

В І Д Г У К
Офіційного опонента д.т.н., проф. Волошкіної Олени Семенівни
на дисертаційну роботу
Дудар Тамари Вікторівни
«Методологічні засади екологічної безпеки територій
з техногенно-підсиленими джерелами природного походження»
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека

Для опонування було надано автореферат на 44 сторінках та дисертацію повним обсягом 332 сторінки, яка складається з анотації, вступу, семи розділів, 25 таблиць, 64 рисунків, списку використаних джерел із 307 найменувань, одного додатку, що містить 6 актів впровадження, а також ксерокопії наукових праць здобувачки за темою дослідження.

Дисертацію виконано в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України. Дисертацію та автореферат викладено державною мовою. Графічний матеріал виконано якісно, він повною мірою ілюструє наведені в роботі наукові положення і висновки.

Актуальність теми дисертації актуальність теми дисертації зумовлена необхідністю розроблення методологічних основ оцінки і обґрунтування моделі контролю екологічного стану територій з техногенно-підсиленими джерелами радіоактивності природного походження як обов'язкової передумови зменшення негативного впливу на довкілля і подальшого розвитку дистанційного екологічного моніторингу.

Особливо слід зазначити важливість висвітлення проблеми радононебезпеки території України взагалі, оскільки радон як потенційне природне джерело радіаційного опромінення і захворюваності на рак широко обговорюється в Європейських і світових публікаціях і зовсім недостатньо для нашої країни. Особливо, якщо взяти до уваги територію Українського кристалічного щита, де радонові аномалії асоціюються із зонами активізації глибинних розломів тектонічних структур (розривних порушень, зон тріщинуватості і дроблення, тектонічно ослаблених блоків). Якщо над такими структурами розташовуються будівлі, імовірність накопичення в них високих концентрацій радону різко підвищується. Шляхи надходження радону в атмосферне повітря і повітря приміщень далеко не обмежуються переліченими. Також важливу роль відіграють будівельні матеріали, структура будівель, культура провітрювання та догляду за приміщеннями тощо. Відомі дослідження окремо взятих тектонічних порушень в земній корі і території забудови над ними, наприклад в зоні Вороніжського масиву. Доведено підвищений вміст радону в будівлях першого поверху і необхідність впровадження протирадонових заходів. І з цього приводу територія України, включаючи територію Києва, є недообстеженими стосовно вмісту радону, особливо в будівлях першого поверху і підвальних приміщеннях. Виділення радононебезпечних зон і пріоритетність радонової зйомки за методикою,

запропонованою дисертанткою, вважаю актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження виконувалось в рамках договорів про науково-технічне співробітництво між Національним авіаційним університетом та Науковим центром аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАНУ, а також науково-дослідних робіт у відповідності до цільових комплексних програм наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» та «Наукове забезпечення розвитку ядерно-енергетичного комплексу та перспективних ядерних технологій» відповідно до планів науково-дослідницьких робіт ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». Дудар Т.В. була співвиконавцем НДР за темами: «Створення експертно-аналітичної системи паспортизації і контролю виробничих об'єктів початкової стадії ядерно-паливного циклу (рудопрояви, родовища, гірничодобувні об'єкти, гірничо-збагачувальні комбінати)» (№ держреєстрації 0109U005728); «Розробка та випробування нових технічних засобів та методик комплексного радіогеохімічного моніторингу типових об'єктів видобування та переробки уранової сировини» (№ держреєстрації 0113U005188); «Відбір представницьких зразків уранових руд та руд-концентратів з родовищ України та їх комплексне дослідження» (проект Р 464 2011-2012 рр., УНТЦ).

Крім того, в дисертаційній роботі використані результати, отримані автором під час роботи у складі групи міжнародних експертів за програмою МАГАТЕ «Уранова геологія: видобування та довілля в галузі розвідки, видобування та перероблення ядерних матеріалів» (червень-жовтень 1995 р.), а також в період 2013–2019 рр. за участі в роботі над Європейським атласом природної радіації в рамках наукової співпраці з *EU JRC (Joint Research Center of the EU)*.

Обґрунтованість наукових положень дисертаційної роботи, висновків та рекомендацій, повнота їх висвітлення в наукових працях. Наукові положення дисертаційної роботи забезпечуються всебічним глибоким аналізом проблеми екологічної безпеки територій, де є джерела радіації природного походження, за літературними та архівними матеріалами; відповідністю методів дослідження поставленим у роботі меті і завданням; коректним застосуванням комплексу сучасних взаємодоповнюючих принципів, методів та засобів проведення дослідження, включаючи геоінформаційні технології, методи дистанційного зондування Землі, геопросторовий аналіз та математичне моделювання радоннебезпеки територій; залученням великого фактичного матеріалу; поширеною апробацією, ґрунтовними науковими публікаціями і практичним впровадженням.

Висновки по роботі відповідають поставленій меті та завданням дослідження. Вони логічно впливають з реалізації програми досліджень.

Питання впливу урановидобувної діяльності на компоненти довкілля авторкою досліджувалось протягом 2000-2019 років. Результати роботи

доповідались на міжнародних науково-практичних конференціях, починаючи з кінця 1990-х років ХХ ст.

Матеріали дисертаційної роботи у повній мірі висвітлені у 70 наукових працях. За результатами роботи опубліковано три монографії, 29 наукових статей, з них 15 – у вітчизняних фахових виданнях України, 14 – у закордонних наукових періодичних виданнях та у виданнях України, що індексовані у міжнародних наукометричних базах даних, та 6 статтях, внесених до бази *Scopus*. Деякі аспекти досліджень викладено у 2 главах монографій, 6 наукових статтях, опублікованих в інших виданнях, та 30 публікаціях матеріалів науково-практичних конференцій.

Наукова новизна, теоретичне та практичне значення одержаних результатів. Наукова новизна роботи полягає в застосуванні нових методологічних підходів до оцінки екологічної небезпеки території, де є потенційна загроза впливу на довкілля від низькоактивних техногенно-підсиленних джерел природного походження. При цьому:

уперше

- обґрунтовано методологію оцінювання екологічної небезпеки територій шляхом виділення і окреслення локацій видобування та перероблення уранової сировини у форматі уранової спадщини на регіональному (260 км × 125 км) і локальному (40 км × 25 км) рівнях за такими класами (разом дев'ять локацій – *sites*): – території відпрацьованих уранових родовищ шахтним способом та методом підземного свердловинного вилуговування; – території діючих урановидобувних підприємств та території переробних підприємств. Це території, радіоактивно забруднені внаслідок антропогенної діяльності в минулому – «*affected by past practices*», де рівень радіоактивності помітно перевищує фоновий і значення потужності еквівалентної дози досягають 350 мкЗв/год, а компоненти довкілля характеризуються підвищеним вмістом урану (породи – до 40–53 г/т; ґрунти – до 0,5–1,9·10⁻⁴%; вода – 5·10⁻⁶г/л – 9·10⁻²г/л), продуктів його розпаду, та супутніх елементів;

- розроблено метод ідентифікації радононебезпечних зон у межах територій суб'єктів господарювання на локальному рівні, який враховує природну радіоактивність компонентів довкілля, просторову щільність розломів (від 0,11–0,26 км до 0,57–0,71 км на 25 км²) та лінеаментів 3–4 порядків (від 1,53–3,65 км до 5,79–7,9 км на 1 км²), та дозволяє у 97,50 % ± 0,94 % випадків коректно класифікувати рівень потенційної радонової небезпеки;

- доведено доцільність і перспективність використання даних радарної інтерферометрії для виявлення динаміки процесів деформування земної поверхні та даних дистанційної термометрії для виявлення довготривалих змін температури земної поверхні як індикаторів екологічної небезпечності в межах важкодоступних територій на об'єктовому рівні;

удосконалено:

- модель визначення рівня радононебезпеки на основі методу лінійних дискримінантних функцій, яка враховує природну радіоактивність, пов'язану з вмістом урану в компонентах довкілля в умовах утворення зон тріщинуватості;

- модель визначення рівня потенційної загрози запиленості повітря на базі методу лінійних дискримінантних функцій, яка враховує основні кліматичні та техногенно-антропогенні фактори в межах території, що аналізується;

- формування оперативної бази, що є підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо першочерговості радонового знімання території з метою розробки природоохоронних заходів;

набуло подальшого розвитку:

- методика дистанційного картування деградації земель на основі обробки багатоспектральних космічних знімків та геопросторового моделювання для територій навколо потенційно небезпечних об'єктів;

- методологія оцінки впливу породних відвалів уранодобувного виробництва на величину дозових навантажень на людину від забруднення атмосферного повітря.

Найвагомішим результатом, на мою думку, є обґрунтування застосування сучасних методів дистанційного зондування Землі для просторової оцінки екологічної небезпеки техногенно навантаженої території з техногенно-підсиленими джерелами радіоактивності природного походження.

В контексті Основних норм безпеки ЄС, де вимагається ідентифікувати радоннебезпечні території, пропонується використовувати дистанційні методи для геопросторового моделювання радоннебезпечних територій спочатку на регіональному, а потім на локальному рівнях. Базовими параметрами для початкової стадії картування розглядаються просторова щільність розломів та лінеаментів 3–4 порядків. Інші параметри підключаються для більш детального аналізу залежно від конкретної локації, що розглядається.

В цілому наукова новизна отриманих результатів не викликає сумніву.

Теоретичне значення роботи полягає у визначенні концепції радоннебезпечних територій та факторів потенційної радоннебезпеки на прикладі центральноукраїнської урановорудної провінції. Теоретичні підходи можуть використовуватись для інших територій Українського кристалічного щита та його фанерозойського обрамлення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх застосування як фахівцями-практиками урановидобувних і переробних підприємств, так і на муніципальних рівнях та на рівні територіальних громад, зокрема, для прийняття управлінських рішень щодо першочерговості радонової зйомки та у подальшому при розробленні національної Програми дій щодо зниження радіаційних ризиків від радону.

Оцінка змісту дисертації та її завершеності. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 332 сторінках, з них 280 сторінок основного тексту. Список наукових посилань містить 307 найменувань.

Дисертація написана грамотною технічною українською мовою з використанням сучасної професійної лексики. Ілюстративний матеріал міститься в достатній кількості для повного розуміння виконаної роботи.

Автореферат відповідає змісту дисертації і розкриває основні наукові та практичні результати.

Аналіз викладеного матеріалу за розділами дисертації.

Анотацію до дисертації, як і надалі її текст, виконано згідно з вимогами наказу Міністерства України «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» № 40 від 12.01.2017. В ній стисло представлені основні результати дослідження із зазначенням наукової новизни та практичне значення роботи.

У **вступі** розкрито суть та стан проблеми екологічної безпеки територій з техногенно-підсиленими джерелами радіоактивності природного походження; обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, сформульовано мету, основні завдання дослідження, наукову новизну отриманих результатів. Розглянуто практичне значення та впровадження результатів дисертації. Наведено відомості про публікації та апробацію роботи.

У **першому розділі** «*АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ЧИННИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ УРАНОВИХ РЕГІОНІВ СВІТУ ТА УКРАЇНИ*» наведено аналіз наукових публікацій та нормативно-законодавчих актів, де міститься аналіз небезпечного стану та шляхи вирішення проблеми поводження з радіоактивними матеріалами природного походження (РМПП) та/або техногенно-підсиленими РМПП у світі та Україні.

Розглянуто теоретичні і практичні підходи щодо визначення чинників екологічної безпеки територій уранових регіонів світу та України.

В Україні накопичений великий науковий, практичний досвід та значна кількість архівного матеріалу щодо металогенії та геології урану та супутніх елементів у відкладеннях Українського кристалічного щита та його схилів. Багато фахівців досліджували питання речовинного складу родовищ урану, торію, рідкоземельних та рідко металевих елементів; питання видобування та перероблення уранової сировини. В останні роки багато уваги приділяється питанням впливу на компоненти довкілля при гірничовидобувних процесах.

Визначено важливість радонової проблеми на національних рівнях широко сприйнята у світі. Міжнародні стандарти рекомендують визначати радононебезпечні території, де надходження радону в будівлі очікується вище, ніж на інших територіях.

Аналіз ситуації показує, що техногенно-підсилені джерела природного походження для території урановидобування слід розглядати ширше, ніж просто відходи урановидобувних підприємств. Це джерела іонізуючого випромінювання природного походження, які в результаті антропогенної діяльності людини (виробництво, видобуток мінеральної сировини, оброблення та очищення води тощо) були піддані концентруванню або збільшилася їхня доступність, внаслідок чого утворилося додаткове до природного радіаційного фону опромінювання. Питанням екологічної і радіаційної безпеки територій, де є джерела і потенційна небезпека від таких джерел природного походження, приділялось не достатньо уваги.

Нарешті, території урановидобування, де містяться відходи видобування і первинної переробки руд, де виявлені специфічні домішки, і які теж розглядаються як техногенно-підсилені джерела природного походження, що можуть бути використані як радіоактивний матеріал для виготовлення брудної

бомби і чинити вплив не тільки на компоненти довкілля, а й слугувати терористичною загрозою.

Удосконалення нормативно-правової бази розвитку і функціонування об'єктів уранової промисловості повинно забезпечити пріоритети, напрямки та механізми здійснення довгострокової державної політики, визначеної Енергетичною стратегією України. Подальше удосконалення нормативно-правової бази сприятиме створенню комплексу організаційно-правових засад розвитку і функціонування уранової промисловості на принципах поєднання ринкових відносин і державного управління з метою забезпечення розвитку, національної енергетичної безпеки України, а також гармонізації законодавства України із законодавством ЄС.

У зв'язку з чим обґрунтовується науково-прикладна проблема і актуальність теми дослідження – екологічна (радіаційна, радонова) небезпека територій, де така діяльність відбувається. Науково-прикладна проблема, що розглядається, полягає у відсутності методологічних основ оцінки для визначення екологічної небезпеки територій з високим рівнем природної радіоактивності, враховуючи техногенно-підсилені джерела іонізуючого випромінювання природного походження.

У **другому розділі** *«МЕТОДОЛОГІЯ ПРОВЕДЕННЯ ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ»* наведено методологічні засади оцінювання екологічної небезпеки урановидобувних та прилеглих територій шляхом створення методологічних основ оцінки для визначення екологічної небезпеки територій з високим рівнем природної радіоактивності, враховуючи техногенно-підсилені джерела іонізуючого випромінювання природного походження.

Під методологією досліджень у загальному визначенні розуміються принципи побудови, методи, форми організації та способи наукового пізнання. Особливості методологічного підходу при дослідженні екологічної безпеки територій взагалі, включаючи техногенно навантажені території, методологічно розглядаються з використанням комплексного підходу, який включає екосистемний аналіз природно-територіального комплексу, що досліджується, та створення дистанційної основи на всю територію у різних масштабах з відповідною просторовою розрізненістю на місцевості.

У роботі використано комплексний підхід, який включає аналіз і узагальнення світового досвіду та власних досліджень з питань довготривалого впливу на довкілля внаслідок урановидобування, аналіз даних попередніх геологовишукувальних робіт на радіоактивні елементи та даних щодо джерел природної радіації, мінералого-петрографічний аналіз визначення речовинного складу уранових руд та рудовмісних порід, методи дистанційного зондування Землі при вивченні просторових особливостей трансформації довкілля в урановидобувних регіонах; методи геопросторового аналізу для картування чинників радоннебезпеки територій; метод дискримінантних функцій для визначення рівня радоннебезпеки територій; методи теорії ймовірностей і математичної статистики для обробки результатів вимірювань та моделювання; комп'ютерні методи оцінювання дозових навантажень та радіаційних ризиків.

Наведені методики математичного моделювання на основі лінійних дискримінантних функцій та комп'ютерні методи оцінювання дозових навантажень та радіаційних ризиків.

Третій розділ «ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРИТОРІЙ УРАНОВОЇ СПАДЩИНИ В УКРАЇНІ ЗА ОЗНАКАМИ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ (*post-uranium legacy sites*)» містить широке коло питань, пов'язаних із визначенням території уранової спадщини.

Розглянуто концепцію уранової спадщини в світі і в Європі, що стосується урановидобувних країн і рекультивації уражених територій. Узагальнено характеристику геологічної основи та природних джерел іонізуючого випромінювання виділеної території уранової спадщини України як території з високим рівнем природної радіоактивності.

На підставі ретельного аналізу геолого-структурних, металогенічних, мінералого-петрографічних тощо характеристик запропоновано заходи щодо визначення об'єктів (локацій) уранової спадщини: визначення потужності еквівалентної дози гамма опромінювання; визначення вмісту природних радіонуклідів ^{238}U – ^{234}U – ^{230}Th – ^{226}Ra – ^{210}Po – ^{210}Pb , ^{230}Th у компонентах довкілля – ґрунтах, воді, аерозолях; визначення об'ємних концентрацій Rn-222 на територіях бувших виробництв, будівлях промислового і житлового призначення, в зонах проживання населення; визначення ексхаляції радону Rn-222 на поверхні хвостосховищ та гірських відвалів, забруднених територіях промайданчиків; визначення вмісту супутніх елементів, концентрація яких перевищує фонові для кожного об'єкту – наприклад, V, Sc, Cr, As, Ni для територій уранових родовищ альбітітитої формації; визначення вмісту радіонуклідів і токсичних елементів в аерозолях, які відбираються на промайданчиках, робочих місцях персоналу, місцях проживання населення і зонах проведення земляних та будівельних робіт.

Визначення територій уранової спадщини за розробленою класифікацією запропоновано здобувачкою вперше. Вважаю це своєчасним і обґрунтованим підходом з метою зниження впливу на компоненти довкілля в межах урановидобувних та прилеглих територій і розроблення заходів щодо їх рекультивації.

Четвертий розділ «ВИЯВЛЕННЯ РАДОНОНЕБЕЗПЕЧНИХ ТЕРИТОРІЙ УРАНОВОЇ СПАДЩИНИ “POST-URANIUM LEGACY SITES” ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИКИ ГЕОПРОСТОРОВОГО АНАЛІЗУ» присвячений проблемі виявленню радононебезпечних територій шляхом застосування методики геопросторового аналізу.

Серед природних факторів акцент зроблено на геологічних, зокрема, територіях, де на поверхню землі виходять граніти, гнейси, фосфорити тощо, де вміст урану і торію в них становить до 100 кларків і більше. Загалом більш високі дози опромінювання населення характерні для територій з підвищеною природною радіоактивністю і районів розміщення підприємств, які видобувають і переробляють мінеральну сировину (особливо радіоактивну). Вміст радону і його продуктів розпаду в повітрі житлових і громадських будівель цих районів часто вище діючих гігієнічних нормативів.

Здобувачкою виділено та узагальнено 13 факторів радонової небезпеки (природні поклади урану; вміст урану в гірських породах, корі вивітрювання, ґрунтах, воді; потужність та гамма-активність порід осадового чохла; просторова щільність розломів достовірних і недостовірних та лінеаментів 3,4 та 5,6,7 порядків; відстань від санітарно-захисної зони видобувного підприємства; потужність дози на висоті 1 м) для ідентифікації радононебезпечних зон в межах територій суб'єктів господарювання на локальному рівні.

Аналіз факторів радонової небезпеки надав можливість розробити класифікацію потенційних рівнів радонової небезпеки. Виділено 4 рівні радонової небезпеки: від першого рівня, куди увійшли локації, розташовані в зонах з найменшою просторовою щільністю розломів, часто з найпотужнішим осадовим чохлом, до четвертого, де знаходяться локації найвищого рівня радонової небезпеки, зосереджені в зонах з найбільшою просторовою щільністю розломів та лінеаментів 3–4 порядків, де компоненти довкілля характеризуються найвищим вмістом урану та продуктів його розпаду.

Пропонується розробляти і застосовувати протирадонові заходи після проведення комплексної оцінки радіаційної обстановки і встановлення основних джерел формування доз опромінення населення на муніципальних рівнях та на рівні територіальних громад.

Для практичного аналізу проблеми надходження радону в житлові приміщення сучасного екологічно безпечного будинку і шляхів зниження радонового ризику потрібно враховувати варіабельність активностей радону в повітрі житлових приміщень будівель України, для чого визначати: гідрогеологічні та геофізичні особливості територій; особливості розломно-блокової тектоніки території забудови тощо.

У п'ятому розділі *«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ РАДОНОВОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ МЕТОДОМ ЛІНІЙНИХ ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ»* описано розроблену математичну модель визначення рівня радононебезпеки територій, що враховує природну радіоактивність, пов'язану з природними покладами урану та вмістом урану в об'єктах довкілля, просторову щільність лінеаментів та розломів, а також відстань від санітарно-захисної зони уранової шахти, та дозволяє у $97,50 \pm 0,94$ % правильно класифікувати рівень потенційної радонової небезпеки.

Для математичного моделювання було формалізовано завдання, для чого було сформовано та закодовано параметри (ознаки), що включаються в модель. Розгляд локацій (точок спостережень) було важко формалізувати, оскільки це природні об'єкти і визначити їх чітко за будь-якими критеріями є непросте завдання. Дані по всім локаціям було поділено на навчальну та тестову вибірки. З математичної точки зору всі групи розглядалися як сукупність об'єктів з якісними характеристиками, що варіюються. На підставі цих характеристик визначалася група, до якої належить локація. Серед запропонованих 13 факторів радононебезпеки території сім з них виявились інформативними та для яких були розраховані канонічні коефіцієнти за допомогою методу найменших квадратів для поліномів першого та другого порядку: природні

поклади урану; вміст урану в гірських породах; вміст урану в ґрунтах; просторова щільність розломів достовірних; просторова щільність розломів недостовірних; просторова щільність лінеаментів 3–4 порядків та відстань від санітарно-захисної зони Інгульської урановидобувної шахти.

У шостому розділі *«КАРТУВАННЯ ЛОКАЦІЙ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В МЕЖАХ УРАНОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ»* розглянуто питання дистанційного картування індикаторів небезпеки територій на детальному (об'єктовому) рівні окремих екологічно небезпечних об'єктів території уранової спадщини України.

Показовим є той факт, що для всіх запропонованих індикаторів екологічної небезпеки (окрім деградації ґрунтово-рослинного покриву) побудовані карти на всю територію досліджень на регіональному рівні, а потім розглядались конкретні локації навколо урановидобувних та прилеглих територій. Це означає, що у разі, якщо необхідно буде зосередитись на будь-якому іншому потенційно небезпечному об'єкті (наприклад, ВО «Придніпровський ПХЗ» або хвостосховище «ЗБК»), що потрапляє до окресленої території – то за запропонованим алгоритмом можна буде її дослідити з метою розробки природоохоронних заходів.

У межах промислових майданчиків діючих шахт виділено тестові локації, а за їх межами – контрольні (фонові). У межах обраних локацій проведено статистичні вимірювання параметрів часових серій радарної інтерферометрії, дистанційної термометрії та індексу листової поверхні *LAI*. Розраховано значення статистичного критерію Крамера–Уелча, який застосовується для підтвердження чи спростування гіпотези про належність статистичних вибірок одній генеральній сукупності.

Зроблено висновок, що для проведення космічного моніторингу вразливості земної поверхні в межах важкодоступних територій видобування радіоактивної сировини доцільно і раціонально використовувати багатоспектральні космічні зйомки. Проведений аналіз часових серій дистанційних даних задля картування довготривалих трендів та періодичних складових території дослідження показав, що середні значення за весь період аналізу та середні прирости за певний період спостереження є найбільш інформативними для характеристики динаміки процесів деформування земної поверхні, виявлення довготривалих змін температури земної поверхні, а також індексу листової поверхні рослинного покриву як індикаторів екологічної небезпечності в межах важкодоступних територій урановидобування на об'єктовому рівні.

Сьомий розділ *«ОЦІНКА ДОЗОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЛЮДИНУ ВІД РАДІОНУКЛІДІВ В АТМОСФЕРІ ВІД ВІДВАЛІВ УРАНОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ»* присвячений питанню потенційного пилового забруднення від відвалів уранових родовищ альбітитової формації на основі їх речовинного складу та оцінки дози і радіаційного ризику опромінення населення від надходження радіонуклідів в атмосферу. Наголошується, що визначення

екологічної безпеки території з техногенно-підсиленими джерелами природного походження, наявність відвалів відходів урановидобування та пилове забруднення приземних шарів атмосфери і земної поверхні є важливою і актуальною регіональною проблемою.

Проведено розрахунки площі відвалів з використанням даних супутника Sentinel-2 та цифрової моделі рельєфу земної поверхні (SRTM, 2000).

Визначено дози опромінення і ризик смертності від пилового надходження радіонуклідів в атмосферу від породних відвалів. Встановлено, що найбільша доза опромінення, яку може отримати людина, дорівнює 11 мкбер/рік. Доведено, що прижиттєвий радіаційний ризик від надходження радіоактивного пилу в атмосферу дорівнює 10^{-9} рік⁻¹ і є зневажливо малим, значно меншим за нормативні показники. Радіаційний ризик максимальний поблизу границі відвалів. Збільшення площі відвалів призведе до збільшення доз для населення. Тому бажано зі збільшенням площі відвалів застосовувати заходи щодо зменшення викиду пилу.

Визначено, що прижиттєвий радіаційний ризик від викиду пилу з відвалів трьох досліджуваних шахт зневажливо малий. Проте, сам факт пилового забруднення в степових районах видобування урану не може не розглядатися з точки зору екологічної небезпеки для здоров'я людини та довкілля.

Результати комплексних досліджень виявили основні шляхи для прогнозування потенційної небезпеки запиленості повітря (на прикладі промислової площадки Інгульської шахти). Розроблена математична модель на базі методу дискримінантних функцій, що враховує площу відвалів, вміст урану в пиловатій фракції та напрям вітру південно-східний та/або східний, коректно дозволяє визначити рівень потенційної загрози запиленості повітря у $96,3 \pm 3,6$ % усіх випадків для південно-східної та східної околиць міста Кропивницький.

Загальні висновки до дисертації логічно впливають з викладеного матеріалу і свідчать про виконання завдань дослідження й досягнення поставленої мети.

У додатку А представлені належним чином оформлені акти упровадження результатів дисертаційного дослідження. Слід зазначити, що розроблені за стандартами МАГАТЕ паспорти уранових родовищ, що мають загальний, технологічний та геологічний блоки, упроваджені в діяльність ТОВ «Атомні енергетичні системи» і мають не лише практичне, але й наукове значення, оскільки в узагальненому вигляді представляють багаторічні результати наукових досліджень геології урану в Україні і можуть бути представлені в МАГАТЕ для включення в міжнародну базу даних уранових родовищ світу.

При ознайомленні з текстом дисертації виникли наступні **зауваження та запитання**:

1. У першому розділі питання щодо рекультивації територій урановидобування, підрозділ 1.3.5 (ст. 84-85), розглянуті значно менш детально, ніж інші в цьому розділі.
2. Лінійний аналіз відіграє важливу роль у наукових викладках і

висновках роботи, проте у другому розділі, де описуються методи вирішення задач дослідження, цьому аналізу не приділено достатньої уваги (ст. 129).

3. В тексті дисертації не наголошено, яке з трьох родовищ, що наразі експлуатуються, буде вичерпано найближчим часом, і які робляться кроки щодо подальшої рекультивациі території?
4. Які території в Україні, окрім розглянутої в роботі, є потенційно радононебезпечними і які слід розглянути в першу чергу?
5. Яка ситуація з національною Програмою дій щодо зниження радіаційних ризиків від радону в Україні?
6. За якими методиками проводиться радонова зйомка в країнах-членах ЄС? Чи використовується геопросторовий аналіз з урахуванням геологічних факторів?
7. Якщо дозові навантаження на людину внаслідок пилового забруднення приземних шарів атмосфери поблизу відвалів урановидобування невеликі, то які ще дані слід урахувати, щоб повною мірою оцінити радіаційний ризик для населення, що мешкає поблизу урановидобувних підприємств?
8. Як залежать показники концентрації радону в внутрішньобудинковому повітрі від терміну експлуатації будинку?
9. Як може впливати радіаційний фон після Чорнобильської катастрофи на чистоту отриманих результатів? Чи є впевненість, що результати, які Ви отримали відображають природне радіаційне забруднення радоном, а не радіоактивне забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи?
10. При оцінці пилового забруднення від відвалів уранових родовищ автором прийнято середнє значення пиловиносу з породних відвалів, що приблизно дорівнює величині $6,9 \cdot 10^{-5} \text{ т} / (\text{м}^2 \cdot \text{рік})$. Було б доцільно пояснити, як отримано дане числове значення (стр.283, 7 розділ).
11. В тексті роботи слід було зазначити на поясненні приладів для вимірів радону внутрішньобудинкового приміщення, що застосовуються для оцінки рівня концентрації радону в приміщеннях будівель в тому числі волонтерами.

ВИСНОВОК


У дисертаційній роботі Дудар Т.В. вирішено актуальну наукову проблему, яка має велике науково-прикладне значення. Розроблені підходи щодо визначення об'єктів уранової спадщини України, радононебезпечних зон, виявлення індикаторів екологічної небезпечності в межах і поза межами урановидобувних та прилеглих територій дозволили визначити методологічні основи оцінювання екологічної безпеки територій з техногенно-підсиленими джерелами радіоактивності природного походження та обґрунтувати системи контролю їх екологічного стану, що може розглядатися як обов'язкова передумова подальшого розвитку дистанційного екологічного моніторингу.

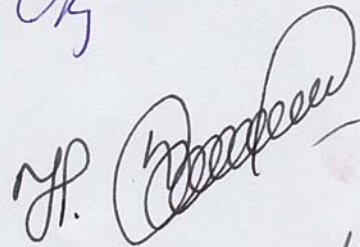
Представлена робота є завершеним науковим дослідженням у галузі екологічної безпеки, містить нові науково обґрунтовані результати, має практичну значущість. Зміст і реалізація результатів досліджень відповідають паспорту і напрямам досліджень за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. За характером, обсягом і результатами досліджень дисертація відповідає чинним вимогам до докторських дисертацій, зокрема пунктам 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затверджених Постановою КМУ від 24.07.2013 року № 567 та змінам згідно Постанови КМУ від 19.08.2015 року № 656 та № 1159 від 30.12.2015.

Виходячи з викладеного, рекомендую присудити Дудар Тамарі Вікторівні науковий ступінь доктора технічних наук зі спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент, д.т.н., проф.,
Завідувач кафедри охорони праці та
Навколишнього середовища
Київського національного університету
будівництва і архітектури

Підпис проф. Волошкіна О.С. засвідчую

 О.С. Волошкіна





КНУБА
Д.В.