

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003087

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-09-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Заноз Богдан Юрійович

2. Bohdan Y. Zanoz

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 103

Назва наукової спеціальності: Науки про Землю\*\*

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Гідрогеологія

Дата захисту: 10-09-2024

Спеціальність за освітою: Геоінформатика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** К 26.162.05

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут геологічних наук Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417182

**Місцезнаходження:** вул. О. Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут геологічних наук Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417182

**Місцезнаходження:** вул. О. Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 38.61.03, 38.61.05, 38.61.91, 38.63.53

**Тема дисертації:**

1. Аналіз геоміграційних процесів і оцінки ризику радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на уранових спадкових об'єктах.
2. Analysis of groundwater flow and transport processes and assessment of impacts of radioactive and chemical contamination of groundwater at uranium production legacy sites on environment and population.

**Реферат:**

1. Дисертація присвячена експериментальним дослідженням та прогнозованню негативного впливу уранових спадкових об'єктів на гідрогеологічне середовище та населення. Дослідження виконані на прикладі уранового хвостосховища «Західне», яке є найбільш серйозним джерелом радіоактивного і хімічного забруднення підземних вод на майданчику Придніпровського хімічного заводу, м.Камянське. Для об'єкту дослідження виконано комплекс моніторингових і дослідно-фільтраційних робіт, які дозволили виконати гідрогеологічну схематизацію. На основі даних моніторингу та геохімічного моделювання було виконано аналіз геохімічних умов міграції забруднювачів (радіонукліди, токсичні метали) в підземних водах. В результаті моніторингових досліджень (у 2020-2021 рр.) було одержано актуальні дані про забруднення

підземних вод в зоні впливу об'єктів ПХЗ радіонуклідами ряду урану-238 і токсичними металами, а також про геохімічні умови в підземних водах. Головними забруднювачами підземних вод є уран (238, 234), токсичні метали (марганець, нікель, свинець, миш'як, ртуть), макроіони (зокрема, сульфат). На основі водобалансних розрахунків було визначено, що забруднення водоносного горизонту в алювіальних відкладах, вірогідно, сформувалося в експлуатаційний період хвостосховища, в результаті чого сформувалося вторинне джерело радіоактивного забруднення в водоносному горизонті в алювіальних відкладах. За результатами геохімічного моделювання міграція забруднювачів із хвостосховища відбувається переважно в окислювальних умовах. Уран мігрує у валентній формі  $6+$  у вигляді карбонатних комплексів уранілу ( $UO_2^{2+}$ ), в т.ч. у вигляді негативно заряджених комплексів, що обумовлює його високу мобільність. Для інших радіонуклідів ряду урану-238 інтенсивної міграції не спостерігається. Для радіонуклідів ряду урану-238 були розраховані *in situ* значення  $K_d$  хвостового матеріалу (уран-238 – 2,5–12 л/кг, радій-226 – 200– 7500 л/кг, свинець-210 – 500– 21000), що є ключовим параметром для прогнозування геоміграційних процесів. На основі узагальнення даних гідрогеологічного моніторингу, проведених дослідно-фільтраційних робіт і геохімічного моделювання для хвостосховища «Західне» було побудовано концептуальну модель негативних впливів цього екологічно-небезпечного об'єкту на довкілля і людину, яка враховує шляхи міграції забруднювачів в геологічному середовищі, захисні фактори (сорбцію, дисперсію, радіоактивний розпад і ін.), і можливі сценарії використання підземних і поверхневих вод місцевим населенням (питне постачання, зрошення городу і ін.). Ця концептуальна модель стала основою для подальшої побудови прогнозних математичних моделей негативних впливів хвостосховища на довкілля і людину у поточних та прогнозних умовах. За результатами розробки комплексу дозових моделей для оцінки впливів від забруднених вод з використанням програми NORMALYSA, в поточних умовах використання підземних і поверхневих вод (р.Коноплянка, р.Дніпро) в зоні впливу об'єктів ПХЗ (за межами проммайданчику) не несе неприйнятних радіологічних впливів для населення. За результатами консервативних токсикологічних оцінок потенційно небезпечним є споживання питної води із свердловин внаслідок забруднення ураном та споживання риби з р.Коноплянка внаслідок її забруднення манганом. Із використанням даних гідрогеологічного моніторингу для хвостосховища «Західне» було побудовано і відкалібровано гео-фільтраційну (на основі Visual Modflow) та гео-міграційну (на основі Ecolego / NORMALYSA) моделі. Результати прогнозного моделювання показали, що ореол забруднених ураном ( $>100$  Бк/л) підземних вод мігрує за межі промислового майданчику ПХЗ через 420 ( $\pm 100$ ) років, і досягне р. Коноплянка через 580 ( $\pm 120$ ) років. Результати моделювання свідчать про необхідність довгострокових обмежень на водокористування підземними водами нижче за потоком від хвостосховища в межах промислового майданчику ПХЗ, а в більш довгостроковій перспективі – і за його межами. Результати моделювання ряду варіантів ремедіаційних заходів показали, що сценарій вилучення хвостів із хвостосховища (і їх перезахоронення на інший пункт зберігання) не буде ефективним заходом з позицій захисту підземних вод внаслідок значного впливу на гідрогеологічне середовище вторинного осередку забруднення, який сформувався під хвостосховищем в алювіальному горизонті в період експлуатації. Згідно фільтраційних розрахунків, ремонт водопровідних мереж на проммайданчику ПХЗ з метою зменшення техногенної компоненти інфільтраційного живлення може призвести до помітного зменшення швидкостей фільтрації, і сприяє кращій захищеності підземних і поверхневих вод від радіоактивного забруднення. Зазначені результати можуть бути враховані при розробці планів ремедіації і ревіталізації промислового майданчика ПХЗ. Розроблені і апробовані методики аналізу геоміграційних процесів і моделювання можуть бути застосовані до аналогічних уранових об'єктів ядерного спадку.

2. The dissertation is devoted to experimental studies and modeling predictions of the negative impact of uranium production legacy sites on the hydrogeological environment and the population. The studies were conducted on the example of the «Zahidne» uranium mill tailing, which is the most serious source of radioactive and chemical contamination of groundwater at the site of the Prydniprovsky Chemical Plant, Kamianske. A set of monitoring and experimental hydraulic field tests was carried out for the study site, which allowed to perform hydrogeological schematization. Based on the monitoring data and geochemical modeling, geochemical conditions of pollutant (radionuclides, toxic metals) migration in groundwater were analysed. As a result of monitoring studies (in 2020-

2021), actual data of groundwater contamination in the zone of influence of PChP site with radionuclides of the uranium-238 series and toxic metals and geochemical conditions in groundwater were obtained. The main groundwater contaminants are uranium (238, 234), toxic metals (manganese, nickel, lead, arsenic, mercury), and macroions (in particular, sulfate). On the basis of water balance methods it is estimated that contamination of the aquifer in alluvial deposits probably formed during the operational period of the uranium mill tailing, resulting in the formation of a secondary source of radioactive contamination in the aquifer in alluvial deposits. According to geochemical modeling, the migration of contaminants from the tailings occurs mainly in oxidizing conditions. Uranium migrates in the valence form 6+ in uranyl carbonate complexes (UO<sub>2</sub>2+), including negatively charged complexes, which causes its high mobility. No intensive migration was observed for other radionuclides of the uranium-238 series. The K<sub>d</sub> of tailing material for radionuclides of uranium-238 decay series was estimated (U<sup>238</sup> – 2.5-12 l/kg, Ra<sup>226</sup> – 200-7500 l/kg, Pb-210 – 500-21000 l/kg), which is a key parameter for predicting geomigration processes. On the basis of hydrogeological monitoring data, hydraulic testing and geochemical modeling a conceptual model of «Zahidne» uranium mill tailing as a source of hazardous impacts on the environment and population was developed. This model takes into account the pathways of contaminant migration in the geological environment, protective factors (sorption, dispersion, radioactive decay, etc.), and possible scenarios for the use of groundwater and surface water by the local population (drinking water supply, garden irrigation, etc.). This conceptual model became the basis for further development of mathematical modeling predictions of the negative impacts of the tailings on the environment and population under current and long-term conditions. As a result of development of a set of dose models for assessing impacts from contaminated water using the NORMALYSA software, under current conditions, using of groundwater and surface water (Konoplyanka River, Dnipro River) in the zone of influence of the PChP site (outside the industrial site) does not pose unacceptable radiological risks to the population. According to conservative toxicological assessments drinking water consumption from wells is potentially dangerous due to uranium contamination, and consumption of fish from the Konoplyanka River is potentially dangerous due to manganese contamination. Groundwater monitoring data were used to develop and calibrate the groundwater flow model (based on Visual Modflow software) and transport model (based on Ecolego / NORMALYSA software) of «Zahidne» uranium mill tailing. Modeling results shows that the main front (>100 Bq/l) of uranium-contaminated groundwater will migrate outside the PChP industrial site in 420 (±100) years, and reaches the Konoplyanka River in 580 (±120) years. The modeling results indicate the need for long-term restrictions on the use of groundwater downstream of the uranium mill tailings within the PChP industrial site, and in the longer term – beyond the PChP site. As a result of modelling of several remediation scenarios the retrieval of wastes from the uranium mill tailing and their re-disposal to another facility will not be an efficient measure from the point of view of groundwater protection due to the contamination source in the alluvial aquifer formed during the operation period of uranium mill tailing. According to flow calculations, reconstruction of water supply networks at the PChP site to reduce the technogenic component of infiltration recharge can provide to a significant reduction in flow velocity rates and contribute to better protection of groundwater and surface water from radioactive contamination. The developed and approbated monitoring and modeling techniques can be applied to similar uranium production legacy sites.

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

## Публікації:

- 1. Заноз Б.Ю., Ткаченко К.Ю., Бугай Д.О. Аналіз гідрогеологічних і геохімічних факторів міграції радіонуклідів і токсичних металів із уранового хвостосховища в підземні води. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2021. Т. 14 (2). С. 83–95. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2021.245705>
- 2. Заноз Б.Ю. Вплив уранових хвостосховищ на гідрогеологічне середовище та обґрунтування стратегії їх ремедіації (короткий огляд). Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2022. Т. 15 (2). С. 138–150. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.287362>
- 3. Заноз Б.Ю., Бугай Д.О. Визначення параметрів водообміну і моделювання геофільтраційних процесів в зоні впливу уранового хвостосховища «Західне» Придніпровського хімічного заводу. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2023. Т. 16 (1). С. 98–110. <https://doi.org/10.30836/igs.2522-9753.2023.291210>
- 4. Zanoz B.Yu., Bugai D.O., Koliabina D.O., Avila R. Assessment of radiological risks of using water resources contaminated by radionuclide releases from the uranium production legacy site. Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану середовища: матеріали XVI міжнародної наукової конференції (Київ, 15–18 листопада 2022 р.). <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580204> (індексовано Scopus)
- 5. Ткаченко К.Ю., Скальський О.С., Бугай Д.О., Лаврова Т.В., Процак В., Кубко Ю.І., Авіла Р., Заноз Б. Моніторинг техногенного забруднення підземних і поверхневих вод в зоні впливу уранових хвостосховищ Придніпровського хімічного заводу (м. Кам'янське). Геологічний журнал. 2020. №3 (372). С. 17–35. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.3.206341> (індексовано Scopus Q3)
- 6. Бугай Д.О., Заноз Б.Ю., Лаврова Т.В., Кориченський К.О., Кубко Ю.І., Авіла Р., Рець Ю.М. Розвиток системи моніторингу підземних вод в зоні впливу об'єктів спадщини уранового виробництва Придніпровського хімічного заводу. Геологічний журнал. 2021. №4 (377). С. 56–70 <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.240111> (індексовано Scopus Q3)
- 7. Zanoz B. Yu., Bugai D. O., Koliabina D., Avila R. Assessment of radiological and toxicological risks from the use of groundwater and surface water in the zone of influence of the uranium production legacy site. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2022. Vol. 23 (4). P. 271–279. <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.04.271> (індексовано Scopus, Q3)

## Наукова (науково-технічна) продукція:

## Соціально-економічна спрямованість:

## Охоронні документи на ОПВ:

**Впровадження результатів дисертації:** Впровадження не планується

## Зв'язок з науковими темами:

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бугай Дмитро Олександрович

2. Dmytro O. Buhai

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., с.д., 01.02.05

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

## Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут геологічних наук Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417182

**Місцезнаходження:** вул. О. Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Яковлев Валерій Володимирович

2. Valery V. Yakovlev

**Кваліфікація:** д. геол. н., професор, 04.00.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Шевченко Олексій Леонідович

2. Oleksiy L. Shevchenko

**Кваліфікація:** д. геол. н., старший науковий співробітник, 04.00.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5791-5354

#### **Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 02572508

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 37, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

## Ідентифікатор ROR:

### Рецензенти

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гаврилюк Руслан Борисович
2. Ruslan B. Havryliuk

**Кваліфікація:** к.геол.н., н.с, 04.00.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

#### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут геологічних наук Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417182

**Місцезнаходження:** вул. О. Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

## Ідентифікатор ROR:

#### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Колябіна Ірина Леонідівна
2. Iryna L. Koliabina

**Кваліфікація:** к. геол. н., 21.06.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:** ;<https://orcid.org/0000-0002-6120-4491>;<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201215822>;<https://www.webofscience.com/wos/author/record/15812668>;<https://scholar.google.com/citations?user=oYFqEWkAAAAJ&hl=uk>;<https://www.researchgate.net/profile/Iryna-Koliabina>

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут геологічних наук Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417182

**Місцезнаходження:** вул. О. Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

## Ідентифікатор ROR:

## VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Сухоробрий Арнольд Олексійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сухоробрий Арнольд Олексійович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Сюмар Наталія Петрівна

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна