

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту ядерних досліджень

НАН України

академік НАН України

В.І. Слісенко

« 29 » 11



## ВИСНОВОК

Інституту ядерних досліджень НАН України

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Мизнікова Дмитра Євгеновича на тему:

«Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія

### Витяг

з протоколу № 7 засідання розширеного наукового семінару відділу структури ядра від «29» листопада 2023 року.

**Присутні:** Головуючий на засіданні – в.о. зав. ВСЯ ІЯД НАН України к.ф.-м.н. В.П. Хоменков, академік НАН України В.І. Слісенко, чл.-кор. НАН України В.Ю.Денисов, д.ф.-м.н. В.В.Давидовський, О.І.Давидовська, В.О.Желтоножський, В.П.Михайлюк, А.М.Саврасов, д.х.н. Т.Б.Желтоножська, к.ф.-м.н. С.С.Драпей, В.В.Кобичев, Є.В.Куліч, В.О.Нестеров, П.В.Порицький, М.В.Стрільчук, к.т.н. Н.В.Куліч, Р.Ю.Чаплинський, гол.інж. Е.Є.Петросян

Серед присутніх 8 докторів наук, 9 кандидатів наук. З них 14 – фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація.

### Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження Мизнікова Дмитра Євгеновича на тему «Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС», поданого на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Науковий керівник – академік НАН України, директор Інституту ядерних досліджень НАН України Василь Іванович Слісенко.

Дисертація виконувалась у Відділі структури ядра Інституту ядерних досліджень НАН України. Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Інституту ядерних досліджень НАН України (протокол № 10 від 3 грудня 2019 року).

### Виступили:

Головуючий Хоменков В.П. представив здобувача Мизнікова Дмитра Євгеновича і повідомив, що Мизніков Д. Є. вступив до аспірантури при ІЯД НАН України у 2018 році, в 2022-му закінчив, успішно склавши іспити з прослуханих курсів різних предметів зага-

льною кількістю 56 кредитів. Дисертаційну роботу Мизнікова Д. Є. розглядала на плагіат комісія ІЯД НАН України в складі вченого секретаря Н.Л. Дорошко, голови комісії з наукової етики О.А. Понкратенко і секретаря комісії П.В.Порицького. За різними трьома програмами результати дослідження на плагіат були відповідно 91%, 95% і 87% оригінальності. Був зроблений висновок, що дисертаційна робота Мизнікова Д. Є. є оригінальною за науковим змістом і може бути поданою до разової спеціальної ради. Головуючий зазначив, що подано позитивну характеристику від наукового керівника.

Далі здобувач Мизніков Д. Є. представив презентацію за основними положеннями дисертації «Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Після закінчення презентації присутніми на захисті фахівцями були поставлені наступні запитання, зауваження і коментарі по суті дисертації:

**Д.ф.-м.н. В.В. Давидовський:** Я хочу задати таке обов'язкове з формальної точки зору питання. Ваша робота досить ґрунтовна, об'ємна, дуже багато цікавих результатів. Зрозуміло, що також і не ви один її робили, тобто в колективі ваших співавторів, тому якщо коротко ви можете якось підкреслити ваш особистий внесок в ті результати, які ви виставляєте на захист.

**Д.Є. Мизніков:** Звісно. Я працював з різними зразками, які ми отримували з Чорнобильської зони відчуження: вимірював їх на спектрометрі, проводив розрахунки, розробляв методики, проводив аналіз результатів, які ми отримували. Також писав ці статті, які ми публікували, робив переклад їх на англійську мову, і також протягом роботи зробив декілька доповідей на міжнародних конференціях.

**К.ф.-м.н. В.В. Кобичев:** Я рецензент цієї роботи, і робота, яка мені поступила на рецензію, озаглавлена «Розробка нових методів реєстрації радіологічно-значимих радіонуклідів у радіоактивних відходах АЕС». А ви доповіли роботу з якоюсь іншою назвою. Як це пояснити?

**Д.Є. Мизніков:** Насправді вони не сильно відрізняється, це – більш загальна назва. Але з'ясувалося, що не можна вже поміняти назву, яка була затверджена в аспірантурі, тож ми повернулися до первісної назви.

**К.ф.-м.н. В.П. Хоменков:** Тоді у мене теж є зауваження якраз саме з приводу назви. Все-таки тут чітко йде про берилій, хлор, нікель, стронцій, а мені здається, що в доповіді ви широко освітили також інші радіонукліди, зокрема для біологічних зразків. Виходить, вони або зайві для цієї теми, або ж може справді треба якось розширити назву?

**Д.ф.-м.н. В. О. Желтоножський:** На жаль рекомендується, щоб була така назва, яка затверджена під час вступу до аспірантури.

**Д.ф.-м.н. В.В. Давидовський:** Справа в тому, що поміняти назву можна було багато разів під час аспірантури. І коли аспірант виконує свій індивідуальний план, він все ж таки рухається в напрямку якоїсь конкретної роботи з конкретною назвою. Оскільки аспірантура була завершена більше року тому, то незрозуміла процедура зміни на даний момент назви цієї дисертації. І взагалі, оскільки у нас є певні тут часові рамки, я не думаю, що варто зараз розпочинати процес заміни дисертаційної роботи на даному етапі. Тому Дмит-

ро Євгеневич виходить на захист роботи, яка фактично є продовженням того, що він робив в аспірантурі.

**Д.ф.-м.н. В.П.Михайлюк:** Це зрозуміло. Чи не можна в такому випадку просто трошки додати до назви, наприклад, методи реєстрації берилію, хлору, нікелю, стронцію та інших радіонуклідів. Чи це недоцільно буде вже?

**К.ф.-м.н. П.В. Порицький:** Хоч навіть слово одне додавати, це буде інша назва і її треба змінювати формально. Можна було легко змінити назву, коли здобувач навчався в аспірантурі. Але коли він закінчив аспірантуру, то тоді виникає питання, який в нього статус. Тобто він вже не є аспірантом, а роботу, яку він захищає, він захищає на базі саме аспірантури. Що, до речі, зазначено в усіх документах.

**К.ф.-м.н. В.П. Хоменков:** Добре, я думаю, вирішили з цим питанням. Будь ласка, задавайте питання далі.

**Чл.-кор. НАН України В.Ю.Денисов:** Можна ще питання. Воно полягає в тому, що мені не подобається, як Д.Є. Мізніков відповів на запитання В.В. Давидовського з приводу особистого внеску. Це питання дуже делікатне, і відповідати на це питання треба таким чином - у вас є 10 робіт, і треба сказати конкретно, в якій роботі який ваш внесок.

**Д.ф.-м.н. В.В. Давидовський:** Тобто це має бути чітко написано як в авторефераті, так і в дисертації. Там повинен бути окремий підрозділ публікацій, в яких висвітлені результати вашої особистої діяльності. І під кожною публікацією, якщо там є більше двох трьох співавторів, це повинно бути вказано обов'язково. Ви можете подивитися зразки на інших спецрадах, зараз це є в інтернеті, як зазначається особистий внесок. Це не якісь вимоги, скажімо так, наші внутрішньо-інститутські, це просто теперішній процес перевірки на кожному етапі дисертаційних робіт і під час захисту. Цей пункт є обов'язковим, туди дивляться в першу чергу і оцінюють чи ви були просто, скажімо так, маленьким вагончиком в потязі науковому, або ви дійсно робили певний вклад. Тому подивіться уважно, чи це все зазначено. І у вашій презентації далі треба буде окремо це зазначити. Ще дуже важливо, Міністерство освіти і науки концентрується на науковій новизні і практичним значенні. Звичайно, що з ваших висновків випливає, що у вас є нові результати, але треба вставити окремий слайд, в якому ви акцентовано наголосите на тому, що є саме новим в вашій роботі і яке конкретне практичне значення буде від ваших отриманих результатів.

**Д.ф.-м.н. В.П.Михайлюк:** Я хочу повернутися до назви роботи. З моєї точки зору, все дуже просто. Треба викреслити назви радіонуклідів і це буде наразі «Радіохімічні методи реєстрація радіонуклідів з відходів АЕС». Ось така пропозиція.

**Д.ф.-м.н. В. О. Желтоножський:** Ну тут уже сказали, що навіть не можна зайве слово вставляти в назву, тому, правильне запропонування, але, на жаль...

**К.ф.-м.н. В.В. Кобичев:** Знов вертаюсь до назви. Хлор-36. В самої роботі опис методів вимірювання активності хлору-36 дуже маленький, близько одного абзаца. А в назві воно є. Тобто я вважаю, що треба хоча б трошечки розширити про це і дописати в основні результати.

**Д.Є. Мизніков:** Я згоден.

Далі **рецензенти** дисертаційної роботи **к.ф.-м.н. В.В. Кобичев** та **д.ф.-м.н. В.П.Михайлюк** наголосили на позитивних аспектах дослідження та висловили свої побажання та зауваження.

**К.ф.-м.н. В.В. Кобичев:** Я прочитав роботу Дмитра Євгеновича. Мені вона сподобалася. Робота належить до сфери радіології, ядерної фізики, присвячена розробці нових методів реєстрації довгоживучих радіонуклідів, що розпадаються без випромінення гамма-квантів та напрацьовуються в процесі роботи ядерних реакторів, а також застосуванню цих методів до дослідження поведінки радіонуклідів в зоні ЧАЕС.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел, а також додатку. У вступі викладене обґрунтування вибору теми, мета завдання, методи дослідження, наукова новизна, а також особистий внесок. Описано сучасні методи реєстрації довгоживучих радіонуклідів, що розпадаються без випромінення гамма-квантів та напрацьовуються в процесі роботи реактивів. Подано список наукових програм та тем, в рамках яких виконувалось дослідження.

Також охарактеризовано мету і завдання, об'єкти, предмети дослідження, методи, наукову новизну, практичне значення, особистий внесок автора, наведено список конференцій, де була апробація результатів. Потім у першому розгляді традиційно, як годиться для огляду літератури за темою дослідження, викладено основні методи аналізу довгоживучих, так званих difficult-to-measure (DTM-нуклідів), що напрацьовуються в конструкційних елементах реакторів, і які неможливо виміряти методами реєстрації гамма-випромінювання. Наприклад,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{90}\text{Y}$ . І охарактеризовано основні підходи до проблеми. Два основні підходи - перемірювання таких нуклідів і друге - це метод кореляційних коефіцієнтів, який орієнтується на побудову кореляцій між цими DTM-радіонуклідами та радіонуклідами, які легко виміряти - easy-to-measure (англійською ETM). І на практиці серед таких ETM-нуклідів часто використовують  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ . Далі в другому розділі описано фотоактиваційний метод визначення цих DTM-нуклідів:  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{59}\text{Ni}$ ,  $^{63}\text{Ni}$ , а також  $^{55}\text{Fe}$  у конструкційних матеріалах реакторів. Автор розробив методику вимірювання активності  $^{10}\text{Be}$  в конструкційних матеріалах активної зони з точністю кілька десятків мБк на г. Методи обґрунтовано теоретично, проведено їх експериментальну валідацію, як для  $^{10}\text{Be}$ , так і для  $^{59}\text{Ni}$ , який напрацьовується, оскільки конструкційні матеріали АЕС мають значну кількість нікелю, звісно. Був також розроблений інший варіант активаційного методу, який базується на певній кількості атомів  $^{62}\text{Ni}$  та  $^{59}\text{Co}$ . Були проведені теоретичне розрахунки функції збудження за допомогою програмного коду TALYS, і також було виконано моделювання в програмному коду JEANT4. Загалом було також проведено експериментальну валідацію, яка підтвердила теоретичний підхід.

У третьому розділі автор обговорює  $^{90}\text{Sr}$ , один із радіологічно найнебезпечніших радіонуклідів, які також відносяться до довгоіснуючих DTM-нуклідів, тобто Difficult-to-Measure, оскільки це бета-розпаднак. Для реєстрації використовували NaI спектрометри з тонким вхідним вікном, вимірювали спектри в товстих зразках ґрунтів або в живих об'єктах. Проведено дослідження з урахуванням самопоглинання електронів і було проведено дослідження мишоподібних гризунів та птахів, виловлених в зоні ЧАЕС різних розмірів.

У четвертому розділі наведено результати апробації всіх розроблених методів. За дослідженням активності  $^{137}\text{Cs}$  у розрізах ґрунтів до глибини 30 см було сформульовано вираз для визначення активності америцію-241-го з урахуванням співвідношення активності  $^{137}\text{Cs}$ , визначених вищеописаними способами. Формули врахування впливу неоднорід-

ності в досліджуваних зразках на розрахунки активності радіонуклідів можуть підвищити достовірність визначення активності в зразках.

З використанням цих методів було оцінено внесок нових надходжень радіонуклідів у верхні шари ґрунтів зони ЧАЕС через установку конфайнмента. І показано значну зміну концентрації  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{94}\text{Nb}$ ,  $^{241}\text{Am}$  поблизу об'єкта Укриття. Було запропоновано репери контролю нових радіоактивних надходжень за активністю  $^{94}\text{Nb}$ .

У висновках наводиться перелік основних наукових результатів, представлений у дисертаційній роботі.

І я можу сказати, що актуальність роботи, актуальність дисертації визначається кількома ключовими аспектами. Це важливість характеристики радіоактивних відходів у галузі атомної енергетики для радіоекологічного моніторингу у зв'язку зі збільшенням кількості ядерних реакторів, що виводяться з експлуатації. Радіоактивні матеріали, що утворюються під час штатної експлуатації, мають специфічні властивості, присутність радіонуклідів з дуже тривалими періодами розпаду і значної кількості таких радіонуклідів, які важко вивести за допомогою гамма-спектрометрії.

Присутність сотень тон матеріалів, які можна повторно використати після відповідної переробки також. І ця ретельна характеристика стану радіоактивних речовин, їхньої кількості, місця зосередження після вивантаження активної зони реактора дуже актуальна.

Для характеристики цих радіонуклідів, difficult-to-measure радіонуклідів, використовуються зазвичай радіохімічні методи, але у зв'язку зі значним об'ємом опромінених конструкційних матеріалів і допомогою радіохімічних методів неможливо отримати дані про радіонуклідний склад. Тому розробка нових радіохімічних методів, таких як були представлені у роботі, є нагальною проблемою сьогодення для забезпечення безпечної роботи діючих реакторів.

З цієї причини напрямок досліджень є дуже актуальним, і особливо це актуально для України у зв'язку зі зняттям з експлуатації Чорнобильської АЕС і штатною експлуатацією енергоблоків інших атомних електростанцій. Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше отримано дані про виходи фотоядерних реакцій на атомах  $^9\text{Be}$  і  $^{10}\text{B}$  в області енергії до 55 МэВ. Також новим є розроблений метод розрахунку активності  $^{10}\text{Be}$  на підставі даних про  $(n,\gamma)$  і  $(n,p)$  перерізи та перерізи фотоядерних реакцій на атомах  $^9\text{Be}$  і  $^{10}\text{B}$ .

Важливе досягнення роботи - це розроблений метод розрахунку активності ізотопів  $^{59,63}\text{Ni}$  і  $^{55}\text{Fe}$  на підставі експериментальних і розрахункових даних про  $(n,\gamma)$  та  $(n,p)$  перерізи і перерізи фотоядерних реакцій на атомах  $^{58}\text{Ni}$ ,  $^{59}\text{Co}$  і  $^{56}\text{Fe}$ . Новим є і вивчення впливу неоднорідності в досліджуваних зразках на розрахунки активності радіонуклідів, а також отримання напівемперичних формул для їх врахування.

У роботі здобувач отримав нові дані про зміну концентрації радіонукліда в ґрунтах, відібраних у ближній зоні ЧАЕС після встановлення другого конфайнмента.

Апробація та публікація результатів. Автор дисертації брав активну участь у наукових конференціях в Україні, конференціях нашого інституту, та в Угорщині, де доповідав про результати своєї роботи. Результати були опубліковані в 11 роботах, 7 - це статті в реферованих фахових журналах, що індексуються в Scopus. Одна в Українському науковому журналі, який не індексується в Scopus, а є фаховим журналом, і три тези конферен-

ції. Усі результати, представлені в дисертації, є опублікованими. Також отримано два патенти на корисну матерію.

Зауваження. Як я вже сказав, назва роботи в доповіді здобувача не збігається з назвою рецензованої дисертації. Далі, в анотації не зазначено метод вимірювання активності  $^{55}\text{Fe}$ , який було описано в другому розділі. Є також деякі суто текстові помилки навіть у назвах розділів, визначеннях довгоживучих ізотопів, радіоізотопів. Також такі вирази, як «один із найбільш радіобіологічно небезпечних радіонуклідів у діапазоні енергії 0,01-0,09 Бк», це не енергія, звісно (це в анотації). Тому автору слід ретельно вчитати роботу, але ці зауваження не знижують цінність роботи.

Висновок. Дисертаційна робота є цінним внеском у розробку нових методів реєстрації радіологічно значущих нуклідів. Результати досліджень мають важливе наукове та практичне значення і можуть бути корисними для подальших досліджень у цій галузі. Робота в цілому відповідає існуючим вимогам дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Дякую за увагу.

**Д.ф.-м.н. В.П.Михайлюк:** Доброго дня, колеги. Після доволі повного виступу здобувача і особливо після виступу мого колеги-рецензента, мені немає чого робити. Я не буду повторюватися. Я скажу тільки ті речі, які мені сподобалися в дисертації і рекомендації. І так, сподобалось мені те, що у дисертаційній роботі проводилися одночасно експериментальні та теоретичні дослідження різноманітних процесів, які відбуваються в Чорнобильській зоні АЕС. Сподобалось те, що здобувач звертає увагу саме на Чорнобильську зону АЕС. Наскільки я розумію, він також розуміє, що Чорнобильська зона АЕС, є полігон, який може бути, як-то кажуть, «золотим», для вивчення різноманітних фізичних процесів для наших вчених і для вчених за кордоном. Вважаю, що суттєвим досягненням дисертації є наявність декількох патентів. Це свідчить про те, що впровадження результатів роботи, на певному ранзі відбулося. Що стосується певного роду рекомендацій. Звертаю увагу на те, що в посиланнях завжди використовується повний набір авторів, тобто «et all» не використовують. Тому на це треба звернути увагу. І останнє. Я знаю по крайній мірі дві дисертації, які стосувалися проблем, які розглядаються в роботі здобувача. Що я маю на увазі? Я маю на увазі, що, проглядаючи список посилань, я не побачив посилань на українських дослідників. А це, мабуть, не дуже добре. Там немає посилань на той журнал, який видавався в Чорнобилі. Це також рекомендація на розсуд, як-то кажуть, автора. Що стосується того, чи можна цю дисертацію представляти спочатку на розгляд секції, а потім на вченій раді Інституту ядерних досліджень, то я підтримую це. Зрозуміло, що це гідна робота, яку треба розглядати, і я сподіваюся, що здобувач отримує те звання, на яке він претендує. Дякую.

**Д.ф.-м.н. В.В. Давидовський:** Перед тим як ми перейдемо до протокольних процедур цього заходу, я хотів би зауважити щодо роботи рецензентів. Зараз рецензенти - це рецензенти на цьому семінарі, на попередньому розгляді дисертації. Якщо здобувач, науковий керівник і завідувач відділу, а також самі рецензенти згодні, то вони будуть, відповідно, членами разової ради, тобто рецензентами вже під час захисту дисертації. Так от, вони будуть окремо подавати до разової ради свої рецензії. Я хочу, щоб були враховані такі моменти, що, по-перше, прямим текстом має бути вказана наукова новизна, практичне значення. Потім дуже важливо, щоб було вказано, чи містять публікації здобувача ре-



зультати дисертації. Тобто 9 позицій у презентації та у висновках мають справді бути постановкою задачі та розв'язанням задачі в тих публікаціях, які наведені.

Потім наступне. Важливий момент, і тут П.В.Порицький мене підтримує - має бути оцінена кількість публікацій, які зараховуються згідно з порядком присудження ступеня доктора філософії. Треба правильно враховувати публікації у фахових виданнях України (є відповідний перелік на сайті МОН), публікації в журналах, що індексується Scopus, публікації в журналах, що входить у перший-третій кuartилі. Я бачив перелік публікацій Дмитра Євгеновича, там здається все гаразд, але в рецензіях окремо має бути проаналізовано і прямим текстом вказано, що справді ті публікації, які мають бути зараховані, вони оцінюються так-то, і загалом у претендента є стільки-то (повинно бути більше трьох). Це важливий момент, на який звертає увагу і МОН, і всі звертають на це увагу. Ну і, звісно, фраза про значний особистий внесок здобувача також має бути у відгуку рецензента.

**К.ф.-м.н. В.П. Хоменков:** Отже, пропонується поставити на голосування в такому варіанті наше рішення, що ми підтримуємо цю дисертацію і пропонуємо рекомендувати її для подальшого проходження на розгляд секції, а потім на разовій вченій раді Інституту ядерних досліджень.

## ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Мизнікова Дмитра Євгеновича на тему «Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 Фізика та астрономія**

**Обґрунтування вибору теми дослідження.** Важливою проблемою радіоекологічного моніторингу є характеристика радіоактивних відходів у галузі атомної енергетики. Число ядерних реакторів, що виводяться з експлуатації, в усьому світі збільшується у зв'язку з тим, що перші покоління реакторів досягли кінця свого розрахункового терміну експлуатації. Станом на початок 2020 року у світі було виведено з експлуатації чи знаходилось на стадії виведення 186 ядерних енергетичних реакторів, 150 установок ядерного паливного циклу та більше 560 дослідницьких реакторів та критичних збірок. Радіоактивні матеріали, які утворюються при штатній експлуатації реакторів мають наступні специфічні властивості: присутність радіонуклідів з дуже тривалими періодами напіврозпаду; існування значної кількості бета- та рентгенівських випромінювачів; присутність сотень тон матеріалів, які можна повторно використовувати після відповідної переробки. Для переробки загальної маси конструкційних матеріалів необхідна ретельна характеристика стану радіоактивних речовин, їх кількості та місць зосередження після вивантаження активної зони реактору. Для характеристики активності довгоживучих радіонуклідів, які розпадаються без випромінювання супутніх гамма-квантів використовуються радіохімічні методи. У зв'язку із значним об'ємом опромінених конструкційних матеріалів, лише за допомогою радіохімічних методів неможливо отримати дані про радіонуклідний склад активованих конструкційних матеріалів.

Тому розробка нових нерадіохімічних методів є нагальною проблемою сьогодення для забезпечення безпечної роботи діючих АЕС. З цієї причини напрям досліджень щодо

систематизації та поводження з опроміненими конструкційними та радіоактивними матеріалами є актуальним. Особливо це актуально для народного господарства України, у зв'язку з виведеною з експлуатації Чорнобильською АЕС і штатною експлуатацією енергоблоків інших станцій.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.** Дисертаційне дослідження виконувалося в рамках кількох держбюджетних тем та науководослідних робіт за додатковими цільовими темами:

1. Розробка нових методів реєстрації радіологічно значимих нуклідів в радіоактивних відходах АЕС (2018-2019 рр.).
2. Дослідження фотоядерних реакцій з вильотом заряджених частинок та гамма-квантів в області деформованих ядер (2020-2021 рр.).
3. Нові методи реєстрації довгоживучих радіонуклідів в конструкційних матеріалах АЕС для їх наступної переробки (2022 р.).
4. Нові нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів в радіоактивних матеріалах АЕС для їх наступної переробки (2023-2024 рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи було розроблення нових методів реєстрації довгоживучих радіонуклідів, що розпадаються без випускання гамма-квантів нерадіохімічними методами. Для вирішення поставленої мети було виконано такі завдання:

- 1) Проведено вимірювання виходів фотоядерних реакцій на атомах  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^{10}\text{B}$ , що призводять до утворення  ${}^7\text{Be}$ .
- 2) За допомогою фотоактиваційного аналізу досліджено елементний аналіз зразків опромінених конструкційних матеріалів, відібраних на другому енергоблоці ЧАЕС.
- 3) Розроблено метод розрахунку активності довгоіснуючого радіоізоотопу  ${}^{10}\text{Be}$  в опромінених конструкційних матеріалах активної зони реакторів, використовуючи дані про перерізи  $(n,\gamma)$ -,  $(n,p)$ - і фотоядерних реакцій на атомах  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^{10}\text{B}$ .
- 4) Досліджено експериментальні й теоретичні (у рамках програмного коду TALYS1.96) перерізи  $(\gamma,n)$  і  $(\gamma,p)$ -реакцій на атомах  ${}^{58}\text{Ni}$ ,  ${}^{56}\text{Fe}$  і  ${}^{59}\text{Co}$ .
- 5) Розроблено фотоактиваційний метод розрахунку активності довгоіснуючих радіоізоотопів  ${}^{58,63}\text{Ni}$ ,  ${}^{36}\text{Cl}$  і радіоізоотопу  ${}^{55}\text{Fe}$  в опромінених металевих конструкційних матеріалах АЕС, відносно активності  ${}^{60}\text{Co}$ , використовуючи дані про перерізи  $(n,\gamma)$ -,  $(n,p)$ - і фотоядерних реакцій на атомах  ${}^{56}\text{Fe}$ ,  ${}^{58}\text{Ni}$  і  ${}^{59}\text{Co}$ .
- 6) Проведено оцінки впливу неоднорідностей у досліджуваних зразках на ефективність реєстрації гамма-квантів і електронів.
- 7) Досліджено концентрації антропогенних радіонуклідів у ґрунтах, відібраних у ближній 5-км зоні ЧАЕС та поблизу 30-км зони ЧАЕС, після встановлення другого конфайнмента.

**Об'єкт дослідження.** зразки опромінених конструкційних матеріалів АЕС, тверді та рідкі РАВ АЕС, зразки ґрунту з 5-км зони ЧАЕС, дрібні гризуни та птахи, виловлені у Чорнобильській зоні відчуження.

**Предмет дослідження.** фотоядерні реакції на атомах, що входять до складу конструкційних матеріалів, виходи активностей  ${}^{90}\text{Sr}$  на пізній фазі аварії на ЧАЕС.



**Методи дослідження.** У роботі використано методи фотоактиваційного аналізу, напівпровідникової гамма-спектроскопії та сцинтиляційної спектроскопії електронів, методи математичного моделювання з використанням програмних кодів GEANT4 і TALYS1.96.

#### **Наукова новизна дослідження:**

- 1) Уперше отримано дані про виходи фотоядерних реакцій на атомах  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^{10}\text{B}$  в області енергій до 55 MeV.
- 2) Розроблено метод розрахунку активності  ${}^{10}\text{Be}$  на підставі даних про перерізи  $(n,\gamma)$ -,  $(n,p)$ - і фотоядерних реакцій на атомах  ${}^9\text{Be}$  і  ${}^{10}\text{B}$ .
- 3) Розроблено метод розрахунку активності ізотопів  ${}^{58,63}\text{Ni}$ ,  ${}^{36}\text{Cl}$  і  ${}^{55}\text{Fe}$  на підставі експериментальних і розрахункових даних про перерізи  $(n,\gamma)$ -,  $(n,p)$ - і фотоядерних реакцій на атомах  ${}^{58}\text{Ni}$ ,  ${}^{35}\text{Cl}$ ,  ${}^{59}\text{Co}$  і  ${}^{56}\text{Fe}$ .
- 4) Вивчено вплив неоднорідностей у досліджуваних зразках на розрахунки активності радіонуклідів та отримано напівемпіричні формули їх врахування.
- 5) Досліджено зміни концентрації радіонуклідів у ґрунтах, відібраних у ближній зоні ЧАЕС після встановлення другого конфайнмента.
- 6) Досліджено концентрації радіонуклідів у ґрунтах, поблизу 30-км зони ЧАЕС після встановлення другого конфайнмента.

#### **Практичне значення.**

Розроблені методи визначення активності ізотопів  ${}^{10}\text{Be}$ ,  ${}^{59,63}\text{Ni}$  і  ${}^{55}\text{Fe}$  у конструкційних матеріалах АЕС були використані для вивчення активності в конструкційних матеріалах знятого з експлуатації 2-го енергоблока ЧАЕС і радіоактивних відходів з інших працюючих АЕС України. Ці методи дадуть змогу розв'язувати завдання з виведення атомних станцій з експлуатації та забезпечувати безаварійну роботу діючих АЕС.

Напівемпіричні формули врахування впливу неоднорідностей у досліджуваних зразках на розрахунки активності радіонуклідів підвищать достовірність визначення активності у зразках довкілля.

**Особистий внесок здобувача** полягає в безпосередній участі на всіх етапах робіт: в опроміненні та відборі досліджуваних зразків, вимірі спектрів гамма-променів та електронів, математичному аналізі експериментальних даних та їхньому узагальненні, розробці методів розрахунку активності довгоживучих радіоізотопів у конструкційних матеріалах АЕС.

**Апробація результатів дослідження.** Результати, представлені у дисертації, доповідалися автором на наступних наукових конференціях:

1. Щорічні конференції Інституту ядерних досліджень НАН України 2019-2022 гг.
2. VII Terrestrial Radioisotopes in Environment International Conference on Environmental Protection. 10-13 August 2020. Veszprém, Hungary.

**Публікації.** За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 11 наукових праць: 7 статей у виданнях, які індексуються в наукометричній базі даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 1 стаття в українському науковому журналі та 3 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій. Отримано 2 патента на корисну модель.

## Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Zheltonozhsky V.O., **Myznikov D.E.**, Savrasov A.M., Slisenko V.I. Determination of  $^{59}\text{Ni}$  and  $^{55}\text{Fe}$  contents in NPP structural elements **Q3** (2023) *Ukrainian Journal of Physics*, 67(10), pp. 707-714. DOI: 10.15407/ujpe67.10.707 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
2. Zheltonozhsky V.O., **Myznikov D.E.**, Savrasov A.M., Slisenko V.I. Determination of  $^{63}\text{Ni}$  activity in NPP construction materials **Q4** (2022) *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 23, pp. 207-211. DOI: 10.15407/jnpae2022.02.207 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
3. Zheltonozhskiy V.A., Zheltonozhskaya M.V., **Myznikov D.E.**, Bondarkov M.D., Farfán E.B. Investigation of radionuclide migration at sites adjacent to the 30-km exclusion zone of the chernobyl nuclear power plant **Q2** (2022) *Health Physics*, 122(4), pp. 502–507. DOI: 10.1097/hp.0000000000001529 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
4. Zheltonozhsky V.A., **Myznikov D.E.**, Slisenko V.I., et al. Determination of the long-lived  $^{10}\text{Be}$  in construction materials of nuclear power plants using photoactivation method **Q2** (2021) *Journal of Environmental Radioactivity*, 227, 106509. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2020.106509. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
5. Zheltonozhsky V.O., **Myznikov D.E.**, Savrasov A.M., Slisenko V.I. Investigation of  $^7\text{Be}$  population in reactions on nuclei of beryllium and boron with bremsstrahlung  $\gamma$ -rays in wide energy range **Q3** (2020) *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 21 (4), pp. 302-307. DOI: 10.15407/jnpae2020.04.302 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
6. Zheltonozhskaya M.V., Kulich N.V., **Myznikov D.E.**, Slisenko V.I. Study of the Chernobyl fallout in 30-km zone after construction of the confinement **Q3** (2019) *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 20 (3), pp. 258-264. DOI: 10.15407/jnpae2019.03.258 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
7. Bondarkov D.M., Kulich N.V., **Myznikov D.E.** et al. Non-destructive methods of Sr-90 measurement (2018) *Radiation and Applications*. Vol. 3, no. 1. P. 41–46. DOI: 10.21175/RadJ.2018.01.008 (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
8. Бондарьков Д.М., Бондарьков М.Д., Желтоножська М.В., Желтоножський В.А., **Мизніков Д.Є.** Методи корекції бета-спектроскопічних досліджень у польових умовах (2019) *Проблеми Чорнобильської зони відчуження*. № 20. P. 82–87. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка статті до друку)
9. Куліч Н.В., Желтоножська М.В., **Мизніков Д.Є.** Спосіб розрахунку активності  $^{241}\text{Am}$  в об'ємних слабоактивних пробах ґрунту. Патент на корисну модель №133830. Заявка U201811024 від 08.11.2018. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка заявки на отримання патенту)

### **Опубліковані праці апробаційного характеру:**

1. **Музніков Д.Е.,** Zheltonozhsky V.A., Slisenko V.I. New non-destructive method of the beryllium-10 determination in constructional materials of nuclear power plants. Book of Abstracts of VII Terrestrial Radioisotopes in Environment International Conference on Environmental Protection. 10-13 August 2020. Veszprém, Hungary. P. 62. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка тез до друку)
2. **Мизніков Д.Є.,** Желтоножський В.О., Саврасов А.М., Слісенко В.І. Визначення вмісту  $^{59,63}\text{Ni}$  та  $^{55}\text{Fe}$  в конструкційних елементах АЕС. Збірник тез щорічної конференції Інституту ядерних досліджень НАН України 28 вересня 2022 р. Київ. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка тез до друку)
3. **Мизніков Д.Є.,** Бондарьков Д.М., Желтоножський В.О., Саврасов А.М., Садовніков Л.В. Методи реєстрації радіонуклідів в радіоактивних матеріалах АЕС. Збірник тез щорічної конференції Інституту ядерних досліджень НАН України 28 вересня 2022 р. Київ. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка тез до друку)

### **Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації**

1. Желтоножський В.О., Желтоножська М.В., Куліч Н.В., **Мизніков Д.Є.,** Слісенко В.І. Фотоактиваційний спосіб визначення активності  $^{10}\text{Be}$ . Патент на корисну модель №142159. Заявка U201907143 від 27.06.2019. (особистий внесок здобувача - проведення досліджень, аналіз отриманих результатів, підготовка заявки на отримання патенту)

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів (огляд літератури, три розділи з результатами власних досліджень, їх обговоренням та узагальненням результатів), висновків, списку використаних джерел, що містить 86 джерел, та одного додатку. Дисертаційну роботу викладено на 120 сторінках, в ній представлено 28 рисунків та 11 таблиць.

**Характеристика особистості здобувача.** Дисертант має високу кваліфікацію в галузі фізики та радіоекології, застосуванні програмних методів, достатньо вільно володіє англійською мовою.

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертація виконана фаховою українською мовою, текстове подання матеріалу відповідає стилю науково-дослідної літератури.

**Рецензенти рекомендують:** відповідно до п.15 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, *пропонується такий склад разової ради:*

**Голова ради:**

**Понкратенко Олег Анатолійович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу фізики важких іонів ІЯД.

**Рецензенти:**

**Кобичев В'ячеслав Валерійович**, кандидат фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу фізики лептонів ІЯД;

**Михайлюк Вадим Петрович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач лабораторії відділу структури ядра ІЯД.

**Офіційні опоненти:**

**Плюйко Володимир Андрійович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), професор кафедри ядерної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Маслюк Володимир Трохимович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу Інституту електронної фізики НАН України (Ужгород).

У результаті попередньої експертизи дисертації Мизнікова Дмитра Євгеновича і повноти публікації основних результатів дослідження

**УХВАЛЕНО:**

1. Затвердити висновок про наукову новизну та практичне значення результатів дисертації Мизнікова Дмитра Євгеновича на тему: «Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Мизнікова Д.Є. відповідає спеціальності 104 Фізика та астрономія та вимогам **Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 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**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

3. Рекомендувати дисертацію Мизнікова Д.Є. на тему: «Нерадіохімічні методи реєстрації радіонуклідів  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{59,63}\text{Ni}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  із відходів АЕС» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

4. Рекомендувати вченій раді Інституту ядерних досліджень затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

**Голова ради:**

**Понкратенко Олег Анатолійович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу фізики важких іонів ІЯД.

**Рецензенти:**

**Кобичев В'ячеслав Валерійович**, кандидат фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу фізики лептонів ІЯД;

**Михайлюк Вадим Петрович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач лабораторії відділу структури ядра ІЯД.

**Офіційні опоненти:**

**Плюйко Володимир Андрійович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), професор кафедри ядерної фізики фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Маслюк Володимир Трохимович**, доктор фізико-математичних наук (спеціальність 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій), завідувач відділу Інституту електронної фізики НАН України (Ужгород).

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертації Мизнікова Д.Є.:

«За» – 16;

«Проти» – немає;

«Утримались» – немає.

Презентація Мизнікова Дмитра Євгеновича на 29 стор. додається.

**Голова семінару**

В.о. зав. відділом структури ядра  
ІЯД НАН України  
к.ф.-м.н.



В.П. Хоменков

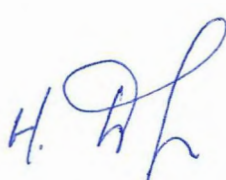
**Секретар семінару**

к.т.н.

Р.Ю. Чаплинський

**Учений секретар**

ІЯД НАН України  
к.ф.-м.н.



Н. Л. Дорошко