

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГЕОХІМІЇ, МІНЕРАЛОГІЇ ТА РУДОУТВОРЕННЯ
ім. М.П. СЕМЕНЕНКА

ПАНАІТ ЕЛІНА ВІКТОРІВНА

УДК 550.4:504.054(477)

ГЕОХІМІЯ РТУТІ ПРИРОДНОГО І ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ
В ОБ'ЄКТАХ ДОВКІЛЛЯ

спеціальність 04.00.02 – геохімія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата геологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ

Науковий керівник: доктор геологічних наук, старший науковий співробітник, **Крюченко Наталія Олегівна**, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, провідний науковий співробітник відділу пошукової та екологічної геохімії

Офіційні опоненти:

член-кореспондент НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор **Митропольський Олексій Юрійович**, Інститут геологічних наук НАН України, радник директора

кандидат геолого-мінералогічних наук, старший науковий співробітник **Кононенко Людмила Василівна**, Державна установа (ДУ) «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», провідний науковий співробітник відділу геохімії техногенезу

Захист відбудеться «06» вересня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.203.01 в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

за адресою: Україна, 03680 м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 34.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України

за адресою: Україна, 03680 м. Київ-142, просп. Академіка Палладіна, 34.

Автореферат розісланий «__» серпня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.203.01
кандидат геологічних наук



І.А. Швайка

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ртуть є одним з найбільш небезпечних елементів-забруднювачів біосфери з найвищим показником токсичності серед важких металів, тому встановлення геохімічних особливостей міграції і концентрації елемента в об'єктах довкілля з різним джерелом походження – одна з актуальних проблем екологічної геохімії.

Ртуть в кількостях, що перевищує природні фонові концентрації, зафіксовано як у районах з природним її надходженням (зони тектонічних порушень, родовища корисних копалин, вулканічні екзалації та інше) так і з техногенним (в результаті діяльності людини); особливе місце займають гірничо-промислові території, де джерело ртуті – природно-техногенне. Саме цим територіям приділено увагу в роботі: природне надходження ртуті – території тектонічних порушень (правобережжя м. Києва); природно-техногенне – гірничо-промислові райони (Микитівське рудне поле – МРП), та техногенне – територія колишнього заводу «Радикал», лівобережжя м. Київ (далі завод «Радикал»), міські агломерації Житомира, Вінниці та Донецької області.

Шляхом еколого-геохімічного моніторингу визначено ступінь забруднення вище зазначених територій за літо-, гідро- і біогеохімічними критеріями, що є надзвичайно актуальною і важливою інформацією при прийнятті та впровадженні природно-охоронних заходів і рішень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у відділі пошукової та екологічної геохімії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України. Обраний напрямок досліджень узгоджений з проектами багаторічних програм НАН України: "Геохімічні критерії виділення зон екологічного ризику території України" (2012–2016 рр., ДР № 0112U002432), "Розробка геохімічних критеріїв пошуків золота в корах вивітрювання кристалічного фундаменту Українського щита (Брусилівська шовна зона і прилеглі території)" (2013–2015 рр., ДР № 0113U003383), "Геохімічні особливості рудних і техногенних аномалій в умовах Українських Карпат (на прикладі Карпатського біосферного заповідника)" (2010–2017 рр., ДР № 0112U006806).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є визначення геохімічних особливостей розподілу ртуті природного і техногенного походження в об'єктах довкілля (на прикладі гірничо-промислових районів МРП, заводу «Радикал» та міських агломерацій України).

Для досягнення мети роботи поставлено наступні завдання:

- визначити фонові, середні та аномальні концентрації ртуті в досліджуваних складових довкілля ;
- встановити геохімічні асоціації (техногенні та природні) в об'єктах довкілля, що характерні для забруднення ртуттю різного походження;
- встановити найбільш інформативні рослини-індикатори природного і техногенного забруднення ртуттю територій заводу «Радикал» та МРП;

- розрахувати кількісні еколого-геохімічні показники, відносно ступенів забруднення об'єктів довкілля (поверхневих та донних відкладів, природних вод, рослинності) території з різним джерелом ртуті;
- визначити закономірності просторового розподілу забруднення ртуттю ґрунтів досліджуваних територій;
- провести геохімічний моніторинг ґрунтів, донних відкладів, природних вод та надати оцінку їхнім змінам у часі;
- визначити особливості розподілу ртуті у підґрунтовому повітрі території м. Києва.

Об'єкт дослідження – об'єкти довкілля (поверхневі і донні відклади, підґрунтове повітря, природні води, рослинність) гірничо-промислових районів МРП, заводу «Радикал» та міських агломерацій України.

Предмет дослідження – вміст ртуті та інших хімічних елементів в об'єктах довкілля (поверхневі і донні відклади, підґрунтове повітря, природні води, рослинність) гірничо-промислових районів МРП, заводу «Радикал» та міських агломерацій України.

Методи дослідження. Збір первинного фактичного матеріалу, опробування поверхневих та донних відкладів, природних вод та рослинності здійснювалися під час польових маршрутних обстежень. Для визначення вмісту хімічних елементів застосований комплекс аналітичних методів: атомно-абсорбційний, емісійний спектральний, потенціометричний та інші в лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР НАНУ) та Державного підприємства "Українська геологічна компанія. Аналітичні дослідження методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP–MS) виконувалися на приладі Element-2 в Центрі колективного користування приладами ІГМР НАНУ.

Обробка та інтерпретація одержаних аналітичних даних проведена за допомогою пакетів програм – Microsoft Excel, Statistica 6; для побудови картосхем застосовувались геоінформаційні системи (ГІС): MapInfo Professional та Golden Software Surfer, AdobePhotoshop та AutoCad.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. В результаті моніторингових досліджень вперше проведена порівняльна характеристика забруднення об'єктів довкілля ртуттю природного і техногенного походження на території України (територія заводу «Радикал» та МРП);
2. Визначено особливості забруднення ртуттю об'єктів довкілля (поверхневі і донні відклади, підґрунтове повітря, природні води, рослинність). Виявлено геохімічні асоціації аномальних полів, що пов'язані з природно-техногенним та техногенним джерелом ртуті, оцінено рівень і межі їх небезпеки.
3. Вперше експериментально виявлено відсотковий вміст водорозчинних форм ртуті (хлоридної та адсорбованої) на територіях з природно-техногенним (МРП) та техногенним (завод «Радикал», території промислових підприємств) її походженням. Встановлено, що при техногенному забрудненні їх вміст досягає 80%, а при природному не більше 30%.

4. Вперше здійснена комплексна еколого-геохімічна оцінка забруднення об'єктів довкілля (поверхневих та донних відкладів, поверхневих вод, рослинності) на досліджуваних територіях.

5. Вперше встановлено, що ртуть і радон у підґрунтовому повітрі можуть бути використані в якості геохімічних індикаторів наявності зон тектонічних порушень (на прикладі правобережжя м. Києва) і виявлено зони їх аномальних полів.

6. Отримано дані щодо забруднення ртуттю наземної частини різних видів рослин (пирій, молода береза, паслін чорний, череда, молода тополя) на досліджуваних територіях, що дозволило віднести паслін чорний до найбільш ефективного індикатора ртутного забруднення.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати щодо розподілу ртуті та її асоціацій з іншими хімічними елементами в об'єктах довкілля стануть основою подальшого геохімічного моніторингу та оцінки еколого-геохімічного стану територій. Результати щодо біогеохімічних досліджень рослин можуть бути використані в якості ефективного індикатора забруднення довкілля ртуттю; сумарний аномальний вміст радону і ртуті в якості геохімічних індикаторів наявності зон тектонічних порушень – у міському плануванні.

Матеріали дисертації можуть бути використані екологічними і природоохоронними організаціями в процесі розробки й оптимізації екологічних програм для територій що вивчаються, а також для удосконалення системи моніторингу об'єктів довкілля.

Особистий внесок здобувача. Робота виконана автором самостійно, включаючи участь у польових і камеральних роботах, опрацюванні літературних джерел, систематизації та інтерпретації отриманих даних, побудові графічних матеріалів.

Дисертантом систематизовано близько 350 проб поверхневих відкладів, 250 – донних відкладів, 150 – підґрунтового повітря, 150 – поверхневих вод і 100 – рослинності. Автором здійснено статистичну і графічну обробку результатів геохімічних досліджень, розраховано геохімічні параметри щодо розподілу ртуті та інших хімічних елементів, визначено ділянки з аномальним вмістом ртуті.

Основні результати досліджень та висновки опубліковані у фахових виданнях та оприлюднені на наукових конференціях. Особистий внесок здобувача в публікаціях, виконаних у співавторстві, визначається наступним чином: проведення аналітичних досліджень, встановлення статистичних параметрів, обробка аналітичної бази, розрахунки геохімічних параметрів, дослідження кореляційного зв'язку між ртуттю та іншими хімічними елементами та інтерпретація результатів досліджень.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації було обговорено під час роботи наукових та науково-практичних міжнародних конференцій: II Міжнародна науково-практична конференція “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи” (м. Львів, 2015 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми пошукової та екологічної геохімії» (м. Київ, 2014), Міжнародна наукова

конференція «Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології» (до 70-річчя геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка) (м. Київ 2014), Конференція молодих вчених ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України (м. Київ 2013), IX Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» (м. Алушта 2013).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 11 наукових праць: у 5-ти наукових 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.

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

Автор глибоко вдячний за допомогу, сприяння і консультацію своєму науковому керівнику – доктору геологічних наук Крюченко Н.О., а також члену-кореспонденту НАН України, доктору геолого-мінералогічних наук, професору Жовинському Е.Я.

Автор дякує усім своїм колегам по відділу – Кухару М.В., Островській Г.П., Коломійцю В.І., Жук О.А. за допомогу при виконанні аналітичних робіт.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «**СТАН ПРОБЛЕМИ**» проаналізовано історію дослідження ртуті, надано інформацію про умови міграції та концентрації елемента, головні джерела забруднення навколишнього середовища та медико-біологічні властивості. Ідеї і підходи з дослідження геохімії ртуті були закладені у середині ХХ ст. О.О. Сауковим (1946, 1952), В.І. Вернадським (1954–1965), О.П. Виноградовим (1956–1963) та іншими. В 1970–х роках відокремились пошукові та екологічні дослідження відносно ртуті. Перші наукові дослідження щодо генезису ртуті при формуванні родовищ та шляхів їх пошуків представлені в роботах В.З. Фурсова, В.П. Гладишева, В.І. Смірнова та інших. На міжнародній конференції у Женеві (1979) започатковано новий напрям досліджень – екогеохімічний. На сьогоднішній день Б.С. Панов, Л.А. Добрянський, В.Г. Суярко, К.О. Безрук, В.О. Корчемагін та інш. розвивають цей напрям.

Ртуть взаємодіє з киснем, галогенами, сіркою, фосфором, селеном та іншими неметалами, крім того, утворює сплави з багатьма металами, так звані амальгами. В об'єктах довкілля, ртуть знаходиться в розсіяному вигляді: у земній корі – 0,045 мг/кг; гідросфері – $1 \cdot 10^{-6}$ г/дм³, ґрунтах – 0,12 мг/кг, атмосферному повітрі – 2 нг/м³. Основна частина запасів ртуті, %: в Іспанії – 57, Алжирі – 15, Китаї – 13, Киргизії – 13. В Україні – 1,9% світових запасів ртуті, які зосереджені у фанерозойських складчастих областях (Донецькій, Кримській, Карпатській).

У розділі надано інформацію про головні джерела забруднення ртуттю об'єктів довкілля. Наголошено, що природне надходження ртуті в об'єкти довкілля відбувається в наслідок процесів вивітрювання гірських порід, родовищ корисних копалин, земної та підводної вулканічної діяльності; техногенне – в результаті

розробки родовищ корисних копалин, використанні ртуті у технологічних процесах промислових підприємств, надходження з сміттєзвалищ та інш. На цих територіях створюються умови небезпечного проживання населення, вплив ртуті викликає гострі та хронічні отруєння.

У другому розділі **«МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ»** охарактеризовано обрані для виконання дисертаційної роботи методи досліджень. Вміст ртуті та інших хімічних елементів в об'єктах довкілля визначався за комплексом аналітичних методів: атомно-абсорбційний, емісійний спектральний, потенціометричний та іншими в лабораторіях Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (ІГМР НАНУ) та Державного підприємства "Українська геологічна компанія". Аналітичні дослідження методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP–MS) виконувалися на приладі Element–2 в Центрі колективного користування в ІГМР НАНУ.

Для отримання геохімічних критеріїв та встановлення ступеня екологічної небезпеки територій автором застосовано показники – коефіцієнт концентрації відносно фонового (K_c), кларк концентрації (K_k), коефіцієнт небезпеки (K_n), сумарний показник забруднення (СПЗ), показник природної (потенційної) екологічної небезпеки (ППЕН), комплексний показник забруднення (КПЗ), індекс забрудненості вод (ІЗВ), коефіцієнт біологічного поглинання елемента рослинністю (A_x).

Обробка та інтерпретація одержаних аналітичних даних відбувалася за допомогою пакетів програм – Microsoft Excel, Statistica 6; для побудови картосхем застосовувались геоінформаційні системи (ГІС): MapInfo Professional та Golden Software Surfer, AdobePhotoshop та AutoCad.

У третьому розділі **«ГЕОЛОГО-ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖУВАНИХ ТЕРИТОРІЙ»** на підставі широкого огляду літературних та фондових джерел наведено структурно-тектонічні та ландшафтно-геохімічні характеристики територій досліджень – МРП та міста Києва. Територія МРП розташована в присводовій зоні Горлівської антикліналі Донецького басейну; у будові беруть участь породи кам'яновугільного віку. Походження ртуті пов'язано з періодом тектонічної активізації, коли вона надходила з мантиї по глибинних розломах і утворювала ртутні родовища в породах вугленосної товщі (до 0,5 мг/кг при фоновому вмісті 0,06–0,07 мг/кг). Ртуть у вугіллі і породах карбону зустрічається у вигляді сульфідної, самородної та металоорганічної форми. Ртутні родовища кварц-дікітового типу характеризуються обмеженою кількістю рудних мінералів – кіновар, антимоніт, арсенопірит, пірит, марказит і нерудних жильних мінералів – кварц, дікіт, карбонати (кальцит, сидерит, анкерит). При аналізі елементів-домішок у кіноварі (найбільш поширений промисловозначущий мінерал) зазначено проявлення емпіричної закономірності – чим вище вміст сірки у вугіллі, тим вищий вміст ртуті.

Територія м. Києва не віднесена до жодної металогенічної провінції, розташована у зоні стику двох регіональних структур – північно-східного схилу

Українського кристалічного щита (УЩ) та південно-західного борту Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Межею між ними слугує Дніпровська зона розломів північно-західного простягання.

При аналізі ландшафтно-геохімічних умов правобережної та лівобережної частини м. Києва зазначено, що на правобережжі переважають ландшафти кальцієвого класу, розрахунок K_C дозволив визначити накопичення та дефіцит елементів: Hg, Sr, Ba, Pb – розсіюються, тоді коли Zn, Co, Cr, V – накопичуються; на лівобережжі м. Києва переважають ландшафти кислого класу: Ba, Mo, Hg – розсіюються, а Cr, Zn, Co – концентруються, тобто ртуть є елементом, що розсіюється.

Четвертий розділ **«ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВІДКЛАДІВ, РОСЛИННОСТІ ТА ПІДГРУНТОВОГО ПОВІТРЯ РТУТТЮ ТА ІНШИМИ ХІМІЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ»** присвячений закономірностям розподілу ртуті та інших хімічних елементів у вище зазначених об'єктах довкілля.

Автором застосовано комплексний підхід щодо вивчення геохімії ртуті. Ртуть природного походження розглянуто на прикладі тектонічного порушення (правобережжя м. Києва); природно-техногенного – МРП (Донецький регіон); техногенного – територія заводу «Радикал» (м. Київ) та міські агломерації Вінниця, Житомир та міста Донецької обл.

Поверхневі відклади довгостроково депонують забруднення, тому є базовими для визначення еколого-геохімічного стану територій. На території МРП в результаті розробки ртутних родовищ (з 1879 р.) відбулося накопичення ртуті у ґрунтових відкладах, що у десятки разів вище фонового (фоновий вміст – 0,037 мг/кг). За результатами визначення вмісту ртуті у ґрунтовому розрізі до глибини 1 м встановлено, що сорбційний бар'єр (наявність органічної речовини) знаходиться на глибині 30–40 см, де максимальний вміст елемента становить 34 мг/кг.

Моніторингові дослідження щодо стану ґрунтів кар'єру «Напівкупол Новий» (2005 р., В.О. Корчемагін, В.В. Гунченков) та кар'єру «Західне Замикання» (2011 р.) дозволили надати виявленим тут аномальним полям геохімічну характеристику у вигляді асоційованого ранжованого ряду хімічних елементів (згідно K_C): кар'єр «Напівкупол Новий» – $Hg_{363} > As_{25} > Sb_{19} > Cd_{3,5} > Pb_2$; кар'єр «Західне Замикання» – $Hg_{221} > As_{15} > Sb_{10} > Cd_2$. Встановлено, що найбільшу небезпеку становлять елементи Hg, As, Sb. За шість років вміст вищезазначених елементів знизився у 1,2–1,6 разів, тобто існує наявна позитивна динаміка, що пов'язано з припиненням діяльності МРП.

Аналізуючи вміст ртуті у відібраних пробах поблизу кар'єру «Західне Замикання» (рис. 1) виявлено, що в північно-східному напрямку вміст ртуті у ґрунтах вищий, ніж у південно-західному (38–20 мг/кг та 20–17 мг/кг відповідно), що пов'язано з переважанням північно-східних вітрів.

Виявлено позитивний кореляційний зв'язок Hg–As ($r > 0,5$). За розрахованими показниками щодо еколого-геохімічного ризику територій K_C , K_K , K_H , $СПЗ$, $КПЗ$ та

ППЕН встановлено надзвичайно небезпечний рівень забруднення на відстані до 1100 м від кар'єрів (табл. 1). Моніторинговий аналіз, щодо забруднення ґрунтів у 2005 році та 2011 році показав позитивну динаміку щодо їх очищення.

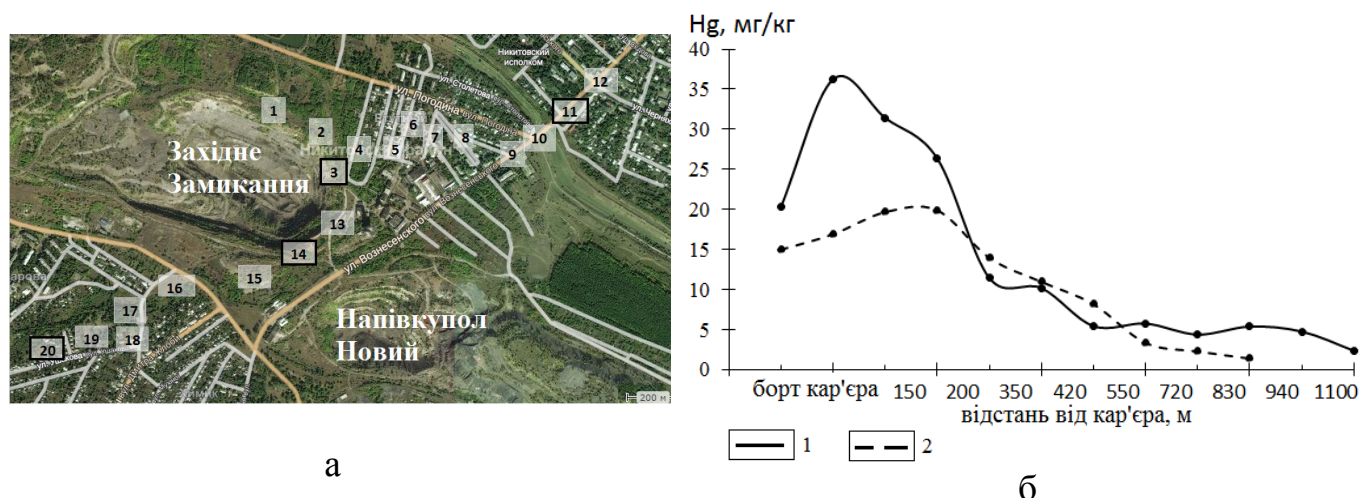


Рис. 1. Схема відбору проб ґрунтів поблизу кар'єру «Західне Замикання» а – в рамках – проби відбору рослинності; б – графіки розподілу ртуті: 1 – північно-східний напрям від кар'єру (проби 1–12); 2 – південно-західний напрям від кар'єру (проби 13–20)

Ртуть як і багато інших важких металів відноситься до хімічних елементів в глобальну циркуляцію яких в істотному ступені втручається людська діяльність. Автором розглянуто вміст ртуті та інших хімічних елементів у ґрунтах Донецької області і міст Вінниця та Житомир.

Таблиця 1

Еколого-геохімічні показники забруднення ґрунтів території МРП

Хімічний елемент	КС	КК	КН	КС	КК	КН
	Кар'єр «Напівкупол Новий» (2005) (n=26)			Кар'єр «Західне Замикання» (2011) (n=20)		
Hg	363,5	292,4	6,4	221,9	178,5	3,9
As	25,4	74,7	71	15,7	46,2	43,9
Se	2,0	7,5	0,2	3,5	13,4	0,3
Cd	3,5	1,5	0,1	2,0	0,84	0,04
Zn	1,3	1,3	5,0	0,9	0,94	3,6
Pb	2,1	4,1	1,2	1,3	2,7	0,8
Sb	18,9	94,3	4,2	10,7	53,4	2,4
Mo	1,1	1,2	0,2	1,2	1,3	0,2
Cr	1,0	7,5	0,9	0,7	5,5	0,7
Cu	1,7	0,7	0,8	1,1	0,4	0,5
Рівні небезпеки						
СПЗ	409 дуже небезпечний рівень забруднення			247 дуже небезпечний рівень забруднення		
КПЗ	90 високий			56 високий		
ППЕН	463 надзвичайно небезпечний рівень забруднення			285 надзвичайно небезпечний рівень забруднення		

Примітка: n – кількість проб

Розрахувавши еколого-геохімічні показники стану ґрунтів міст Донецької області (Слов'янськ, Краматорськ, Дружківка, Артемівськ, Костянтинівка, Добропілля, Дзержинськ, Красноармійськ, Горлівка, Єнакієво, Селідове, Донецьк, Макіївка, Харцизьк, Торез, Сніжне, Маріуполь) встановлено, що за СПЗ, ППЕН, КПЗ досліджувані території відносяться до небезпечного рівня забруднення, відносно важких металів 1–2 класу небезпеки (Hg, Pb, Zn, Mn, Cr).

За одержаними даними побудовано поліелементні карти забруднення поверхневих відкладів за СПЗ. Найменша забрудненість ґрунтів ртуттю встановлена у містах – Добропілля, Красноармійськ, Торез. Серед важких металів на цих територіях суттєвий вклад у забруднення ґрунтів вносять Mn, Pb, Zn.

Визначено межі забруднення ртуттю та іншими хімічними елементами міських агломерацій Житомира і Вінниці. У м. Житомир досліджено поверхневі відклади в межах промислових зон фабрики хімістки, взуттєвої фабрики, ремонтно-механічного заводу та паперової фабрики. Провідними елементами-забруднювачами є $\text{Ag}_{7-10}\text{--Hg}_{8-3}\text{--Zn}$, Pb_{4-3} . Площа забруднення складає 0,1–0,9 км².

Щодо м. Вінниці проаналізовано забруднення поверхневих відкладів в межах промислових зон виробничих об'єктів (ВО): «Жовтень», «Термінал» та інструментального заводу. Провідними елементами-забруднювачами є $\text{Ag}_{33-3}\text{--Pb}_{15-4}\text{--Hg}_{3-2}$. Площі ореолів забруднення складають 0,85–0,4 км², виключенням є поверхневі відклади поблизу ВО «Жовтень», де виявлено аномальний вміст ртуті Hg_{100} на площі 0,85 км².

За розрахованими показниками СПЗ, КПЗ та ППЕН території поблизу промислових зон міст Житомир та Вінниця віднесені до допустимого рівня забруднення, територія біля ВО «Жовтень» – до небезпечного.

При дослідженні ртуті техногенного походження обрано територію заводу «Радикал» (ртуть використовувалася у технологічному процесі), де внаслідок техногенної аварії (1996 р. обвалення даху електролізного цеху) у навколишнє середовище потрапили сотні тон елемента.

У 2014 році автором проведено площадне опробування ґрунтів на п'яти ділянках (загальна площа досліджень 0,15 км²) біля електролізного цеху (рис. 2).

В роботі наведено вертикальний розріз ґрунтів (дерново-підзолисті, до глибини 1 м) та розподіл ртуті. Максимальна концентрація ртуті 4,85 мг/кг (при фоновому 0,03 мг/кг) зафіксовано на глибині 0,5 см. Геохімічні асоціації забруднення представлені наступними елементами – Hg, Zn, Pb, Cu вміст яких перевищує фоновий у десятки і сотні разів.

Моніторингові дослідження щодо вмісту ртуті в асоціації з важкими металами одержано лише за 2002 та 2014 роки, в інші роки визначалася лише ртуть. Розраховано K_C , що дозволило визначити ступінь накопичення ртуті та важких металів у ґрунтах (табл. 2).

У ґрунтах досліджуваних ділянок провідним елементом-забруднювачем є ртуть, на площах 1–3 фіксується динаміка щодо очищення ґрунтів від ртуті та важких металів, а 4,5 – до накопичення. Площа забруднення – 0,013 км² (75×38м), що складає 2,5% від території заводу та розташована безпосередньо на місці цеху, де ще залишилися бетонні перекриття, тому процеси вивітрювання йдуть повільно.



Рис 2. Схема розташування території досліджень. а: 1 – станція метро "Лісова", 2 – територія колишнього комбінату "Дарна" (Дарницький шовковий комбінат), 3 – торговий центр "Даринок", 4 – ВАТ «Київхімволокно», 5 – територія заводу "Радикал", 6 – електролізний цех; б – схема опробування на території електролізного цеху

Таблиця 2

Коефіцієнти концентрації ртуті (відносно фонового вмісту) та інших важких металів у ґрунтах заводу «Радикал»

Номер площі згідно рис. 2	Рік досліджень	
	2002 рік	2014 рік
1	Hg, Pb ₅ – Zn, Cu ₃	Hg, Zn, Pb ₃ – Cu ₂
2	Hg ₁₈ – Pb ₄ – Cu ₃ – Zn ₂	Hg ₁₀ – Pb ₅ – Zn, Cu ₄
3	Hg ₂₀ – Zn ₃ – Cu, Pb ₂	Hg ₄ – Cu, Pb ₃ – Zn ₂
4	Hg ₅₃ – Zn, Cu ₃ – Pb ₂	Hg ₁₆₂ – Zn, Cu ₅ – Pb ₄
5	Hg ₂₅ – Zn ₃ – Cu, Pb ₂	Hg ₈₃ – Zn, Cu, Pb ₂

За вмістом ртуті у ґрунтах проведено моніторингові дослідження за 1996–2014 роки (рис. 3).

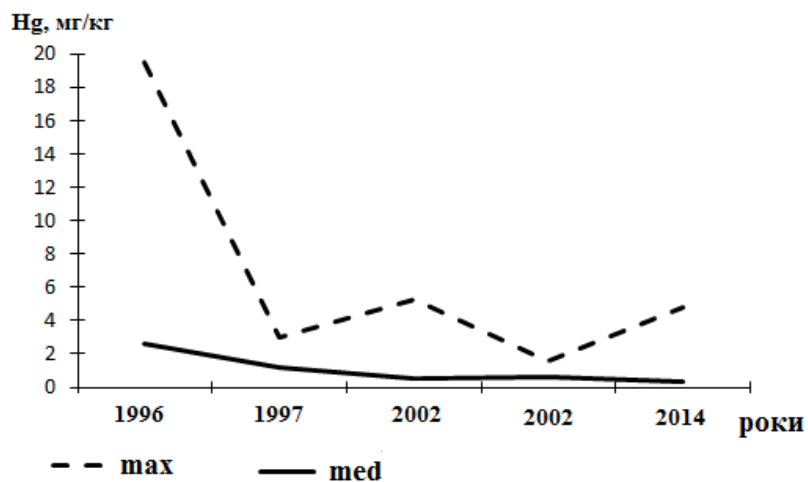


Рис. 3. Графіки максимального та медіанного розподілу ртуті у ґрунтах заводу «Радикал» протягом 1996–2014

Встановлена тенденція щодо очищення ґрунтів (за медіанним значенням) – порівняно з 1996 роком у 2014 році вміст ртуті зменшився у 6 разів. Найбільшу небезпеку аномального вмісту ртуті у ґрунтах становить її випаровування, яке перевищує норму у 26 разів (за даними Київської СЕС) і становить $31,2 \text{ нг/м}^3$ (при фоновому $1,2 \text{ нг/м}^3$), що зафіксовано в радіусі 1000 м від території заводу. Зважаючи на те, що територія знаходиться безпосередньо в мегаполісі, а в літній період випаровування збільшується – ртуть у ґрунтах становить небезпеку.

Порівнюючи еколого-геохімічний стан територій, де ртуть природно-техногенного (МРП) та техногенного (завод «Радикал») походження, необхідно відзначити масштаби і інтенсивність забруднення. Побудувавши карти ізоліній концентрацій ртуті (площа $6 \times 6 \text{ км}$) відчутно різницю ступеню екологічної дії елемента (рис. 4).

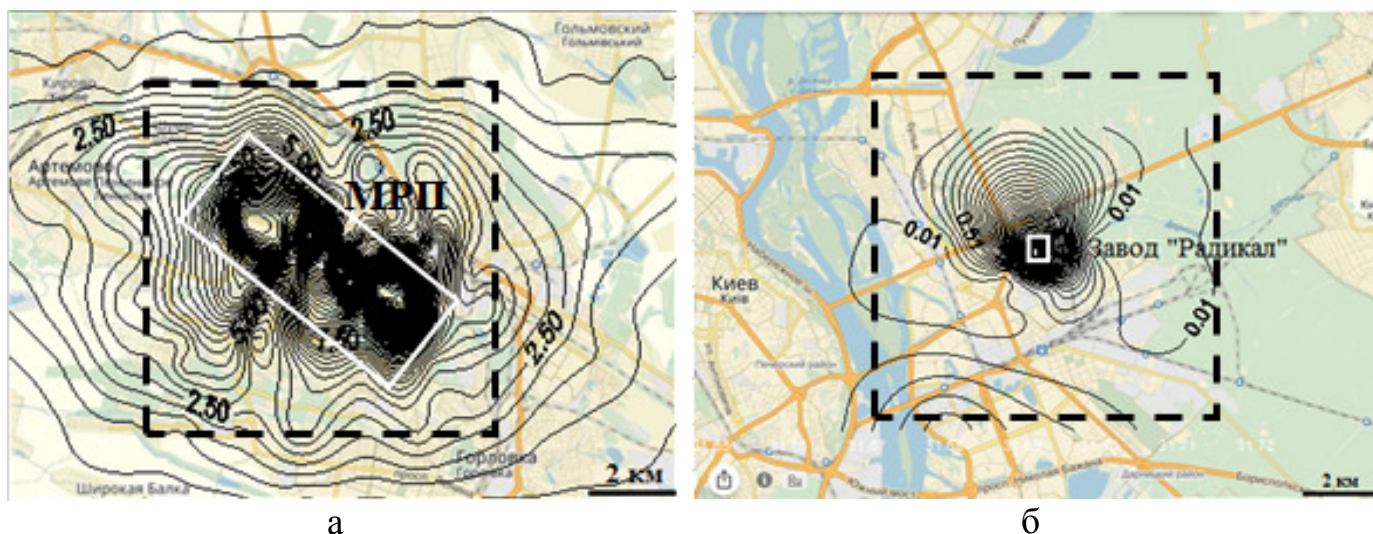


Рис. 4. Ізоконцентрації ртуті у поверхневих відкладах (ґрунтах): а – МРП, б – заводу «Радикал». Пунктир – ділянка детальних досліджень

Так, на території МРП зафіксовано регіональне забруднення, тоді як на території заводу «Радикал» – локальне.

Зважаючи на те, що найбільш небезпечними є рухомі форми ртуті, було проведено експериментальні роботи по визначенню її водорозчинних форм. Об'єктами досліджень були фонові ґрунти заповідника Хомутівський степ, ґрунти Микитівського рудного поля, ґрунти поблизу ВО «Жовтень» (м. Вінниця), ґрунти території заводу «Радикал» (м. Київ). Методика полягала у наступному: в наважці проби вагою 5 г визначалася загальна ртуть, потім проба заливалася 100 дм^3 дистильованої води і струшувалася протягом 1 години. Після фільтрації твердий осад ґрунту висушували і проводили повторне визначення ртуті. Вміст водорозчинних форм визначався за різницею у вихідній пробі та пробі обробленій дистильованою водою. Результати досліджень приведені на рис. 5.

Експериментально виявлено відсотковий вміст водорозчинних форм ртуті (хлоридної та адсорбованої) на територіях з природно-техногенним (МРП) та техногенним (завод «Радикал», території промислових підприємств). Встановлено, що при техногенному забрудненні їх вміст досягає 80%, а при природному не більше 30%.

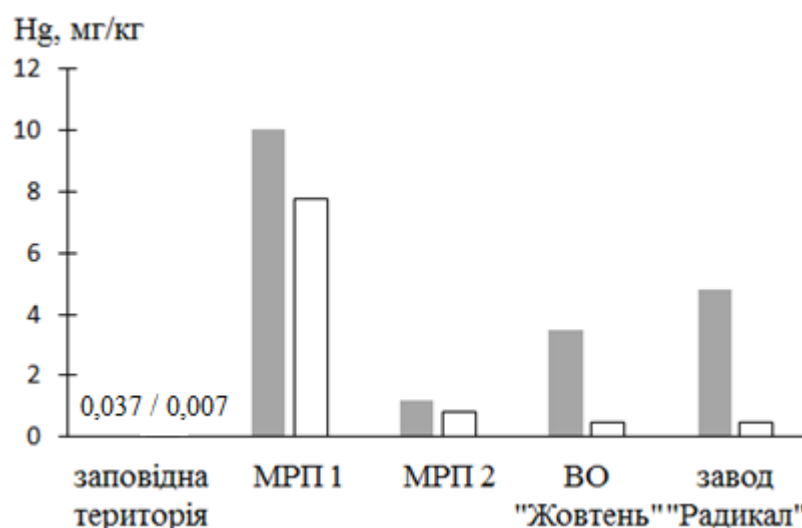


Рис. 5. Діаграма вмісту валової ртуті (темне) та ртуті після обробки дистильованою водою (світле) у поверхневих відкладах територій з різним ступенем техногенного навантаження. МРП 1 – середній вміст ртуті у ґрунтах МРП, МРП 2 – мінімальний

Проведено дослідження *підґрунтового повітря* у м. Києві у зонах тектонічного порушення. Як відомо надходження ртуті відбувається постійно, але активізується у зоні розломів, ці ж процеси характерні і для радону. На території м. Києва такою ділянкою є зона розломів у Печерському районі, що обмежується такими вулицями – з півночі: Верхня та Перспективна, зі сходу: вул. Мічуріна і Тимирязівська, з півдня – Залізничним шосе, та з заходу – вул. А. Барбюса та Червоноармійська.

Визначено фоновий вміст ртуті для території м. Києва – $0,01 \text{ нг/м}^3$ (правобережжя – $0,25 \text{ нг/м}^3$; лівобережжя – $0,003 \text{ нг/м}^3$); у зоні перетину розломів (бульв. Д.Народів та вул. Мічуріна) вміст ртуті у підґрунтовому повітрі складає $1,7 \text{ нг/м}^3$, що перевищує фоновий у десятки разів. Встановлено, що ореоли ртуті зони тектонічного порушення у 2 рази ширші ніж ореоли радону (рис. 6).

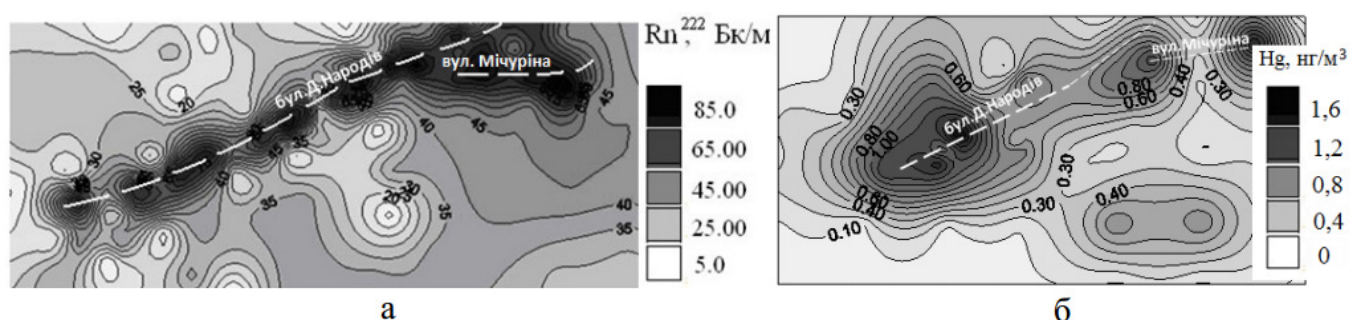


Рис. 6. Схема ізоконцентрацій у підґрунтовому повітрі: а) радону, б) ртуті (пунктир – зони тектонічних порушень)

При визначенні еколого-геохімічного стану території ефективними є геохімічні дослідження *рослинності*. На території МРП та заводу «Радикал» проаналізовано вміст ртуті та інших елементів у попелі рослин та розраховано коефіцієнти біологічного поглинання. Для території МРП об'єктами досліджень були надземні частини рослин пирій та молода береза (4 ділянки відбору проб,

див. рис. 1), а для території заводу «Радикал» – паслін чорний, череда та молода тополя (5 ділянок, див. рис. 2 б).

Одержано дані щодо переходу ртуті у рослини при максимальному її вмісті у ґрунті для досліджуваних територій (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнт біологічного поглинання (A_x) ртуті рослинами

Завод «Радикал»				Микитівське рудне поле			
Вид рослини	C_p	C_g	A_x	Вид рослини	C_p	C_g	A_x
Паслін чорний	9,47	2,49	3,81	Пирій	4,85	35,4	0,14
Молода тополя	0,1	4,85	0,02	Молода береза	1,7	35,4	0,05

Примітка: вміст ртуті, мг/кг: C_p – у рослині, C_g – вміст ртуті у ґрунті, мг/кг

Паслін чорний характеризується безбар'єрним накопиченням Hg та інших хімічних елементів – Cd, Zn, Sr, Pb, Se, Ni, Cr і може являтися рослиною-індикатором техногенного забруднення.

На території МРП хімічні елементи, в тому числі ртуть, лише захоплюються (A_x 0,2–0,03), що пояснюється бар'єрним накопиченням. Однак, пирій накопичує ртуті в 3 рази більше, ніж молода береза.

Необхідно зазначити, що на території МРП переважають ґрунти з підвищеним вмістом органічних речовин, що сорбують ртуть і служать природним бар'єром. Це знижує кількість ртуті, що засвоюється рослинами за рахунок утворення ртутьорганічних комплексів.

У п'ятому розділі **«ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ГІДРОСФЕРИ ЗА ОСОБЛИВОСТЯМИ РОЗПОДІЛУ РТУТІ В ДОННИХ ВІДКЛАДАХ ТА ПРИРОДНИХ ВОДАХ»** проаналізовано стан гідросфери та надана оцінка за еколого-геохімічними показниками.

Донні відклади довгостроково депонують забруднення і відіграють значну роль у формуванні гідрохімічного режиму річок будучи або акумулятором забруднюючих речовин, або їх джерелом.

За результатами дослідження (1986–2014) ступеня забруднення струмка Пляховий, який протікає через район відстійників заводу «Радикал» встановлено, що після техногенної аварії у зв'язку з закриттям заводу вміст ртуті знизився у 40 разів (рис. 7).

Забруднення ртуті формувалося в районі відстійників заводу «Радикал» та простягалося до місця впадіння струмка в озеро Нижній Тельбін. У 2014 році вміст ртуті у донних відкладах складав 5 мг/кг, що у 100 разів вище за фоновий (0,05 мг/кг) і згідно класифікації забрудненості донних відкладів, відноситься до рівня сильно забруднених. Необхідно відзначити, що максимальна концентрація ртуті в донних відкладах пояснюється морфологічною особливістю струмка (зміна напрямку потоку і гідродинамічними умовами), в результаті чого дрібні фракції донних відкладів концентрують більшу кількість ртуті, ніж крупніші фракції, що

знаходяться при прямолінійному стабільному русі. Небезпека підвищеного вмісту ртуті у донних відкладах полягає в тому, що мікроорганізми перетворюють її в метилртуть – надзвичайно отруйне і дуже стійке з'єднання.

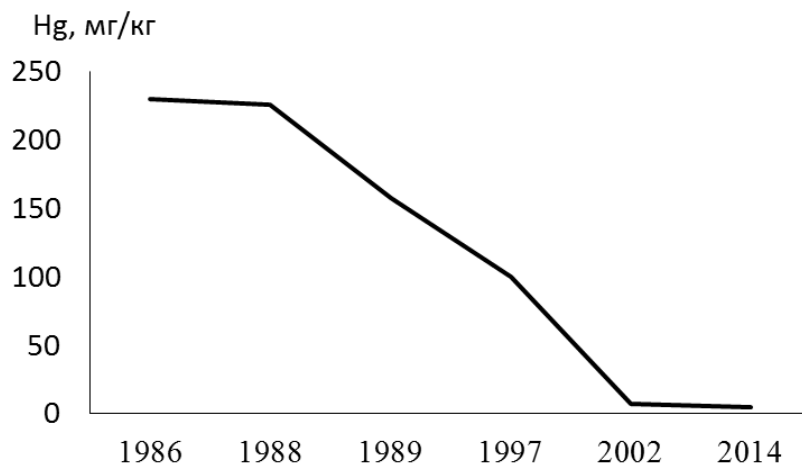


Рис. 7. Графік вмісту ртуті в донних відкладах струмка Пляховий за період 1986–2014 роки

Природні води це транспортуюче середовище головними джерелами забруднення яких є стічні води промислових підприємств, очисних споруд та каналізаційних стоків.

Після техногенної аварії на заводі «Радикал» виникла необхідність моніторингу вмісту ртуті у підземних водах (глибина 1,6–4,5м), який була проведено співробітниками Державного підприємства «Українська геологічна компанія» у 1996, 2002 роках. За матеріалами досліджень автором побудовано схему просторового розподілу ртуті у підземних водах і встановлено максимальне забруднення підземних вод у північно-західному напрямку від електролізного цеху (К_н 10–216), в подальші роки дослідження не проводилися. У 2014 році автором було проведено відбір проб струмка Пляховий на чотирьох ділянках за течією струмка (склад вод від сульфатно-гідрокарбонатно-кальцієвого до хлоридно-натрієво-кальцієвого з мінералізацією від 0,34 г/дм³ до 2,7 г/дм³, рН 5,2–7,4) та розраховано ІЗВ. Встановлено, що води ділянок, які розташовані у верхній течії струмка є умовно чистими, а у нижній течії – забрудненими. Порівнюючи з 1990 роком ступінь забруднення вод зменшився.

Природні води МРП характеризуються підвищеним вмістом ртуті та інших хімічних елементів внаслідок природних факторів, які обумовлені металогенічною особливістю регіону. Було відібрано зразки вод на семи ділянках в нижній течії річки Бахмут, яка протікає в 6 км від МРП, та проведена їх санітарно-гігієнічна (К_н) та еколого-геохімічна (К_с) оцінка. Забруднення ртуттю вод перевищує фоновий вміст у 30–75 разів, що зафіксовано на всіх ділянках. Перевищення відносно ГДК складає 1–3 рази. Побудовані геохімічні ряди дозволили встановити також перевищення у десятки та сотні разів відносно фонового вмісту Pb, Cu, Ni.

ВИСНОВКИ

1. В результаті моніторингових досліджень вперше проведена порівняльна характеристика забруднення об'єктів довкілля ртуттю природного і техногенного походження на території України (територія заводу «Радикал» та МРП). Середній вміст ртуті у поверхневих відкладах заводу «Радикал» за 18 років (з 1996 по 2014 рр.) знизився у 6 разів, а на території МРП за 6 років (з 2005 по 2011 рр.) у 1,6 рази.

2. Вивчення розподілу ртуті різного генезису в об'єктах довкілля дозволило встановити, що розробка родовищ ртуті (територія МРП) найбільш небезпечна для екологічного стану цієї території. Встановлено перевищення фоновому вмісту у ґрунтах, рослинах та поверхневих водах у десятки і сотні разів, тоді як при техногенному забрудненні (промислові підприємства міст Вінниці, Житомира та Києва) аномалії ртуті локальні і менш інтенсивні. На території МРП зафіксовано регіональне забруднення ртуттю, що спричинено металогенічною спеціалізацією регіону.

3. Встановлено, що за рахунок механічних втрат металевої ртуті (у процесі роботи і при аварії електролізного цеху заводу «Радикал») сформувалося техногенне забруднення ґрунтів, яке відрізняється нерівномірністю розподілу ртуті по площі і розрізу поверхневих відкладів. Виявлено, що аномальне поле забруднення знаходиться в південно-східній частині території досліджень, в межах електролізного цеху; площа забруднення становить $0,013 \text{ км}^2$ ($75\text{м} \times 38\text{м}$), що складає 2,5% від території заводу. Встановлено, що в результаті припинення роботи заводу «Радикал» знизилася концентрація ртуті в поверхневих відкладах (0-10 см) більш ніж удвічі, що можна пояснити перенесенням ртуті з поверхневим стоком в струмок Пляховий і концентрацією її в донних відкладах, а також її осадженням на глибші ґрунтові горизонти.

4. Аналіз результатів еколого-геохімічних досліджень дозволив виділити поля забруднення ртуттю та надати їм асоціативні геохімічні характеристики. На прикладі забруднення ґрунтів промислових підприємств міських агломерацій Житомира (фабрика хімчистки, взуттєва фабрика, ремонтно-механічний завод та паперова фабрика) і Вінниці (ВО «Жовтень», ВО «Термінал», інструментальний завод) визначено провідні елементи-забруднювачі – Ag, Hg, Pb (площа забруднення – $0,1\text{--}0,9 \text{ км}^2$).

5. Вперше за розрахунками еколого-геохімічних критеріїв (K_c , K_n , K_k , СПЗ, КПЗ, ППЕН) проведена оцінка забруднення об'єктів довкілля (поверхневих та донних відкладів, поверхневих вод, рослинності) на територіях з різним джерелом ртуті). Встановлено, що об'єкти довкілля території МРП характеризуються як надзвичайно забруднені; заводу «Радикал» – до помірно небезпечного з локальними аномаліями; поблизу промислових підприємств міст Вінниці та Житомира – до допустимого рівня забруднення, і лише територія поблизу ВО «Жовтень» (м. Вінниця), виробник скляних трубок для кінескопів, ламп денного освітлення, вакуумних індикаторів, мікросхем і транзисторів – до небезпечного.

6. Кореляційний аналіз зв'язку ртуті та інших хімічних елементів у ґрунтах аномальних полів, що пов'язані з природно-техногенним та техногенним джерелом

ртуті дозволив визначити, що на території МРП позитивний зв'язок встановлений лише з арсеном ($r > 0,5$); на території заводу «Радикал» (де ртуть знаходиться у металічній формі) вона не корелює ні з одним елементом; на території де ртуть промислово-техногенного походження встановлено її тісний кореляційний зв'язок з Ag та Pb ($r > 0,6$).

7. Вперше експериментально виявлено відсотковий вміст водорозчинних форм ртуті (хлоридної та адсорбованої) на територіях з природно-техногенним (МРП) та техногенним (завод «Радикал», території промислових підприємств) забрудненням. Встановлено, що при техногенному забрудненні їх вміст досягає 80%, а при природному не більше 30%.

8. Вперше визначено фоновий вміст ртуті на території правобережжя ($0,25 \text{ нг/м}^3$) та лівобережжя ($0,003 \text{ нг/м}^3$) м. Києва. Аналіз вмісту ртуті і радону у підгрунтового повітрі дозволяє використовувати їх в якості геохімічних індикаторів наявності зон тектонічних порушень (на прикладі правобережжя м. Києва). В цій зоні концентрації елементів перевищують фонові у десять разів ($\text{Hg} - 1,7 \text{ нг/м}^3$, $\text{Rn} - 90 \text{ Бк/м}^3$), а ореоли ртуті у 2 рази ширші за ореоли радону.

9. Аналіз результатів випробування наземних частин рослин на територіях з техногенним та природно-техногенним забрудненням (територія заводу «Радикал» та МРП) дозволив виявити найбільш інформативні рослини-індикатори щодо забруднення ртуттю. Встановлено, що на території МРП (грунти аномально забруднені ртуттю) рослини бар'єрно накопичують ртуть, найбільш індикаторним є пирій; на території заводу «Радикал» паслін чорний має безбар'єрне накопичення і може вважатися ефективним індикатором забруднення.

10. Аналіз результатів гідрогеохімічних досліджень поверхневих вод, які є транспортуючим середовищем, на прикладі струмка Пляховий (протікає в районі впливу заводу «Радикал») та ріки Бахмут (протікає в районі впливу МРП) дозволив встановити, що провідними елементами-забруднювачами є Hg, Ni, Cr. Інтенсивність забруднення вища у нижній течії водотоків (за значеннями індексу забрудненості вод відносяться до забруднених). В результаті проведених моніторингових досліджень донних відкладів (які довгостроково депонують ртутне забруднення) струмка Пляховий (1986–2014 рр.) виявлено позитивну динаміку щодо зменшення вмісту ртуті.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Панайт Е.В.** Розподіл ртуті у поверхневих відкладах США, Китаю, України та Росії. / Е.В.Панайт // Пошукова та екологічна геохімія. — 2015. — № 1 (16). — С. 15—18.

2. Жовинський Е.Я. Геохімія золотоносних кор вивітрювання кристалічного фундаменту Українського щита (Брусилівська шовна зона та прилеглі території) / Е.Я. Жовинський, Н.О. Крюченко, О.А. Жук, М.В. Кухар, Т.М. Слободенюк, **Е.В. Панайт**, К.Е. Дмитренко // Геохімія та рудоутворення. — Вип. 35. — 2015. — С. 43—47. (*Особистий внесок – збір даних, проведення аналітичних*

досліджень, щодо вмісту золота, ртуті та інших хімічних елементів у корах вивітрювання зон з різною тектонічною активізацією).

3. **Панаїт Е.В.** Вміст ртуті в ґрунтах поблизу Микитівського ртутного комбінату / Е.В.Панаїт // Пошукова та екологічна геохімія. — 2014. — № 1—2 (14—15). — С. 40—43.

4. **Панаїт Е.В.** Особливості розподілу радону в підґрунтовому повітрі / Е.В. Панаїт // Пошукова та екологічна геохімія. — 2013. — № 1 (13). — С. 25—29.

Стаття у науковому фаховому виданні України, яке включене до міжнародних наукометричних баз:

5. Крюченко Н.О. Особенности миграции и концентрации ртути в донных отложениях вблизи территорий промышленных зон / Н.О. Крюченко, **Э.В. Панаит** // Минералогічний журнал. — 2016. — Т. 38, №1. — С. 96—101. (*Особистий внесок – проведено моніторинг забруднення ртуттю донних відкладів струмка Пляховий (територія колишнього заводу «Радикал» (м. Київ) за період 1997-2014 роки)*)

Інші публікації за темою дисертації:

6. Крюченко Н.О. Цинк и ртуть в почвах и растениях техногеннозагрязненных территорий (на примере Яворовского военного полигона и территории завода «Радикал») / Н.О. Крюченко, Э.Я. Жовинский, **Э.В. Панаит**, Е.А. Андриевская // ScienceRise. — 2015. — Вип. 7/1 (12) — С. 23—27. (*Особистий внесок – надано геохімічну характеристику ґрунтів в межах території колишнього заводу «Радикал». Проведено аналіз поведінки ртуті в системі ґрунт-рослини в різні пори року).*)

7. Крюченко Н.О. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения поверхностных отложений промышленных зон бывшего завода «Радикал» Н.О. Крюченко, **Э.В. Панаит** // ScienceRise. — 2015. — Вип. 1/1 (6) — С. 23—26. (*Особистий внесок – встановлено середній вміст важких металів у ґрунтах території колишнього заводу «Радикал», визначена їх геохімічна формула, розраховано сумарний показник забруднення та коефіцієнт небезпечності забруднення ґрунтів).*)

Матеріали та тези конференцій:

8. **Панаїт Е.В.** Розподіл ртуті та інших металів у поверхневих відкладах Донецької області. / Е.В. Панаїт // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи”. — Львів : ЛДУ БЖД, 2015. — С.163—164.

9. **Панаїт Е.В.** Розподіл ртуті у об'єктах довкілля на техногенно забруднених територіях (завод «Радикал», м. Київ) / Е.В.Панаїт // Актуальні проблеми пошукової та екологічної геохімії : Зб. тез Міжнар. наук. конф. (Київ, 1–2 липня 2014 р.) / НАН України; Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П.Семененка; Ін-т геології і геохімії горючих копалин; «Т-во пошукової та екологічної геохімії». — К.: Інтерсервіс, 2014. — С. 87—88.

10. **Панаїт Е.В.** Ртуть як техногенний чинник (на прикладі заводу «Радикал», м. Київ) / Е.В.Панаїт // Матеріали Міжнародної наукової конференції «Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології» (до 70-річчя геологічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка), 31 березня—3 квітня 2014 р. (Київ, Україна). — К., 2014. Ч. II. — С.33—34.

11. **Панаїт Е.В.** Еколого-геохімічний стан ґрунтів заповідних територій (на прикладі заповідників — «Поліського», «Розточчя» і «Провальський степ») / Е.В. Панаїт // IX Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» : Зб. наук. ст. У 2-х т. Т. 1 / УкрНДІЕП. — Х.: Райдер, 2013. — С. 55—59.

АНОТАЦІЯ

Панаїт Е.В. Геохімія ртуті природного та техногенного походження в об'єктах довкілля. — **Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук за спеціальністю 04.00.02 – геохімія. – Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ, 2016.

Дисертаційну роботу присвячено дослідженню геохімічних особливостей розподілу ртуті та інших мікроелементів у об'єктах довкілля (поверхневі і донні відклади, підґрунтове повітря, природні води, рослинність). Одержано нові дані щодо розподілу ртуті природного (зона тектонічного порушення правобережжя м. Києва), природно-техногенного (розробка ртутних родовищ Микитівського рудного поля) та техногенного (території колишнього заводу «Радикал», м. Київ – техногенна аварія; м. Житомир, м. Вінниця – промислові підприємства та міста Донецької області) походження. Визначено фоновий та аномальний вміст ртуті та інших мікроелементів, виявлено типові геохімічні асоціації аномальних полів, розраховано геохімічні коефіцієнти та встановлено рівень забруднення. Виявлено ефективні рослини-індикатори забруднення ртуттю навколишнього середовища.

За допомогою ГІС-технологій побудовано схеми розподілу ртуті (природного, природно-техногенного та техногенного походження) та інших мікроелементів у об'єктах довкілля.

Ключові слова: ртуть, еколого-геохімічні дослідження, об'єкти довкілля, геохімічні асоціації, геохімічні критерії.

АННОТАЦИЯ

Панаит Э.В. Геохимия ртути природного и техногенного происхождения в объектах окружающей среды. — **Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата геологических наук по специальности 04.00.02 – геохимия. – Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко НАН Украины, Киев, 2016.

Диссертационная работа посвящена исследованию геохимических особенностей распределения ртути разного генезиса в объектах окружающей среды

– природного происхождения (зона тектонических нарушений правобережья г. Киева), природно-техногенного (разработка ртутных месторождений Никитовского рудного поля – НРП) и техногенного (территория бывшего завода «Радикал», г. Киев – техногенная авария; г. Житомир, г. Винница – промышленные предприятия; и города Донецкой области).

Проведенные мониторинговые исследования относительно загрязнения ртутью объектов окружающей среды (почв и донных отложений) на территориях с техногенным и природно-техногенным источником элемента (территория бывшего завода «Радикал» и НРП) позволили установить позитивную динамику к их очищению и определить процессы, которые способствуют накоплению ртути в почвах (наличие органической составляющей).

На основе анализа наземных частей растений на территориях с техногенным (территория бывшего завода «Радикал» – паслен черный, череша и молодой тополь) и природно-техногенным источником элемента (НРП – пырей и молодая береза) установлены наиболее информативные растения-индикаторы по загрязнению ртутью. Установлено, что на территории НРП (почвы аномально загрязненные ртутью) растения барьерно накапливают ртуть, наиболее индикаторным является пырей; на территории завода «Радикал» паслен черный имеет безбарьерное накопления и может считаться эффективным индикатором загрязнения.

На основании анализа донных отложений ручья Пляховый (который находится в зоне влияния завода «Радикал») определялась степень их загрязнения ртутью. Согласно классификации загрязненности донных отложений, они относятся к уровню, который требует вмешательства (сильно загрязненные).

На основании анализа содержаний ртути и радона в почвенном воздухе установлено, что их можно использовать в качестве геохимических индикаторов наличия зон тектонических нарушений (на примере правобережья г. Киева). Определено, что в этой зоне концентрации элементов превышают фоновые в десять раз, а ореолы ртути шире ореолов радона.

С помощью геоинформационных технологий построены карты-схемы распространения ртути в поверхностных отложениях и почвенном воздухе на территории городских агломераций. На основе эколого-геохимической оценки объектов окружающей среды установлено, что на территории с природно-техногенным источником ртути (НРП) зафиксировано региональное загрязнение ртутью, что вызвано металлогенической специализацией региона, а при техногенном источнике (промышленные предприятия Винницы, Житомира и Киева) аномалии ртути локальные и менее интенсивные.

Ключевые слова: ртуть, эколого-геохимические исследования, объекты окружающей среды, геохимические ассоциации, геохимические критерии.

SUMMARY

Panait E.V. Geochemistry of mercury with natural and technogenic origin in environmental objects. – **Manuscript copyright.**

Dissertation is for the degree of candidate of geological sciences, specialty 04.00.02 – geochemistry. – M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to research of geochemical characteristics of the mercury distribution and other trace elements in environmental objects (surface and bottom sediments, underground air, natural water, plants). New data of the mercury distribution of: natural (the zone of tectonic faults on the right bank of Kyiv), natural-technogenic (development of mercury deposits on Nikitovskiy ore field,) and technogenic (the territory of the former plant "Radical", Kyiv – technogenic accident; city Zhytomyr, city Vinnytsya – industrial plants and cities of Donetsk region) origin are obtained. Background and anomalous mercury and other trace elements, typical geochemical association of anomalous fields are revealed, geochemical ratios are calculated and levels of pollution are defined. It is discovered effective plant-indicators of mercury pollution of the environment.

The patterns of mercury and other microelements distribution in environmental objects of the territory of conurbations are made by means of GIS.

Keywords: mercury, ecogeochemical studies, environmental objects, geochemical association, geochemical ratios.

Підписано до друку 01.08.2016. Формат 60×84/16. Гарн. тип Таймс. Папір офсетний №1
Друк ризографічний. Ум. Друк. Арк. 0.9. Ум. фарбо-відб. 0.9. Обл.-вид. рк. 0.92.
Тираж 100 прим. Зам. №0-65

Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України.
Україна, 03680, Київ–142, МСП, бульв. Академіка Вернадського, 36

поліграфічна дільниця
Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України.
Україна, 03680, Київ–142, МСП, бульв. Академіка Вернадського, 36