

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

Ртуть – елемент першого класу небезпеки, який входить до групи найбільш активних забруднювачів об'єктів навколишнього середовища. Ртуть має високі міграційні властивості і може брати участь в процесах формування рудних, нафтогазових і вугільних родовищ завдяки ртутній дегазації Землі по зонах глибинних розломів. В результаті промислової діяльності великі території забруднені ртуттю. Актуальність даної роботи не викликає сумнівів у зв'язку з необхідністю проведення еколого-геохімічних досліджень забруднення ртуттю об'єктів навколишнього середовища при різному генезисі елемента.

Тема дисертаційної роботи збігається з виконання за участі автора тематичних робіт в інституті: "Геохімічні критерії виділення зон екологічного ризику території України", "Розробка геохімічних критеріїв пошуків золота в кора 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)".

Мета роботи полягала у визначенні геохімічних особливостей розподілу, міграції та концентрації ртуті природного, природно-техногенного і техногенного походження в об'єктах довкілля (на прикладі територій м. Києва, м. Житомира, м. Вінниці, міст Донецької області та МРП).

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: у 5-ти фахових виданнях України, з яких у 1-му науковому виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз, у 2 інших публікаціях за темою дисертації та у 4 матеріалах і тезах конференцій. Праці відображають наукову новизну та висновки дисертаційної роботи.

У першому розділі «**Стан проблеми**» автором відтворено історію відкриття ртуті починаючи з 1735 року, надана історія наукового напрямку та представлено роботи науковців, які присвятили свої дослідження геохімії ртуті, зокрема, А.І. Перельман, О.О. Сауков, В.І. Вернадський, І.М. Трахтенберг. Окремо надано інформацію щодо ртутиметрії при пошукових роботах та екогеохімії ртуті. Зазначено, що можливості ртутиметрії для пошукових робіт вперше представлено В.З. Фурсовим, де

розглянуто теоретичні аспекти міграції ртуті, як індикатора ртутних родовищ. Акцентовано увагу на комплексних екогеохімічних дослідженнях, які проводилися для визначення екологічної безпеки території – Ю.Є. Саєт, Б.С. Панов, В.Г. Суярко та інші.

У розділі надано інформацію щодо фізичних та хімічних властивостей ртуті та розподілу елементу в об'єктах довкілля. Представлено основні промислові типи родовищ ртуті, надано інформацію щодо родовищ і рудопроявів ртуті на території України.

Представлено головні джерела забруднення ртуттю об'єктів довкілля – природні та техногенні. Серед техногенних провідну роль відіграє згорання вугілля в ТЕЦ. В кінці розділу представлено медико-біологічні аспекти впливу ртуті на організм людини, в тому числі гострі та хронічні отруєння. Наголошено, що внаслідок поширення забруднення в навколишньому середовищі вплив ртуті на організм людини стає однією з важливих проблем сучасної цивілізації.

У другому розділі **«Методи досліджень»** автором приведено методику відбору проб при літо-, біо- і гідрогеохімічних дослідженнях; надано застосовані методи аналізу – ICP-MS, атомно-абсорбційний та інші. Надано геохімічні критерії за якими проведено розрахунок еколого-геохімічного стану території – коефіцієнт концентрації, коефіцієнт небезпеки, сумарний та комплексний показники забруднення та інші.

Обробка та інтерпретація одержаних аналітичних даних проводилася за допомогою програм – Excel, Statistica; при графічних побудовах застосовано ГІС технології MapInfo Professional, Surfer; для обробки графіки – AdobePhotoshop та AutoCAD.

У третьому розділі **«Геолого-геохімічні особливості досліджуваних територій»** автором розглянута геологічна та тектонічна будова територій дослідження – Микитівського рудного поля (МРП) та території м. Києва. Зазначено, що території знаходяться у різних тектонічних зонах – Дніпровсько-Донецькій западині та північно-західному схилі УЩ. Представлена інформація, що походження ртуті на території МРП пов'язана з періодом тектонічної активізації коли вона надходила по розломам і утворювала не тільки ртутні родовища, а й розсіювалася в породах вугленосної товщі. Представлена таблиця з зазначенням концентрації ртуті у вугіллі вуглепромислових районів Донбасу та розглянуто процеси рудоутворення, які призвели до збагачення ртуттю вугільних пластів. Наведено мінеральний склад родовищ МРП та наголошено, що руди представлені обмеженою кількістю рудних мінералів – кіновар, антимоніт, арсенопірит, пірит і марказит. Зважаючи на те, що кіновар займає провідну роль як промислово значущий мінерал надано інформацію щодо елементів-домішок у кіноварі. Висвітлено емпіричну закономірність: чим вища сірчистість вугілля, тим вищий в ньому вміст ртуті.

Приводячи ландшафтно-геохімічну характеристику МРП, наголошено, що територія належить до степової зони з переважанням чорноземних ґрунтів та надано фонові значення мікроелементів у чорноземах та осадових відкладах.

При аналізі території м. Києва надано його геологічна та тектонічна позиції та описано геологічний розріз. При ландшафтно-геохімічній характеристиці зазначено, що територія міста належить до лісостепової зони та зони мішаних лісів з переважанням дерново-підзолистих ґрунтів та чорноземів на правобережжі. Також представлено фонові значення мікроелементів у ґрунтах. Зважаючи на те, що предметом досліджень роботи на території м. Києва була територія колишнього заводу «Радикал», де на протязі 42 років в технологічному процесі використовувалася ртуть і внаслідок техногенної аварії вона потрапила у об'єкти довкілля автором наведено діаграми втрат ртуті на заводі та описано процеси її міграції.

Зазначено, що у дерново-підзолистих ґрунтах, де відбулося накопичення ртуті елемент не зв'язується гуміновими кислотами, потрапляючи в рослини, водне середовище та атмосферу, що являє собою небезпеку для оточуючого середовища.

У четвертому розділі **«Еколого-геохімічна оцінка забруднення поверхневих відкладів, рослинності та підґрунтового повітря ртуттю та іншими хімічними елементами»** автор наводить результати власних досліджень щодо розподілу ртуті та інших хімічних елементів у довкіллі. Багато уваги приділено поверхневим відкладам, які довгий час концентрують забруднення; процесам вилуговування ртуті з гумусового горизонту, що призводить до її перерозподілу. Наведено графіки залежності вмісту ртуті у ґрунтах з різним складом гумусової речовини та значень рН за якими встановлено кореляційний зв'язок ртуті та гумусової речовини та його відсутність з показником рН. Досліджуючи територію МРП автором наведено джерела забруднення грантів на території Донецького регіону та вказано, що головними є розробка ртутноносного вугілля та промислові підприємства. Наведено графіки вертикального розподілу ртуті у ґрунтовому розрізі на фонових ділянках та території МРП за якими встановлено, що індикаторним горизонтом є глибина 40–50 см (фонові ділянка), на території МРП ця границя не встановлена. Важливими є моніторингові дослідження щодо стану ґрунтів поблизу кар'єрів «Напівкупол Новий» та «Західне Замикання». Автором наведено геохімічну характеристику аномальних полів територій дослідження та встановлено елементи які становлять найбільшу небезпеку – ртуть, арсен, сурма. Автором проведено аналіз зміни концентрацій вказаних елементів за 6 років та встановлено, що їх вміст знизився у 1,5 рази, що пов'язано з припиненням діяльності МРП. Позитивний кореляційний зв'язок ртуті виявлено лише з арсеном, що є природним для ртутного родовища. При оцінці еколого-геохімічного ризику території здобувачем використано такі

показники як коефіцієнти концентрації, небезпеки, сумарний та комплексний показники забруднення, показник потенційної екологічної небезпеки. На основі чого встановлено, що дуже небезпечний рівень забруднення на всій території досліджень (6×6 км). Для порівняння автором розглянуто вміст ртуті та інших хімічних елементів у ґрунтах промислових міст Донецької області, міст Вінниці та Житомира. Встановлено небезпечний рівень забруднення у більшості міст Донецької області та безпечний стан ґрунтів у містах Вінниця та Житомир (за виключенням локальної площі поблизу ВО «Жовтень» в м. Вінниця, яке виробляє скляні трубок для кінескопів і лампи денного освітлення, при виробництві яких використовується ртуть.

Окрему увагу дисертантом приділено еколого-геохімічним дослідженням території заводу «Радикал». Особисто у 2013 році нею відібрано проби ґрунтів та складено порівняльний аналіз з дослідженнями 1996, 1997, 2002 років. Встановлено, що вміст ртуті на глибині 0–10 см знизився у 8 разів, що пояснюється перерозподілом елемента у більш глибокі горизонти.

Експериментальні дослідження щодо визначення водорозчинних форм ртуті у ґрунтах заповідника «Хомутівський степ», МРП, ВО «Жовтень» та територій заводу «Радикал» дозволили визначити збільшення їх ґрунтах з більш низькими валовими кількостями елемента. Встановлено, що в техногенно забруднених ґрунтах вміст сулеми (HgCl_2) та легкорозчинних ртутьорганічних з'єднань досягає 80 від її валової кількості, у природних аномаліях – не більше 30%. Тобто при техногенному забрудненні ртуть видаляється при впливі водних розчинів.

Дослідження автора щодо концентрації ртуті та радону у підґрунтовому повітрі на території м. Києва проведені вперше. Нею встановлено, що у зоні тектонічних порушень концентрації ртуті і радону підвищені у 20 разів відносно тектонічно спокійних зон, згідно з цими висновками можна виділяти зони тектонічних порушень за геохімічними показниками.

Важливими є дослідження щодо рослинності яка є індикатором еколого-геохімічних умов довкілля. Наведено процеси накопичення ртуті рослинністю та ступінь пошкодження рослин при підвищенні концентрації ртуті. У своїх дослідженнях дисертант використовував різні види рослинності (їх наземна частина) – пирій, молода береза, паслін чорний, череда та молода тополя. На основі розрахованих показників встановлено, що паслін чорний характеризується безбар'єрним накопиченням ртуті та може являтися індикатором техногенного забруднення.

У п'ятому розділі **«Еколого-геохімічна оцінка забруднення гідросфери за особливостями розподілу ртуті в донних відкладах та природних водах»** на основі досліджень територій заводу «Радикал» та МРП надано критерії щодо визначення ступеня небезпеки вищезгаданих об'єктів довкілля.

У розділі зазначено основні процеси міграції ртуті у поверхневих та підземних водах та зазначено, що особливу роль відіграють комплекси неорганічних солей ртуті з гуміновими і фульвокислотами. При аналізі донних відкладів струмка Пляховий (територія заводу «Радикал») за 1986, 1988, 1989, 1997, 2002 та 2014 роки автором встановлено, що найбільш сильне забруднення зафіксовано у 1997 році, де перевищення фоновому вмісту становить тисячі разів. У 2014 році, за результатами власних досліджень встановлено зменшення забруднення у 200 разів. Однак, донні відклади на сьогоднішній день згідно класифікації забруднення територій вони відносяться до сильно забруднених. Автором наголошено, що небезпека підвищеного вмісту ртуті у донних відкладах полягає в тому, що мікроорганізми перетворюють її в метилртуть – надзвичайно отруйне і дуже стійке з'єднання.

Як відомо природні води відображають екологічну ситуацію на даний час, тому вони є індикаторними при оцінці техногенного забруднення. При аналізі природних вод здобувачем наведено загальну інформацію про розподіл ртуті у гідросфері та надано інформацію про форми її міграції. Зазначено, що основною формою є метилртуть, яка виявляється головним токсикантом. В результаті аналізу попередніх досліджень автором визначено, що у лужному середовищі ртуть утворює легкокорозійні комплексні сполуки, тоді як у кислому – малорухомі та важкорозчинні.

За розрахованими еколого-геохімічними показниками до яких віднесений коефіцієнт небезпеки виявлено напрям розповсюдження забруднення ртуттю у підземних водах території заводу «Радикал» на глибині 2–5 м – південно-західний, де цей параметр складає біль 200. Дисертантом відмічено, що це локальна площа, яка знаходиться у Дарницькому промвузлі, аномальний вміст ртуті встановлено саме в районі електролізного цеху заводу «Радикал».

Щодо природних вод Микитівського рудного поля, то вони характеризуються підвищеним вмістом ртуті внаслідок металогенічної особливості регіону. Однак, найбільші техногенні аномалії в підземних водах не перевищують 20–30 ГДК. На даних територіях також проаналізовано забруднення поверхневих вод. Води струмка Пляховий проаналізовано за 1990 та 2014 роки. Показана динаміка зміни вмісту ртуті та надана санітарно-гігієнічна та еколого-геохімічна оцінка. Зазначено, що разом із ртуттю води забруднені нікелем та хромом, вміст яких перевищує фоновий у сотні разів. Розрахований індекс забрудненості вод дозволив визначити клас їх якості. Так у нижній течії струмка води є забрудненими, але визначена динаміка до очищення, в порівнянні з 1990 роком, що автор пояснює сорбцією елемента донними відкладами та переходом її у органічну форму.

Забруднення поверхневих вод Микитівського рудного поля проведено за вмістом хімічних елементів у річці Бахмут. Розрахувавши

еколого-геохімічні показники встановлено, що крім ртуті води забруднені нікелем, хромом, свинцем та міддю та по класу якості вод віднесені до забруднених. Надано графіки концентрації ртуті на різних ділянках річки Бахмут, та встановлено перевищення концентрації ртуті відносно фонового у нижній течії річки відносно фонового у 70 разів, а відносно ГДК у 3 рази.

Підсумовуючи вищевикладене можна навести основні здобутки автора:

- за результатами еколого-геохімічних досліджень автором виділено поля забруднення ртуттю та надано їм асоціативні геохімічні характеристики;
- за розрахунками еколого-геохімічних критеріїв проведена оцінка забруднення об'єктів довкілля (поверхневих та донних відкладів, природних вод рослинності) на територіях з різним джерелом ртуті;
- показано відмінність геохімії ртуті природного і техногенного походження та реакцію на забруднення об'єктів довкілля;
- на основі аналізу вмісту ртуті і радону у підґрунтовому повітрі дозволяє використовувати їх в якості геохімічних індикаторів наявності зон тектонічних порушень;
- визначено, що паслін чорний має безбар'єрне накопичення відносно ртуті і може бути індикатором забруднення

До зауважень слід віднести наступне:

Для рисунку 4.2 (схема розташування кар'єрів МРП) та рис. 4.23 (схематичне зображення об'єктів Дарницької промислової зони) доцільно було б навести масштаб.

Автором розглянуто питання геохімії ртуті природного і техногенного походження на різних територіях. Було б доречним надати рекомендації щодо покращення екологічного стану досліджуваних територій та зниження токсичної дії ртуті на населення.

Автором проведено дослідження рослинності за характером накопичення ртуті. Цікаво було би навести інформацію щодо подібних досліджень, які проводяться в інших країнах та висновки стосовно фіторе mediaції.

У кожному розділі дисертації наведено геохімічні процеси, які призводять до розсіювання або концентрації елемента у об'єктах довкілля, але немає зведеної інформації, яка б надала можливість читачу порівняти інтенсивність впливу ртуті на довкілля при її різному генезисі.

Бажано щоб ці зауваження було враховано у подальших роботах автора.

Достовірність отриманих результатів та обґрунтованість наукових положень і висновків. Автором застосовано комплексний підхід до вивчення геохімії ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля (поверхневі та донні відклади, природні води, рослинність). Хімічні аналізи виконані в атестованих лабораторіях

Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України та Державного підприємства «Українська геологічна компанія». Опрацьовано великий об'єм літературних та власних даних (систематизовано близько 350 проб поверхневих відкладів, 250 – донних відкладів, 150 – підґрунтового повітря, 150 – поверхневих вод і 100 – рослинності. Отримані результати можуть бути використані природоохоронними організаціями для удосконалення системи моніторингу об'єктів довкілля.

Дисертація Е.В. Панаїт «Геохімія ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля» є закінченою самостійною науковою роботою, в якій отримано нові науково, аналітично та статистично обґрунтовані результати, що роблять внесок у вирішення проблем вдосконалення методики дослідження розподілів вмісту компонентів хімічного складу природних вод для отримання більш достовірної інформації щодо їх поведінки у водному середовищі та оцінки екологічних ризиків.

Робота виконана у відповідності до вимог 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. Дисертація відповідає спеціальності 04.00.02 – геохімія. Зміст та основні положення автореферату ідентичні дисертаційній роботі.

Автор дисертації роботи Панаїт Еліна Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.02 – геохімія.

Радник директора Інституту
геологічних наук НАН України, член-
кореспондент НАН України,
доктор геол.-мін. наук, професор



Митропольський О.Ю.

Підпис засвідчую:

Вчений секретар Інституту
геологічних наук НАН України,
канд. геол. наук



Гаврилюк Р.Б.