

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертацію і автореферат кандидатської дисертації на тему:
«Геохімія ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля»
за спеціальністю 04.00.02 – геохімія

Панаїт Еліни Вікторівни
(науковий керівник – Крюченко Н.О., доктор геол. наук)

Оскільки ртуть є одним з найбільш поширених та токсичних забруднювачів, встановлення геохімічних закономірностей її розподілу в об'єктах довкілля необхідне для оцінки та прогнозування екологічного стану забруднених територій.

Метою роботи було визначення геохімічних особливостей розподілу ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля (на прикладі гірничо-промислових районів Микитівського рудного поля – МРП, заводу «Радикал» та міських агломерацій України). Для досягнення мети були кваліфіковано поставлені завдання дослідження, в результаті виконання яких автором було визначено статистичні характеристики розподілу ртуті в об'єктах довкілля, розраховано еколого-геохімічні показники ступеня забруднення, визначено закономірності її просторового розподілу та проведено геохімічний моніторинг ґрунтів, донних відкладів, природних вод, що дало можливість оцінити зміни цих показників з часом.

Дисертація загальним обсягом 168 сторінок складається зі вступу, 5 розділів, висновків та списку використаних джерел з 169 найменувань, містить 79 рисунків та 48 таблиць.

За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, з них: 5 статей у фахових виданнях України, 2 статті у науковому журналі та 4 тези у матеріалах доповідей конференцій. Праці відображають наукову новизну та висновки дисертаційної роботи.

Тема дисертаційної роботи узгоджується з виконанням за участі автора бюджетних тем: "Геохімічні критерії виділення зон екологічного ризику території України", "Розробка геохімічних критеріїв пошуків золота в корах вивітрювання кристалічного фундаменту Українського щита (Брусилівська шовна зона і

прилеглі території)", "Геохімічні особливості рудних і техногенних аномалій в умовах Українських Карпат (на прикладі Карпатського біосферного заповідника)".

Загальна характеристика роботи.

У *першому розділі* автором надана оглядова інформація щодо проведених попередніх досліджень пошукової та екогеохімії ртуті, її фізичних властивостей та розподілу в об'єктах довкілля. Зазначено, що в природі ртуть знаходиться у розсіяному вигляді; наведені дані про родовища ртуті, схема їхнього розташування в світі, перелік мінералів та дані про вміст у них ртуті. Відзначено, що основний внесок у забруднення навколишнього середовища вносять природні джерела ртуті. Показана також роль техногенного впливу на довкілля підприємств, які у технологічному процесі використовують ртуть та сприяють глобалізації ртутного забруднення. Розглянуті медико-біологічні аспекти впливу ртуті на організм людини.

У *другому розділі* автором описано методику досліджень. Принциповим при проведенні польових робіт був відбір проб поверхневих та донних відкладів, природних вод, рослинності та підґрунтового повітря, що охоплює кругообіг ртуті у довкіллі. При аналітичних дослідженнях головну увагу приділено вмісту ртуті та інших елементів у об'єктах довкілля, завдяки чому встановлено їх фонові та аномальні значення та розраховано геохімічні критерії оцінки еколого-геохімічного стану територій дослідження. Для картографування даних автором опановано ГІС-технології.

У *третьому розділі* наведено аналіз геолого-геохімічних особливостей досліджених територій, представлена геологічна будова територій та ландшафтно-геохімічна характеристика. Вказано, що походження ртуті на території Микитівського рудного поля (МРП) пов'язано з періодом тектонічної активізації та надходженням її з мантиї по глибинних розломах і розсіюванням в породах вугленосної товщі. Зазначено, що в антиклінальних структурах (Горлівська антикліналь) геохімічний фон ртуті вищий, ніж в синклінальних. Приділена увага мінеральному складу родовищ МРП, вказано, що родовища відносять до кварц-дікітового типу з обмеженою кількістю рудних мінералів, головним з яких є

кіновар. Надано таблиці мінерального складу МРП та елементів-домішок у кіноварі. При аналізі ландшафтно-геохімічних умов відзначено переважання степових ландшафтів з переважаючим типом ґрунту – чорноземів. Надано фонові значення мікроелементів у ґрунтах та осадових відкладах та визначено елементи концентрування і розсіювання.

Територію м. Києва автором розглянуто, як приклад техногенного забруднення ртуттю об'єктів довкілля внаслідок аварії на заводі «Радикал». Зазначено, що ця територія не відноситься до жодної металогенічної провінції, в геологічному відношенні знаходиться у зоні двох регіональних структур північного-східного схилу УЩ та південного-західного борту ДДЗ. Надана ландшафтно-геохімічна характеристика, наведено фонові значення ртуті та інших елементів у ґрунтах та алювіальних відкладах лівобережної та правобережної частин міста та наведені ряди концентрування та розсіювання елементів.

Четвертий розділ дисертації найбільший за обсягом та найбільш насичений експериментальними даними. Розділ присвячений детальному аналізу забруднення поверхневих відкладів, підґрунтового повітря і рослинності ртуттю та іншими хімічними елементами та еколого-геохімічній оцінці стану об'єктів довкілля. В розділі наведені результати власних досліджень вмісту ртуті у поверхневих відкладах МРП, міст Вінниці, Житомира, Донецької області та заводу «Радикал» (м.Київ); у рослинності – завод «Радикал» та МРП; та в підґрунтовому повітрі (на прикладі м. Києва). Найбільш цікавими є результати власних експериментальних досліджень вмісту водорозчинних форм ртуті у ґрунтах поблизу промислового підприємства ВО «Жовтень» (м. Вінниця), заводу «Радикал» (м. Київ), МРП та фоновій ділянці (заповідник «Хомутівський степ»). Автором встановлено, що вміст легкорозчинних сполук ртуті в техногенно забруднених ґрунтах може досягати 80 %, у той час як у ґрунтах із ртуттю природного походження, де вона пов'язана з важкорозчинною сульфідною формою, вміст легкорозчинних форм не перевищує 30 %. Звідси висновок автора, що ртуть техногенного походження може вилучатися з ґрунту під дією водних розчинів, на відміну від ртуті природного походження, що міцно утримується мінеральною складовою ґрунту.

При аналізі поверхневих відкладів МРП основну увагу приділено моніторинговим дослідженням кар'єрів «Напівкупол Новий» та «Західне Замикання». Автором проаналізовано проби ґрунтів з двадцяти ділянок біля кар'єру «Західне Замикання» (власні дані), встановлено фонові та аномальні значення, розраховано коефіцієнти концентрації та надано характеристику еколого-геохімічного стану ґрунтів за інтегральними показниками забруднення – сумарним (СПЗ), комплексним (КПЗ) та показником потенційної екологічної небезпеки (ППЕН). За цими показниками встановлено дуже небезпечний рівень забруднення ґрунтів, визначено значиму кореляцію між ртуттю та арсеном. Порівнянням показників забруднення ґрунту за 2005, 2011 роки зафіксовано зменшення вмісту елементів першого класу небезпеки у верхньому шарі ґрунтів у 2–3 рази. Наведено карти ізоліній розподілу ртуті у ґрунтах МРП за якими визначено поля аномальної концентрації ртуті з вмістом ртуті 35–50 мг/кг, хоча на переважній частині території встановлені значення 2,5 мг/кг. Відмічено, що позитивна динаміка щодо очищення ґрунтів може бути пов'язана зі зменшенням промислового навантаження на територію з припиненням активного видобутку ртуті.

При аналізі забруднення ґрунтів міст Донецької області міста Горлівка, Маріуполь та Костянтинівка віднесені до категорії надзвичайно небезпечних (за сумарним, комплексним показниками (СПЗ, КПЗ) та показником потенційної екологічної небезпеки (ППЕН). Окрім ртуті, ґрунти надзвичайно забруднені Pb, Zn та Cr. За побудованими схемами розподілу цих елементів у ґрунтах Донецької обл. найбільш небезпечною визнано північно-західну частину.

Для порівняння із зоною впливу МРП автором виконано оцінку еколого-геохімічного стану ґрунтів міських агломерацій Вінниці та Житомира. Визначено, що тут аномалії ртуті мають локальний характер, а інтенсивність їх не перевищує 3 (відносно фонового вмісту – Кс), за виключенням ділянки навколо ВО «Жовтень» (м. Вінниця), де Кс ртуті – 100.

Аналізуючи забруднення ґрунтів території заводу «Радикал», автором проведено моніторингові дослідження їх стану за 1996, 1997, 2002 та 2013–2014 роки. Основна увага приділена розподілу хімічних елементів I та II груп небезпеки – Hg, Pb, Cu, Zn, за побудованими геохімічними рядами визначено

елементи розсіювання та концентрування у ґрунтах, встановлено, що у всіх випадках ртуть є елементом концентрування ($K_c \text{ Hg } 5\text{--}162$). Автором відібрано зразки на п'яти ділянках поблизу електролізного цеху, максимальне забруднення зафіксовано на ділянці, яка розташована в північно-західній частині досліджуваної площі, ґрунти ділянки віднесені до небезпечної категорії (за СПЗ). Вказано, що ртуть техногенного походження у вертикальному розрізі ґрунтів розподілена нерівномірно і не відповідає жодній природній асоціації. Зроблено висновок, що єдиним шляхом поліпшення екологічної ситуації є видалення та вивезення ґрунтового шару, на всю глибину проникнення ртуті.

Здобувачем вперше проведено дослідження комплексного забруднення підґрунтового повітря ртуттю і радоном на прикладі правобережжя м. Києва. Визначено фоновий та аномальний вміст елементів і встановлено, що у зонах тектонічних порушень вміст Hg у підґрунтовому повітрі значно перевищує фоновий, а ореоли ізоконцентрацій Hg ширші, ніж радону.

Здобувачем проведено біогеохімічні дослідження на території МРП та заводу «Радикал», де відібрано наземні частини рослин – пирію, молоді берези, пасльону чорного, череди та молоді тополі. Визначено середній вміст ртуті та інших хімічних елементів у золі рослин, розраховані коефіцієнти біологічного поглинання. Встановлено, що рослини, відібрані на території МРП, бар'єрно накопичують ртуть, тоді як паслін чорний, що росте на території заводу «Радикал», має безбар'єрне накопичення, що дало підставу здобувачу кваліфікувати його як ефективний індикатор забруднення.

У *п'ятому розділі* проведено еколого-геохімічну оцінку забруднення гідросфери за особливостями розподілу ртуті в донних відкладах та природних водах. Одним з об'єктів дослідження здобувача став струмок Пляховий, що протікає біля заводу «Радикал» та впадає в оз. Нижній Тельбін. Донні відклади струмка забруднені ртуттю та іншими ВМ внаслідок виробничої діяльності, а в подальшому і техногенної аварії на заводі «Радикал». Автором проведена класифікація забруднення донних відкладів ртуттю та важкими металами відносно ГДК, це дозволило встановити, що найбільш забрудненими є донні відклади на ділянці у нижній течії струмка, які відносяться до рівня, що потребує втручання (сильно забруднені). Порівнявши результати аналізів донних відкладів

струмка, відібраних автором у 2014 році, з даними, отриманими в попередні роки (1986, 1988 та 1989 рр.), автору вдалося встановити позитивну динаміку зменшення вмісту в них ртуті. Однак, зазначено, що і на сьогодні він перевищує фоновий у 10–100 разів. Позитивна динаміка зменшення забруднення донних відкладів стр. Пляховий показана, окрім ртуті, також для Pb та Cu за період 1997–2014 рр., що пояснюється автором зменшенням обсягів промислових викидів.

У поверхневих водах струмка Пляховий автором встановлена фонові та максимальна концентрація ртуті, надана санітарно-гігієнічна та еколого-геохімічна оцінка; побудовано геохімічні ряди, що дало змогу визначити ступінь забруднення вод. Встановлено, що струмок Пляховий, окрім ртуті (Кс Hg 150), найбільш забруднений Ni та Cr. На основі аналізів води п'яти створів (1990, 2014 рр.) розраховано індекс забрудненості вод (ІЗВ), визначено зменшення забруднення (ІЗВ нижньої течії струмка: 1990 р. – 3,42; 2014 – 2,85). Позитивна динаміка очищення вод пояснюється автором сорбцією ртуті донними відкладами.

За аналогічними критеріями надана еколого-геохімічна оцінка поверхневих вод річки Бахмут (м. Горлівка, Донецька обл.), максимальне значення ІЗВ – 3,06 зафіксовано у нижній течії річки, клас вод якої віднесено до категорії забруднені. Здобувачем наголошено, що поверхневі води дають інформацію про наявність забруднення на даний час, що вказує на необхідність проведення моніторингу вод щодо концентрацій Hg та інших елементів.

Підсумовуючи вищевикладене можна навести основні здобутки автора:

Вперше проведено моніторингові дослідження забруднення ртуттю природного і техногенного походження об'єктів довкілля (поверхневих і донних відкладів, поверхневих вод), що дало можливість прийти до висновку щодо їх очищення в результаті фізико-хімічних процесів та зменшення техногенного навантаження.

На підставі експериментальних досліджень встановлено, що при техногенному забрудненні вміст водорозчинних форм ртуті досягає 80%, а при природному – не перевищує 30 %.

Доведено, що концентрації ртуті і радону у підґрунтовому повітрі можуть бути використані в якості геохімічних індикаторів виявлення зон тектонічних порушень у м. Києві.

Встановлено, що паслін чорний має безбар'єрне накопичення ртуті і може бути ефективним індикатором забруднення.

Дисертація добре ілюстрована, наведено графіки та фотодокументи з місць опробування.

До зауважень слід віднести наступне:

Текст дисертації насичений скороченнями, більшість з яких позначають коефіцієнти та показники, наведені в розділі 2.3 *Розрахункові геохімічні критерії*. Було б доречно сформулювати окремий перелік скорочень, що вживаються в дисертації. Скорочення МРП (Микитівське рудне поле) неодноразово вживається у *Змісті*, що не бажано.

У розділі 4 на графіках залежності вмісту ртуті у ґрунтах від вмісту гумусу та рН (Рис. 4.1, стор. 59) вказані показники розміщені по осі ординат, а вміст ртуті – по осі абсцис. Було б логічно, навпаки, по осі абсцис розмістити концентрацію гумусу та рН, що характеризують властивості ґрунту. На рис. 4.5 (стор. 64) вісь абсцис не має позначення.

У підрозділі 4.1 при посиланні на результати кореляційного аналізу було б бажано навести таблиці, які б дали можливість порівняти кореляційні зв'язки ртуті з іншими елементами.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків.
Достовірність наукових положень і висновків сформульованих у дисертації забезпечується значним обсягом фактичного матеріалу та коректним використанням геохімічних параметрів, які дозволили надати еколого-геохімічну оцінку об'єктам довкілля щодо забруднення ртуттю. Практична значимість праці полягає у дослідженні відмінностей процесів розподілу ртуті природного і техногенного походження. Робота має теоретичне значення, так як показує розподіл ртуті та її асоціацій з іншими елементами в об'єктах довкілля, що стане основою подальшого вдосконалення системи геохімічного моніторингу та оцінки еколого-геохімічного стану території.

В цілому, говорячи про дисертаційну роботу необхідно відмітити, що наукові положення і висновки достатньо обґрунтовані, автореферат дисертації оформлений у відповідності до основних вимог. Зміст автореферату, виклад основних отриманих результатів є ідентичним до дисертації.

Підсумовуючи вищевикладене, необхідно відзначити, що дисертаційна робота Панаїт Еліни Вікторівни «Геохімія ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля» є самостійною завершеною працею, отримані результати стануть основою подальшого вдосконалення системи геохімічного моніторингу та оцінки еколого-геохімічного стану території. Тому, вважаю, що рівень дисертаційної роботи відповідає вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.02 – геохімія.

Провідний науковий співробітник відділу
геохімії техногенезу ДУ «Інститут геохімії
навколишнього середовища НАН України»,
канд. геол.-мін. наук

Кононенко Л.В.

Підпис засвідчую:

Учений секретар ДУ «Інститут геохімії
навколишнього середовища НАН України»,
канд. тех. наук



Бородіна Н.А.