

Рецензія на дисертацію Заноза Богдана Юрійовича
«Аналіз геоміграційних процесів і оцінки впливу радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на уранових спадкових об'єктах на довкілля і населення»,
поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 103 - Науки про Землю

Дисертація об'ємом 163 стор., включаючи 37 рисунки та 18 таблиць, складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 162 найменування.

Детально ознайомившись з дисертацією та науковими публікаціями здобувача, наступним чином можу оцінити її науковий рівень.

Актуальність теми

Актуальність досліджень визначена нагальною проблемою радіоактивного та хімічного забруднення підземних та пов'язаних з ними поверхневих вод урановими об'єктами ядерного спадку. Одним із таких об'єктів до якого прикута увага останніми десятиліттями є ВО «Придніпровських хімічний завод» у м. Кам'янське. Протягом багатьох років проблема впливу ПХЗ на довкілля залишається недостатньо вивчена, тому внесок дисертаційної роботи в дослідження формування забруднення гідросфери є вкрай цінним. Слід окремо виділити проблематику хвостосховищ уранових об'єктів, яка знайшла відображення у дослідженнях дисертанта. Хвостосховища ПХЗ, що розташовані в межах міста, можуть становити пряму радіологічну та хімічну загрозу населенню. Контроль їх стану та розуміння ризиків є невід'ємними елементами екологічної безпеки міста та довколишніх територій. Отримані результати є релевантними для інших уранових хвостосховищ, які є джерелами забруднення підземних та поверхневих вод радіонуклідами ряду урану-238, урану-235, торію-232, хімічними макро-елементами (хлоридами, сульфатами тощо), токсичними металами (марганець, свинець та ін.) та несуть потенційні негативні впливи на населення і довкілля внаслідок споживання води із забруднених водоносних горизонтів і поверхневих водойм.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: Дисертаційна робота була скоординована з виконанням бюджетної теми III- 11-20 «Моніторинг, прогнозування і оцінка ризиків небезпечних гідрогеологічних процесів у складних природно-техногенних і інженерних умовах», та проектом технічної допомоги Норвезького агентства радіаційного захисту для ДП «Бар'єр» № 6181269 «Зменшення ризику та вдосконалення системи моніторингу на майданчику Придніпровського хімічного заводу, Україна».

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів і висновків, сформульованих в роботі.

Дисертаційні дослідження виконані на високому науково-методичному рівні із застосуванням сучасних методів досліджень. Обґрунтованість та достовірність

сформульованих у роботі результатів і висновків забезпечується значним об'ємом польових еколого-гідрогеологічних досліджень (в тому числі дослідно-фільтраційні роботи та моніторингові спостереження), для виконання яких дисертантом було використано сучасне гідрогеологічне обладнання та апробовані методики, а також використанням для обробки даних натурних спостережень програмних комплексів, які відповідають найкращим світовим стандартам та широко застосовуються в гідрогеологічній практиці.

Дослідження побудовано методично вірно, з послідовним переходом від етапу натурних спостережень до опрацювання даних та отримання висновків. Мета і завдання дослідження сформульовані чітко та зрозуміло. Висновки є логічними та відповідають поставленим завданням, а також достатньою мірою відображають результати дослідження.

Викладене вище переконливо доводить, що результати досліджень та зроблені наукові висновки є належним чином обґрунтовані та достовірні.

Наукова новизна результатів досліджень. Теоретичне і практичне значення одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи Б.Ю. Заноза полягає у отриманні нових даних щодо поширення радіоактивного та хімічного забруднення у підземній гідросфері від уранових хвостосховищ. Найбільш значущими науковими результатами дисертаційної роботи Б.Ю. Заноза є наступні:

- Схематизація гідрогеологічних умов та визначені геохімічні умови зони впливу уранового хвостосховища «Західне» на основі значного обсягу проведених за участі автора дисертації моніторингових досліджень та дослідно-фільтраційних робіт, а також застосування балансових методів та геохімічного моделювання. Уточнення ряду важливих гідрогеологічних параметрів, серед яких оцінено інфільтраційне живлення підземних вод на різних геоморфологічних ділянках, інфільтраційні витoki із хвостосховища, швидкість фільтрації підземних вод, виконано зонування редокс-умов, виділено ключові забруднювачі підземних вод. Значний об'єм нових даних щодо хімічного та радіонуклідного складу підземних вод в зоні впливу об'єктів ПХЗ.

- Обґрунтована концептуальна модель хвостосховища «Західне» і комплексна математична модель для прогнозування небезпечних впливів досліджуваного об'єкту на гідрогеологічне середовище і населення, яка поєднує фільтраційну (Visual Modflow), геохімічну (PHREEQC), геоміграційну (NORMALYSA) моделі а також моделі радіологічних і токсикологічних впливів, що ґрунтуються на рекомендаціях МАГАТЕ, US EPA, ICRP.

- Оцінки ключових міграційних параметрів – сорбційних коефіцієнтів розподілу (K_d) радіоактивних забруднювачів для хвостового матеріалу і вміщуючих порід водоносного горизонту ділянки хвостосховища «Західне», отримані методами аналізу

розподілу забруднювачів in-situ в системі «матриця – порові розчини» і калібрування геоміграційної моделі.

- Результати довгострокових прогнозів міграції радіоактивних забруднювачів із уранового хвостосховища «Західне» в підземні і поверхневі води (р. Коноплянка) та оцінки впливу забруднення для вірогідних сценаріїв використання вод місцевим населенням. Встановлено, що радіоактивне забруднення підземних вод в зоні впливу хвостосховища є довгостроковою проблемою на сотні років, протягом яких воно поширюється за межі підприємства до р. Коноплянка – притоки р.Дніпро.

- Результати аналізу ефективності ремедіаційних заходів, що плануються на проммайданчику ПХЗ, щодо мінімізації негативного впливу хвостосховища «Західне» на підземні і поверхневі води, зокрема виокремлення сценарію «ремонт водопровідних мереж на проммайданчику ПХЗ, реалізація якого призведе до помітного зменшення швидкостей фільтрації, і сприятиме кращій захищеності підземних і поверхневих вод від радіоактивного забруднення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у обґрунтуванні стратегії поводження з спадковими урановими об'єктами, що націлена на попередження (або мінімізацію) негативного впливу забруднених підземних вод на довкілля і населення. Усі запропоновані дисертантом підходи до оцінки радіологічних та токсикологічних впливів на гідрогеологічне середовище та населення є універсальними та можуть бути використані для інших схожих об'єктів ядерного спадку.

Структура та зміст роботи.

Структура дисертації визначається метою, завданням та предметом дослідження і складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (162 найменування, серед яких 119 – англomовні), списку публікацій здобувача за темою дисертації та додатку. Дисертація викладена на 163 сторінках з обсягом основного тексту на 152 сторінках. Робота добре ілюстрована – містить 18 таблиць та 37 рисунків.

Розділ 1 присвячений огляду проблеми впливу уранових спадкових об'єктів на забруднення підземних вод та впливу забруднених вод на населення. Розділ складається з двох частин. Перша – розкриває характеристики відходів виробництва урану, потенційні шляхи впливу та поводження з урановими хвостосховищами. Важливим є огляд історії створення уранових хвостосховищ, розглянуті технічні недоліки яких призвели до забруднення довкілля через інфільтрацію забруднених вод. Показано, що уранові хвостосховища утворюють окрему категорію радіаційно та екологічно небезпечних об'єктів, які характеризуються рядом особливостей (специфічні властивості радіоактивних матеріалів, радіонуклідний склад, наявність хімічних забруднень, значні обсяги відходів, ненадійні інженерні бар'єри). Зазначено, що забруднення підземних та поверхневих вод є одним з головних шляхів негативного впливу.

Виділені шляхи небезпечного впливу забруднених підземних вод на людину уранових хвостосховищ. Друга частина розділу містить інформацію щодо техногенних, антропогенних та природних умов об'єкту дослідження, а також узагальнення результатів попередніх досліджень та моніторингу. Описано історію підприємства-забруднювача, використання території після зупинки ПХЗ у 1992 р. Наведено характеристики чотирьох хвостосховищ, зазначено, що вони не облаштовані спеціальними захисними екранами. Висвітлена історія проведення ремедіаційних заходів на території ПХЗ за рахунок державних коштів та коштів європейських донорів.

Розділ 2 висвітлює результати проведених автором дисертації моніторингових та дослідно-фільтраційних робіт на майданчику ПХЗ, які стали основою для подальших досліджень та отримання нових значимих результатів. Автором створено базу даних гідрогеологічної інформації для ПХЗ, яка використовувалась для моделювання фільтраційних і гео-міграційних процесів, і для оцінки впливу забруднювачів підземних вод на довкілля і людину. Привертає увагу, що автор був долучений до реконструкції системи гідрогеологічного моніторингу території ПХЗ. Автором доведено, що хвостосховище «Західне» є одним з основних джерел техногенного забруднення промислового майданчика ПХЗ. Підтверджено, що серед радіонуклідів найбільша мобільність в підземних водах притаманна ізотопам урану-238/234, сумарна концентрація ізотопів якого в алювіальному горизонті в зоні хвостосховища «Західне» сягала 1377 Бк/л. Водночас вперше виявлено забруднення підземних вод у зоні впливу об'єктів ПХЗ миш'яком і ртуттю.

У розділі 3 описано гідрогеологічну схематизацію і виконано аналіз геохімічних умов хвостосховища «Західне» (на основі даних моніторингу і моделювання PHREEQC). Шляхом геохімічного моделювання визначено форми знаходження радіонуклідів і токсичних елементів у підземних водах. Показано, що міграція забруднювачів із хвостосховища відбувається переважно в окислювальних умовах. Зроблено припущення, що забруднення водоносного горизонту в алювіальних відкладах, вірогідно, сформувалося в основному в експлуатаційний період хвостосховища, а в останні роки інфільтрація з тіла хвостосховища суттєво зменшилася за рахунок облаштування захисного покриття і гравітаційного зневоднення хвостового матеріалу. Представлено концептуальну модель негативних впливів об'єкту дослідження на гідрогеологічне середовище та населення, яка була використана при оцінках відповідних радіологічних та токсикологічних впливів. Вона показує шляхи міграції забруднювачів в геологічному середовищі (в зоні аерації, водоносному горизонті), розвантаження підземних вод в р. Коноплянка, яка в подальшому впадає в р. Дніпро, і потенційні негативні впливи забруднених підземних і поверхневих вод на населення.

Розділ 4 висвітлює отримані автором результати оцінки радіологічних та токсикологічних впливів хвостосховища на локальне населення, спричинених радіоактивним і

хімічним забрудненням підземних і поверхневих вод (р. Коноплянка, р. Дніпро) внаслідок витоків забруднюючих речовин з уранових хвостосховищ та інших об'єктів ПХЗ. Для оцінки впливу радіоактивного та хімічного забруднення на населення застосовано методологію ISAM, розроблену МАГАТЕ. Оцінка радіологічних впливів була проведена з використанням програми МАГАТЕ «NORMALYSA». Для оцінки токсикологічних впливів використана методика US EPA.

Дисертантом показано, що в сучасних умовах використання підземних і поверхневих вод в зоні впливу ПХЗ не створює неприйнятних радіологічних впливів на населення. Проте за консервативними оцінками, забруднення підземних вод ураном, а також поверхневих вод марганцем, в нинішніх умовах може бути потенційним джерелом неприйнятних токсикологічних впливів на населення – уран може створювати негативні впливи, насамперед, внаслідок споживання підземних вод для пиття; марганець може бути потенційним джерелом негативних впливів на населення внаслідок накопичення в рибі. Використання підземних вод на промисловому майданчику ПХЗ становить потенційну загрозу населенню (радіологічну та токсикологічну), тому необхідно здійснювати моніторинг ореолів розповсюдження забруднених підземних вод, розширювати моніторингову мережу в напрямку р. Коноплянка. Розрахований набір дозових коефіцієнтів можна використовувати для оцінок радіологічних та токсикологічних впливів на населення для інших майданчиків, які знаходяться в антропогенних умовах, близьких до умов ПХЗ.

Розділ 5 присвячений прогнозуванню довгострокових негативних впливів хвостосховища «Західне» на населення та навколишнє середовище. Для такого прогнозування було розроблено та відкалібровано з врахуванням даних натурних спостережень та експериментів гео-фільтраційну та гео-міграційну моделі, а також виконано комплекс розрахунків прогнозних радіологічних і токсикологічних впливів на людину і довкілля.

Автором дисертації отримані нові суттєво вищі порівняно з відомими показники величини швидкості фільтрації в алювіальному водоносному горизонті в зоні впливу хвостосховища на гео-фільтраційній моделі на основі програми Visual Modflow. Важливим результатом роботи стало уточнення дисертантом коефіцієнтів сорбційного розподілу для найбільш небезпечних забруднювачів - ізотопів урану-238/234. Нові дані дозволяють більш достовірно спрогнозувати швидкість міграції радіонуклідів у підземних водах, а також оцінити довгострокові радіологічні та токсикологічні впливи від забруднення підземних вод. Автором дисертації показано, що забруднення підземних вод в зоні впливу хвостосховища є довгостроковою проблемою, що потребує тривалого та системного контролю. Фронт забруднення буде рухатись в напрямку р. Коноплянка впродовж наступних сотень років. Забруднення підземних вод у межах промайданчика ПХЗ радіонуклідами ряду розпаду

урану-238 є джерелом неприйнятних довгострокових радіологічних і токсикологічних впливів для людини.

Представлені результати моделювання впливу 4 сценаріїв ремедіації проммандачику ПХЗ та зміни клімату на гідродинамічні умови фільтрації підземних вод в зоні впливу хвостосховища «Західне» мають очевидний практичний інтерес. Показано, що ремонт водопровідних мереж може привести до помітного зменшення швидкостей і збільшення часу фільтрації, що буде сприяти кращій захищеності підземних і поверхневих вод від радіоактивного забруднення. Реалізація альтернативних заходів, зокрема вилучення відходів із хвостосховища, не буде ефективним, так як концентрація урану в свердловинах у зоні впливу хвостосховища визначатиметься переважно джерелом забруднення в алювіальному водоносному горизонті, сформованому за період експлуатації об'єкту.

Усі шість основних висновків дисертаційної роботи Б.Ю. Заноза впливають з проведених ним натурних досліджень та експериментів, геофільтраційного та геохімічного моделювання, є змістовними і обґрунтованими, мають теоретичне і практичне значення.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Ознайомлення з текстом дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом вона відповідає вимогам до наукових робіт із гідрогеології. У тексті дисертації вичерпно і повно розкриті основні положення, зміст, результати та висновки виконаного дисертантом дослідження, детально описані використані методи та методики. Привертає увагу комплексність дослідження, логічність викладення матеріалу, широке застосування найбільш сучасного програмного забезпечення. Варто зазначити належний рівень виконання поставленого наукового завдання.

Наукові положення і висновки дисертації достатньо повно висвітлені в опублікованих працях Б.Ю. Заноза. Кількість та обсяг публікацій, що розкривають основний зміст роботи відповідають встановленим вимогам.

Таким чином, як за глибиною опрацювання, так і за рівнем висвітлення отриманих здобувачем результатів у науковій літературі та рівнем апробації, можна вважати, що поставлене наукове завдання є виконаним.

Дотримання академічної доброчесності.

Фактів академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації у дисертації Б.Ю. Заноза та його наукових публікаціях за темою дисертації не виявлено. Використані в роботі ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне літературне джерело.

Повнота, стиль і мова викладення. Відповідність діючим вимогам щодо оформлення дисертації.

Дисертацію написано з правильним використанням наукової термінології. Стиль викладення матеріалів – науковий, між частинами дисертації наявний чіткий причинно-

наслідковий зв'язок. Спосіб подання матеріалів дослідження, наукових положень дисертації, висновків забезпечують легкість та доступність їх сприйняття.

Оформлення дисертації відповідає вимогам, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40.

Зауваження до дисертації.

Суттєвих недоліків у змісті чи формі роботи немає.

До дисертаційної роботи Б.Ю. Заноза у мене є кілька наступних зауважень.

1. Не дивлячись на гарну ілюстрованість дисертаційної роботи у розділі 1.2, що присвячений умовам забруднення майданчику ПХЗ, бракує картографічного матеріалу з відображенням стану осередків забруднення. Такий матеріал б сприяв кращому сприйняттю роботи, особливо, якби він відображував розвиток осередків забруднення у часі.

2. Викликає питання доцільність включення до тексту дисертації інформації про трасерний експеримент. По перше, зазначено, що він був проведений у 2012 р., тобто не в рамках дисертаційних досліджень. Окрім того, методика його проведення визначає пряму залежність результатів від технічного стану свердловини (зокрема, стану фільтрової частини), яка визначає рівень водообміну між свердловиною та підземними водами, отже результати можуть бути спотворені при кольматажі фільтра чи інших його недоліках.

3. Дисертант дійшов важливого висновку, що інтенсивність забруднення алювіального водоносного горизонту (грунтових вод) визначається інфільтрацією з техногенного водоносного горизонту (за типом «верховодки»), що сформувався в тілі хвостосховища в результаті техногенних втрат. Екранування поверхні хвостосховища зменшує інфільтраційне живлення техногенного горизонту. В роботі визначено, що ремонт комунікаційних мереж зменшить інфільтраційне живлення. Для повноти оцінки впливу хвостосховища «Західне» було б доцільно провести розрахунки вичерпання техногенного водоносного горизонту у хвостосховищі «Західне» за сценарію вжиття рекомендованих заходів для уникнення втрат з комунікаційних мереж.

4. За результатами моделювання дисертант дійшов висновку щодо необхідності обмежень на використання підземних вод нижче за потоком від хвостосховища в межах промислового майданчику ПХЗ, а в довгостроковій перспективі – і за його межами. Результати моделювання наведені у розділі 5.2 у вигляді графіків. При цьому автором не наведено картографічний матеріал з винесенням зон, в яких необхідно застосувати зазначені обмеження. Доцільно було б поєднати результати гео-фільтраційного та гео-міграційного моделювання та винести зони потенційно небезпечного впливу на картографічний матеріал.

Висловлені зауваження мають скоріше редакційний характер і ніяким чином не зменшують наукової і практичної цінності отриманих дисертантом результатів і не впливають на високу оцінку дисертації рецензентом.

Загальний висновок.

Дисертація Заноза Богдана Юрійовича «Аналіз геоміграційних процесів і оцінки впливу радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на уранових спадкових об'єктах на довкілля і населення» присвячена актуальній темі, основні наукові положення і висновки є обґрунтованими і достовірними й достатньо висвітленими у наукових публікаціях.

Дисертація Заноза Богдана Юрійовича «Аналіз геоміграційних процесів і оцінки впливу радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на уранових спадкових об'єктах на довкілля і населення» відповідає чинним вимогам п.п. 6, 7, 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дисертація «Аналіз геоміграційних процесів і оцінки впливу радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на уранових спадкових об'єктах на довкілля і населення» є завершеним самостійним науковим дослідженням, містить наукову новизну, має практичне і теоретичне значення, а її автор Заноз Богдан Юрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 – природничі науки за спеціальністю 103 – Науки про Землю.

Офіційний рецензент:

Учений секретар

ІГН НАН України

кандидат геол. наук, старший дослідник

Руслан ГАВРИЛЮК