарбонатно-сульфатних та сульфатних (кальцієвих, магнієвих) вод з мінералізацією 2,0–4,0 г/дм³ з'являються лужні (рН 7,8–9,0) гідрокарбонатні натрієві або гідрокарбонатно-сульфатно натрієві (кальцієві) низькомінералізовані (М 0,5–1,7) або хлоридні натрієві високомінералізовані (М 5,0–16,0 г/дм³) напірні води. Напірний характер аномальних за хімічним складом вод проявляється не лише по свердловинах, а й по джерелах, що знаходяться на вододілах з високим гіпсометричними позначками [14, 16].

В ореольних водах Микитівського рудного поля встановлено аномалії різних мікроелементів максимальні концентрації яких складають (мг/дм³): ртуть (0,02–0,05), стибій (0,015), арсен (0,02–0,05), бор (1,2–9,0), цинк (0,25), свинець (1,5), фтор (1,8–2,5), бром (5,9–16,1), літій (0,18–0,75), рубідій (0,06–0,08). Усі вони набагато перевищують значення їхнього геохімічного фону. Серед газів відмічено високі концентрації (мг/дм³): двооксиду вуглецю (до 200,0–300,0), гелію (до 0,01), водню (до 0,3) та деяких інших.

Ореольні води Дружківсько-Костянтинівського рудного поля належать, в основному, до гідрокарбонатно-натрієвого і хлоридного натрієвого геохімічних типів, що відрізняються високою лужністю (рН 7,8–9,2). Мінералізація гідрокарбонатних натрієвих вод є невисокою (до 1,5–2,0 г/дм³), а хлоридних натрієвих від 5,0 до 10,0 г/дм³. У цих водах встановлено аномально-підвищені вмісти (мг/дм³): ртуті (0,01–0,05), свинцю (1,5–1,8), цинку (0,03–0,08), бору (3,1–10,0), літію (0,18–0,75), рубідію (0,06–0,08),

фтору (до 9,0), бромю (2,8–4,5), барію (3,5–7,6), кобальту (0,03), а також арсену та стибію (0,01) у межах чутливості аналізу [13, 17]. В ореольних водах ртутних рудопояв Дружківсько–Костянтинівської антикліналі (Костянтинівське, Куртовське та Суровське), яка під сучасну пору здійснюється зі швидкістю приблизно 10 мм/рік [12], флюїдодинамічний режим формування ореольних вод є найінтенсивнішим. У свердловинах, що розкрили зруденіння довгі роки

спостерігаються та й продовжується фонтанування вод аномального (гідрокарбонатного натрієвого та хлоридного натрієвого) складу, а також викиди газових струменів з дуже високими концентраціями CO_2 (200–480 мг/дм³), метану, азоту, водню та гелію. Вміст останнього перевищує у 100 разів свої концентрації в атмосфері. У складі газових струменів встановлено присутність ртуті у форму пари (до $n \times 10^{-6}$ г/дм³) [17, 18].

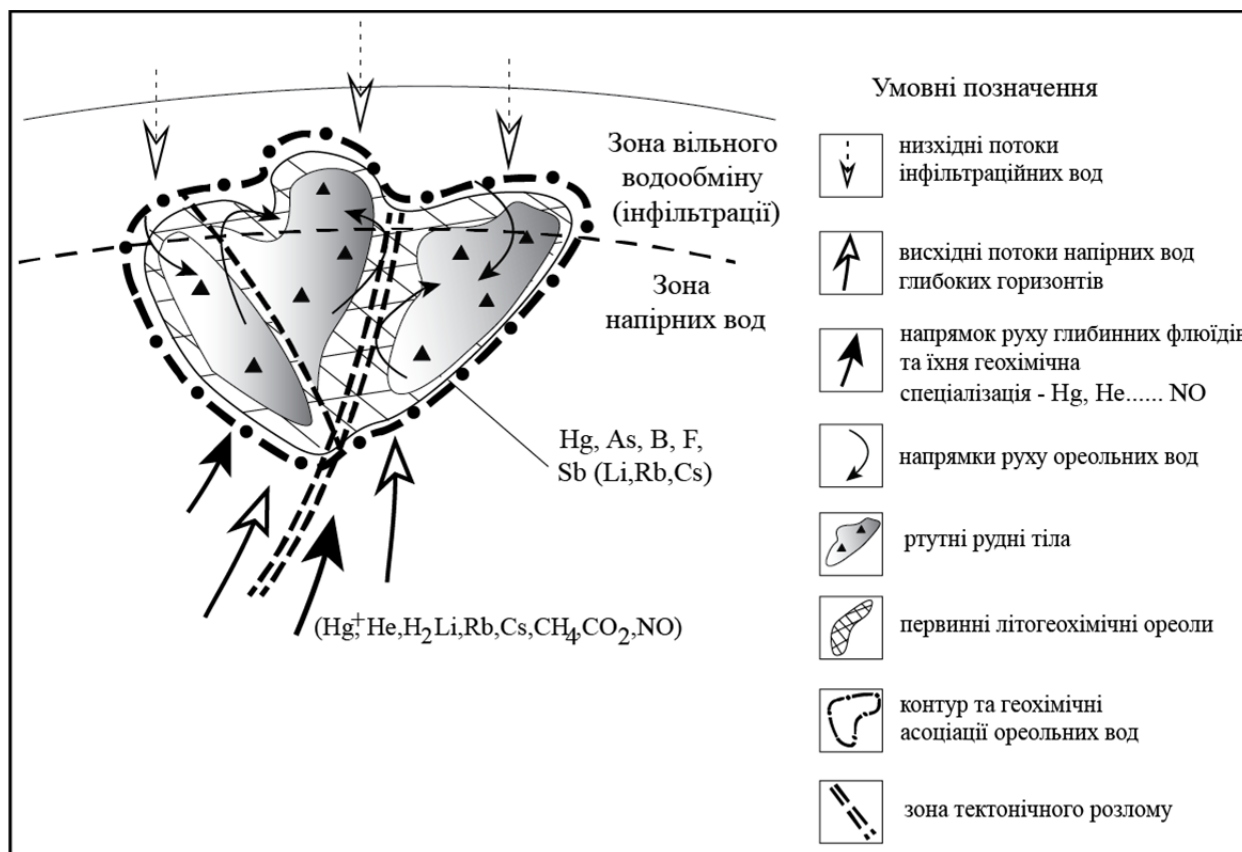


Рис. 1. Модель формування ореольних вод ртутних родовищ Донбасу

Ореольні води Слов'янського ртутно-поліметалічного рудного поля розміщуються у породах верхньо-палеозойських відкладів в межах однойменної антикліналі. Структура контролюється Корупольсько-Дронівським розломом. Ореольні води за хімічним складом, переважно, сульфатно-гідрокарбонатні (кальцієві, магнієві, натрієві), сульфатно-хлоридні (натрієві, кальцієві) та хлоридно натрієві з мінералізацією від 2,0 до 5,0 г/дм³ та характерною величиною рН від 6,8 до 7,8. Інколи у свердловинах зустрічається розвантаження прісних (M 0,4–1,5 г/дм³), лужних (рН 7,6–8,0) гідрокарбонатних натрієвих вод. А на ділянках неглибокого залягання ртутної і, особливо, поліметалічної гідротермальної рудної мінералізації часто формуються сульфатні (Ca, Mg, Na) води, які притаманні їхнім зонам опріснення [13]. Мінералізація їх знаходиться у межах 2,0–7,0 г/дм³, а величина рН (6,4–6,7) вказує на слабкокислої реакцію. Хлоридні, хлоридно-сульфатні та гідрокарбонатні натрієві води у палеозойських відкладах мають високі напори. В них встановлено аномально-високі концентрації (г/дм³): ртуті (0,02–0,05), свинцю (до 0,25), цинку (0,1–1,2), бору (0,6–9,0), фтору (2,4–5,6), бромю

(11,3–13,7), барію (0,3–0,5), кобальту, арсену (0,004–0,006) [16, 19].

Кореляційні зв'язки хімічних елементів в ореольних водах описаних рудних полів дозволили дослідникам неодноразово вказувати на можливість виділення за цією ознакою пошукові гідрогеохімічні асоціації елементів-індикаторів гідротермального ртутного зруденіння (Hg, As, B, F, Sb) [14, 16]. За нашими спостереженнями ртутну гідротермальну рудну мінералізацію в породах характеризує також наявність у підземних водах підвищених, у порівнянні з фоновими, концентраціями рідкісних елементів – Li, Rb, Cs [13].

У процесі дослідження виникло питання щодо різних геохімічних типів ореольних вод регіону – сульфатних, хлоридних натрієвих та гідрокарбонатно-натрієвих. Якщо сульфатні води приповерхневої частини гідрогеологічного розрізу формуються переважно за рахунок процесів окислення сульфідних мінералів (піриту, кіновар, галені, сфалерит та ін.) [4, 6], то в зоні напірних вод підземні води такого складу цілком можуть бути наслідком радіолізу [20].

Напірні хлоридні натрієві води та розсоли притаманні глибоким частинам геолого-гідрогеологічного розрізу [8, 21]. Проте, оскільки Слов'янська брахіантикліналь ускладнена верхньопалеозойським соляним штоком (P₁sl), що прориває структуру до поверхні, на цій структурі. У формуванні ореольних вод можуть приймати участь і безнапірні води вилуговування нижньопермської галогенної формації. Окремо стоїть питання про походження прісних (іноді ультрапрісних) вод гідрокарбонатного натрієвого складу [22, 23]. Осередки їх висхідного розвантаження зустрічаються на тектонічно активізованих ділянках розломів.

Найвірогіднішим фактором формування гідрокарбонатних натрієвих вод на глибинах до 1 км і більше є ефект «скипання» висхідного потоку гарячих (до 100–150 °С) хлоридних натрієвих вод. Це відбувається за рахунок висхідного турбулентного руху «колонии» термальних хлоридних натрієвих високомінералізованих розчинів у разі попадання у зону розуцільнення гірських порід. Різке падіння тиску викликає миттєве скипання розчину, і як наслідок, падіння температури, що супроводжується дегазацією хлору, десульфатизацією розчину та випадіння з розчину в осад солей кальцію та магнію. Це, у свою чергу, призводить до значного зменшення мінералізації водного розчину. В результаті утворюються опріснені гідрокарбонатні (хлоридні) натрієві води з мінералізацією 0,1–2,0 г/дм³, структурні лінзи яких пристні на різних глибинах гідрогеологічного розрізу [9].

Серед ендегенних складових що приймають участь у формуванні водних ореолів розсіювання

окрім інертних газів (He, Ar, Kr), водню, пари ртуті, важливу роль відіграє такою глибокий двооксид вуглецю та нерганічні вуглеводні із суттєвим вмістом $\delta^{13}\text{C}$, а також ендегенна сірка $\delta^{34}\text{S}$ [19, 24]. Це на думку автора, суттєво доповнює флюїдодинамічну модель формування ореольних вод у межах гідротермальних рудних полів регіону.

5. Результати дослідження

Основним результатом дослідження є побудова флюїдодинамічної моделі формування ореольних вод гідротермальних рудних полів Донбасу на стадії постгідротермального етапу розвитку гідротермальних систем у складчастих регіонах. Показано, що у їх формуванні приймають участь інфільтраційні безнапірні води зони активного водообміну, напірні води глибоких горизонтів та ендегенні флюїди, що розвантажуються по розломах на ділянках активного тепломасоперенесення.

6. Висновки

1. Проаналізовано фактори та процеси формування гідрогеохімічних ореолів розсіювання ртутних рудних полів Донбасу.

2. Побудовано графічну модель формування ореольних вод гідротермальних ртутних рудних родовищ.

3. Встановлено, що ореольні води ртутних родовищ на постгідротермальному етапі розвитку гідротермальних систем формуються за рахунок як інфільтраційних вод, так і вод глибоких горизонтів та ендегенних флюїдів, висхідне розвантаження яких відбувається по зонах глибоких розломів.

Література

1. Хокс Х. Е., Уебб Д. С. Геохимические методы поисков минеральных месторождений. Москва, 1964. 482 с.
2. Henley R. W., Ellis A. J. Geothermal systems ancient and modern: a geochemical review // *Earth-Science Reviews*. 1983. Vol. 19, Issue 1. P. 1–50. doi: [http://doi.org/10.1016/0012-8252\(83\)90075-2](http://doi.org/10.1016/0012-8252(83)90075-2)
3. Сауков А. А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Москва: Издательство МГУ, 1963. 248 с.
4. Голева Г. А. Гидрогеохимический метод поисков рудных месторождений. Москва: Недра, 1965. 285 с.
5. Голева Г. А. Геохимия водных ореолов рассеяния месторождений ртути и формы ее миграции в подземных водах // *Вопросы прикладной геохимии*. Москва, 1971. С. 113–126.
6. Крайнов С. Р., Швец В. М. Основы геохимии подземных вод. Москва: Недра, 1980. 285 с.
7. Суярко В. Г. Гидрогеохимические особенности и поисковые критерии ртутных месторождений Донбасса // *Геологический журнал*. 1981. Т. 41, № 2. С. 147–149.
8. Суярко В. Г., Істомін О. М. До питання про формування гідрокарбонатно-натрієвих вод у глибоких горизонтах палеозою // *ДАН України*. 2005. № 2. С. 114–116.
9. Никольский И. Л. Ртутные месторождения Донбасса // *Геология и геохимия рудопроявлений Донбасса и северного склона Украинского щита*. Киев, 1979. С. 5–15.
10. Суярко В. Г., Клитченко М. А. О возрасте ртутного оруденения Никитовского рудного поля // *Условия локализации сурьмяно-ртутного и флюоритового оруденения в рудных полях*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 72–74.
11. Белоконов В. Г. Неотектонические движения в Донбассе и их связь со структурными элементами // *Материалы по геологии Донецкого бассейна*. Москва: Недра, 1968. С. 11–15.
12. Филькин В. А. Опыт составления карт современных движений земной коры по территории Донбасса // *Современные движения земной коры*. Киев: Наукова думка, 1968. С. 216–221.
13. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена. Харьков: изд. ХНУ им. В. Н. Каразина, 2006. 296 с.
14. Суярко В. Г. Методические рекомендации по применению гидрогеохимического метода поисков скрытого оруденения в Донбассе и Днепровско-Донецкой впадине. Симферополь: Изд-во ИМП МГ УССР, 1985. 92 с.
15. Suyarko V. G., Ishchenko L. V., Gavrilyuk O. V. Fluid regime and ore water of bitumo-hydrothermal mineral associations in the conditions of Western Donetsk Graben. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology*. 2018. Issue 48. P. 113–123. doi: <http://doi.org/10.26565/2410-7360-2018-48-09>
16. Суярко В. Г., Іщенко Л. В., Сердюкова О. О. Геохімічні особливості ореольних вод основних типів гідротермального зруденіння Донецької складчастої споруди // *Пошукова та екологічна геохімія*. 2017. № 1. С. 44–51.

17. О составе и природе свободных газовыделений (газовых струй) ртутных рудопроявлений Дружковско-Константиновской антиклинали / Кирикилица С. И. и др. // Геологический журнал. 1972. Т. 32, № 2. С. 92–97.
18. Безрук К. О., Лисиченко Г. В., Суярко В. Г. Геохімія ртуті у підземних водах геологічних структур Донецької складчастої структури. Київ: НАН України, 2013. 130 с.
19. Панов Б. С., Корчемагин И. М., Пилот В. А. Новые данные об изотопах серы сульфидов Донбасса // ДАН УССР. 1973. № 1. С. 29–31.
20. Вовк Н. Ф. Радиолиз подземных вод и его геохимическая роль. Москва: Недра, 1979. 231 с.
21. Пиннекер Е. В. Проблемы региональной гидрогеологии. Закономерности распространения и формирования подземных вод. Москва: Наука, 1977. 196 с.
22. Колодий В. В. Подземные конденсационные и солюционные воды нефтяных, газоконденсатных и газовых месторождений. Киев: Наукова думка, 1975. 122 с.
23. Терещенко В. А. Гидрогеологические условия газонакопления в Днепровско-Донецкой впадине. Харьков: ХНУ, 2015. 244 с.
24. Панов Б. С., Корчемагин И. М., Пилот В. А. Изотопный состав кислорода и углерода карбонатов Донбасса // ДАН УССР. 1974. № 3. С. 226–234.

*Рекомендовано до публікації д-р геолого-мінералогічних наук, професор Суярко В. Г.
Дата надходження рукопису 17.07.2018*

Іщенко Лілія Володимирівна, аспірант, кафедра мінералогії, петрографії та корисних копалин, Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, Україна, 61022
E-mail: lvishchenko23@gmail.com