

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ КОЛОЇДНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЇ ВОДИ ім. А.В. ДУМАНСЬКОГО**

Симканич Олеся Іванівна

УДК 504.064:502.4:550.42: 539.166:543.421

**ХІМІЧНИЙ ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВАЖКИХ
МЕТАЛІВ І ГАММА-РАДІОНУКЛІДІВ У ОБ'ЄКТАХ ДОВКІЛЛЯ
ЗАКАРПАТТЯ**

21.06.01 – екологічна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата хімічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі екології та охорони навколишнього середовища Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор хімічних наук, доцент
Сухарев Сергій Миколайович
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища

Офіційні опоненти: доктор хімічних наук, старший науковий співробітник
Пшинко Галина Миколаївна
Інститут колоїдної хімії та хімії води
ім. А.В. Думанського НАН України,
завідувач відділу аналітичної та радіохімії

кандидат хімічних наук
Закутевський Олег Ігорович
Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України,
старший науковий співробітник відділу сорбції та тонкого неорганічного синтезу

Захист відбудеться «19» травня 2016 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.183.01 при Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України за адресою: 03680, МСП, м. Київ-142, бульвар Академіка Вернадського, 42.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України (03680, м. Київ-142, бульвар Академіка Вернадського, 42).

Автореферат розісланий «___» квітня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор хімічних наук



М.В. Мілюкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Підвищення ефективності екологічного менеджменту можливе шляхом вдосконалення системи моніторингу довкілля, яка є інструментом збору і систематизації інформації про екологічний стан об'єктів навколишнього природного середовища та виявлення джерел антропогенного впливу на компоненти природи. В цьому контексті важливу роль відіграє хімічний і радіоекологічний моніторинг, особливо у межах природно-заповідного фонду, адже він дозволяє урахувати особливості кліматичних, морфологічних і геологічних умов територій при встановленні нормативів стану об'єктів довкілля, проведенні картографування і паспортизації цих територій. Вкрай актуальні такі дослідження для молодих гір, якими є Карпати, тому Закарпатська область заслуговує особливої уваги, адже зональність території області з виділенням гірських, передгірських і низовинних районів вимагає визначення фонових значень вмісту важких металів (ВМ) і питомої активності гамма-активних нуклідів (ГАН) у об'єктах навколишнього природного середовища. Для охоплення всіх ландшафтних зон Закарпатської області, проведення досліджень щодо фонових значень вмісту ВМ і питомої активності ГАН доцільно здійснювати у межах національних природних парків (НПП) Закарпаття, зокрема НПП «Синевир», НПП «Ужанський» і НПП «Зачарований край». Площа цих об'єктів природно-заповідного фонду з урахуванням їх розташування дозволяє екстраполювати одержані дані на прилеглі території, а фонові значення вмісту ВМ і питомої активності ГАН використати як нормативи стану відповідних об'єктів довкілля.

Крім того, географічне розташування Закарпатської області, яка межує з чотирма країнами Євросоюзу, викликає інтерес у проведенні таких досліджень, тому що екологічний стан території Закарпаття в значній мірі визначає екологічний стан територій країн Євросоюзу, адже найбільша притока Дунаю – р. Тиса бере початок на Закарпатті. Цікавим є і зворотній зв'язок, щодо можливості транскордонного переносу забруднювальних речовин на територію Закарпаття, оскільки Карпатські гори є своєрідним бар'єром щодо міграції токсикантів.

Обов'язковими критеріями моніторингу виступають ВМ і лише в окремих випадках, як критерії моніторингу, використовують ГАН, тоді як поєднання цих показників дозволяє одержати більш об'єктивну інформацію про особливості екологічного стану територій, а встановлені закономірності їх розподілу, міграції та акумуляції у об'єктах довкілля (грунтові профілі, донні відклади малих річок, рослини) – проводити прогнозування майбутнього стану досліджуваних і прилеглих територій. В той же час в науковій літературі практично відсутні дані про поєднання ВМ і ГАН як параметрів моніторингу. Тому, на наш погляд, перспективним є дослідження, які направлені на проведення хімічного та радіоекологічного моніторингу важких металів і гамма-активних нуклідів у об'єктах довкілля Закарпатської області.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі екології та охорони навколишнього

середовища хімічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет» у відповідності з головною науковою тематикою кафедри: «Розробка теоретичних та практичних методів моніторингу об'єктів технологічних процесів та навколишнього середовища», а також держбюджетними темами ДБ-731П «Розробка та оптимізація методик моніторингу вмісту сполук важких металів в об'єктах навколишнього природного середовища», номер державної реєстрації ДР-0109U000888 (2009-2010 рр.), ДБ-780П «Фоновий моніторинг заповідних територій національних природних парків Західних Карпат», номер державної реєстрації ДР-0111U001658 (2011-2012 рр.).

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей фонових значень розподілу вмісту важких металів і питомої активності гамма-активних нуклідів на основі хімічного і радіоекологічного моніторингу в об'єктах довкілля Закарпаття для підвищення ефективності екологічного менеджменту та заходів забезпечення екологічної безпеки.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- оптимізувати часові параметри вимірювання питомої активності ГАН методом гамма-спектрометрії, підібрати умови визначення ВМ методом атомно-абсорбційної спектроскопії, визначити валідність методик визначення ГАН і ВМ у об'єктах навколишнього природного середовища;

- встановити закономірності розподілу, міграції та акумуляції природних ГАН (^{40}K та нуклідів рядів ^{232}Th і ^{238}U), а також техногенного ^{137}Cs у досліджуваних об'єктах природно-заповідного фонду (грунтові профілі, донні відклади малих річок), співвідношення часток природних ГАН рядів ^{232}Th і ^{238}U у формуванні радіаційного фону на територіях різних ландшафтних зон;

- визначити розподіл ВМ у природних об'єктах (грунтові профілі, системи «грунт \rightarrow рослина», «грунт \rightarrow донні відклади малих річок \rightarrow вода»), обґрунтувати закономірності їх міграції та акумуляції, а також вплив окремих чинників на ці процеси;

- запропонувати нові критерії оцінки стану об'єктів довкілля щодо розподілу ГАН і ВМ, які були б інформативними і дозволяли ефективно проводити моніторинг фонових значень цих параметрів;

- провести узагальнення даних щодо розподілу, міграції та акумуляції ГАН і ВМ у межах об'єктів природно-заповідного фонду Закарпаття, на основі чого запропонувати рекомендації для встановлення нормативів стану об'єктів довкілля та їх використання для оцінки екологічного стану антропогенно навантажених територій, провести паспортизацію ґрунтів і картографування досліджуваних територій, що дозволяє прогнозувати майбутній їх стан.

Об'єкт дослідження: процеси розподілу, міграції та акумуляції ГАН і ВМ у об'єктах довкілля Закарпатської області.

Предмет дослідження: питома активність ГАН і вміст ВМ у ґрунтових профілях, донних відкладах малих річок і рослинах у межах досліджуваних територій.

Методи дослідження: гамма- і бета-спектрометрія, атомно-абсорбційна спектроскопія (полум'яний і електротермічний варіанти, метод «холодної пари»), полум'яна спектрофотометрія, спектрофотометрія, потенціометрія, титриметрія, картографування, кластерний і факторний аналізи.

Наукова новизна одержаних результатів. Вперше запропоновано комплексний підхід, який полягає у поєднанні хімічних (вміст ВМ) і радіоекологічних (питома активність ГАН) параметрів моніторингу, що дозволило визначити їх фонові значення, які застосовані у системі екологічного менеджменту.

Встановлено закономірності розподілу, міграції і акумуляції ВМ і ГАН у ґрунтових профілях і донних відкладах річок, басейни яких охоплюють природно-заповідні території Закарпаття, з урахуванням ландшафтного зонування області. Встановлено процеси вираженої міграції ВМ і техногенного ^{137}Cs при переході від гірського до передгірського і низовинного ландшафту, тоді як розподіл природних ГАН носить зворотній характер. Пояснено ймовірну причину цих явищ. З'ясовано особливості міграції ГАН і ВМ у системі «ґрунт – донні відклади малих річок – вода» та «ґрунт – рослина», розраховані відповідні міграційні коефіцієнти. В межах пралісів, переважно букових, такі дослідження проведені вперше.

Запропонований новий підхід до оцінки валідності методики визначення питомої активності ГАН у об'єктах довкілля методом гамма-спектрометрії, як на основі порівняння даних з результатами бета-спектрометричних досліджень, так і на основі визначення питомої активності ^{40}K у гумусовому ґрунтовому профілі, з перерахунком на валовий вміст калію, який паралельно визначали методами полум'яної спектрофотометрії та атомно-абсорбційної спектроскопії (полум'яний варіант).

Вперше обґрунтовано можливість використання питомої активності окремих ГАН (радіоактивних міток рядів ^{238}U і ^{232}Th) у гумусовому ґрунтовому горизонті як критерію ідентифікації ґрунтів окремих ділянок. Крім того, для територій різних ландшафтних зон запропоновано, як критерій ідентифікації ґрунтів, використовувати відношення сумарної активності природних ГАН ряду ^{232}Th ($\Sigma ^{232}\text{Th}$) до сумарної активності природних ГАН ряду ^{238}U ($\Sigma ^{238}\text{U}$).

Запропоновано використовувати, як критерій екологічного стану ґрунтів, міграційну здатність ВМ, яка може бути оцінена за відношенням вмісту кислоторозчинних форм ВМ до їх валового вмісту в гумусовому профілі.

Практична цінність одержаних результатів. Результати фонових значень вмісту ВМ і питомої активності ГАН у природно-заповідних об'єктах Закарпатської області використані органами державної виконавчої влади, які здійснюють свої повноваження в сфері екологічного менеджменту як рекомендації при встановленні нормативів стану об'єктів довкілля, проведенні паспортизації ґрунтів і картографуванні заповідних територій.

Дані картографування досліджуваних природно-заповідних об'єктів і прилеглих територій дозволили виявити тенденції щодо міграції та акумуляції

ГАН і ВМ у об'єктах довкілля, що дозволяє проводити моделювання цих процесів і прогнозувати майбутній стан територій за даними критеріями. Встановлений розподіл ГАН і ВМ у ґрунтових профілях, донних відкладах малих річок і рослинності природно-заповідних територій Закарпатської області, в т.ч. у межах пралісів, дозволяє, за необхідності, впроваджувати заходи і засоби мінімізації негативного впливу ГАН і ВМ на довкілля і людину.

На основі фонових значень вмісту ВМ і питомої активності ГАН запропоновані нормативи стану об'єктів довкілля для оцінки стану антропогенно навантажених територій, що показало їх ефективність для можливого проведення екологічної експертизи чи аудиту.

Запропоновані критерії екологічної оцінки стану ґрунтів на основі міграційної здатності ВМ, а також критерії ідентифікації ґрунтів окремих ділянок певної території, на основі питомої активності радіоактивних міток і відношення $\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$, дозволяють більш ефективно проводити оцінку екологічного стану територій та впроваджувати заходи, які направлені на забезпечення екологічної безпеки.

Оптимізовані часові параметри вимірювання ГАН методом гамма-спектрометрії стали основою розробки нової методики їх визначення, валідність якої підтверджена альтернативними методами аналізу.

Результати дослідження впроваджені у Державному управлінні охорони навколишнього природного середовища в Закарпатській області (Лист № 136/01 від 25.01.12 р.), Басейновому управлінні водних ресурсів р. Тиса (Лист 01-09/04/1 від 03.01.2012 р.), Державному управлінні водних ресурсів і меліорації у Закарпатській області (акт про впровадження науково-дослідної роботи б/н від 20.10.2010 р.), а також у навчальному процесі на хімічному факультеті ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (довідки).

Особистий внесок здобувача. Пошук, систематизація і аналіз літературних даних, основний обсяг експериментальної роботи, обробка та попередній аналіз результатів виконані здобувачем особисто. Вибір тематики, постановка мети та завдань дослідження, обговорення та узагальнення одержаних результатів, написання наукових статей проведено спільно із науковим керівником д.х.н., доц., проф. кафедри екології та охорони навколишнього середовища Сухаревим С.М.

Радіаційні дослідження проводились у відділі фотоядерних процесів Інституту електронної фізики НАН України спільно з д.ф.-м.н., проф. Маслюком В.Т., к.ф.-м.н., с.н.с. Парлагом О.О., науковим співробітником Стець М.В. Обговорення результатів таких досліджень здійснювались спільно із науковим керівником та фахівцями даного відділу.

Визначення вмісту важких металів проводили у випробувальній лабораторії ДП «Закарпатський центр стандартизації, метрології та сертифікації» за участю працівників даної лабораторії.

Обговорення та узагальнення окремих результатів дослідження, а також підготовка матеріалів публікацій проведено спільно з к.х.н., доц. Сухаревою О.Ю. та інж. Сватюк Н.І.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи представлені та обговорені на наукових конференціях різних рівнів, зокрема, Міжнародній науковій конференції аспірантів та молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології» (Донецьк, 2009), Міжнародній конференції молодих вчених і аспірантів «ІЕФ-2009» і «ІЕФ-2015» (Ужгород, 2009, 2015), Міжнародній конференції «Фізичні методи в екології, біології та медицині» (Ужгород-Ворохта, 2009, Львів-Шацьк, 2010, 2011), International symposium on in situ nuclear metrology as a tool for radioecology (Dubna, 2010), Міжнародній науково-практичній конференції «Карпатська конференція з проблем охорони довкілля» (СЕС-2011) (Мукачеве-Ужгород, 2011), Сесії наукової ради НАН України з проблем аналітичної хімії (Гурзуф, 2012), IV науково-практичній конференції «Електроніка та інформаційні технології» (Львів-Чинадієво, 2012), I Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування» (Івано-Франківськ, 2012 р), Конференціях по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям (Харьков, 2012, 2013), 6TH International symposium on in situ nuclear metrology as a tool for radioecology (Brussels, Belgium, 2012), VII Hungarian radon forum and radon in environment satellite workshop (Veszprém-Hungary, 2013), IX Всеукраїнській конференції з аналітичної хімії (Донецьк, 2013), IV і V Всеукраїнському з'їзді екологів з Міжнародною участю (Вінниця, 2013, 2015), II Міжнародній конференції «Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення» (Ужгород, 2014), Міжнародній конференції «Київська конференція з аналітичної хімії: сучасні тенденції» (Київ, 2014, 2015), Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми гідробудівництва та експлуатації гідротехнічних об'єктів на малих річках в умовах Карпатського Євро регіону» (Ужгород, 2014), International scientific conference «New trends in the ecological and biological research» (Prešov, Slovak Republic, 2015), 2nd International Conference «Radon in the Environment» (Krakow, Poland, 2015), Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Хімія, екологія та освіта» (Полтава, 2015), Першій Міжнародній науково-практичній конференції «Природа Волині й Поділля: дослідження та охорона» (Броди, 2015) та щорічних наукових конференціях професорсько-викладацького складу хімічного факультету ДНВЗ «Ужгородський національний університет» (2011-2015 рр.).

Публікації. За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 13 наукових статей (в т.ч. 9 у фахових виданнях) та 26 друкованих матеріалів наукових конференцій різних рівнів.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків (дані про впровадження результатів роботи). Загальний обсяг дисертації становить 194 сторінки, вона містить 50 рисунків, 42 таблиці, список використаних джерел налічує 292 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульована її мета і завдання, показано наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів.

В **першому розділі** представлено огляд літератури за темою дисертаційної роботи, обґрунтовано вибір ВМ і ГАН в якості параметрів фонових моніторингу, показано його роль в системі екологічного менеджменту і розглянуто сучасний стан проблеми визначення токсикантів. Підкреслено актуальність проведення моніторингу фонових значень в межах НПП Закарпатської області, доцільність поєднання ВМ і ГАН для більш об'єктивної оцінки екологічного стану заповідних територій та покращення метрологічних параметрів методик визначення зазначених показників.

Постановку експерименту, а також характеристику досліджуваних НПП «Синевир», «Ужанський» і «Зачарований край» представлено у **другому розділі**. Обґрунтовано вибір гамма-спектроскопічної установки «SBS-40» для визначення ГАН, представлено методологію калібрування приладу за стандартними зразками та ідентифікації ГАН. Показана доцільність оптимізації параметрів вимірювання питомої активності ГАН методом гамма-спектроскопії, а також необхідність підтвердження валідності методики їх визначення. Вибір методу атомно-абсорбційної спектроскопії для визначення ВМ проводився з огляду на чутливість методу і достовірність результатів визначення металів. Обґрунтовано вибір хімічних модифікаторів при визначенні металів методом атомно-абсорбційної спектроскопії, показано процедуру перевірки правильності визначення ВМ. Представлено методологію застосовуваних розрахунків, допоміжних процедур дослідження, тощо. Для можливості порівняння міграційних процесів у ґрунтах і донних відкладах територій різних ландшафтних зон, важливим є визначення окремих параметрів стану цих об'єктів, зокрема визначення типів ґрунтів, вмісту в них і донних відкладах органічних речовин, рН, а також ємності катіонного обміну цих об'єктів, які впливають на процеси міграції та акумуляції ВМ. Результати досліджень усереднених зразків проб ґрунтів і донних відкладів територій природно-заповідного фонду представлені у табл. 1. Дані табл. 1 показують, що досліджувані ґрунти є різновидами глинистих буроземів, вони мають кислий характер з невеликим вмістом органічної речовини, а величина ємності катіонного обміну свідчать про здатність ґрунтів і донних відкладів до накопичення катіонів ВМ. Найбільш виражена така здатність для ґрунтів низовинних ландшафтних зон.

Третій розділ присвячений радіоекологічному моніторингу, а також перевірці валідності методики визначення питомої активності ГАН в об'єктах довкілля. Проведено дослідження по вивченню закономірностей розподілу, міграції та акумуляції ГАН у ґрунтових профілях і донних відкладах малих річок в межах НПП Закарпаття, а також результати кластерного і факторного аналізів.

Показано, що для забезпечення оперативності радіоекологічного моніторингу об'єктів довкілля важливу роль відіграє тривалість набору

статистики вимірювань і при цьому можна обґрунтувати мінімальний час вимірювання, при якому забезпечується прийнятна достовірність результатів. Для гамма-спектроскопічної установки «SBS-40» мінімально обґрунтованим часом вимірювання активності ГАН є 5000 с.

Таблиця 1

Результати визначення окремих параметрів стану ґрунтів і донних відкладів малих річок

Досліджуваний зразок (усереднений)	Тип ґрунту	pH	Вміст органічної речовини, %	Ємність катіонного обміну, мг-екв / 100 г
НПП «Синевир»				
Ґрунти гумусового профілю	Гірсько-лісові бурі кислі, неопідзолені	4,0±0,2	0,73±0,11	29,9±3,1
Донні відклади річок	-	4,9±0,2	1,08±0,21	20,4±2,2
НПП «Ужанський»				
Ґрунти гумусового профілю	Темно-бурі гірсько-лісові кислі, неопідзолені	4,6±0,5	1,41±0,40	34,7±3,2
Донні відклади річок	-	5,5±0,4	1,95±0,54	24,6±2,8
НПП «Зачарований край»				
Ґрунти гумусового профілю	Бурі гірсько-лісові, опідзолені, кислі, оглеєні, важко суглинкові	4,3±0,3	0,89±0,31	37,4±3,9
Донні відклади річок	-	5,2±0,2	1,44±0,33	28,7±3,1

Примітка. pH – кислотність водної витяжки ґрунту або донних відкладів (співвідношення ґрунт:вода = 1:5).

Оцінка валідності методики визначення питомої активності ГАН є складною процедурою, адже прямої альтернативи методу гамма-спектрометрії немає. Для цього нами використано два основних підходи:

- визначення питомої активності ^{40}K у гумусових профілях методом гамма-спектрометрії з перерахунком на валовий вміст (ΣK) калію у ґрунтах за даними активності ^{40}K з паралельним визначенням валового вмісту калію у ґрунтах методами полум'яної спектрофотометрії та атомно-абсорбційної спектроскопії;
- застосування методу бета-спектрометрії, як альтернативи методу гамма-спектрометрії, при дослідженні зразків ґрунтів і донних відкладів малих річок.

Дослідження показали, що методика визначення питомої активності ГАН методом гамма-спектрометрії з урахуванням оптимізації часу вимірювань є валідною, а результати вимірювань різними методами є збіжними.

Детальні радіоекологічні дослідження ґрунтових профілів і донних відкладів малих річок, басейни яких охоплюють території НПП, показали ряд особливостей щодо розподілу, міграції та акумуляції ГАН.

Вивчення розподілу природних ГАН (^{40}K , нукліди рядів ^{232}Th і ^{238}U) і техногенного ^{137}Cs у межах ґрунтових профілів показало, що найбільш презентабельними є результати для гумусового горизонту (0-20 см), хоча

дослідження верхнього перехідного профілю (20-50 см) і нижнього перехідного профілю (> 50 см) є важливим з точки зору вивчення міграційних процесів. Так, основний внесок у питому радіоактивність ґрунтів вносить ^{40}K (зосереджений у гумусовому і верхньому перехідному профілі), проте спостерігається певна фрагментація активності цього ГАН навіть у межах однієї території НПП. Це зумовлено рядом факторів, зокрема типом ґрунтів, їх гідрологічним режимом, тощо. Техногенний ^{137}Cs зосереджений у гумусовому профілі і його питома активність різко зменшується за вертикальним ґрунтовим розрізом, що підкреслює його екзогенне походження. Питома активність окремих природних ГАН рядів ^{232}Th і ^{238}U в межах ґрунтових профілів суттєво коливається, що може бути використано як критерій ідентифікації ґрунтів певної ділянки території.

Порівняння радіоекологічних показників стану гумусових ґрунтових профілів територій НПП гірських ландшафтів (НПП «Синевир»), передгірських ландшафтів (НПП «Ужанський») і низинних ландшафтів (НПП «Зачарований край») показало ряд закономірностей щодо розподілу ГАН. По-перше, має місце певна геохімічна аномалія розподілу природних ГАН у ґрунтах і сумарна питома активність природних ГАН (без урахування ^{40}K) у ґрунтах гірських ландшафтів є вищою, ніж у ґрунтах передгірських, а в останніх – вищою, ніж у ґрунтах низинних ландшафтів. Це, очевидно, зумовлено геоморфологією гірських і передгірських регіонів Закарпаття, де періодичні землетруси сприяють появі тріщин у гірських породах, що є причиною виділення Радону (^{222}Rn і ^{220}Rn), який при розкладі утворює ізомери ряду ^{232}Th (^{212}Bi , ^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{208}Tl) і ^{238}U (^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{226}Ra), виявлені у досліджуваних зразках ґрунту. По-друге, участь природних ГАН ($\Sigma ^{232}\text{Th} / \Sigma ^{238}\text{U}$) у створенні радіаційного фону суттєво відрізняється для ґрунтів різних ландшафтів, причому у ґрунтах гірської місцевості домінують ГАН ряду ^{238}U , тоді як у ґрунтах низинних регіонів – ГАН ряду ^{232}Th , що може бути обумовлено особливостями геоморфології і геології досліджуваних територій. По-третє, спостерігається міграція ^{137}Cs у ґрунтах при переході від гірських до передгірських і низовинних ландшафтів. У табл. 2, як приклад, представлено окремі дані визначення питомої активності ГАН у гумусовому ґрунтовому профілі досліджуваних НПП.

Дані табл. 2 підтверджують тенденції щодо розподілу ГАН у ґрунтах НПП Закарпатської області, які вказані вище. Так, сумарна питома активність природних ГАН у ґрунтах НПП «Синевир» (гірський ландшафт) складає $\Sigma A=254\pm 17$ Бк/кг (без урахування ^{40}K), у ґрунтах НПП «Ужанський» (передгірський ландшафт) – $\Sigma A=239\pm 52$ Бк/кг, а у ґрунтах НПП «Зачарований край» (низинний ландшафт) – $\Sigma A=91\pm 28$ Бк/кг. З огляду на те, що в межах досліджуваних територій зустрічаються буроземні гірсько-лісові ґрунти, аномальний розподіл ГАН зумовлений, переважно, особливістю геологічної будови гірських порід. Відношення $\Sigma ^{232}\text{Th} / \Sigma ^{238}\text{U}$ у ґрунтах різного ландшафту суттєво відрізняються, зокрема в гірському регіоні цей показник складає $0,87\pm 0,20$, тобто домінують ГАН ряду ^{238}U , у передгірському регіоні відношення $\Sigma ^{232}\text{Th} / \Sigma ^{238}\text{U}$ становить $2,26\pm 0,40$, тоді як у низинному спостерігається суттєве

коливання даного показника в діапазоні 1,20÷3,70, що свідчить про нестабільну геохімічну обстановку. Показник відношення $\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$ може бути використаний як критерій ідентифікації ґрунтів окремих ділянок територій НПП. Середня питома активність ^{137}Cs у ґрунтах гумусового профілю НПП «Синевир» становить $A_{\text{Cs-137}}=13,5\pm 3,3$ Бк/кг, НПП «Ужанський» – $A_{\text{Cs-137}}=13,9\pm 10,2$ Бк/кг, а НПП «Зачарований край» – $A_{\text{Cs-137}}=23,9\pm 13,7$ Бк/кг, що свідчить про міграцію даного ГАН техногенного походження.

Таблиця 2

Результати визначення питомої активності окремих ГАН у гумусовому ґрунтовому профілі Національних природних парків (n=6; P=0,95)

Зразки ґрунту	Питома активність ГАН ($\bar{X} \pm \delta$), Бк/кг					ΣA , Бк/кг ($\bar{X} \pm \Delta X$)	$\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$
	^{40}K	^{137}Cs	^{214}Bi	^{212}Pb	^{228}Ac		
НПП «Синевир» (гірський ландшафт)							
№ 1	164±23	15,1±2,0	29,1±4,1	30,1±4,2	26,9±4,8	260±35*	0,69
№ 2	176±23	12,9±2,2	25,3±3,8	28,5±4,0	33,1±5,3	261±36*	0,71
№ 3	163±24	10,2±1,8	19,7±3,3	25,1±3,8	55,4±7,2	241±32*	1,07
№ 4	201±24	16,6±2,2	25,4±3,6	27,8±4,2	52,4±7,3	271±38*	0,89
№ 5	188±24	12,5±2,0	21,3±3,4	26,3±3,9	43,1±6,5	239±31*	0,97
НПП «Ужанський» (передгірський ландшафт)							
№ 1	87±16	12,7±2,2	35,1±4,9	41,3±5,4	57,6±8,1	238±29	2,38
№ 2	384±35	23,9±3,3	40,7±5,7	49,2±5,9	52,4±7,9	245±32	2,11
№ 3	120±18	7,2±1,4	32,6±4,6	42,1±5,5	57,5±8,0	230±29	2,50
№ 4	289±29	10,8±1,8	43,3±5,2	50,5±6,1	50,4±7,6	254±34	2,22
№ 5	252±25	16,9±2,5	37,1±5,2	48,9±5,9	38,6±6,2	214±27	2,04
НПП «Зачарований край» (низинний ландшафт)							
№ 1	83±15	35,1±4,9	16,6±3,0	24,3±3,6	52,4±7,3	116±15	2,68
№ 2	200±22	10,2±1,7	20,4±3,5	18,7±3,0	19,5±3,9	65±9	1,22
№ 3	158±21	34,6±4,8	10,5±2,3	24,9±3,7	26,9±4,6	79±11	3,10
№ 4	127±17	18,8±2,6	18,4±2,9	18,4±2,6	11,6±2,2	72±12	1,21
№ 5	173±21	29,3±4,4	38,9±5,1	24,3±3,6	31,8±5,4	129±19	1,20

Примітка. ΣA – сумарна активність всіх ідентифікованих природних ГАН (^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{226}Ra , ^{212}Pb , ^{228}Ac , ^{212}Bi , ^{208}Tl), без урахування ^{40}K , при часі вимірювання 5000 с; $\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$ – відношення сумарної активності природних ГАН ряду ^{232}Th до ряду ^{238}U ; * – висока питома активність ^{226}Ra (76-104 Бк/кг), яка врахована у ΣA ; №1 – №5 вибрані зразки ґрунтів, які відібрані з різних ділянок заповідних територій.

Крім того, при організації радіоекологічного моніторингу ґрунтів заповідних територій, дослідження доцільно проводити за радіоактивними мітками, зокрема ^{214}Bi (ряд ^{238}U) і ^{228}Ac , ^{212}Pb (ряд ^{232}Th), що можна використати і для ідентифікації ґрунтів окремих ділянок територій природно-заповідних об'єктів.

В межах досліджуваних об'єктів природно-заповідного фонду зустрічаються праліси (площа лісистості до 98%), зокрема буково-ялинові у межах НПП «Синевир», буково-дубові у межах НПП «Ужанський» та букові у межах НПП «Зачарований край», які можна розглядати як еталонні природні екосистеми.

Тому вивчення закономірностей розподілу і міграції ГАН у межах цих об'єктів є важливою складовою встановлення нормативів стану лісових ґрунтів.

Радіоекологічні дослідження донних відкладів малих річок, басейни яких охоплюють території досліджуваних НПП, показали, що донні відклади мають акумулюючо-нівелюючі властивості щодо ГАН, але при цьому вони відображають радіоекологічний стан ґрунтів гумусового профілю басейну цих річок. Тому радіоекологічний моніторинг в межах природно-заповідних об'єктів доцільно проводити за донними відкладами малих річок.

Акумулюючо-нівелюючі властивості донних відкладів малих річок проявляються у тому, що спостерігається акумуляція ГАН у системі «ґрунт – донні відклади», але при цьому нівелюється характерне співвідношення питомої активності природних ГАН ($\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$), яке було притаманне ґрунтам. Основний внесок у питому природну радіоактивність донних відкладів належить ^{40}K (активність змінюється за течією річок стрибкоподібно і пропорційно рівню замулювання русла), але зростання сумарної питомої активності природних ГАН (без урахування ^{40}K) при переході від ґрунтів до донних відкладів є незначним.

У табл. 3, як приклад, представлено дані визначення питомої активності ідентифікованих ГАН (без урахування ^{40}K) у донних відкладах річок Синявка, Ільничка і Боржава, які відносяться до території НПП «Зачарований край». Усереднене відношення $\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$ для донних відкладів малих річок території НПП «Зачарований край» становить $1,76 \pm 0,43$, що є більш стабільним (нівелюючі властивості донних відкладів), ніж для ґрунтів гумусового профілю.

Таблиця 3

Усереднені річні дані питомої активності ГАН у донних відкладах річок території НПП «Зачарований край»

Ділянки річок	Питома активність ГАН ($\bar{X} \pm \Delta X$), Бк/кг							ΣA , Бк/кг ($\bar{X} \pm \Delta X$)
	^{137}Cs	ряд ^{238}U		ряд ^{232}Th				
		^{214}Pb	^{214}Bi	^{228}Ac	^{212}Pb	^{212}Bi	^{208}Tl	
Річка Синявка								
№ 1	2,1±0,5	19,5±2,7	22,4±3,1	27,4±2,9	26,5±2,9	28,1±4,9	9,7±1,4	134±19
№ 2	2,4±0,5	22,1±2,7	22,3±3,3	21,6±2,5	24,6±3,1	26,7±5,2	8,4±1,4	126±18
№ 3	6,8±0,9	22,1±2,9	27,5±3,0	26,2±3,2	25,3±3,3	28,5±5,9	10,7±1,7	140±24
Річка Ільничка								
№ 1	2,7±0,6	27,3±3,4	30,1±4,6	19,4±2,9	24,8±2,8	29,5±4,1	8,1±1,3	139±21
№ 2	8,5±1,3	24,1±3,1	32,8±5,1	34,9±4,4	36,9±4,9	39,2±6,2	12,9±2,1	181±26
№ 3	7,2±1,0	22,1±3,2	27,9±3,1	32,3±4,9	28,1±3,6	34,2±4,9	10,8±2,1	155±24
Річка Боржава								
№ 1	6,2±1,0	34,2±4,8	38,1±6,7	24,8±3,9	28,9±5,1	31,5±5,2	9,6±1,5	167±24
№ 2	8,2±1,7	36,5±5,8	38,0±6,9	32,8±5,7	31,0±5,7	34,8±5,7	10,4±1,8	184±21
№ 3	7,1±1,5	27,5±4,2	31,2±5,3	26,3±4,3	25,8±3,9	27,9±4,4	7,5±1,3	146±24
Усереднені дані для території НПП «Зачарований край»								
-	5,7	26,2	30,0	27,3	28,0	31,2	9,8	141±43

Примітка. ΣA – сумарна питома активність всіх ідентифікованих ГАН, без урахування ^{40}K ; № 1 – № 3 – ділянки дослідження донних відкладів за течією річок (крок 5-10 км).

Із даних табл. 3 видно, що розподіл ГАН у донних відкладах за течією річок носить фрагментарний характер, він залежить, перш за все, від ступеня замулювання русел. Загальна питома активність ГАН у донних відкладах є відносно сталою у межах басейну відповідних річок. В цілому радіоекологічні показники стану донних відкладів малих річок можна розглядати як інтегральні показники міграції та акумуляції ГАН у межах природно-заповідних об'єктів.

На основі кластерного аналізу розподілу радіоактивних міток ^{214}Bi (ряд ^{238}U) і ^{212}Pb (ряд ^{232}Th) у донних відкладах малих річок показано, що найбільшу здатність накопичувати ГАН мають донні відклади р. Боржава (є найбільш замуленою для даної території), а найменшу – донні відклади р. Синявка (має найменше замулювання). Як приклад, на рис. 1 представлено результати кластерного аналізу розподілу ^{214}Bi і ^{212}Pb у донних відкладах досліджуваних річок території НПП «Зачарований край».

Результати факторного аналізу розподілу ГАН у донних відкладах малих річок показують, що для більшості радіонуклідів спостерігаються виражені закономірності їх розподілу за територіальною ознакою. Як приклад, на рис. 2, представлено результати факторного аналізу природних ГАН (^{214}Bi , ^{212}Pb , ^{40}K) та штучного ГАН ^{137}Cs у донних відкладах р. Боржава.

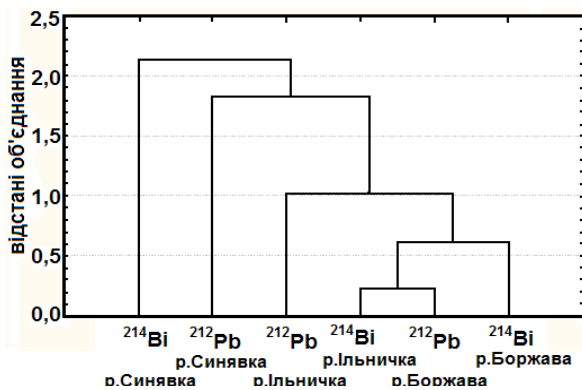


Рис. 1. Результати кластерного аналізу розподілу ^{214}Bi та ^{212}Pb за течією у донних відкладах річок Синявка, Ільничка і Боржава

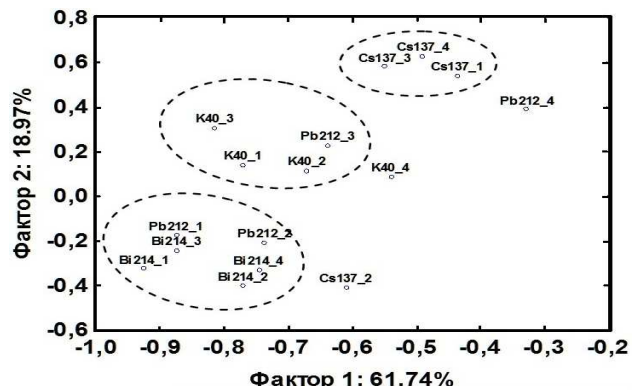


Рис. 2. Результати факторного аналізу природних ГАН (^{214}Bi , ^{212}Pb , ^{40}K) і штучного ^{137}Cs у донних відкладах р.Боржава

В цілому, узагальнення даних радіоекологічного моніторингу природно-заповідних об'єктів дозволило встановити закономірності розподілу і міграції ГАН у межах цих територій, що використано як рекомендації при встановленні нормативів стану об'єктів довкілля, картографування територій і т.д, що буде більш детально представлено нами далі.

Четвертий розділ дисертації присвячений вивченню розподілу ВМ у ґрунтових профілях, донних відкладах малих річок і домінуючих рослинах заповідних територій, а також визначенню додаткових параметрів стану ґрунтів.

Встановлено, що розподіл ВМ у ґрунтових профілях відображає сукупність хімічних процесів їх міграції і дані інгредієнти зосереджені, переважно, у верхньому перехідному ґрунтовому горизонті. При цьому доведено, що сполуки Zn, Cu, Cd і Hg мають ендегенне походження, тоді як сполуки Pb – екзогенне. На

основі порівняння вмісту ВМ у гумусовому ґрунтовому профілі і донних відкладах малих річок досліджуваних НПП показано, що в межах гірський → передгірський → низинний ландшафти відбувається міграція ВМ, що сприяє підвищеному їх вмісту в низинних регіонах області.

Так, вивчення розподілу ВМ у гумусових ґрунтових горизонтах НПП Закарпатської області показало, що валовий вміст Zn, Cu і Pb у ґрунтах є значимим, причому встановлено процес міграції ВМ. Так, найвищий валовий вміст ВМ спостерігається у ґрунтах НПП «Зачарований край», дещо нижчий – у ґрунтах НПП «Ужанський» і найнижчий – у ґрунтах НПП «Синевир», що демонструється даними рис. 3. Сприяє міграції ВМ і висока актуальна кислотність лісових ґрунтів (рН 3,8-5,1), а також невисокий вміст гумусу, який коливається у межах 0,66-1,81 %. Урахування цих закономірностей є важливим аспектом нормування якості ґрунтів.

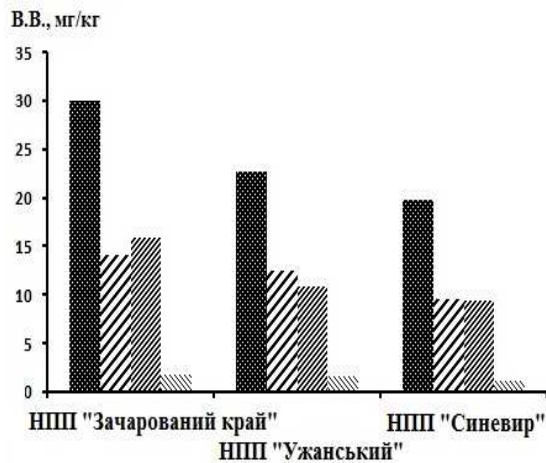


Рис. 3. Середній валовий вміст ВМ у гумусовому ґрунтовому горизонті НПП Закарпаття.

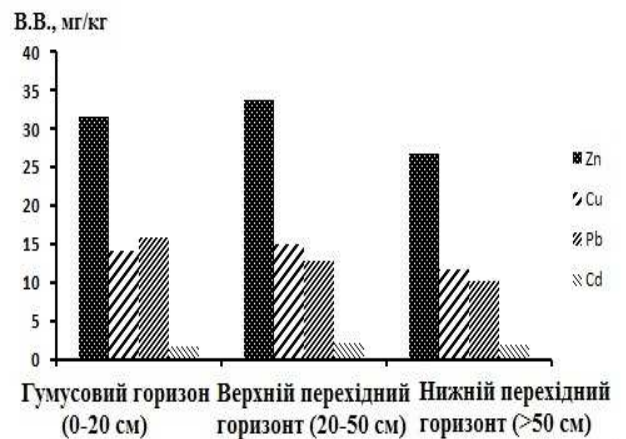


Рис. 4. Розподіл валового вмісту ВМ у ґрунтових горизонтах НПП «Зачарований край».

Дослідження розподілу ВМ у ґрунтових горизонтах показало, що основний вміст Zn, Cu, Cd і Hg спостерігається у верхньому перехідному ґрунтовому горизонті, тоді як найвищий вміст Pb – у гумусовому ґрунтовому горизонті. Крім того, різке пониження вмісту ВМ у ґрунтових горизонтах «гумусовий горизонт → верхній перехідний горизонт → нижній перехідний горизонт» спостерігається лише для Pb, на основі чого зроблено висновок про його ймовірне екзогенне походження. Закономірності розподілу ВМ у ґрунтових профілях НПП «Зачарований край» представлено на рис. 4, дані якого підтверджують зазначені вище закономірності.

Вивчення розподілу ВМ у ґрунтових горизонтах дозволяє оцінити особливості геохімічних процесів у них, причому верхній перехідний горизонт і нижній перехідний профіль характеризуватимуть довготривалі природні та антропогенні процеси, тоді як гумусовий ґрунтовий горизонт відображає наявний екологічний стан досліджуваних і прилеглих територій.

Порівняння даних вмісту кислоторозчинних форм ВМ до їх валового вмісту в ґрунтових профілях показало, що для різних металів це співвідношення суттєво відрізняється. Тому не можна вважати, що домінуючими причинами міграції ВМ у ґрунтах є актуальна їх кислотність і вміст гумусу. З огляду на це, необхідний пошук більш універсальних критеріїв міграції ВМ у ґрунтах, які б можна було використати як критерії безпеки стану ґрунтів. Нами запропоновано проводити оцінку безпеки ВМ у ґрунтах за показником міграційної здатності, яку можна оцінити як відношення вмісту кислоторозчинних форм ВМ у ґрунтах до їх валового вмісту, причому цей критерій є інформативним для всіх досліджуваних природно-заповідних територій.

У табл. 4, як приклад, наведено дані щодо усередненого вмісту ВМ у гумусових ґрунтових горизонтах досліджуваних НПП Закарпаття. Дані табл. 4 підтверджують процес міграції, причому міграційна здатність ВМ у межах різних природно-заповідних територій суттєво відрізняється. Це, очевидно, пояснюється геохімічними особливостями територій та складом органічної частини ґрунтів гумусового горизонту.

Таблиця 4

Усереднені дані вмісту важких металів у гумусовому ґрунтовому горизонті НПП

НПП	Вміст ВМ ($\bar{X} \pm \Delta X$), мг/кг									
	Zn		Cu		Pb		Cd		Hg	
	В.В./К.Ф	МЗ	В.В./К.Ф	МЗ	В.В./К.Ф	МЗ	В.В./К.Ф	МЗ	В.В./К.Ф	МЗ
I	30,0±4,9 / 13,9±0,3	44	14,1±1,2 / 0,52±0,02	<10	15,8±1,7 / 12,7±1,8	81	1,76±0,19/ 0,59±0,02	33	0,12±0,01 / н/в	-
II	22,6±2,7 / 9,8±0,3	43	12,4±2,4 / 0,88±0,05	<10	10,8±2,1 / 3,8±0,2	36	1,56±0,45/ 0,43±0,03	27	0,09±0,02 / н/в	-
III	19,8±1,8 / 11,1±0,3	56	9,6±1,2 / 1,19±0,10	12	9,4±0,9 / 4,0±0,2	42	1,10±0,23/ 0,32±0,03	29	0,05±0,02 / н/в	-

Примітка. I – НПП «Зачарований край» (вміст гумусу 0,89±0,31%; рН 4,3±0,4); II – НПП «Ужанський» (вміст гумусу 1,41±0,40%; рН 4,6±0,5); III – НПП «Синевир» (вміст гумусу 0,73±0,11%; рН 4,0±0,2); н/в – не виявлено; В.В. – валовий вміст металів; К.Ф. – вміст кислоторозчинних форм металів; МЗ, % – міграційна здатність (відношення К.Ф. до В.В.).

Розподіл ВМ у донних відкладах малих річок, басейни яких охоплюють території НПП Закарпатської області, порівняння даних вмісту ВМ у ґрунтах гумусового профілю, донних відкладах і воді малих річок дозволяє зробити наступні узагальнення:

- спостерігається невиражена міграція ВМ і їх загальний вміст у донних відкладах малих річок найвищий для низинних ландшафтів, а найнижчий – для гірських;

- донні відклади малих річок територій досліджуваних НПП характеризуються низькою акумулюючою здатністю до ВМ, що, очевидно, зумовлено особливістю їх хімічного і гранулометричного складу, тому хімічний склад донних відкладів малих річок за вмістом ВМ не відображає хімічний склад

грунтів гумусового профілю їх басейну. Крім того, вміст ВМ у донних відкладах малих річок пропорційний ступеню їх замулювання;

- міграція ВМ у системі «грунт → донні відклади → вода малих річок» є незначною, що зумовлено рядом геохімічних і геоморфологічних факторів, причому на міграцію ВМ у системі «грунт → донні відклади» впливає як актуальна кислотність ґрунтів, так і вміст у них гумусу.

Так, усереднений вміст ВМ у донних відкладах малих річок територій досліджуваних НПП (табл. 5) свідчить про невиражену міграційну здатність цих інгредієнтів, а порівняння даних табл. 4 і 5 підтверджує низькі акумулюючі властивості донних відкладів малих річок щодо ВМ.

Прямої залежності між міграцією ВМ у системі «грунт→донні відклади» та вмістом гумусу в ґрунтах немає, що, очевидно, пов'язано також з актуальною кислотністю ґрунтів і ємністю катіонного обміну, які впливають на міграцію ВМ у доквілі.

Таблиця 5

Усереднені дані вмісту важких металів у донних відкладах малих річок басейни яких охоплюють території НПП Закарпатської області

НПП	Вміст ВМ ($\bar{x} \pm \Delta x$), мг/кг сухого мулу				
	Zn	Cu	Pb	Cd	Hg
I	2,55±1,18	1,01±0,15	0,120±0,019	0,017±0,005	0,009±0,004
II	1,53±0,73	1,42±0,52	0,083±0,029	0,018±0,016	0,009±0,005
III	1,16±0,71	1,58±0,54	0,081±0,047	0,018±0,014	0,010±0,009

Примітка. I – НПП «Зачарований край» (річки Боржава, Іршава, Ільничка, Синявка) – низинний ландшафт; II – НПП «Ужанський» (річки Уж, Лубня, Вишка, Уличка) – передгірський ландшафт; III – НПП «Синевир» (річки Теребля, Озерянка, Сухар, Слобода) – гірський ландшафт.

В цілому, міграція ВМ у системі «грунт → донні відклади → вода малих річок» у межах території НПП «Зачарований край», «Ужанський» і «Синевир» є подібною, що свідчить про однаковий вплив геохімічних факторів на ці процеси у межах природно-заповідних територій, чому, очевидно, сприяє висока лісистість досліджуваних територій НПП.

Дані розподілу ВМ у доміантних рослинах природно-заповідних територій, дослідження яких проведено у межах пралісів, свідчать про відносну стабільність цих показників. Так, найбільша здатність до біоаккумуляції ВМ характерна для однорічних рослин (мох), а також споровидних рослин (папороть), тоді як у зелених частинах багаторічних рослин (бук) вміст ВМ є найнижчим. З іншого боку, для багаторічних рослин закономірності розподілу ВМ за територіальною ознакою є більш вираженими, так як мікроелементний гомеостаз у цих рослин є сформованим і відносно сталим. Як приклад, на рис. 5 (а–в) представлено дані кластерного аналізу розподілу ВМ у зразках листя бука (а), папороті (б) і моху (в) в межах НПП «Зачарований край».

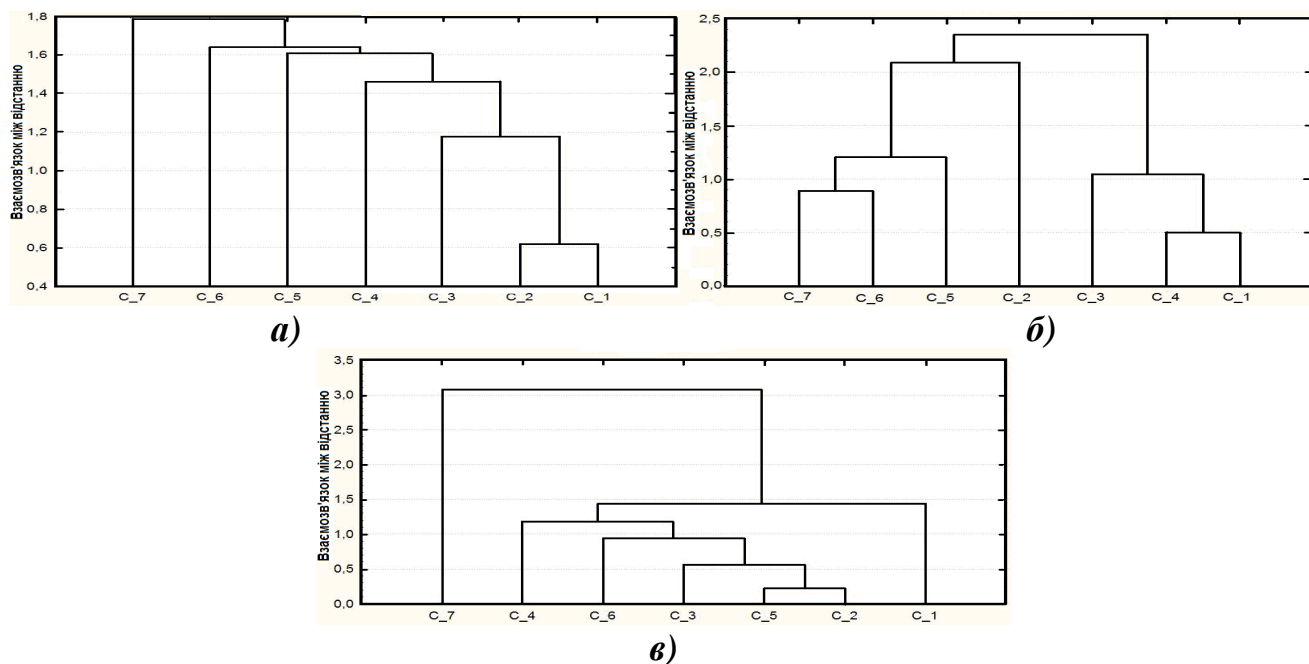


Рис. 5. Дані кластерного аналізу розподілу ВМ у рослинах в залежності від просторового фактору в межах НПП «Зачарований край»: *а)* листя буку; *б)* папороть; *в)* мох.

Дані дендрограм (рис. 5) показують, що найбільш виражений просторовий розподіл ВМ у рослинах спостерігається для буку, хоча в цілому вміст ВМ у рослинах є невисоким.

У **п'ятому розділі** представлені дані практичного використання результатів фонових моніторингу Національних природних парків Закарпатської області за хімічними та радіоекологічними показниками. Практичні аспекти використання результатів дослідження направлені на:

- розробку рекомендацій щодо встановлення нормативів стану об'єктів довкілля на основі даних фонових моніторингу;
- паспортизацію ґрунтів досліджуваних територій;
- картографування об'єктів природно-заповідного фонду і прилеглих територій за радіоекологічними і хімічними показниками, що дозволяє прогнозувати майбутній стан цих територій за даними показниками;
- впровадження результатів фонових моніторингу в навчальний процес.

Рекомендації щодо встановлення нормативів стану об'єктів довкілля стосуються, перш за все, фонових вмісту ВМ і питомої активності ГАН у гумусовому ґрунтовому профілі, з урахуванням особливостей умов досліджуваних територій. З огляду на географічне і топографічне розташування територій НПП, а також геоморфологічних і геологічних умов цих територій, усереднені дані щодо валового вмісту ВМ (з урахуванням їх міграційної здатності) і загальної питомої активності природних ГАН (без урахування ^{40}K) у гумусовому ґрунтовому горизонті рекомендовані як фонові значення для гірських, передгірських і низинних районів Закарпатської області, що використано при проведенні екологічної експертизи і аудиту прилеглих

територій. Ці результати впроваджені у Державному управлінні охорони навколишнього природного середовища в Закарпатській області, Басейновому управлінні водних ресурсів річки Тиса (Державному управлінні водних ресурсів і меліорації у Закарпатській області).

Як приклад, апробацію встановлених фонових значень вмісту ВМ у гумусовому ґрунтовому профілі НПП «Синевир» (табл. 6) в якості нормативів стану для інших подібних територій проводили при дослідженні ґрунтів території ЗАТ «Міжгірський ліскокомбінат» (табл. 7).

Порівнюючи дані табл. 6 і 7 видно, що зростання вмісту ВМ у ґрунтах антропогенних ландшафтів (ВАТ «Міжгірський ліскокомбінат») є незначним, як за валовим вмістом, так і за вмістом кислоторозчинних форм у порівнянні з фоновим, проте зростає міграційна здатність ВМ, що являє загрозу їх міграції у водоносні горизонти і рослини. Таким чином, встановлені фонові значення вмісту ВМ у ґрунтах НПП «Синевир» виявились ефективними для виявлення антропогенних змін у стані ґрунтів прилеглих територій.

Таблиця 6

Усереднений вміст важких металів у ґрунтах гумусового профілю території НПП «Синевир»

Метал	Вміст ВМ ($\bar{X} \pm \Delta X$), мг/кг		МЗ, %
	В.В.	К.Ф.	
Zn	19,8±1,8	11,1±0,3	56
Cu	9,6±1,2	1,19±0,10	12
Pb	9,4±0,9	3,9±0,2	42
Cd	1,10±0,23	0,32±0,09	29
Hg	0,047±0,016	н/в	–

Примітка. В.В. – валовий вміст металів; К.Ф. – вміст кислоторозчинних форм металів; МЗ – міграційна здатність металів (відношення вмісту кислоторозчинних форм до валового вмісту).

Таблиця 7

Результати визначення вмісту ВМ в усередненому зразку гумусового ґрунтового профілю ВАТ «Міжгірський ліскокомбінат» (n=6, P=0,95)

Метал	Вміст ВМ ($\bar{X} \pm \delta$), мг/кг		МЗ, %
	В.В.	К.Ф.	
Zn	19,9±1,1	12,2±0,7	61
Cu	9,9±0,5	1,35±0,09	14
Pb	10,3±0,6	4,8±0,3	47
Cd	1,34±0,09	0,43±0,03	32
Hg	0,063±0,007	н/в	–

Проведено паспортизацію ґрунтів досліджуваних територій НПП, показано їх відмінності в залежності від географічного розташування.

Картографування досліджуваних природно-заповідних об'єктів і прилеглих територій за радіоекологічними і хімічними показниками є важливим етапом оцінки екологічного стану територій, адже це дозволяє проводити територіальну диференціацію умов середовища і проводити прогнозування майбутнього їх стану за цими показниками. При цьому були виявлені певні закономірності розподілу ГАН і ВМ, встановлено напрямки їх міграції у системі «грунти – донні відклади малих річок» і поширення за течією, тощо.

Порівнянням карт розподілу ВМ і ГАН у ґрунтах гумусового профілю і донних відкладах малих річок дозволяє виявляти напрямки міграції цих інгредієнтів, що дозволяє прогнозувати майбутній стан як досліджуваних природно-заповідних об'єктів, так і прилеглих територій. На рис. 6, як приклад, представлено карти ґрунтів гумусового профілю НПП «Синевир» за сумарною питомою активністю природних ГАН (*a*) і сумою валового вмісту ВМ (*б*), а на рис. 7 – карти стану басейнів малих річок території НПП «Синевир» за сумарною активністю природних ГАН у донних відкладах (*a*) і сумарним вмістом ВМ (*б*) для 2010 року.

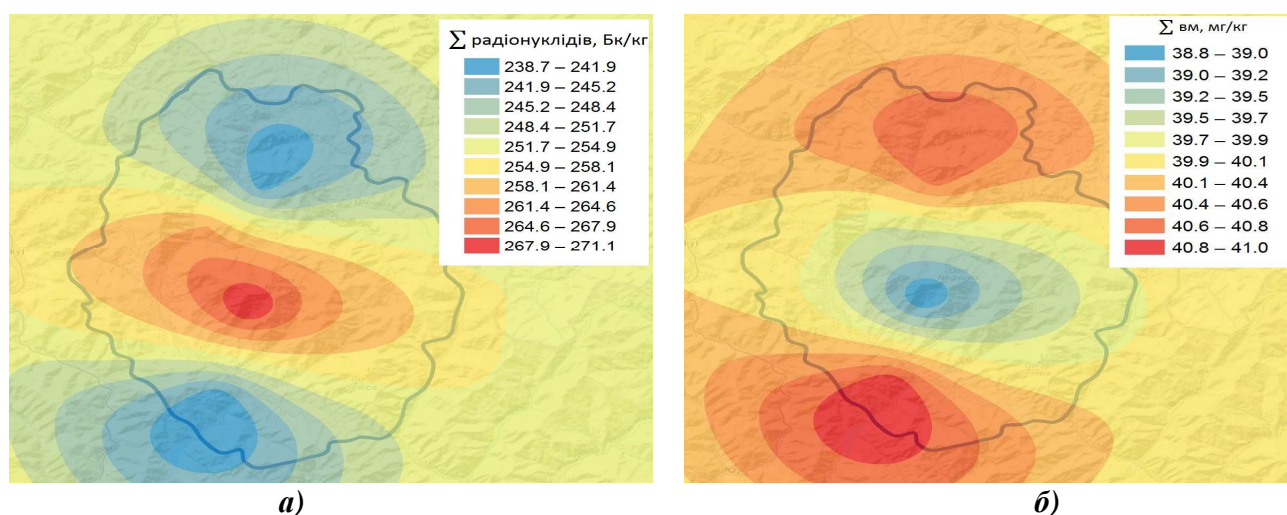


Рис. 6. Карта ґрунтів гумусового профілю НПП «Синевир» за сумарною питомою активністю природних ГАН (*a*) і сумою валового вмісту ВМ (*б*).

Аналіз даних рис. 6 показує, що існує принципова відмінність розподілу природних ГАН і ВМ у ґрунтах гірських ландшафтів, що зумовлено геоморфологією території і міграційних процесів. Так, найвища питома активність природних ГАН характерна для гірських хребтів, що обґрунтовано нами раніше, тоді як валовий вміст ВМ є найвищим на схилах цих гір. Співставлення карт, які представлені на рис. 6 і 7, показує, що як ВМ, так і природні ГАН мігрують з гумусового профілю гірських ґрунтів у донні відклади малих річок, а далі за течією за морфологічним нахилом річок.

Для порівняння, на рис. 8 представлено карти стану басейнів малих річок території НПП «Синевир» за сумарною активністю природних ГАН у донних відкладах (*a*) і сумарним вмістом ВМ (*б*) для 2012 року.

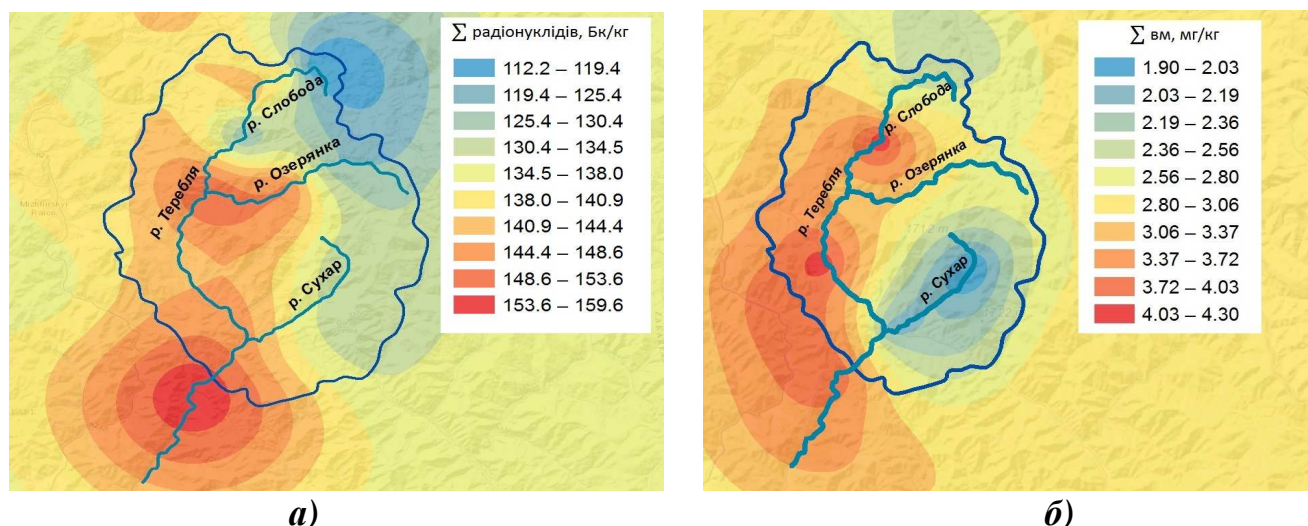


Рис. 7. Карта стану басейнів малих річок території НПП «Синевир» за сумарною активністю природних ГАН у донних відкладах (а) і сумарним вмістом ВМ (б) для 2010 року.

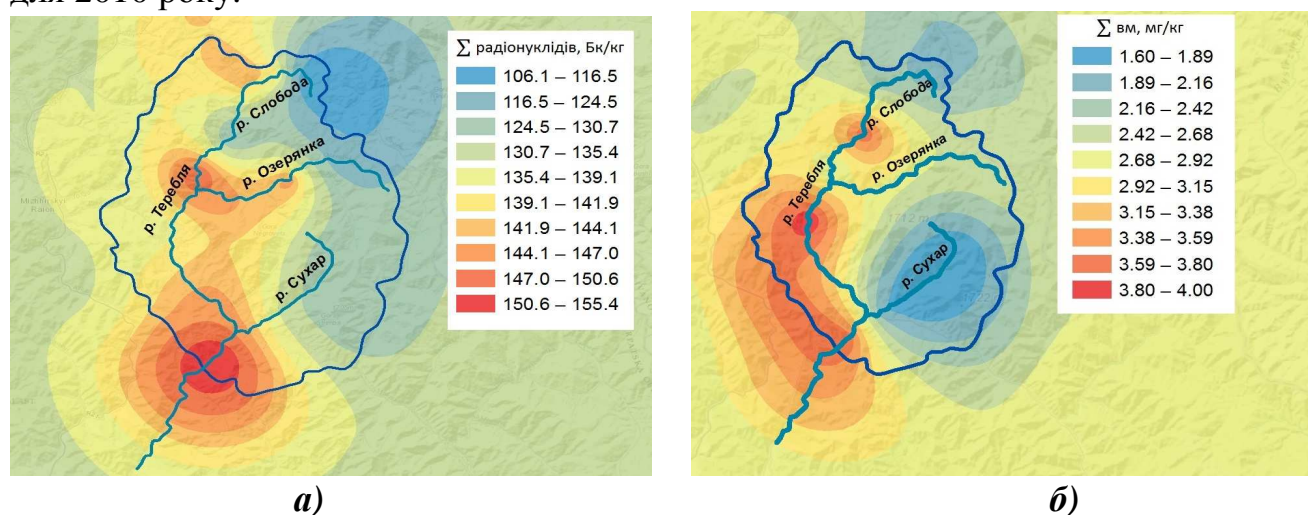


Рис. 8. Карта стану басейнів малих річок території НПП «Синевир» за сумарною активністю природних ГАН у донних відкладах (а) і сумарним вмістом ВМ (б) 2012 р.

Порівнюючи дані рис. 7 і 8 видно, що ГАН та ВМ мігрують разом з донними відкладами за течією річок і акумулюються у басейні р. Теремля, причому зона акумуляції є чітко вираженою. Наявність зон акумуляції ГАН у донних відкладах річок гірського ландшафту є небажаним явищем, адже це ділянки швидкотечій. Однак, замулювання русел річок внаслідок ерозії заплавної ґрунтів і особливостей геоморфології цих річок зумовлює такі ділянки акумуляції, які слід враховувати при використанні даних об'єктів.

Подібні закономірності одержані для всіх досліджуваних територій, що дозволяє говорити про можливість моделювання міграційних процесів ВМ і ГАН у доквіллі, а також прогнозувати майбутній стан цих територій.

Результати моніторингу фонових значень у межах Національних природних парків Закарпатської області впроваджено в навчальний процес на хімічному факультеті ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

ВИСНОВКИ

1. На основі проведеного хімічного та радіоекологічного моніторингу об'єктів довкілля Закарпаття щодо вмісту важких металів та гамма-радіонуклідів встановлено закономірності розподілу їх фонових значень, що дозволить ефективно проводити екологічний менеджмент та заходи забезпечення екологічної безпеки.

2. Модифіковано та уніфіковано методики та умови визначення гамма-радіонуклідів та важких металів для низьких фонових рівнів при проведенні масових аналізів об'єктів довкілля, зокрема: оптимізовано часові параметри – для комплексу «SBS-40» він складає 5000 с; підтверджено валідність методики визначення важких металів методом атомно-абсорбційної спектроскопії та доведено валідність методики визначення гамма-радіонуклідів методом гамма-спектрометрії.

3. Встановлено закономірності розподілу, міграції та акумуляції гамма-активних радіонуклідів у об'єктах природно-заповідного фонду. Показано, що розподіл окремих природних ГАН у ґрунтових горизонтах носить переважно фрагментарний і безсистемний характер, проте сумарна їх питома активність у ґрунтах гумусового профілю (без урахування ^{40}K) є відносно сталою в межах одного об'єкту. Встановлена аномалія щодо розподілу природних гамма-активних радіонуклідів (ряди ^{238}U і ^{232}Th) і у ґрунтах гумусового профілю гірських ландшафтів (НПП «Синевир») – сумарна питома активність природних радіонуклідів (без урахування ^{40}K) становить 254 ± 17 Бк/кг, яка є вищою, ніж у ґрунтах передгірських ландшафтів (НПП «Ужанський») з $\Sigma A = 239 \pm 52$ Бк/кг, а в останніх – вищою, ніж у ґрунтах низовинних ландшафтів (НПП «Зачарований край») з $\Sigma A = 112 \pm 38$ Бк/кг. Це враховано при встановленні нормативів стану ґрунтів. Показовим для ґрунтів є відношення $\Sigma^{232}\text{Th} / \Sigma^{238}\text{U}$, яке характеризує питомий внесок у природний радіаційний фон ГАН різних рядів, причому у гірській місцевості ГАН ряду ^{238}U мають домінуючий вплив, тоді як у низовинній і передгірській місцевості – ГАН ряду ^{232}Th .

4. Показано, що розподіл важких металів у ґрунтових горизонтах відображає сукупність хімічних процесів їх міграції і вони зосереджені, переважно, у верхньому перехідному та гумусовому ґрунтовому профілях. Доведено, що сполуки Zn, Cu, Cd і Hg мають ендегенне походження, тоді як сполуки Pb – екзогенне. На основі порівняння вмісту важких металів у гумусовому ґрунтовому профілі і донних відкладах малих річок НПП «Синевир», «Ужанський» і «Зачарований край» встановлено, що в межах гірський → передгірський → низовинний ландшафти відбувається міграція ВМ, що сприяє підвищенню їх вмісту в низовинних регіонах області. Міграція важких металів у системі «ґрунт → донні відклади → вода малих річок» є незначною, що зумовлено рядом хімічних і геоморфологічних факторів.

5. Запропоновано комплексний підхід до проведення фонового моніторингу у межах Національних природних парків Закарпатської області, який полягає у поєднанні показників питомої активності гамма-активних радіонуклідів і вмісту

важких металів у об'єктах довкілля. Як критерій безпеки вмісту важких металів у ґрунтах гумусового профілю пропонується використовувати міграційний показник, який являє собою відношення вмісту кислоторозчинних форм ВМ до їх валового вмісту. Критеріями ідентифікації якості ґрунтів окремих ділянок у межах територій природно-заповідних об'єктів запропоновано використовувати питому активність окремих радіоактивних міток, зокрема ^{214}Bi (ряд ^{238}U) і ^{228}Ac , ^{212}Pb (ряд ^{232}Th), а також відношення $\Sigma ^{232}\text{Th} / \Sigma ^{238}\text{U}$.

6. На основі проведених досліджень і узагальнення закономірностей розподілу, міграції та акумуляції ГАН і ВМ у межах Національних природних парків Закарпаття з різними ландшафтними умовами розроблено рекомендації щодо встановлення нормативів стану об'єктів довкілля для проведення оцінки стану антропогенних ландшафтів, показано ефективність встановлених фонових значень і запропонованих критеріїв моніторингу, як критеріїв безпеки стану ґрунтів, проведено паспортизацію ґрунтів і картографування досліджуваних заповідних територій. Дані картографування рекомендовано для планування короткострокових прогнозів щодо процесів міграції і акумуляції ГАН і ВМ у довкіллі і майбутнього стану досліджуваних і прилеглих територій. Результати дослідження впроваджені у системі екологічного менеджменту, а також у навчальному процесі.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПУБЛІКАЦІЯХ:

- 1. Симканич О.І.** Розподіл важких металів і радіонуклідів у донних відкладах малих річок території Національного природного парку «Зачарований край» (Закарпаття) за їх течією / **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева, С.М. Сухарев // *Методы и объекты химического анализа* – 2014. – т. 9, № 3 – С. 145–152. *Особистий внесок здобувача: проведення визначення вмісту металів та радіонуклідів, обробка експериментальних даних, участь у оформленні статті.*
- 2. Симканич О.І.** Оптимізація параметрів вимірювання та оцінка точності визначення гамма-активних радіонуклідів методом гамма-спектроскопії / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк // *Методы и объекты химического анализа*. – 2014. – т. 9, № 2. – С. 88–94. *Особистий внесок здобувача: участь в експериментальних дослідженнях, обробка експериментальних даних, оформлення статті.*
- 3. Symkanich O.I.** Radionuclide monitoring in Transcarpathian region: the role of natural and anthropogenic factors / **O.I. Symkanich**, V.T. Maslyuk, N.I. Svatyuk, O.O. Parlag, O.B. Shpenik, S.M. Sukharev // *Acta Universitatis Prešovensis. Folia Oecologica*. – 2015. № 1 (7). – P. 83–91. *Особистий внесок здобувача: проведення досліджень по визначенню вмісту радіонуклідів у досліджуваних об'єктах.*
- 4. Симканич О.І.** Розподіл важких металів по профілю ґрунтів Національного природного парку «Зачарований край» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев // *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. – 2013. – № 1 (7). – С. 53–59. *Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних*

- 5. Симканич О.І.** Радіоекологічне та геохімічне дослідження донних відкладів малих річок територій національних природних парків «Ужанський» та «Синевир» / О.І. Симканич, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. – 2014. – т. 2, № 32 – С. 70–77. *Особистий внесок здобувача: участь в експериментальних дослідженнях, обробка експериментальних даних, оформлення статті.*
- 6. Симканич О.І.** Низькофонової гамма-спектрометричний моніторинг ґрунтів Національного природного парку «Зачарований край» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк, М.Т. Стець // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. – 2009. – Вип. 21. – С. 72–76. *Особистий внесок здобувача: проведення досліджень по визначенню питомої активності радіонуклідів методом гамма-спектрометрії, участь у обговоренні результатів, написанні та оформленні статті.*
- 7. Симканич О.І.** Низькофонової дослідження ґрунтів пам'ятки природи загальнодержавного значення «Чорне Багно» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк, М.Т. Стець // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. – 2010. – Вип. 23. – С. 85–89. *Особистий внесок здобувача: планування експерименту, проведення досліджень по визначенню активності радіонуклідів у досліджуваних об'єктах, участь в обговоренні результатів, написанні та оформленні статті.*
- 8. Симканич О.І.** Визначення вмісту важких металів у ґрунтах Національного природного парку «Зачарований край» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев // Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи). – 2012. – т. 4., Вип. 3. – С. 338–341. *Особистий внесок здобувача: проведення досліджень по визначенню вмісту важких металів у ґрунтових горизонтах, участь в обговоренні результатів, оформлення статті.*
- 9. Симканич О.І.** Особливості міграції та акумуляції важких металів в системі ґрунт-рослина на прикладі заповідника «Зачарований край», Закарпаття / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. – 2012. – № 2 (28). – С. 99–102. *Особистий внесок здобувача: проведення досліджень по визначенню важких металів у зразках рослин і ґрунтах, обговорення результатів, написання та оформлення статті. досліджень, участь в обговоренні результатів, написання статті.*
- 10. Симканич О.І.** Фонової моніторинг вмісту важких металів та радіонуклідів у ґрунтах Національних природних парків «Ужанський» та «Синевир» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. – 2013. – № 1(29). – С. 71–77. *Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обговоренні результатів, написання та оформлення статті).*
- 11.** Сухарев С.М. Радіоекологічний моніторинг національних природних парків Закарпаття / С.М. Сухарев, **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева // Матеріали Першої міжнародної науково-практичної конференції «Природа Волині й Поділля: дослідження та охорона» (2-5 червня 2015 р., м. Броди). – Львів: Ліга-Прес, 2015.

– С. 105-111. *Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, участь в обговоренні результатів, написання та оформлення статті).*

12. Сухарев С.М. Фоновий моніторинг пралісів Закарпаття як еталонних природних екосистем / С.М. Сухарев, **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева // Збірник наукових статей IV-го Всеукраїнського з'їзду екологів з Міжнародною участю. Вінниця, 25–27 вересня 2013 р. – Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – С. 226–228. *Особистий внесок здобувача: проведення частини експериментальних досліджень, обробка результатів.*

13. Symkanich O. The radioecology studies of the Carpathian national parks soils: towards radionuclides standards' evolution / **O. Symkanich**, V. Maslyuk, S. Sukharev, A. Lengyel // Terrestrial Radioisotopes in Environment: III. International Conference on Environmental Protection. Veszprém, Hungary, 16–18 May 2012.– Veszprém, 2012. – P. 13–17. *Особистий внесок здобувача: проведення досліджень по визначенню вмісту радіонуклідів у досліджуваних об'єктах.*

Основні матеріали доповідей на конференції:

14. Maslyuk V.T. The natural radioactivity of the Carpathian National Park and Radon evaluation / V.T. Maslyuk, **O.I. Symkanich**, N.I. Svatyuk, O.O. Parlag, S.M. Sukharev // Book of abstracts of 2nd International Conference «Radon in the Environment» (Krakow, Poland, 25-29 May 2015). – Krakow: INPPAS, 2015. – P. 100.

15. Symkanich O.I. Radionuclide monitoring in Transcarpathian region: the role of natural and anthropogenic factors / **O.I. Symkanich**, V. Maslyuk, N. Svatyuk, O. Parlag, O. Shpenik, S.M. Sukharev // Book of Abstracts of International scientific conference «New trends in the ecological and biological research» (Prešov, Slovak Republic, 9-11 September 2015). – Prešov: Grafotlac Prešov, 2015. – P. 31.

16. Симканич О.І. Низькофонові дослідження ґрунтів заказників Закарпаття: шлях до радіоекологічних стандартів / **О.І. Симканич**, В.Т. Маслюк, С.М. Сухарев // XI конференція з фізики високих енергій, ядерної фізики і прискорювачів. Харків, 21–25 лютого 2011р.– Харків: Видавництво ННЦ ХФТИ, 2013. – С. 30.

17. Симканич О.І. Прогнозування міграції розподілу важких металів та радіонуклідів з використанням методу картографування / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев, В.Т. Маслюк, Н.І. Сватюк // Збірник наукових праць «V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (23-26 вересня 2015 року, м. Вінниця). – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – С. 206.

18. Симканич О.І. Розподіл, міграція і акумуляція важких металів у донних відкладах малих річок Закарпатської області / **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева, С.В. Делеган-Кокайко, С.М. Сухарев // Збірник матеріалів I Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Хімія, екологія та освіта». – Полтава, 23-24 квітня 2015 р. – Полтава: ПДАА, 2015. – С. 66-67.

19. Сухарев С.М. Фоновий моніторинг національних природних парків Західних Карпат / С.М. Сухарев, **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева // Тези доповідей річної Сесії наукової ради НАН України з проблеми «Аналітична хімія». Гурзуф, АР

Крим, Україна, 3–10 червня 2012 р. – К.: видавництво КНУ імені Тараса Шевченка, 2012. – С. 85.

20. Maslyuk V.T. Natural activity of the Carpathians National Parks soils: the spatial, geomorphological factors and radionuclide standards/ V.T. Maslyuk, **O.I. Symkanych**, S.N. Sukharev // 6TH International symposium on in situ nuclear metrology as a tool for radioecology. Brussels, Belgium, 11–15 june 2012. – Brussels, 2012. – P. 58.

21. Сухарев С.М. Моніторинг заповідних територій Західних Карпат / С.М. Сухарев, **О.І. Симканич**, О.Ю. Сухарева // Тези доповідей ІХ Всеукраїнської конференції з аналітичної хімії. Донецьк, 16–20 вересня 2013 р. – Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2013. – С. 194.

22. **Симканич О.І.** Розподіл важких металів по профілю ґрунтів Національного природного парку «Зачарований край» / **О.І. Симканич**, С.М. Сухарев // Збірник матеріалів конференції доповідей І Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування». Івано-Франківськ, 20–22 вересня 2012 р. – Івано-Франківськ, 2012. – С. 114.

23. Сухарев С.М. Радіоекологічний моніторинг заповідних територій Закарпатської області / С.М. Сухарев, **О.І. Симканич**, В.Т. Маслюк, О.Ю. Сухарева // Матеріали ІІ Міжнародної конференції «Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення». Ужгород, 27–30 травня 2014 р. – Ужгород: Вид-во ПП «Аутор-Шарк», 2014. – С. 78–79.

24. Сухарев С.М. Спектроскопічні методи аналізу в моніторингу довкілля / С.М. Сухарев, О.Ю. Сухарева, С.В. Деллаган-Кокайко, **О.І. Симканич** // Тези доповідей «Київської конференції з аналітичної хімії: сучасні тенденції 2014». Київ, 9–12 червня 2014 р. – К.: Вид-во КНУ імені Тараса Шевченка, 2014. – С. 137.

25. Маслюк В.Т. Радіоекологічні дослідження замулів рік басейну Тиси: роль просторових та часових факторів / В.Т. Маслюк, Н.І. Сватюк, О.О. Парлаг, **О.І. Симканич** // Матеріали ІІ Міжнародної конференції «Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення». Ужгород, 27–30 травня 2014 р. – Ужгород, 2014. – С. 74–75.

АНОТАЦІЯ

Симканич О.І. Хімічний та радіоекологічний моніторинг важких металів і гамма-радіонуклідів у об'єктах довкілля Закарпаття. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м. Київ, 2015.

Робота присвячена хімічному та радіоекологічному моніторингу Національних природних парків Закарпатської області. Запропоновано комплексний підхід щодо проведення фонових моніторингу, який полягає у поєднанні параметрів розподілу важких металів та гамма-активних радіонуклідів у об'єктах довкілля. Доведена валідність оптимізованої методики визначення питомої активності радіонуклідів методом гамма-спектроскопії, а також правильність визначення важких металів методом атомно-абсорбційної

спектроскопії. Встановлено закономірності міграції цих компонентів у межах Національних природних парків «Синевир», «Ужанський» і «Зачарований край», які належать гірським, передгірським і низинним районам Закарпаття.

Встановлено дві протилежні закономірності. По-перше, загальна питома активність природних гамма-активних радіонуклідів, без урахування ^{40}K , у гірських районах є вищою, ніж у передгірських і низинних відповідно, що зумовлено особливостями геології молодих Карпатських гір, що слід враховувати в процесі екологічного нормування. По-друге, вміст важких металів у об'єктах довкілля гірської частини Закарпатської області є нижчим, ніж у передгірських і низинних відповідно, тобто має місце міграція важких металів. Це враховано при розробці рекомендацій по встановленню нормативів стану об'єктів довкілля. Доведено природу походження важких металів і радіонуклідів у об'єктах довкілля, методами кластерного і факторного аналізу встановлено закономірності розподілу цих компонентів за територіальною ознакою, тощо. Особливої уваги заслуговують дослідження у межах пралісів, адже такі дані можуть бути використані як нормативи фоновому стану природних об'єктів. Запропоновано, як критерій безпеки стану ґрунтів за вмістом важких металів, використовувати їх міграційну здатність (відношення вмісту кислоторозчинних форм до їх валового вмісту), а критеріями радіаційного моніторингу – використовувати радіоактивні мітки, такі як ^{214}Bi (ряд ^{238}U) і ^{228}Ac , ^{212}Pb (ряд ^{232}Th), а також відношення сумарної активності природних радіонуклідів ряду ^{232}Th до ряду ^{238}U .

На основі проведених досліджень розроблено рекомендації по встановленню нормативів стану об'єктів довкілля, що впроваджено в системі екологічного менеджменту, проведено паспортизацію ґрунтів і картографування територій об'єктів природно-заповідного фонду, а результати досліджень впроваджено у навчальний процес.

Ключові слова: фоновий моніторинг, гамма-активні радіонукліди, важкі метали, валідація методик визначення, Національні природні парки, нормативи стану, картографування.

АННОТАЦИЯ

Симканич О.И. Химический и радиоэкологический мониторинг тяжелых металлов и гамма-радионуклидов в объектах окружающей среды Закарпатья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины, г. Киев, 2015.

Работа посвящена химическому и радиоэкологическому мониторингу Национальных природных парков Закарпатья. В диссертации рассматриваются два основных направления исследований, а именно изучение распределения гамма-активных радионуклидов в пределах природно-заповедных территорий и миграция тяжелых металлов в почвенных горизонтах, донных отложениях рек и растительности исследуемых объектов. Сочетание таких критериев позволяет

более объективно подойти к вопросам оценки экологического состояния природных объектов, проведению фонового мониторинга, что в целом способствует росту эффективности экологического менеджмента.

Изучены общие тенденции этих процессов и установлены две противоположные закономерности. Во-первых, удельная активность природных радионуклидов, без учета ^{40}K , в горных регионах области более высокая, чем в предгорных и низинных соответственно, что обусловлено особенностью геологии молодых Карпатских гор. Во-вторых, распределение тяжелых металлов в объектах окружающей среды носит противоположный характер. Наблюдается процесс миграции и в горных ландшафтах содержание тяжелых металлов ниже, чем соответственно в предгорных и низинных, что учтено при экологическом нормировании. Исследования в пределах пралесов позволяет использовать установленные закономерности как фоновые показатели при оценке других природных объектов.

Подтверждена валидность методики определения гамма-активных радионуклидов методом гамма-спектропии, показана правильность определения тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектропии. Обосновано, что при определении радионуклидов всегда можно выбрать минимальное время измерения, при котором обеспечивается достоверность результатов анализа. Это существенно экономит время проведения анализа, что особенно важно при массовых мониторинговых исследованиях.

Установлено, что удельную активность гамма-активных радионуклидов в донных отложениях малых рек заповедных территорий можно рассматривать как интегральный показатель экологического состояния территорий. Методами кластерного и факторного анализов установлены закономерности территориального распределения радионуклидов, предложены радиоактивные метки, а именно ^{214}Bi (ряд ^{238}U) и ^{228}Ac , ^{212}Pb (ряд ^{232}Th), позволяющие эффективно проводить радиационный мониторинг. Кроме того установлено, что эффективным критерием фонового радиационного мониторинга является отношение суммарной активности природных радионуклидов ряда ^{232}Th к ряду ^{238}U .

Распределение тяжелых металлов в объектах окружающей среды показало, что этот параметр в значительной степени зависит от геохимических особенностей территорий, причем доказано экзогенное происхождение Свинца. Предложено в качестве критерия безопасности почв по содержанию в них тяжелых металлов использовать их миграционную способность, которую можно оценить как отношение содержания кислоторастворимых форм тяжелых металлов к их валовому содержанию. Установлены закономерности миграции тяжелых металлов в системе «почвы – донные отложения – растительность».

На основе проведенных исследований предложено критерии устанавливания нормативов состояния объектов окружающей среды, проведено паспортизацию и картографирование исследованных природно-заповедных объектов. На основе результатов картографирования территорий установлены закономерности

миграции радионуклидов и тяжелых металлов в объектах окружающей среды, что позволяет моделировать эти процессы и прогнозировать будущее состояние объектов природно-заповедного фонда. Данные внедрены в органах исполнительной власти в системе экологического менеджмента в Закарпатской области, а также в учебном процессе.

Ключевые слова: фоновый мониторинг, гамма-активные радионуклиды, тяжелые металлы, валидация методик определения, Национальные природные парки, нормативы состояния, картографирование.

SUMMARY

Symkanych O.I. Chemical and Radiological monitoring of heavy metals and gamma-radionuclides in environmental objects Transcarpathia. – Manuscript.

The dissertation to award a science degree candidate of chemical science on speciality 21.06.01 - environmental safety. A.V. Dumanskiy Institute of colloidal chemistry and water chemistry NAS of Ukraine, Kiev, 2015.

The thesis is devoted to chemical and radioecological monitoring of National nature parks of Transcarpathian region. Comprehensive approach for background monitoring was propounded, which means combination of heavy metals distribution parameters and gamma-active radionuclides in the environment objects. Validity of optimized method determination specific activity has been proved. The regularities of radionuclides migration in the area of National nature parks «Synevyr», «Uzhanskiy» and «Enchanted Land» have been established.

Two opposite conformities to law were set. At first, general specific activity of natural gamma-active radionuclides, except ^{40}K , has higher significance in highlands than in lowlands. In the second place, the content of heavy metals in the highlands environment objects is lower than highlands. It means there is geochemical drift of heavy metals. Using cluster and factorial analysis the origin of heavy metals and radionuclides in the environment objects was proved.

Investigation in the primeval forest area can be used as standards of nature objects background state. The ability to migrate of heavy metals was used as security criteria of soils. Radiactive markers (^{214}Bi , ^{228}Ac , ^{212}Pb) was used as criteria of radiatijn monitoring.

Recommendations on environmental standards of state were made. The passport system of soils and mapping of national nature pars were carried out.

Key words: background monitoring, gamma-active radionuclide, heavy metals, validity of determination techniques, national nature pars, standards of state, mapping.