

І. В. Куцина, В. С. Гавриленко, Д. І. Хвалін

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Лисогірська, 12, Київ, 03028, Україна*

## Результати діяльності Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України у 2023 році

### Ключові слова:

Інститут проблем безпеки атомних електростанцій, Національна академія наук України, підтримка держави та міжнародних партнерів, оцінювання ефективності діяльності, висвітлення наукових досягнень

Наведено найважливіші результати наукової та науково-організаційної діяльності Інституту проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України у 2023 р. Навіть за умов масштабного вторгнення російських військ на територію України та продовження російським агресором бойових дій співробітниками Інституту виконано всі заплановані завдання, що насамперед стало можливим завдяки запровадженню низки організаційних заходів, ефективність яких підтверджується суттєвим підвищенням якості наукових досліджень, практичного впровадження результатів, а також публікаційної активності дослідників. Важливість Інституту у вирішенні актуальних і стратегічно важливих у воєнний та повоєнний періоди науково-технічних завдань схвалена керівництвом Національної академії наук України, експертами з оцінювання ефективності його діяльності, а також міжнародними партнерами. Усе це свідчить про можливість подальшого розвитку та за необхідності розширення обсягів виконання складних завдань, які вирішують фахівці Інституту.

### Вступ

Інститут проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України (ІПБ АЕС НАН України) є державною науковою неприбутковою бюджетною установою, яка у своїй діяльності керується Конституцією України, чинним законодавством України, Статутом НАН України, а також іншими нормативними актами НАН України та своїм Статутом.

Відповідно до нової редакції Статуту, затвердженої Розпорядженням Президії НАН України № 366 від 16.07.2021 р., основними напрямками діяльності Інституту є: проведення науково-дослідних, дослідно-конструкторських і проектних робіт, пов'язаних із перетворенням об'єкта «Укриття» (ОУ) на екологічно безпечну систему; створення робототехнічних систем і радіаційних технологій поводження з ядерни-

ми матеріалами; моніторинг та прогнозування стану речовин, що містять ядерне паливо, стану будівельних конструкцій об'єкта, а також рівня екологічної безпеки у зоні його впливу; проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень у галузі безпеки АЕС; розроблення наукових основ безпеки й ефективності експлуатації ядерних установок; дослідження, розроблення та впровадження технологій зняття з експлуатації енергоблоків АЕС; розроблення наукових засад і створення технологій поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП) та радіоактивними відходами (РАВ).

Шляхом корегування тематики досліджень з урахуванням можливості їхнього виконання за умов воєнного стану, а також розширення обсягів досліджень, спрямованих на науково-технічне забезпечення потреб безпеки держави та створення наукового підґрунтя для повоєнного відновлення

© І. В. Куцина, В. С. Гавриленко, Д. І. Хвалін, 2024

і подальшого інноваційного розвитку промислового сектору української економіки виділені такі напрями: розроблення наукових основ безпеки й ефективності експлуатації ядерних установок, розроблення та створення робототехнічних пристроїв, а також дослідження з радіаційної екології, які полягають у захисті людини та довкілля від потенційних ризиків використання ядерних технологій. Крім цього, фахівці Інституту також здійснюють науково-технічний супровід діяльності з мирного використання ядерної енергії.

Усі дослідження ІПБ АЕС НАН України відповідають напрямам «Енергетичної стратегії України на період до 2050 р.», а також Загальнодержавної програми зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС і перетворення ОУ на екологічно безпечну систему, Комплексної (зведеної) програми підвищення безпеки АЕС України, Загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з РАВ, Стратегії розвитку територій у зоні відчуження і зоні безумовного відселення на 2022–2030 рр., яка схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України та погоджена Прем'єр-міністром України, та ін.

Інститут забезпечений кваліфікованими кадрами, які проходять періодичну перевірку знань згідно з установленими вимогами та мають великий досвід радіоекологічних досліджень, оцінки впливу АЕС на довкілля, наукового обґрунтування принципів організації мережі радіаційного та радіоекологічного моніторингу на радіоактивно забруднених територіях і в зонах впливу радіаційно небезпечних об'єктів. Загалом колектив складається з висококваліфікованих фахівців у галузі екологічної безпеки, теплових та ядерних енергоустановок, електричних машин і апаратів, інформаційно-вимірювальних систем, фізики твердого тіла, фізики ядра й елементарних частинок, теплофізики та молекулярної фізики, агрофізики, гідравліки та інженерної гідрології, радіобіології, біофізики, які мають досвід роботи в інститутах НАН України, проектних організаціях і підприємствах ядерної галузі, а також в органі регулювання. Понад 40 % працівників удостоєні почесних відзнак і нагород енергетичної галузі, органу регулювання, центральних та місцевих органів влади, найвищих відзнак державного рівня.

Співробітники Інституту є почесними членами, а також членами Правління громадської організації «Українське ядерне товариство» (ГО «УкрЯТ»); членами Національної комісії Верховної Ради України з радіаційного захисту; відділення індустріального бу-

дівництва Академії будівництва України; відділення атомного будівництва Академії будівництва України; вченої ради Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (НТУУ «КПІ імені І. Сікорського»); членами експертної ради Державної атестаційної комісії Міністерства освіти і науки (МОН) України; експертної ради МОН України з питань атестації наукових кадрів з електричної інженерії, електроніки та телекомунікацій; низки державних екзаменаційних комісій; експертної групи з оцінювання ефективності діяльності наукових установ за науковим напрямом інженерно-технічних наук МОН України; експертної групи секції «Енергетика та енергоефективність» з визначення пріоритетних напрямів розвитку наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності МОН України; Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації (УкрІНТЕІ) МОН України; спеціалізованих рад низки установ НАН України; науково-технічної спілки енергетиків та електротехніків України; колеги Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України; спеціалізованої секції «Енергетика та енергоефективність» Комітету з Державних премій України в галузі науки й техніки; науково-технічної ради Міністерства енергетики України, державного підприємства «Національна атомна енергогенеруюча компанія (ДП НАЕК) «Енергоатом»», державного спеціалізованого підприємства (ДСП) «ЧАЕС» і Державного агентства України з управління зоною відчуження (ДАЗВ України).

З причини масштабного вторгнення російських військ на територію України та продовження російським агресором бойових дій за кордон виїхало 26 співробітників Інституту, з них 16 повернулося. В інші міста України виїхало 7 співробітників, але усі з часом приїхали назад. Тому для деяких співробітників Інститут запровадив дистанційну форму роботи та часткову зайнятість, а подекуди відпустку без оплати чи вимушений простій.

У складі Збройних сил України та Сил територіальної оборони перебуває 7 штатних працівників Інституту, з них — 2 наукових. Співробітники ІПБ АЕС НАН України, окрім того, що захищають Україну на передовій, також активно займаються волонтерською діяльністю. Для військових України волонтери Інституту спільно з ГО «УкрЯТ» передають кошти на закупівлю автомобілів і палива, обігрівачів, спеціалізованого електрообладнання, продуктів харчування, теплий одяг і взуття, спеціальний одяг,

тканину для шиття маскувальних сіток, а також надають науково-технічні консультації.

Міжнародні партнери розуміють важливість виконуваних наукових завдань і допомагають відновити матеріально-технічну базу ІПБ АЕС НАН України у м. Чорнобилі, яка постраждала внаслідок російської агресії. Так, у 2023 р. Інститут отримав гуманітарну допомогу від Міністерства промисловості та торгівлі Чеської Республіки у вигляді трьох дизельних генераторів електроенергії, — двох пересувних і стаціонарного, — потужністю 60 кВт кожен. Під час візиту представників Фонду чистого майбутнього (США) до ІПБ АЕС науковий керівник Фонду від Інституту Берклі передав допомогу у вигляді персональних дозиметрів і зонду SmartCAM для безперервного контролю повітря. Також Інститут укотре отримав гуманітарну допомогу від партнерів зі Швеції у вигляді інверторних електрогенераторів та додаткових комплектувальних матеріалів до них, комплекту інструментів різного виду, спецодягу, спецвзуття, засобів індивідуального захисту, аптечок та ін. Ця допомога надає можливість продовжувати наукові дослідження, планувати та провадити роботи щодо забезпечення ядерної та радіаційної безпеки навіть за відсутності електроенергії. Гуманітарна допомога також надходить у вигляді фінансів задля відновлення лабораторного обладнання.

Наказом МОН України № 1032 від 23.08.2023 р. [1] ІПБ АЕС НАН України внесено до Реєстру наукових

установ, яким надається підтримка держави (рис. 1). Строк дії Свідоцтва про включення до Реєстру — до 17.06.2025 р. (згідно з чинними вимогами — до закінчення терміну дії Свідоцтва про державну атестацію МОН України, відповідним Наказом МОН України № 817 від 17.06.2020 р. Інститут віднесено до I найвищої кваліфікаційної групи [2]). Державний реєстр наукових установ, яким надається підтримка держави — це перелік науково-дослідних, науково-технічних установ і вищих навчальних закладів, діяльність яких має важливе значення для розвитку науки, економіки та виробництва.

Згідно з Законом України «Про медіа» Рішенням Національної ради України з питань телебачення та радіомовлення № 791 від 31.08.2023 р. ІПБ АЕС НАН України зареєстровано суб'єктом у сфері друкованих медіа та видавцем науково-технічного журналу «Ядерна енергетика та довкілля» («Nuclear Power and the Environment») і присвоєно відповідний ідентифікатор медіа R30-01221 [3]. Журнал «Ядерна енергетика та довкілля» видається ІПБ АЕС НАН України спільно з ГО «УкрЯТ».

Відповідно до Постанови Президії НАН України № 417 від 22.12.2021 р. «Про оцінювання діяльності наукових установ НАН України» було заплановано проведення оцінювання ефективності діяльності ІПБ АЕС у 2022 р. Однак через військову агресію Російської Федерації проти України було призупинено проведення підготовчих заходів з оцінювання установ на час дії в Україні воєнного стану. Згодом згідно з Постановою Президії НАН України № 33 від 11.01.2023 р. було визначено, до завершення дії воєнного стану таке оцінювання проводиться за ініціативи або за згодою наукових установ НАН України. Тому керівництво ІПБ АЕС вирішило провести це оцінювання ефективності діяльності. Так, на виконання Розпорядження Президії НАН України № 167 від 30.03.2023 р. «Про оцінювання ефективності діяльності наукових установ НАН України у 2023 році», 17.10.2023 р. проведено оцінювання ефективності діяльності ІПБ АЕС НАН України за період 2017–2022 рр. Експертна комісія (ЕК) була затверджена рішенням Постійної комісії за науковими напрямками при Секції фізико-технічних і математичних наук НАН України (протокол № 1 від 19.05.2023 р.). ЕК розглянула й опрацювала пакет матеріалів щодо діяльності установи, відвідала у м. Києві відділення атомної енергетики, у м. Чорнобилі — відділення проектування об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями і відділення ядерної та радіаційної безпеки,



Рис. 1. Свідоцтво про внесення ІПБ АЕС НАН України до Реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави

а також провела бесіди з працівниками Інституту. На основі аналізу анкет Інституту та його підрозділів, а також результатів відвідування ЕК зробила висновок відповідно до вимог Методики оцінювання ефективності діяльності наукових установ НАН України, що затверджена Постановою Президії НАН України № 75 від 15.03.2017 р. зі змінами, внесеними Постановою Президії НАН України № 241 від 11.07.2018 р. і Постановою НАН України № 33 від 11.01.2023 р.

Відповідно до цього висновку всі наукові підрозділи та ІПБ АЕС в цілому віднесені до найвищої категорії «А» — займають лідерські позиції за науковими напрямами своєї діяльності, мають вагомий науковий та практичний результати, що визнані на міжнародному й найвищому національному рівнях, високий науковий потенціал та ефективно його використовують; результати науково-дослідницьких робіт, конкурентоспроможність і загальна результативність діяльності можуть бути порівняні з високоякісними результатами міжнародного рівня; оригінальність, значимість та якість результатів досліджень мають значне зацікавлення міжнародної фахової спільноти.

У 2023 р. за вагомих внесок у захист територіальної цілісності України, безпосередню участь у відсічі збройної агресії Російської Федерації, особисту мужність і патріотизм Подякою Президії НАН України були нагороджені 11 працівників ІПБ АЕС НАН України. За вагомих внесок у господарсько-технічне забезпечення діяльності Інституту за умов російської агресії Подякою Президії НАН України було відзначено 2 працівників. За вагомих особисті здобутки в розвитку науки у галузі енергетики, високу публікаційну активність Подякою Президії НАН України було відзначено 2 молодих вчених. За вагомих внесок у зміцнення та розвиток ядерної галузі, розбудову ГО «УкрЯТ» та з нагоди його 30-ї річниці заснування були нагороджені: Почесною грамотою ГО «УкрЯТ» — 1 працівник, Грамотою ГО «УкрЯТ» — 2 працівника, Подякою ГО «УкрЯТ» — 2 працівника. За вагомих особистий внесок у діяльність ГО «УкрЯТ», спрямований на розвиток і розбудову атомної галузі України, та з нагоди Дня енергетика були нагороджені: Почесною грамотою ГО «УкрЯТ» — 1 працівник, Грамотою ГО «УкрЯТ» — 3 працівника.

У 2023 р. згідно з Тематичним планом науковими співробітниками Інституту виконувались 8 робіт за бюджетними темами відомчої тематики, 3 — програмно-цільової та конкурсної тематики, а також 5 — госпдогвірної тематики. У цій статті наведено результати, отримані під час науково-дослідних робіт.

## Найвизначніші наукові фундаментальні та прикладні результати

На основі експериментальних досліджень і комплексного аналізу поведінки радіоактивного аерозолю, лавоподібних паливовмісних матеріалів (ПВМ), радіоактивно забруднених водних скупчень у приміщеннях ОУ та впливу висихання їхніх донних відкладень на радіаційні умови об'єкта розроблено науково обґрунтовані методичні рекомендації з мінімізації впливу НБК на довкілля (рис. 2). Результати роботи впроваджені у ДСП «ЧАЕС» і забезпечують екологічну безпеку довкілля, захист персоналу та населення.



Рис. 2. Дослідження радіоактивно забруднених водних скупчень у приміщенні ОУ

Шляхом комплексних експериментальних і теоретичних досліджень визначено закономірності формування високої міграційної здатності радіостронцію в підземних водах для виконання достовірних прогнозів його розповсюдження у довкіллі за різних радіоекологічних умов у підземних і поверхневих водах. Науково обґрунтовані рекомендації зі зменшення радіоактивного забруднення підземних і поверхневих вод у джерелах питного водопостачання України впроваджені у ДСП «ЧАЕС», що сприяє вирішенню важливого завдання забезпечення екологічної безпеки довкілля і населення, а також дозволяє захистити підземні та поверхневі води від радіоактивного забруднення.

Для підвищення якості прогнозування поведінки лавоподібних ПВМ на найближчий час і довгострокову перспективу шляхом експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання вдоско-

налено модель еволюції мікроструктури цих матеріалів з урахуванням комплексу фізико-хімічних процесів, що відбувалися під час аварії на ЧАЕС, в ОУ після аварії та будуть спостерігатися за умов експлуатації НБК. Удосконалену фізичну модель еволюції структури лавоподібних ПВМ і прогнози їхньої майбутньої поведінки впроваджено у ДСП «ЧАЕС», що дозволяє науково обґрунтовувати рішення під час демонтажу нестабільних конструкцій ОУ, вилучення ПВМ з об'єкта та поводження з ними надалі. Нові алгоритми ідентифікації кристалічних фаз лавоподібних ПВМ впроваджено у навчальний процес державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» під час підготовки аспірантів спеціальності 103 — наука про землю (спеціалізація «Екологічна безпека»).

Шляхом розрахунково-експериментального дослідження закономірності зміни динаміки щільності потоку нейтронів за умов різної концентрації вологи в скупченні ядерно небезпечних матеріалів, що знаходяться всередині ОУ, науково обґрунтовано методичні рекомендації з підвищення ефективності й інформативності штатної системи контролю ядерної безпеки НБК. Результати роботи впроваджені у ДСП «ЧАЕС», що дозволяє підвищити рівень ядерної та радіаційної безпеки для персоналу станції, населення і довкілля.

Фахівцями ІПБ АЕС НАН України спільно з Інститутом матеріалів та лазерів Fraunhofer IWS (Німеччина) проведено спільні дослідження щодо виведення з експлуатації зруйнованої ядерної інфраструктури. Мета — вивчення можливості локалізації лавоподібних ПВМ, таких як чорна та коричнева кераміка. Проведено аналіз існуючих структур і можливості відтворення достовірних синтетичних імітаторів. Розроблення методів лазерної фрагментації реалізовувалося з використанням альтернативних імітаторів силікатних матеріалів, таких як базальт і металургійний шлак, а також дослідження лазерного різання нестабільних конструкцій на прикладі зразків армованого бетону. Ця робота стала початком співпраці між науковими організаціями України та Німеччини з подальшим обміном досвідом, а також ширшим залученням українських фахівців у майбутньому. У рамках проекту розроблено стабільні методи фрагментації імітаторів ПВМ, складено дорожню карту для впровадження та випробування технології на ОУ. Для вирішення майбутніх завдань були проведені зустрічі з представниками Plejades GmbH, Onet Technology та Dresden TU. Спів-

робітництво було висвітлено у засобах масової інформації (ЗМІ) Німеччини.

У рамках угоди між урядами України й Китайської Народної Республіки (КНР) та за сприяння МОН України співробітники ІПБ АЕС НАН України виконали науково-дослідницьку роботу «Дослідження технології нейтронно-дозиметричного супроводу корпусу реактора типу PWR» (договір № М/72-2023 від 30.08.2023 р.). Мета роботи полягала у верифікації розрахункової моделі системи моніторингу радіаційного навантаження на корпус реактора PWR з водою під тиском. Наукові та науково-практичні результати у вигляді проекту Технічного завдання на розробку системи нейтронно-дозиметричного моніторингу корпусу реактора типу PWR передано Міністерству освіти Китаю та МОН України, що дозволяє китайським спеціалістам розпочати діяльність з продовження термінів експлуатації АЕС. Використання отриманих результатів сприяє підвищенню безпеки експлуатації ядерних установок шляхом удосконалення відомих систем контролю та діагностики.

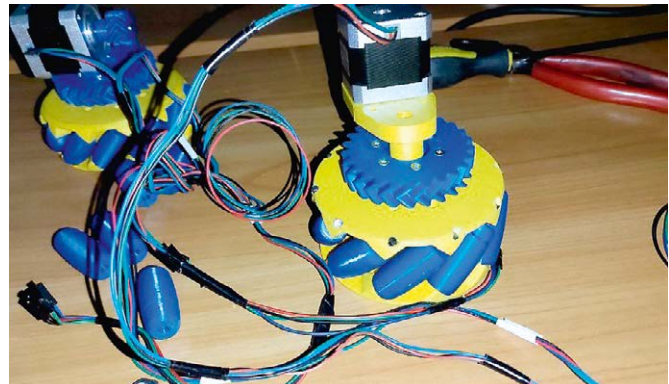


Рис. 3. Колеса для пробних випробувань

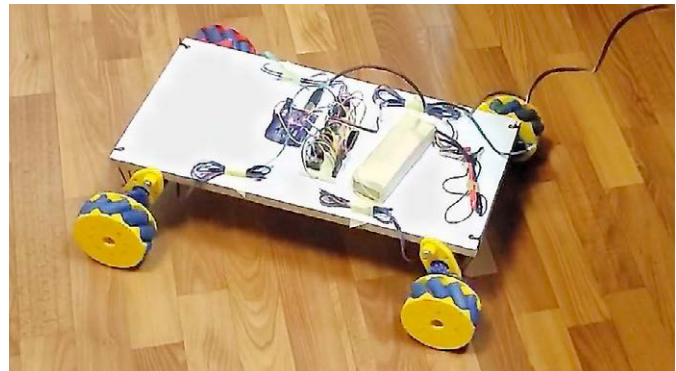


Рис. 4. Полегшена тестова модель ходової частини робота

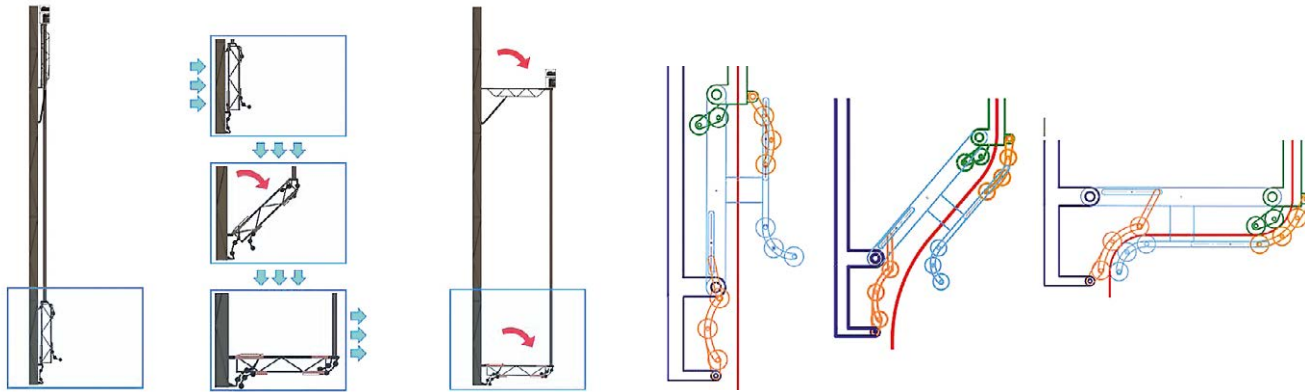


Рис. 5. Горизонтальне зміщення гільзи

У рамках угоди про співробітництво з компанією Qingdao Xianchu Energy Development Group Ltd. групою працівників ІПБ АЕС НАН України спільно з китайськими інженерами виконується розроблення робота, основне завдання якого полягає в дистанційному переміщенні зварювального та шліфувального пристроїв до місця їхнього призначення для ремонту технологічного трубопроводу в гарячій камері реактора. Розроблено ходову частину з колесами, які рухаються в різні боки, механізм маніпулятора та захватний пристрій. З метою дослідження можливості використання коліс із пасивними роликками, розташованими під кутом  $45^\circ$  на ходовій частині мобільного робота (рис. 3), розроблено та виготовлено полегшену модель з пластику (рис. 4). На сьогодні тривають роботи з налагодження електричної схеми та бездротового підключення. Розробку заплановано використовувати на АЕС «Хайян».

У рамках угоди про співробітництво з компанією Qingdao Xianchu Energy Development Group Ltd. групою працівників ІПБ АЕС НАН України спільно з китайськими інженерами також виконується розроблення концептуального рішення комплексної системи для вилучення гільз RIC (Reactor Incore Control) реактора типу CPR-1000. В основі запропонованого рішення лежить шарнірний механізм, який за допомогою двох вигинів зумовлює горизонтальне зміщення гільзи під час вилучення (рис. 5). Розроблюється комплексна система, яка вміщує не тільки пристрій для вилучення гільз, а й пристрій позиціонування, систему гідравлічного захоплення, пристрій для різання, систему керування та живлення з гідравлічними й електричними шафами, а також засоби управління та контролю. У рамках проекту виконуються також такі роботи: побудова

тривимірної математичної моделі пристрою (рис. 6), розрахунок роликкових механізмів для притиснення та згину, розроблення допоміжних систем подачі й обертання, аналіз запропонованих варіантів вилучення RIC, розрахунок товщини фізичного захисту шару з половинним ослабленням для опроміненої частини гільзи, розроблення технічних рішень для різання, екранування та контейнеризації радіоактивно активної частини гільзи. Усі проміжні результати обговорюються й узгоджуються з китайськими колегами-інженерами. Розробку заплановано використовувати на АЕС «Хайян».

Співробітники ІПБ АЕС НАН України як спостерігачі беруть участь у міжнародному проекті «Щодо вдосконалення оцінки показників безпеки довгострокової експлуатації ядерних цивільних інженерних споруд» за підтримки Європейської комі-



Рис. 6. Тривимірна модель пристрою для вилучення гільз реактора

ції (European Commission supported H2020-Euratom-1 project “Towards improved assessment of safety performance for long-term operation of nuclear civil engineering structures (ACES)”). Мета — дослідження впливу високих флюенсів нейтронів на міцність бетону біологічного захисту легководяних реакторів. Під час виконання проєкту, зокрема, сучасними методами моделювання за допомогою тривимірних математичних моделей досліджено нові особливості захисного бетону за умов інтенсивного випромінювання та підвищеної температури довкілля.

З 2021 р. ІПБ АЕС залучений до проєкту Балтійської дослідницької програми «Іновації у виробництві бетону для застосування під час поводження з небезпечними відходами» (Baltic Research programme project “Innovation in concrete design for hazardous waste management applications (ICONDE)”). Цей проєкт включає партнерів з Латвії (Ризький технічний університет), Норвегії (Арктичний університет Норвегії), Естонії (Університет м. Тарту) та Литви (Литовський інститут енергетики). Основні цілі проєкту: 1) сприяння економіці повторного використання відходів шляхом застосування сланцевої золи, промислових відходів, що утворюються під час виробництва енергії в Естонії, як додаткового цементного матеріалу у виробництві бетону; 2) покращення механічних властивостей бетону шляхом додавання дисперсних волокон; 3) збільшення здатності матеріалу захищати від нейтронів за допомогою базальтових волокон, наповнених оксидом бору. Ризький технічний університет планує залучити ІПБ АЕС як субконтрактну організацію для виконання нейтронного експерименту з дослідження бетонних зразків армованих базальт-борною фіброю на Pu-Ве джерелі нейтронів. З 2023 р. співробітник ІПБ АЕС НАН України проходить стажування у Ризькому технічному університеті в рамках цього проєкту.

У рамках взаємодії з The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) ІПБ АЕС НАН України є учасником проєкту «Збір та оцінка інформації про аварію на атомній електростанції Фукусіма-Даїчі» (Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident Information Collection and Evaluation (FACE) Project). Мета — уточнення інтерпретації сценаріїв аварій на АЕС «Фукусіма-Даїчі», включаючи вплив заходів щодо управління аваріями, а також поточних можливостей та напрямів подальшого вдосконалення моделювання розвитку важких аварій, інтерпретація результатів аналізу урановмісних частинок і визначення відповідних методів та процедур лабораторного аналізу

в «гарячих» камерах для майбутнього застосування до аналізу уламків палива, підтримка каналів зв'язку між японськими організаціями та міжнародними партнерами для обміну даними, інформацією та досвідом для вирішення питань, пов'язаних із ліквідацією наслідків аварії на АЕС «Фукусіма-Даїчі», а також підвищення безпеки реакторів у різних країнах.

Шляхом експериментальних і теоретичних досліджень науково обґрунтовано методичні рекомендації з одночасного визначення складу скидного газу та зольності під час спалювання (для дослідницьких цілей) опроміненого графіту ядерних установок. Результати роботи заплановані до впровадження у ДСП «ЧАЕС» та сприяють зменшенню радіаційного навантаження на персонал і мінімізації небезпечного впливу на довкілля під час зняття з експлуатації енергоблоків з графітовим сповільнювачем.

За допомогою побудованого комплексу математичних моделей радіоактивного забруднення атмосфери та земної поверхні для території України у випадку аварійних ситуацій на радіаційно небезпечних об'єктах або трансграничного перенесення радіонуклідів, досліджено ефективність наявної радіометричної мережі гідрометеорологічних спостережень у складі Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС). З метою підвищення радіаційного захисту населення, рівня аварійної готовності та реагування на ситуації можливого радіоактивного забруднення природного середовища запропоновано науково обґрунтовані рекомендації з оптимізації кількості постів і місць їхнього розміщення для радіометричної мережі гідрометеорологічних спостережень у складі ДСНС України. Результати роботи впроваджено в ДСНС України та використовуються під час організації системи радіоекологічного моніторингу навколишнього середовища, включаючи формування програм і регламентів моніторингу забруднення сільськогосподарської продукції та продуктів харчування, які виробляються на радіоактивно забруднених територіях, з метою зменшення доз внутрішнього опромінення населення цих територій, а також оптимізації загальнодержавної мережі радіаційного моніторингу атмосферного повітря та випадань радіонуклідів для підвищення її ефективності й оперативності надання відповідної інформації про наслідки можливих надзвичайних ситуацій.

На основі комплексного радіоекологічного районування території на різних просторових масштабах з урахуванням ступеня радіоекологічної критичності території за допомогою сучасних геоінформаційних

технологій, формування локальної мережі моніторингу агросфери, а також моделювання радіоактивного забруднення атмосфери та земної поверхні у випадку можливих радіаційних аварій на АЕС України, великих лісових пожеж у зоні відчуження, трансграничного перенесення радіонуклідів на територію України внаслідок можливих радіаційних аварій на АЕС сусідніх країн, з використанням комплексу математичних моделей для типових метеорологічних умов розповсюдження викидів розроблено основні методологічні засади радіоекологічного моніторингу території, які включають районування території зони спостереження за ландшафтно-геохімічними і фізико-географічними характеристиками та формування мережі пунктів спостереження (рис. 7). З використанням сучасних геоінформаційних технологій та дотриманням критеріїв втручання МАГАТЕ та норм радіаційної безпеки України НРБУ-97 сформульовано загальні принципи організації мережі радіоекологічного моніторингу агросфери за умов аварії на радіаційно небезпечних об'єктах. Науково обґрунтовані практичні заходи щодо раціональної організації систем радіаційного та радіоекологічного моніторингу на державному рівні впроваджено в Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України під час створення нового документу

«Організація системи радіаційного моніторингу навколишнього природного середовища», що дозволяє підвищити рівень радіаційної й екологічної безпеки населення та довкілля.

Шляхом комплексних експериментальних і теоретичних досліджень визначено наслідки впливу природних пожеж 2020 і 2022 рр. на лісові екосистеми України та ступінь їхнього відновлення у Київській та Житомирській областях, а також на території ЧЗВ. Науково обґрунтовані рекомендації щодо можливості повернення частини лісових територій, що вигоріли після пожеж 2020 і 2022 рр., до різних форм господарського використання й ефективні експрес-методи оцінки ступеня пошкодження лісових екосистем з використанням багатоспектральних космічних знімків за умов можливих у майбутньому лісових пожеж заплановані до впровадження у ДАЗВ України. Ці рекомендації сприяють оптимізації екологічної реабілітації радіоактивно забруднених територій України та дозволяють оперативно оцінювати радіаційні умови на території природоохоронних відділень.

У 2023 р. продовжується виконання наукового проекту МАГАТЕ «Розробка та застосування ізотопних методів для ефективного управління водними ресурсами в гірничих районах» (Development and

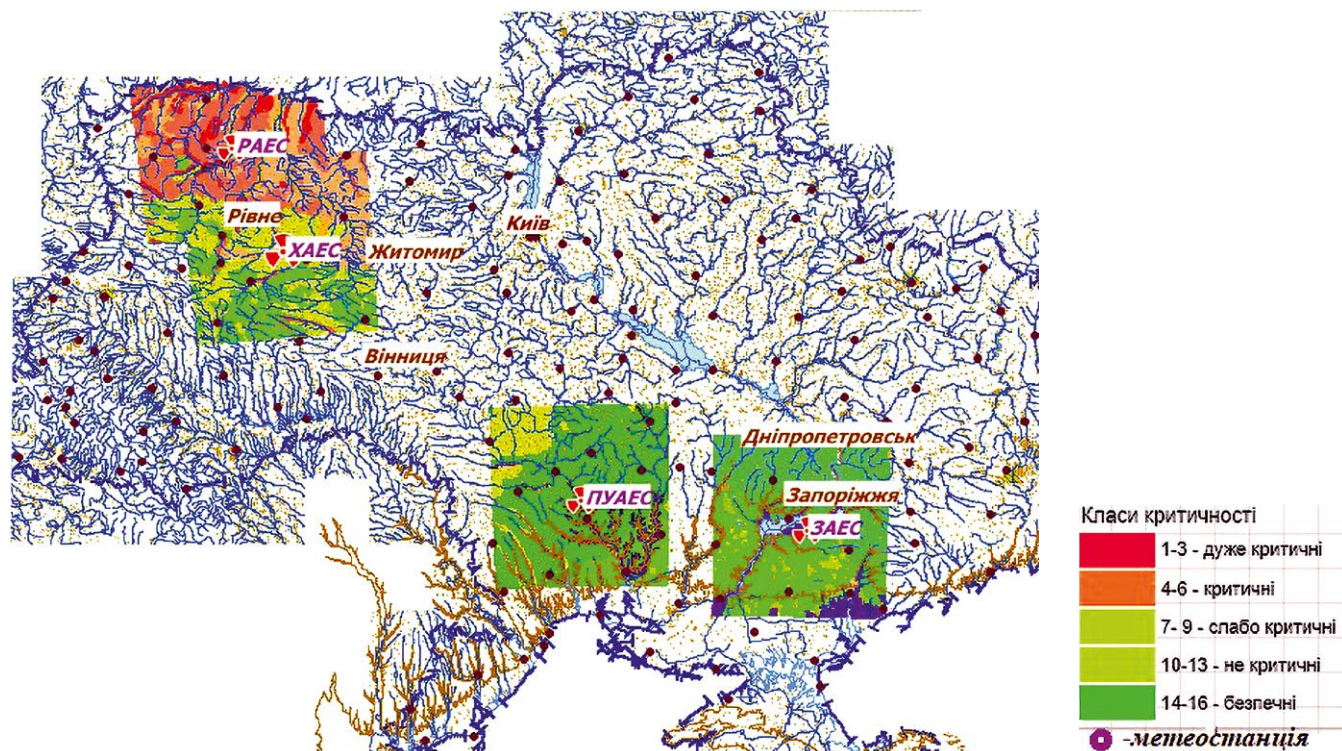


Рис. 7. Локалізація критичних територій з розташуванням метеостанцій Українського гідрометеорологічного центру



Application of Isotope Techniques for Efficient Water Resources Management in Mining Areas, Research Contract No: F33026). Мета роботи — оцінка впливу підприємств Калусько-Голинського родовища калійних солей на засолення питного водоносного горизонту за допомогою ізотопного методу та математичного моделювання техногенно-геологічних умов. Під час виконання досліджень, зокрема, розроблено тривимірну математичну модель гідрогеологічних умов для прогнозу розповсюдження хімічного забруднення від джерел засолення до Добрівлянського водозабору підземних вод. Методами математичного моделювання визначено розподіл важких ізотопів водню, кисню й індикаторів забруднення у підземних і поверхневих водах.

У 2023 р. завершено виконання спільного українсько-японського проєкту «Покращання радіаційного контролю навколишнього середовища та законодавчої бази в Україні для екологічної реабілітації радіоактивно забруднених майданчиків» програми «Наукове технічне партнерство в інтересах сталого розвитку» (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development, SATREPS) за підтримки Японського Агентства з науки і технологій (Japan Science and Technologies Agency, JST) і Японського агентства міжнародного співробітництва (Japan International Cooperation Agency, JICA). Метою роботи є посилення технічного рівня радіаційного контролю й законодавчої бази в Україні для екологічного відновлення радіоактивно забруднених територій, а також забезпечення моніторингу та моделювання для підтримки здійснення нового районування ЧЗВ.

На основі аналізу наслідків лісових пожеж у ЧЗВ минулих років розроблено новий алгоритм виявлення вигорівших ділянок лісу з використанням даних супутникових спостережень. На відміну від запропонованих раніше методів, алгоритм забезпечує швидке надання точної інформації про значні зміни поверхні суходолу, спричинені лісовими пожежами, військовими діями чи будь-яким іншим фактором. Використання запропонованого алгоритму дозволяє приймати науково обґрунтовані рішення з реалізації контрзаходів щодо захисту персоналу та населення за умов погіршення радіаційної ситуації в разі лісових пожеж у ЧЗВ. Алгоритм застосовано для виявлення пожеж у ЧЗВ навесні 2022 р. як результат російського вторгнення: площі пожеж у лютому та березні оцінено як 0,4 та 70 км<sup>2</sup> відповідно.

В рамках угоди між НАТО та Урядом України про статус представництва в Україні ІПБ АЕС разом

із партнером Університетом Брістоля залучений до спільного проєкту Підрозділу з проблем безпеки НАТО «Покращення виявлення радіації для ядерної безпеки та під час реагування на інциденти» програми «Наука заради миру та безпеки» (NATO Emerging Security Challenges Division, Science for Peace and Security Programme, Project “Enhanced radiation detection for nuclear security and incident response”, No: G5913). Мета — розроблення ефективних методів визначення радіаційних умов, розвиток робототехнічних систем і цифрових вузлів комунікації для спільних наукових досліджень і використання результатів у цій галузі. Під час виконання роботи, зокрема, розроблено нову методику відбору проб радіоактивних матеріалів, що сприяє поширенню використання робототехніки для дослідження радіаційної безпеки об'єктів атомної енергетики. Результати надалі будуть використані для моніторингу джерел іонізуючого випромінювання на ЧАЕС.

Розроблено новий композитний матеріал на основі важкого бетону та базальт-борної фібри з покращеними захисними властивостями від радіаційного випромінювання для атомної енергетики (рис. 8). Технологічні рішення зі створення нового композитного матеріалу з використанням вітчизняних складових впроваджено у ДП НАЕК «Енергоатом», що підвищує надійність зберігання РАВ завдяки використанню більш якісного матеріалу для контейнерів ВЯП і сприяє зменшенню радіаційного навантаження на персонал, а також дозволяє розвинути енергетичну галузь України за рахунок будівництва



Рис. 8. Випробування радіаційно-захисного бетону на міцність

нових ядерних установок з підвищеним біологічним захистом, які відповідають міжнародним вимогам з безпеки.

На основі комплексного аналізу потенційних сценаріїв перетворення ОУ на екологічно безпечну систему за умов експлуатації НБК розроблено реалістичну стратегію поетапного вилучення/переведення у контрольований стан ПВМ, подальшого поводження з ними та супутніми РАВ, а також трансформації ОУ під час перетворення та визначення його кінцевого стану. Науково обґрунтовано методичні рекомендації для порівняльного аналізу сценаріїв поетапного перетворення ОУ на екологічно безпечну систему та вибору кращого для реалізації. Розроблено технічні рішення з розширення інфраструктури та модернізації систем НБК для забезпечення робіт щодо вилучення/переведення у контрольований стан ПВМ і подальшого поводження з ними. Результати роботи впроваджено у ДСП «ЧАЕС», що підвищує рівень ядерної та радіаційної безпеки під час перетворення ОУ на екологічно безпечну систему.

На основі аналізу процесів утворення рідких, твердих і газоподібних РАВ як наслідок різних типів аварій досліджено можливі напрями поводження з післяаварійними РАВ. Результати роботи у вигляді методологічних рекомендацій впроваджено у ДСП «ЧАЕС», що дозволяє приймати науково обґрунтовані рішення щодо поводження з РАВ на підприємствах ядерної енергетики, а також сприяє розробці вимог і технічних рішень під час планування заходів щодо зняття з експлуатації енергоблоків АЕС.

У рамках угоди між UChicago Argonne LLC, яке є власником Аргонської національної лабораторії, що діє на основі договору з Міністерством енергетики США, та ІПБ АЕС НАН України виконується проект «Розвиток і виконання в Україні Програми управління старінням сухих сховищ відпрацьованого палива» (Development and Implementation of the Ukraine Dry Spent Fuel Storage Ageing Management Program, Research Contract No: OJ-60041, Supplemental Agreement No: M0001). Мета проекту — визначення закономірності процесів старіння сховищ ВЯП і розроблення відповідних науково обґрунтованих рекомендацій з управління цими процесами на основі нових методів оцінки цілісності компонентів контейнерів зберігання. Під час виконання роботи, зокрема, розроблено нові методи контролю та моніторингу структурної/функціональної цілісності компонентів вентильованих бетонних контейнерів зберігання ВЯП.

## **Співпраця з національними та закордонними науковими організаціями**

ІПБ АЕС продовжує плідну співпрацю більше ніж з 20 науковими установами України в рамках договорів про спільну науково-технічну діяльність.

У 2023 р. ІПБ АЕС НАН України підписав договір про співробітництво з державною науковою установою «Київський академічний університет» НАН України та МОН України щодо науково-освітньої діяльності на основі принципів поєднання освіти, науки й інновацій для міждисциплінарної підготовки висококваліфікованих спеціалістів для наукових установ, закладів вищої освіти та наукоємних галузей виробництва, а також спільного використання приміщень і наукових лабораторій для проведення навчального процесу та міждисциплінарних досліджень здобувачами вищої освіти Київського академічного університету під керівництвом науково-педагогічних та наукових співробітників, що працюють у наукових відділах та лабораторіях ІПБ АЕС і Київського академічного університету. Відтак Розпорядженням Президії НАН України № 539 від 13.11.2023 р. ІПБ АЕС внесено до Переліку наукових установ НАН України, які визначаються базовими науковими установами зі створення спеціалізованих кафедр Київського академічного університету за відповідними спеціальностями.

Інститут має угоди про співробітництво з такими міжнародними організаціями та компаніями як: МАГАТЕ, Підрозділ з проблем безпеки НАТО (NATO Emerging Security Challenges Division, США), Відділ безпеки та радіації Дослідницького центру Юліха (Research Center Jülich, Department for Safety and Radiation), European Commission Joint Research Centre — JRC-Geel (Бельгія), Європейська комісія (ЄС), Інститут матеріалів та лазерів Fraunhofer IWS, Міжнародна консультаційна група Consortium of PLEJADES GmbH, товариство Gesellschaft für Anlagen- und Reactorsicherheit, GRS (Німеччина), Японське агентство з атомної енергії (Japan Atomic Energy Agency, JAEA), Національна корпорація «Університет Фукусіми» (Японія), Ризький технічний Університет (Латвія), Арктичний Університет Норвегії (Норвегія), Університет м. Тарту (Естонія), Литовський Інститут енергетики (Литва), Товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Китайсько-українські ядерно-енергетичні технології Сянчу», компанія Qingdao Xianchu Energy Development Group Ltd., Муніципалітет м. Циндао (КНР), Університет Південної Каролі-

ни, Університет штату Східного Теннессі, Університет Клемонса, Університет Каліфорнії, Університет Берклі, Аргонська Національна Лабораторія (США), Брістольський університет Королівської інженерної академії Великої Британії (Велика Британія), Університет Упсала (Швеція) та інші.

Фахівці ІПБ АЕС НАН України беруть участь у проєкті «Наука в небезпеці» (Science at Risk), який здійснюється за підтримки Відділу преси, освіти та культури Посольства США в Україні, Alfred P. Sloan Foundation та за сприяння МОН України та Національного фонду досліджень України. Мета — допомога українським вченим, які потерпають від війни, донесення цієї інформації у світ, а також сприяння збереженню та відновленню української науки. Основними завданнями проєкту є аналіз експертними групами викликів у науці, які виникли з причини російсько-української війни, пошук шляхів їх вирішення, публікація даних про пошкоджену та зруйновану українську науково-дослідну інфраструктуру, фіксація масштабів руйнувань і розрахунки необхідних коштів для їхнього відновлення, збір баз експертів серед українських фахівців за науковою галуззю, демонстрація наслідків війни для науки через історії людей та інституцій. Усі результати доступні на цифровій платформі українських вчених у форматі «білих» книг [4].

Дослідники Інституту беруть активну участь у конкурсах Національного фонду досліджень України й інших позавідомчих конкурсах проєктів на здобуття грантів, зокрема в рамках міжнародного співробітництва (МАГАТЕ, КНР, Японія, Швеція та ін.). Так, у 2023 р. взято участь у конкурсах таких проєктів: Конкурс спільних українсько-литовських науково-дослідних проєктів за сприяння МОН України, проєкт POWER4GRID програми Horizon Europe Framework Programme, проєкт “RrADEW — Resilience to radiological events in wartime” разом із ініціативною групою NERIS для Horizon Europe Framework Programme, проєкт Chornobyl Science за підтримки Digital Democracies Institute університету Simon Fraser University, низки проєктів для Японського агентства з атомної енергії (JAEA), Ford Foundation, Українсько-го науково-технічного центру та ін.

Так, у 2023 р. виконувалися проєкти Українського науково-технічного центру «Чорнобиль інсайт: обмін знаннями та боротьба з дезінформацією» (Chornobyl Insight: knowledge sharing and fighting disinformation), «База даних українських експертів з протидії дезінформації в ядерній та радіаційній

безпеці» (Database of Ukrainian experts for countering the disinformation in nuclear and radiation safety), «Посилення експертного середовища для протидії дезінформації у галузі ядерної та радіаційної безпеки» (Enhancing the expert community for countering the disinformation in nuclear and radiation safety). Спільним для цих проєктів є спрямованість на просвітництво в ядерній галузі та протидію радіофобії у суспільстві, а також сприяння швидкому реагуванню експертного середовища на публічні запити у галузі ядерних ризиків. У рамках проєктів проведено більше сотні публічних лекцій та надано коментарі українським і міжнародним мас-медіа.

ІПБ АЕС співпрацює також із ненауковими установами й організаціями, а також органами державної влади, серед яких Національна комісія з радіаційного захисту населення України, ДСНС України, міська влада м. Ірпінь, міська рада м. Славутич, ДП НАЕК «Енергоатом», ДІЯР України, ДАЗВ України, ДСП «ЧАЕС», ДСП «Екоцентр», Чорнобильський центр з ядерної безпеки, радіоактивних відходів та радіоекології, ДСП «Централізоване підприємство поводження з радіоактивними відходами», Комплекс виробництв «Вектор», ДСП «Північна Пуща», ДУ «Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник», Древлянський природний заповідник та ін.

ІПБ АЕС НАН України бере участь у налагодженні національних, двосторонніх і багатосторонніх зв'язків з професійними товариствами та ЗМІ, серед яких ТОВ «Імпульс-Київ», ТОВ «Ютем-Інжиніринг», ГО «УкрЯТ», Український ядерний форум, Інформаційне агентство Міністерства оборони України «АрміяInform», телеканалами «Еспресо», «5 канал», «ICTV», «24 канал», «Правда ТУТ», «РБК-Україна», Українське радіо, Громадське радіо, Радіо Свобода, Radio NV, Газета «Світ», Реальна газета, Газета «Каспій» (Азейбарджан), Інтернет-видання «The Page», Інтернет-портал «ДонорUA», Інтернет-портал «New Voice» та ін.

Інститут продовжує працювати з громадськістю, зокрема, шляхом висвітлення результатів своєї діяльності та наукових досягнень у ЗМІ. Досвід, отриманий у результаті виконуваних робіт, передається у вигляді звітів до УкрІНТЕІ, опублікованих статей, інформації на сайті Інституту, публікації монографій, підручників, навчальних посібників, довідників, методичних рекомендацій, доповідей на семінарах, конференціях, читанні лекцій у вищих навчальних закладах під час підготовки бакалаврів, магістрів та аспірантів.

## Науково-організаційна діяльність

В ІПБ АЕС НАН України приділяється увага підвищенню кваліфікації співробітників. Діє договір з НТУУ «КПІ імені І. Сікорського» про підготовку кадрів на третьому (науково-освітньому) рівні вищої освіти за спеціальностями 143 — атомна енергетика, 101 — екологія. Водночас виконуються роботи щодо можливості підготовки співробітників ІПБ АЕС НАН України через аспірантуру та докторантуру в Київському академічному університеті за цими спеціальностями. Для цього в цій установі буде створена нова кафедра фізики ядерних установок і радіоекології. Розроблено відповідні освітньо-наукові програми підготовки «Фізичні основи ядерних установок» і «Радіоекологія», які наразі проходять рецензування та погодження. Проводиться робота з підвищення кваліфікації дослідників, які вже мають науковий ступінь, зокрема шляхом присвоєння вчених звань. З цією метою деяким співробітникам забезпечено навчання в Центрі наукових досліджень та викладання іноземних мов НАН України для отримання міжнародного сертифіката, який відповідає рівню B2 загальноєвропейських рекомендацій з мовної освіти.

На сьогодні 7 фахівців ІПБ АЕС працюють над дисертаційними роботами на здобуття наукового ступеня доктора наук, 9 — над роботами на здобуття наукового ступеня доктора філософії, 7 працівників навчаються в аспірантурі, 8 працівників отримують фахову вищу або другу вищу освіту у провідних вищих навчальних закладах України.

У 2023 р. 5 співробітників ІПБ АЕС НАН України здійснювали керівництво аспірантами, 1 — наукове консультування докторантом, 4 — бакалаврами та магістрами. Під керівництвом дослідників ІПБ АЕС НАН України 2 магістри з НТУУ «КПІ імені І. Сікорського» успішно захистили магістерські роботи. Цього ж року 3 студенти НТУУ «КПІ імені І. Сікорського» та 1 студент Національного авіаційного університету проходили дипломну практику в ІПБ АЕС, 1 співробітник КНУ імені Тараса Шевченка проходив стажування.

Важливим джерелом поповнення керівних та інженерно-технічних кадрів є молоді спеціалісти з вищою освітою. З метою практичного закріплення професійних знань і навичок в отриманій спеціальності, підвищення відповідальності за результати трудової діяльності молодим спеціалістам розроблено індивідуальні програми підготовки, а також моло-

ді спеціалісти активно залучаються до участі у національних та міжнародних конференціях і семінарах. Станом на 31.12.2023 р. у ІПБ АЕС працює 14 молодих науковців, 5 з них працюють на керівних посадах, для 1 з яких призначено наставника з числа висококваліфікованих і досвідчених наукових працівників Інституту; 3 молодих вчених зараховані до кадрового резерву співробітників, які займають керівні посади установи. Молоді науковці отримують стипендії Президента України та НАН України. Запроваджено підтримку молодих вчених, яка, зокрема, передбачає їхнє призначення після захисту дисертацій на вищі, у тому числі керівні посади.

Молоді вчені на постійній основі беруть безпосередню участь у науково-дослідних роботах за бюджетною відомчою, програмно-цільовою та конкурсною тематиками, а також за договорами та контрактами. Зокрема, у 2023 р. виконувалися наукові дослідження в рамках конкурсу науково-дослідних робіт молодих вчених НАН України. Молоді вчені проводять дослідження в рамках міжнародних проектів з НАТО та МАГАТЕ. Також молоді науковці ІПБ АЕС на постійній основі беруть участь у багатьох міжнародних заходах в Україні, Казахстані, Китаї, Франції, Польщі, Японії, Великобританії, Чехії, Швеції, Італії, Бразилії та національних заходах у Києві, Харкові, Одесі, Запоріжжі, Чернігові, Чорнобилі, Славутичі.

Забезпечується стажування молодих вчених за кордоном, а також участь у роботі міжнародних шкіл. Зокрема, забезпечено стажування в рамках проекту “Visiting Ukrainian PhD student in the field of distributed radiation detector networks and nuclear materials science” програми “Visiting Ukrainian Doctoral Scholarships” у Школі фізики в Університеті Брістоля.

У звітному році Інститутом організовано:

Збори членів ГО «УкрЯТ» у відокремленому підрозділі ІПБ АЕС НАН України (18–28 квітня, м. Київ);

VIII Міжнародну конференцію «Проблеми виведення з експлуатації об'єктів ядерної енергетики та відновлення навколишнього середовища» INUDECO'2023 (27–28 квітня, м. Славутич) спільно з ДСП «ЧАЕС», комунальним підприємством (КП) «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради, ДАЗВ України та Інститутом проблем математичних машин і систем НАН України;

Дні науки у Запоріжжі (20–21 травня, м. Запоріжжя) спільно з Фукуйським університетом (Японія), Стипендіальної програми фонду Віктора Пінчука ЗАВТРА.UA, ГО «Наукова унія», порталом «Моя наука» та Запорізьким обласним центром молоді;

Робочий семінар «Цифрові двійники у життєвому циклі об'єктів ядерної енергетики. Від створення АЕС до експлуатації та виведення з експлуатації» на полях Міжнародної конференції INUDECO (2–3 червня, м. Славутич) спільно з КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради та ДП НАЕК «Енергоатом» у партнерстві зі Спільним офісом підтримки проєктів Єврокомісії (JSO), Plejades GmbH (Німеччина), Університетом Брістоля, Університетом Берклі, ДСП «ЧАЕС», ДАЗВ України, НТУУ «КПІ імені І. Сікорського», ГО «УкрЯТ» та Інститутом проблем математичних машин і систем НАН України;

II Міжнародну конференцію «Liquid Radioactive Waste Treatment: Ukrainian context» (29 червня, м. Славутич) спільно з КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради та ТОВ «Альфа Атом»;

Навчальний семінар з радіаційної безпеки «Radiation Safety Study Lab» (7–11 серпня, м. Славутич) спільно з ДСП «ЧАЕС», КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради, Славутицькою філією НТУУ «КПІ імені І. Сікорського», відокремленим підрозділом «Атомремонтсервіс» ДП НАЕК «Енергоатом», Інститутом проблем математичних машин і систем НАН України, ГО «УкрЯТ», Інспекцією з ядерної та радіаційної безпеки в зоні відчуження Держатомрегулювання України, Університетом Фукусіми, Університетом Брістоля й Університетом Берклі;

V Міжнародну конференцію «Перспективи впровадження інновацій у атомну енергетику» (28–29 вересня, м. Київ) спільно з ГО «УкрЯТ» та Радою молодих вчених при Відділенні фізико-технічних проблем енергетики НАН України;

XVIII Міжнародну науково-практичну конференцію МОДС'2023 «Математичне та імітаційне моделювання систем» (13–15 листопада, м. Чернігів) спільно з Чернігівським національним технологічним університетом, Центральним науково-дослідним інститутом озброєння та військової техніки Збройних сил України, Інститутом проблем математичних машин і систем НАН України та ін.;

Круглий стіл «Виклики поводження з паливовмісними матеріалами» на полях Міжнародної конференції INUDECO (30 листопада, м. Славутич) спільно з КП «Агентство регіонального розвитку» Славутицької міської ради, ДСП «ЧАЕС», Відокремленим підрозділом «Атомремонтсервіс» ДП НАЕК «Енергоатом», Славутицькою філією НТУУ «КПІ імені І. Сікорського» та ГО «УкрЯТ».

Водночас співробітники ІПБ АЕС брали участь у 27 міжнародних заходах в Україні, Казахстані, Польщі, Канаді, Німеччині, США, Швеції, Австрії, Чехії, Португалії, Франції, Італії, Китаї, Японії, Великобританії, Румунії, Словенії, Естонії, Іспанії, Англії, Бразилії та в 21 національному заході в Києві, Харкові, Одесі, Запоріжжі, Житомирі, Кременчуці, Чернігові, Чернівцях, Чорнобилі, Славутичі.

Співробітники ІПБ АЕС НАН України на постійній основі беруть участь у теле- та радіопрограмах, у тому числі в інформаційному агентстві Міністерства оборони України «АрміяInform», а також дають інтерв'ю, присвячені російсько-українській війні. Як приклад, у 2023 р. співробітники Інституту взяли участь у подкасті «Клятий раціоналіст»: «Міфи про Чорнобиль, МАГАТЕ, окопи в Рудому лісі та фейки про радіацію»; платформі «Science at risk»; подкасті «Sing for science»; зустрічі в «Ukraine crisis media center» щодо «Уроків Чорнобиля: від радянського минулого до російського тероризму»; панельній дискусії «Комунікація понад усе: як комунікувати вченим, медіа та владі під час небезпечних ситуацій»; виступі на Громадському радіо «Чи загрожують зараз дії окупантів на Запорізькій АЕС здоров'ю та життю українців?». Проведено лекції «Неунікальність катастроф» (Фонд «Птахи») і «Як підготуватись до ядерного вибуху» (Фонд Сергія Притули) та ін. Загалом співробітники ІПБ АЕС брали участь у 13 телепередачах, 7 радіопередачах і надали 19 інтерв'ю [5]. Більшість матеріалів присвячена російсько-українській війні.

У 2023 р. було надруковано 4 книжкових видання, авторами яких стали співробітники ІПБ АЕС (рис. 9):

1. The Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine: 30 years / ed. by A. V. Nosovskyi. — Kyiv : ISP NPP, NAS of Ukraine, 2023. — 592 p.

2. Khvalin D. I. Diagnostic and monitoring of generators power plants / D. I. Khvalin. — Boston, USA : Primedia eLaunch LLC, 2023. — 131 p.

3. Клименко В. П. Моделі та інструментальні засоби підтримки академічного підприємництва / В. П. Клименко, В. В. Литвинов, М. П. Пихтар. — Київ : ІПБ АЕС НАН України, 2023. 248 с.

4. Паренюк О. Страшне, прекрасне та потворне в Чорнобилі / О. Паренюк, К. Шаванова. — Київ : Віхола, 2023. — 304 с.

Крім того, молоді науковці Інституту стали авторами двох розділів монографії «Systems, Decision



Рис. 9. Книжкові видання співробітників ІПБ АЕС НАН України, надруковані у 2023 р.

and Control in Energy. Part IV” («Системи, рішення та контроль у енергетиці», IV частина, том 2) видавництва Springer.

На окрему увагу заслуговує книга «Голоси України», видана за підтримки Всесвітнього Інституту ядерної безпеки (рис. 10). У цьому проекті 17 унікальних історій українських фахівців атомної галузі. Кожна з них відображає життєві зміни, спричинені війною, яку розгорнула Росія проти України. Експерти й експертки описують свій досвід і дуже особисті рішення, стикаючись з вибором: шукати прихисток за кордоном, продовжувати працювати в Україні або вступати на військову службу, боронячи нашу країну. Ці оповідання є важливими, оскільки допомагають зрозуміти вплив війни на ядерну галузь України, аналізуючи не тільки інфраструктурні та економічні збитки, але й вплив на життя людей, які мають важ-

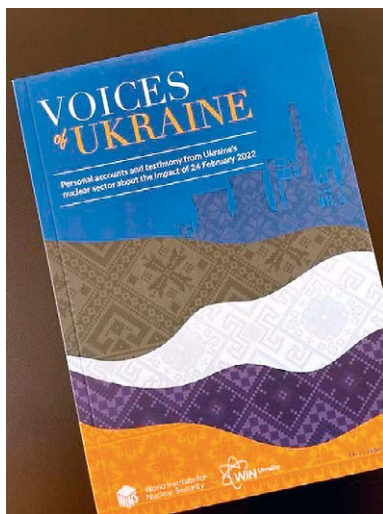


Рис. 10. Книга «Голоси України», видана за підтримки Всесвітнього інституту ядерної безпеки

ливе значення в ядерній галузі. До книги увійшли також історії двох співробітників ІПБ АЕС НАН України: заступника директора з наукової роботи Сергія Паскевича та старшої наукової співробітниці Олени Паренюк. Їхні розповіді — це свідчення не лише про особисті випробування, а й сильну волю українських фахівців протистояти складним викликам, які створила перед ними війна.

З 2018 р. ІПБ АЕС є співзасновником журналу «Ядерна енергетика та довкілля» (ISSN 2311-8253), що видається спільно з ГО «УкрЯТ». Відповідно до Наказу МОН України № 1643 від 28.12.2019 р. журнал внесено до Переліку наукових фахових видань України [6]. Журнал індексується в базах даних Index Copernicus (входить до Index Copernicus Master List), Google Scholar, INIS, ResearchBib.

В ІПБ АЕС НАН України посилено склад підрозділу з питань трансферу технологій інноваційної діяльності та інтелектуальної власності, що, зокрема, сприяло збільшенню зареєстрованих об'єктів права інтелектуальної власності. Впроваджено концепцію фінансування науково-дослідних робіт за відомчою тематикою, яка передбачає збільшення фінансування залежно від пріоритетності напрямку роботи та кількості задіяних наукових працівників. Запроваджено заходи з підвищення ефективності діяльності, зокрема, видавничої та винахідницької. Щороку пропонуються до розгляду й обговорюються на засіданнях вченої ради Інституту результати досліджень наукових підрозділів, визначаються пріоритетні напрями майбутніх досліджень, а також питання щодо гарантованої винагороди співробітникам за їхню сумлінну й якісну працю, зокрема, публікаційну активність і покращення якості публікацій. Ефективність цих заходів підтверджується суттєвим підвищенням якості наукових результа-

тів, їхнього впровадження, а також публікаційної активності дослідників.

Результати досліджень співробітників Інституту в 2023 р. опубліковані у наукових виданнях, що індексуються провідними наукометричними базами даних (Scopus, Web of Science). Отримано 15 актів впровадження результатів науково-дослідницьких робіт, що перевищує минулорічний показник. Крім цього, у 6 разів збільшилась кількість зареєстрованих об'єктів права інтелектуальної власності порівняно з середнім значенням аналогічного показника за останніх 5 років.

ІПБ АЕС НАН України має офіційний інтернет-сайт [7], на якому висвітлюються основні результати наукової діяльності структурних підрозділів, виконувани роботи в рамках міжнародного співробітництва, монографії й архів випусків науково-технічного збірника «Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля». Інтернет-сайт постійно оновлюється та доповнюється найактуальнішою інформацією. З метою популяризації наукової діяльності працює робоча група ІПБ АЕС НАН України, яка оперативно надає до прес-служби НАН України відповідну інформацію. Так, у 2023 р. було направлено 22 матеріали, котрі надалі були розміщені на інтернет-сайті НАН України.

## Висновки

ІПБ АЕС НАН України — єдина наукова установа в Україні, яка починаючи з 1992 р. забезпечує науково-технічну підтримку робіт зі зняття з експлуатації енергоблоків ЧАЕС та перетворення ОУ на екологічно безпечну систему. Інститут протягом тривалого часу тісно співпрацює з ДСП «ЧАЕС», і його співробітники були задіяні в багатьох важливих проектах, які реалізовувались на промисловому майданчику. Понад 30 років фахівці ІПБ АЕС разом зі своїми колегами з інших наукових організацій України та держав виконують наукові дослідження, спрямовані на вивчення аварійних процесів, які відбувалися на четвертому енергоблоці ЧАЕС у 1986 р., узагальнення досвіду ліквідації аварії, розроблення підходів, методів і заходів щодо перетворення ОУ на екологічно безпечну систему. На основі узагальнення досвіду ліквідації аварії колектив співробітників Інституту забезпечує розроблення та впровадження в практику сучасних методів аналізу ядерної та радіаційної безпеки, аварійного реагування, виконує науково-технічний супровід робіт з підвищення

безпеки діючих АЕС України, продовження терміну їхньої експлуатації, а також зняття з експлуатації ядерних установок.

Розглядаючи вплив такої діяльності на економічне зростання та соціально-економічний розвиток необхідно взяти до уваги, що результати роботи ІПБ АЕС НАН України, з одного боку, дозволяють підвищити рівень енергетичної незалежності держави за рахунок розвитку ядерної енергетики, а з іншого — забезпечити безпечну експлуатацію об'єктів, які використовують ядерні технології, у контексті сталого розвитку.

Наявність у структурі відокремлених підрозділів, у тому числі територіальних (у Чорнобилі та Києві), виконання наукових досліджень в особливо шкідливих умовах на об'єктах з обмеженим доступом і використанням джерел іонізуючого випромінювання, що потребує наявності засобів індивідуального захисту, спеціалізованого ліцензійного обладнання, проведення періодичних медичних оглядів, отримання необхідних ліцензій, забезпечення спецодягом та засобами індивідуального захисту, оформлення спеціальних дозволів і перепусток тощо, зумовлюють додаткові витрати та потребують високої кваліфікації наукових кадрів.

Незважаючи на об'єктивні складнощі, ІПБ АЕС намагається зберегти науково-технічний потенціал і реалізувати свою стратегічну ціль — стати провідною установою України, яка надає науково-технічні, інженерні, методичні та інформаційні послуги в галузі безпечної експлуатації об'єктів з ядерними технологіями, перетворення ОУ на екологічно безпечну систему, ліквідації наслідків радіаційних аварій, зняття з експлуатації ядерних установок, а також поводження з РАВ і ВЯП.

## Список використаної літератури

1. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про включення наукових установ та закладів вищої освіти до Державного реєстру наукових установ, яким надається підтримка держави» № 1032 від 23.08.2023 р. — Режим доступу: [https://registry.nauka.gov.ua/documents/62/88\\_%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7\\_%D0%9C%D0%9E%D0%9D\\_1032\\_%D0%B2%D1%96%D0%B4\\_23\\_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BD%D1%8F\\_2023\\_%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83.PDF](https://registry.nauka.gov.ua/documents/62/88_%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7_%D0%9C%D0%9E%D0%9D_1032_%D0%B2%D1%96%D0%B4_23_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BD%D1%8F_2023_%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83.PDF).
2. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про результати державної атестації наукових установ» № 817 від 17.06.2020 р. — Режим доступу: <https://>

- mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5ef/1d0/ad8/5ef1d0ad879c8888128419.pdf.
3. Перелік суб'єктів у сфері медіа станом на 01.10.2023 // Національна рада України з питань телебачення і радіомовлення: офіційний сайт. — Режим доступу: <https://webportal.nrada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/10/Dodatok-01.10.2023.xlsx>.
  4. Science at Risk! Допомога українським вченим, які постраждали від війни. — Режим доступу: <https://scienceatrisk.org/>.
  5. Звіт про діяльність Інституту проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України у 2023 році / ІПБ АЕС НАН України. — Київ, 2023. — 201 с.
  6. Наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження рішень атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад» № 1643 від 28.12.2019 р. — Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/atestatsiya-kadriv-vyshchoi-kvalifikatsii/2020/01/sr-2812191643.rar>.
  7. Інститут проблем безпеки атомних електростанцій Національної академії наук України : офіційний сайт. — Режим доступу: <http://www.ispnpp.kiev.ua>.

unique experience has been accumulated that allows us to solve complex tasks of ensuring the appropriate level of nuclear, radiation and environmental safety of the energy industry of Ukraine and facilities, which use nuclear technologies. The results of the Institute's research work are implemented in practical activities at power units of nuclear power plants of Ukraine, during the scientific and technical support of works on the Shelter object transformation into an ecologically safe system and the construction of the Centralized Spent Nuclear Fuel Storage Facility. The importance of the Institute in solving topical and strategically important scientific and technical tasks in the war and post-war periods has been approved by the management of the National Academy of Sciences of Ukraine, experts in evaluating the effectiveness of its activities, as well as international partners. All this indicates the possibility of further development and, if necessary, the expansion of the scope of complex tasks, which are solved by specialists of the Institute.

*Keywords:* Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, National Academy of Sciences of Ukraine, support of the state and international partners, evaluation of the effectiveness of activities, coverage of scientific achievements.

## I. V. Kutsyna, V. S. Havrylenko, D. I. Khvalin

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine, 12, Lysogirska st., Kyiv, 03028, Ukraine*

### The Work Results of the Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine in 2023

The most important results of the scientific and scientific-organizational activities of the Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the National Academy of Sciences of Ukraine in 2023 are presented. Even under the conditions of a large-scale invasion of Russian troops on the territory of Ukraine and the continuation of hostilities by the Russian aggressor, the employees of the Institute completed all the planned tasks, which primarily became possible due to the introduction of a number of organizational measures, the effectiveness of which is confirmed by a significant increase in the quality of scientific results, their implementation, as well as the publication activity of researchers. Over the years of eliminating the consequences of the Chernobyl nuclear power plant accident, performing scientific research at the Shelter object and in the Chernobyl Exclusion Zone, a

## References

1. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine “On the inclusion of scientific institutions and institutions of higher education in the State Register of state-supported scientific institutions” no. 1032, dated August 23, 2023. Available at: [https://registry.nauka.gov.ua/documents/62/88\\_%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7\\_%D0%9C%D0%9E%D0%9D\\_1032\\_%D0%B2%D1%96%D0%B4\\_23\\_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BD%D1%8F\\_2023\\_%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83](https://registry.nauka.gov.ua/documents/62/88_%D0%9D%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D0%B7_%D0%9C%D0%9E%D0%9D_1032_%D0%B2%D1%96%D0%B4_23_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BD%D1%8F_2023_%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%83). PDF. (in Ukr.)
2. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine “On the results of state certification of scientific institutions” no. 817, dated June 17, 2020. Kyiv. Available at: <https://mon.gov.ua/storage/app/uploads/public/5ef/1d0/ad8/5ef1d0ad879c8888128419.pdf>. (in Ukr.)
3. *List of entities in the field of media*. Approved by The National Council of Television and Radio Broadcasting, dated October 1, 2023. Access: <https://webportal.nrada.gov.ua/wp-content/uploads/2023/10/Dodatok-01.10.2023.xlsx>. (in Ukr.)
4. *Science at Risk! Aid to Ukrainian scientists who suffered from the war*. Available at: <https://scienceatrisk.org/>.



5. Report on The Work Results of the Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine in 2023. Kyiv : ISP NPP, NAS of Ukraine, 2023, 201 p. (in Ukr.)
6. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine “*On approval of the decisions of the attestation board of the Ministry regarding the activities of specialized*
7. *academic councils*” no. 1643, dated December 12, 2019. Kyiv. Available at: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/atestatsiya-kadriv-vyshchoi-kvalifikatsii/2020/01/sr-2812191643.rar>. (in Ukr.)
7. *Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants of the NAS of Ukraine*: official website. Available at: <http://www.ispnpp.kiev.ua>. (in Ukr.)

Надійшла 14.02.2024

Received 14.02.2024