

ВІСНИК



НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЩОМІСЯЧНИЙ
ЗАГАЛЬНОНАУКОВИЙ ТА ГРОМАДСЬКО-ПОЛІТИЧНИЙ
ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНИЙ У ЖОВТНІ 1928 р.
КИЇВ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор Б.Є. ПАТОН	А.Ф. БУЛАТ В.М. ГЕСЦЬ В.В. ГОНЧАРУК В.С. ДЕЙНЕКА М.Г. ЖУЛИНСЬКИЙ А.Г. ЗАГОРОДНІЙ С.В. КОМІСАРЕНКО Е.М. ЛІБАНОВА В.М. ЛОКТЄВ В.Ф. МАЧУЛІН В.В. МОРГУН А.Г. НАУМОВЕЦЬ І.М. НЕКЛЮДОВ О.С. ОНИЩЕНКО В.Д. ПОХОДЕНКО І.К. ПОХОДНЯ А.М. САМОЙЛЕНКО Б.С. СТОГНІЙ В.М. ШЕСТОПАЛОВ
Заступник головного редактора, науковий редактор В.Л. БОГДАНОВ	
Штатний заступник головного редактора О.О. МЕЛЕЖИК	

6
2012

ЗМІСТ

ПОДІЇ		МОЛОДІ ВЧЕНІ	
З Днем науки! (урочисте засідання з нагоди святкування Дня науки).....	3	С.В. Колотілов. Наномагнетики з пористою структурою та їх сорбційні властивості (наукове повідомлення на засіданні Президії НАН України 15 лютого 2012 року)	52
ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ		А.В. Сміхула. Технологічні засади реконструкції котельного обладнання з метою зниження витрат природного газу та поліпшення екологічних показників (наукове повідомлення на засіданні Президії НАН України 15 лютого 2012 року)	57
Із зали засідань Президії НАН України (25 квітня 2012 року).....	7	ВИДАВНИЧА СПРАВА	
Із зали засідань Президії НАН України (16 травня 2012 року).....	12	Я.С. Яцків, А.І. Радченко. Про ефективність видання наукових журналів в Україні	62
З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ		НАУКОВІ ШКОЛИ	
Г.В. Лисиченко. Про стан та вдосконалення системи техногенно-екологічної безпеки на об'єктах ядерно-паливного циклу України (наукове повідомлення на засіданні Президії НАН України 14 березня 2012 року)	20	М.О. Попов, О.І. Левчик. До 20-річчя заснування ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень землі Інституту геологічних наук НАН України»	68
ГРАНІ НАУКИ		ЛЮДИ НАУКИ	
А.О. Корсунь. Пристрасті щодо секунди.....	27	І.М. Вишневський, В.І. Слісєнко, І.О. Корж, О.І. Кальченко. Засновник вітчизняної школи з нейтронної фізики (до 100-річчя з дня народження академіка НАН України Митрофана Васильовича Пасічника)	74
СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ		ВІТАЄМО	
Д.М. Гродзинський, О.Ф. Дембновецький, О.М. Левчук, Ф.Н. Пацюк. Радіобіологічні та радіоекологічні дослідження Чорнобильської катастрофи вченими НАН України.....	30	80-річчя академіка НАН України І.М. Карпа	78
В.Д. Романенко, М.І. Кузьменко, С.О. Афанасьєв, Д.І. Гудков, П.М. Линник, О.О. Протасов, В.М. Тимченко, В.І. Юришинець, В.М. Якушин. Гідроекологічна безпека атомної енергетики в Україні.....	41	НОВИНИ НАУКИ	80

З ДНЕМ НАУКИ!

Урочисте засідання з нагоди святкування Дня науки

18 травня 2012 року в приміщенні Національної філармонії України відбулися урочисті заходи, присвячені святкуванню Дня науки. У засіданні взяли участь Прем'єр-міністр України Микола Янович Азаров, голова Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України Володимир Петрович Семиноженко, президент Національної академії наук України Борис Євгенович Патон, представники уряду, Національної академії наук України, провідних наукових установ України та дипломатичних корпусів інших держав.

Урочисте засідання з нагоди святкування Дня науки, що відбулося 18 травня 2012 року в приміщенні Національної філармонії України, відкрив голова Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України, академік НАН України Володимир Петрович Семиноженко. Він привітав присутніх зі святом і зазначив, що в XXI ст. наука та інновації — це не лише основа прогресу, а й запорука сталого економічного зростання, безпеки держави і міцного суспільного добробуту. Наука є безумовним пріоритетом будь-якої цивілізованої країни, тому День науки в Україні виходить далеко за межі вузькопрофесійного свята і стає дійсно державним і загальнонаціональним. Наша країна пишається своїми вченими, які роблять вагомий внесок у світову скарбницю наукових знань.

Далі до слова було запрошено Прем'єр-міністра України Миколу Яновича Азарова. Глава Уряду зачитав поздоровлення науковій громадськості від Президента України Віктора Федоровича Януковича

У вітальній промові Микола Янович зауважив, що День науки особисто для нього — велике свято, оскільки 25 років свого життя він присвятив науковій діяльності, пройшовши шлях від завідувача лабораторії до директора НДІ, у 27 років захистив кандидатську дисертацію, згодом докторську, став професором. І тепер, коли є вільний час, він

завжди цікавиться тим напрямом науки, яким займався раніше.

Прем'єр-міністр наголосив, що українська наука у великому боргу перед нашим народом. Уряд усе, що може, віддає науці, рік у рік збільшуючи її фінансування. Однак, на його переконання, слід підтримувати передусім тих, хто реально просуває науку вперед, тоді внесок у науку окупиться і, безумовно, повернеться сповна. Проривні напрями розвитку науки можуть значно — не на 5–10%, а на порядок — збільшити ВВП країни. У цьому контексті Глава Уряду навів приклад компанії «Facebook», біржова вартість акцій якої нині становить близько 100 млрд доларів США. Водночас сукупний ВВП України в поточному році очікується на рівні 200 млрд доларів.

«Ми не шкодуватимемо коштів на фінансування проривних напрямів розвитку науки», — запевнив він і закликав науковців зосередитися на визначенні таких напрямів.

Прем'єр-міністр України М.Я. Азаров також вручив науковцям державні нагороди за вагомий особистий внесок у розвиток вітчизняної науки, зміцнення науково-технічного потенціалу України, багаторічну сумлінну працю та з нагоди Дня науки:

- орден князя Ярослава Мудрого V ступеня — директору Інституту термоелектрики Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки, молоді та спорту



України, доктору фізико-математичних наук **Анатичуку Лук'яну Івановичу**;

- орден «За заслуги» I ступеня — директору Головної астрономічної обсерваторії Національної академії наук України, доктору фізико-математичних наук **Яцківу Ярославу Степановичу**;

- орден «За заслуги» II ступеня — заступнику директора Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, голові Західного наукового центру НАН України та Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, доктору фізико-математичних наук **Назарчуку Зіновію Теодоровичу**; головному вченому секретарю Національної академії мистецтв України, доктору технічних наук **Яковлеву Миколі Івановичу**;

- орден «За заслуги» III ступеня — директору Науково-дослідного інституту «Миколаївська астрономічна обсерваторія», доктору фізико-математичних наук **Пінігіну Геннадію Івановичу**;

- почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України» — академіку-секре-

тарю відділення апарату Президії Національної академії аграрних наук України, доктору економічних наук **Жуку Валерію Миколайовичу**; директору Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України, доктору фізико-математичних наук **Загородньому Анатолію Глібовичу**; першому заступнику директора Українського інституту національної пам'яті, доктору історичних наук **Кривошеї Володимирі Володимировичу**; головному вченому секретарю Національної академії правових наук України, доктору юридичних наук **Прилипку Сергію Миколайовичу**; завідувачу кафедри Інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, доктору технічних наук **Соловійову Володимирі Іллічу**;

- почесне звання «Заслужений машинобудівник України» — директору — головному конструктору державного підприємства «Базовий центр критичних технологій МІКРОТЕК», кандидату технічних наук **Хитрику Василю Онуфрієвичу**.

На урочистому засіданні було також вручено Почесні грамоти та Подяки Кабінету Міністрів України за вагомий особистий внесок у реалізацію державної політики в науковій сфері, сприяння розвитку наукових досліджень, розв'язання наукових і науково-технічних проблем та з нагоди Дня науки.

Далі учасники засідання заслухали виступ голови Західного наукового центру НАН України та МОНмолодьспорту України, академіка НАН України **Зіновія Теодоровича Назарчука**. Він підкреслив, що Україні вкрай потрібне законодавство, яке б сприяло зацікавленості бізнесу у впровадженні науково-технічних розробок. Підприємства мають закладати кошти на інноваційний розвиток і модернізацію виробництва. Як приклад він навів корпорацію «Енергоресурс-інвест» — найбільшого вітчизняного виробника корозійнозахисних теплоізолюваних труб. Це успішне інноваційне виробництво, продукція якого є конкурентоспроможною не лише в Україні, а й у Європі, розвивається завдяки новітнім технологіям та висококваліфікованим кадрам — майже все керівництво і науково-технічний персонал є колишніми співробітниками установ НАН України. Щоб реалізувати амбітні програми Глави Держави щодо входження України у двадцятку найрозвиненіших країн світу, наша держава приречена радикально змінити ставлення до наукової праці. Почати цей процес можна з рівномірного повноцінного фінансування наукових установ, довівши його обсяг до передбаченого законом 1,7% ВВП.

Академік З.Т. Назарчук також зазначив, що багато програм обласного масштабу, які фінансуються з місцевих бюджетів, потребують обов'язкового наукового супроводу й експертизи. Таке завдання можуть взяти на себе працівники регіональних наукових центрів, що поєднують науковців академічного сектору, вищої школи та працівників галузевої науки.



Прем'єр-міністр України М.Я. Азаров вручив орден «За заслуги» I ступеня академіку НАН України Я.С. Яцківу

Далі до слова було запрошено завідувача кафедри Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна кандидата біологічних наук **Андрія Юрійовича Утевського**. Він звернув увагу на те, що розвиток природознавства є найкращою гарантією збереження наукової раціональності. Особливості університетської науки ґрунтуються на принципах, сформульованих свого часу видатним філософом і мислителем, засновником Берлінського університету Вільгельмом Гумбольдтом: академічна свобода творчого пошуку та незалежність мислення як учителя, так і учня. Університети дають можливість створити творче середовище для спілкування фахівців з різних спеціальностей. Українські університети створювались за кращими світовими зразками і завжди були невід'ємною частиною спільного науково-освітнього європейського простору. Відокремлення наукового і навчального процесів, що виникло у ХХ ст., було штучним. Без сумніву, найбільш оптимальною є система не протистояння, а тісної кооперації вищих навчальних закладів та академічних установ.

Антарктичні дослідження виступають яскравим прикладом гармонійного поєднання університетської, академічної та прикладної науки, а також інтегрального підходу до залучення українських науковців до світової спільноти, що сприяє створенню позитивного міжнародного іміджу України як держави

з потужним науковим потенціалом. Дослідження за різними напрямками виконують на антарктичній станції «Академік Вернадський» під керівництвом Національного антарктичного наукового центру. Біологічні дослідження нині зосереджені на створенні морських біогеографічних полігонів для вивчення впливу кліматичних змін на водне середовище та мережі глибоководних охоронних регіонів під управлінням України.

Вже створено базу даних з біорізноманіття підводного світу Антарктики, знайдено декілька нових видів тварин, отримано величезну кількість фото- та відеоматеріалів. Заплановано дослідження глибоководної фауни за допомогою спеціальної системи відеоспостереження, розробляється програма пошуку морських антарктичних організмів — продуцентів біологічно активних речовин, найближчим часом намічено випуск фотоальбомів, атласів, науково-популярних фільмів з метою поширення серед населення знань про Антарктику.

На думку А.Ю. Утєвського, в цьому напрямі Україна може здобути пріоритет, ос-

кільки далеко не всі країни мають можливість проводити антарктичні дослідження.

З промовою виступив також старший викладач Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка **Юрій Петрович Кращенко**. Він розповів, як влада, зокрема Державне агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України, всіляко сприяє послідовному вирішенню проблем, з якими стикаються молоді вчені. Як приклад доповідач навів плідну співпрацю Національного студентського союзу з Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України. Однак актуальними питаннями для молодих учених залишаються збільшення обсягів фінансування програми молодіжного довгострокового кредитування для придбання житла та механізмів фінансування наукових товариств студентів і аспірантів.

Наприкінці засідання голова Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України В.П. Семиноженко щиро привітав усіх українських науковців із Днем науки і ще раз поздоровив тих, хто отримав високі державні нагороди.

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ (25 квітня 2012 року)

На черговому засіданні Президії НАН України 25 квітня 2012 року члени Президії НАН України та запрошені заслухали такі питання:

- Проблеми створення безпечної системи сховищ радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні відчуження (доповідач — академік НАН України В.М. Шестопапов)
- Спінтроніка як новий науковий напрям на межі електроніки та магнетизму (доповідач — доктор фізико-математичних наук В.М. Криворучко)
- Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — академік НАН України В.Ф. Мачулін)
- Кадрові та поточні питання

На черговому засіданні Президії НАН України члени Президії НАН України та запрошені заслухали наукову доповідь академіка НАН України **Вячеслава Михайловича Шестопапова «Проблеми створення безпечної системи сховищ радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні відчуження»**.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, директор Інституту геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України академік НАН України Е.В. Собонович, керівник Відділення проектування об'єктів з радіоактивними ядерними технологіями Інституту проблем безпеки атомних електростанцій НАН України В.М. Рудько, старший науковий співробітник Інституту геологічних наук НАН України кандидат фізико-математичних наук Д.О. Бугай.

Президія НАН України зазначила, що вже минає 26-й рік від часу аварії на Чорнобильській атомній електростанції. Ця найбільша техногенна катастрофа ХХ ст. змінила життя багатьох людей. Від неї постраждало понад 5 тис. населених пунктів України, Білорусі та Росії, а це більше 5 млн людей, серед яких 1 млн — діти. Забрудненою вважається територія у 100 тис. км². І це лихо зачепило майже всі народи Європи.

Проблема поводження з радіоактивними відходами (РАВ) є однією з найактуальніших для нашої держави у зв'язку з використанням радіоактивних матеріалів у промисловості, військовій справі й науці та аварією на Чорнобильській АЕС у 1986 р. Її вирішення — найважливіше завдання сьогодення. Нині в Україні накопичено 3,45 млн м³ РАВ, 96% з яких мають аварійне походження. 98% відходів є короткоіснуючими і можуть бути ізольовані в поверхневих сховищах, інші (довгоіснуючі РАВ, приблизно 60 тис. м³) необхідно ізолювати у глибинному геологічному сховищі. Важливо зауважити, що лівова частка (95%) довгоіснуючих РАВ знаходиться у Чорнобильській зоні відчуження.

Сьогодні в Україні є досить розгалужена система сховищ РАВ. Це сховища на АЕС, сховища шести підприємств «Радон», тимчасове сховище об'єкта «Укриття», пункти захоронення РАВ «Буряківка», «Підлісний», III черга ЧАЕС, комплекс «Вектор», що добудовується, пункти тимчасової локалізації радіоактивних відходів.

У 2008 р. було затверджено Загальнодержавну цільову екологічну програму поводження з РАВ, розраховану на 10 років. У 2009 р. прийнято стратегію поводження з

РАВ на 50 років із загальною сумою фінансування 35,8 млрд грн. Згідно з цією стратегією створено фонд поводження з РАВ, який у 2010 р. налічував близько 549 млн грн. Однак жодного заходу цей фонд не профінансував. Усі роботи здійснюються за кошти міжнародної спільноти. Будується завод з переробки рідких радіоактивних відходів, промисловий комплекс поводження з твердими радіоактивними відходами, сховища низько- і середньоактивних відходів «ЛОТ-3», ядерного палива, новий безпечний конфайнмент.

Ефективність національних зусиль у цій важливій справі знижується у зв'язку з неузгодженістю технічної політики, недостатнім і нестабільним фінансуванням, відсутністю або епізодичністю підтримки наукового супроводу робіт, ігноруванням наукових рекомендацій і відсутністю творчого ефективного діалогу між проектувальниками і науковими колективами. Науковці НАН України брали активну участь у розробленні стратегій, програм, наукових і науково-інженерних обґрунтувань багатьох заходів і систем, але через мінімізацію і припинення фінансування наукового супроводу робіт щодо поводження з РАВ їх участь у цій важливій справі дедалі більше згортається. Лише у міжнародних проектах робота фахівців НАН України залишається важливою і вагомою складовою. Слід також зазначити, що їй досі не розпочато систематичних робіт із геолого-технічного обґрунтування створення глибинного сховища РАВ у надрах, хоча активність РАВ, які повинні бути у ньому ізольовані, становить 99,9% активності всіх РАВ, накопичених в Україні.

Враховуючи зазначене, Президія НАН України доручила Відділенням наук про Землю, фізико-технічних проблем енергетики, ядерної фізики та енергетики, фізики і астрономії, хімії, біохімії, фізіології і молекулярної біології, які займаються проблемами РАВ, протягом 2012–2013 рр. забезпечити науковий супровід робіт, пов'язаних із мінімізацією наслідків аварії на ЧАЕС у частині виконання програми поводження з

РАВ. Відділенню наук про Землю НАН України для розширення геологічного, гідрогеологічного, геофізичного, геодинамічного вивчення надр на систематичній основі потрібно започаткувати науково-дослідницькі роботи з вивчення надр зони відчуження і прилеглих територій, а також підготувати пропозиції щодо створення геологічного сховища радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні.

* * *

Далі на розгляд Президії НАН України було винесено наукову доповідь доктора фізико-математичних наук **Володимира Миколайовича Криворучка «Спінтроніка як новий науковий напрям на межі електроніки і магнетизму»**, присвячену питанням становлення та світового розвитку нового актуального напрямку фізичних наук — спінової електроніки, що приходить на зміну напівпровідниковій електроніці, яка значною мірою вже вичерпує свої можливості за енергоощадністю, швидкодією та мініатюризацією.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, директор Інституту магнетизму НАН України та МОНмолодьспорту України академік НАН України В.Г. Бар'яхтар, віце-президент НАН України академік НАН України А.Г. Наумовець, академік НАН України В.М. Локтєв.

Було наголошено, що спінова електроніка (спінтроніка) як галузь науки, що вивчає механізми та способи керування насамперед спіновим, а не зарядовим станом електронів у твердотільних системах, поєднує можливості електроніки й магнетизму й останніми роками є одним із пріоритетних напрямів фундаментальних і технологічних досліджень у багатьох країнах світу.

Завдяки своїм можливостям спінтроніка приходить на зміну напівпровідниковій електроніці, де вже досягнута принципова межа щодо покращення таких важливих функціональних параметрів електронних приладів і пристроїв, як збільшення швидко-

дії, мініатюризація, зменшення енергоспоживання тощо. У спін-електронних елементах не заряд електрона, а його спін є носієм інформації і характеристикою, яку можна змінювати зовнішніми полями. Завдяки енергоощадності спінтроніка вважається нині одним із найперспективніших напрямів створення принципово нових швидкодіючих пристроїв майбутніх інформаційних технологій та керуючих систем.

Дослідження, проведені останнім часом в Україні та за її межами, суттєво розширили уявлення щодо спін-залежних процесів у напівпровідниках і напівпровідникових наноструктурах, які є основою сучасної мікроелектроніки. Значному зростанню кількості досліджень із спінтроніки сприяло втілення у практику пристроїв зчитування інформації, побудованих на ефекті гігантського магнітоопору. Завдяки цьому вдалося, зокрема, на кілька порядків збільшити ємність жорстких дисків сучасних комп'ютерів, а також швидкість запису і зчитування.

Про актуальність і значущість таких досліджень свідчить той факт, що фізиків-експериментаторів Альберта Ферта та Пітера Грюнберга, які зробили основоположний внесок у становлення цього нового напрямку, було удостоєно Нобелівської премії 2007 року.

Важливими для подальшого розвитку спінтроніки напрямками досліджень є розробка методів створення спінової поляризації носіїв струму та керування нею, інжекція спін-поляризованих носіїв та детектування спінового стану струму, створення металевих та надпровідникових структур зі спін-поляризованими нормальним і надпровідним струмами, пошуки нових механізмів керування магнітним станом системи спін-поляризованих електронів, вивчення магніторезистивних ефектів, спін-хвильових та спін-поворотних явищ.

Так, у Донецькому фізико-технічному інституті ім. О.О. Галкіна НАН України проводять фундаментальні дослідження з магнітоелектронних явищ, завдяки чому було передбачено невідомий раніше ефект збу-

дження змінним електричним полем мало- і великоамплітудних магнітних коливань. Науковці інституту також активно вивчають спінтронні ефекти у таких наногетероструктурах, як феромагнітний метал/надпровідник. Творчий доробок інституту з названої тематики відображено низкою пріоритетних публікацій його співробітників у престижних міжнародних наукових виданнях, захистом докторських і кандидатських дисертацій.

Значні досягнення з розвитку деяких питань спінтроніки як окремого напрямку мають й інші установи Відділення фізики і астрономії НАН України. Зокрема, у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України було досліджено спін-вентильні структури, провідність яких значною мірою залежить від взаємної орієнтації намагніченості феромагнітних шарів. Відповідні магнітопорядковані структури стали сьогодні базовими елементами окремих пристроїв, що працюють на спінтронних ефектах.

У роботах науковців Інституту фізики НАН України, Інституту магнетизму НАН України та МОНмолодьспорту України вивчалися особливості впливу міжшарового інтерфейсу на магнітоопір багатшарових та наногранульованих плівок, а також ефекти гігантського спінового розщеплення у напівмагнітних напівпровідниках.

Разом з тим Президія НАН України відзначила, що дослідження з цього актуального напрямку в Україні здійснюються недостатньо скоординовано, без належної консолідації зусиль наукових установ, у яких є значні досягнення з вивчення зазначеної проблематики. При Міжвідомчій науковій раді з проблеми «Фізика твердого тіла» необхідно створити підсекцію у секції «Фізика магнітних явищ». З метою підготовки фахівців для цього нового наукового напрямку фізикам з установ НАН України разом із фізичними кафедрами вищих навчальних закладів доцільно розробити спеціальні курси та методичні посібники зі спінтроніки та впровадити їх на фізичних факультетах університетів.

* * *

Крім того, Президія НАН України прийняла низку організаційних і кадрових рішень.

Затверджено строком на п'ять років на посадах директорів наукових установ НАН України:

по Відділенню інформатики

- доктора фізико-математичних наук **Федорова Олега Павловича** — на посаді директора Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України;

по Відділенню наук про Землю

- академіка НАН України **Руденка Леоніда Григоровича** — на посаді директора Інституту географії;

- члена-кореспондента НАН України **Шапаря Аркадія Григоровича** — на посаді директора Інституту проблем природокористування та екології;

по Відділенню фізико-технічних проблем матеріалознавства

- академіка НАН України **Большакова Вадима Івановича** — на посаді директора Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова;

- доктора технічних наук **Вовченка Олександра Івановича** — на посаді директора Інституту імпульсних процесів і технологій;

по Відділенню фізико-технічних проблем енергетики

- академіка НАН України **Кириленка Олександра Васильовича** — на посаді директора Інституту електродинаміки;

по Відділенню хімії

- академіка НАН України **Лебедева Євгена Вікторовича** — на посаді директора Інституту хімії високомолекулярних сполук;

- академіка НАН України **Попова Анатолія Федоровича** — на посаді директора Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л.М. Литвиненка;

- академіка НАН України **Андронаті Сергія Андрійовича** — на посаді директора Фізико-хімічного інституту ім. О.В. Богатського;

- академіка НАН України **Стрелка Володимира Васильовича** — на посаді директора Інституту сорбції та проблем ендоекології;

по Відділенню біохімії, фізіології та молекулярної біології

- академіка НАН України **Сибірського Андрія Андрійовича** — на посаді директора Інституту біології клітини;

по Відділенню економіки

- доктора економічних наук **Хвесика Михайла Артемовича** — на посаді директора Інституту економіки природокористування та сталого розвитку;

по Відділенню історії, філософії та права

- доктора історичних наук **Бруняка Ігоря Вікторовича** — на посаді директора Одеського археологічного музею;

по Відділенню літератури, мови та мистецтвознавства

- академіка НАН України **Жулинського Микола Григоровича** — на посаді директора Інституту літератури ім. Т.Г. Шевченка;

- академіка НАН України **Скляренка Віталія Григоровича** — на посаді директора Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні;

- академіка НАН України **Скрипник Ганну Аркадійовичу** — на посаді директора Інституту мистецтвознавства, фольклористики та етнології ім. М.Т. Рильського;

- академіка НАН України **Павлюка Степана Петровича** — на посаді директора Інституту народознавства;

- академіка НАН України **Широкова Володимира Анатолійовича** — на посаді директора Українського мовно-інформаційного фонду;

- доктора філологічних наук **Нахліка Євгена Казимировича** — на посаді директора Інституту Івана Франка;

- члена-кореспондента НАН України **Радишевського Ростислава Петровича** — на посаді директора Міжнародної школи україністики.

Затверджено:

- доктора фізико-математичних наук **Надутова Володимира Михайловича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;

- доктора фізико-математичних наук **Татаренка Валентина Андрійовича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;

- доктора фізико-математичних наук **Самоварова Володимира Миколайовича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України;

- кандидата фізико-математичних наук **Глушук Миколу Івановича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України;

- доктора фізико-математичних наук **Фельдмана Геннадія Михайловича** — на посаді заступника директора інституту з наукової роботи — керівника Математичного відділення Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України;

- академіка НАН України **Шульгу Валерія Михайловича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Радіоастрономічного інституту НАН України;

- члена-кореспондента НАН України **Ваврива Дмитра Михайловича** — на посаді заступника директора з наукової роботи Радіоастрономічного інституту НАН України;

- академіка НАН України **Коноваленка Олександра Олександровича** — на посаді заступника директора інституту з наукової роботи — керівника Відділення низькочастотної радіоастрономії Радіоастрономічного інституту НАН України;

- кандидата фізико-математичних наук **Коломойцева Юрія Сергійовича** — на посаді вченого секретаря Інституту прикладної математики і механіки НАН України;

- доктора технічних наук **Семененка Євгена Володимировича** — на посаді завідувача відділу

проблем шахтних енергетичних комплексів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України;

- кандидата фізико-математичних наук **Кочелаб Євгенію Володимировичу** — на посаді вченого секретаря Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;

- кандидата фізико-математичних наук **Калиненка Олександра Миколайовича** — на посаді вченого секретаря Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України;

- кандидата фізико-математичних наук **Удовенка Анатолія Павловича** — на посаді вченого секретаря Радіоастрономічного інституту НАН України.

Почесною грамотою Президії Національної академії наук України і Центрального комітету профспілки працівників Національної академії наук України нагороджено членів Спілки інвалідів Чорнобиля Святошинського району міста Києва за багатолітню плідну працю та вагомий особистий внесок у вирішення питань соціального захисту інвалідів-ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС і членів їхніх сімей: Є.Є. Баріш, С.В. Баченюка, Л.П. Белокраїнську, Б.Ф. Весельського, Є.М. Гаврилова, О.Д. Голуба, А.І. Гудима, Л.О. Даценко, І.М. Дугінова, С.В. Дячек, С.П. Красильнікова, К.С. Красильнікову, М.В. Магліча, О.Ф. Маніту, С.П. Міщука, О.Є. Огневого, Л.Т. Полякову, В.В. Пшеничного, Л.Г. Рашевську, Г.Д. Сандулову, П.О. Семенюка, А.Г. Сепика, А.М. Чмиха, В.П. Шпаковича, І.Я. Шутько.

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАнь ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ (16 травня 2012 року)

На черговому засіданні Президії НАН України 16 травня 2012 року члени Президії НАН України та запрошені заслухали такі питання:

- Розробка національної системи обліку та контролю за споживанням енергоресурсів у житлово-комунальному господарстві України (доповідачі — доктор фізико-математичних наук О.М. Хіміч та генеральний директор ДНВП «Електронмаш» В.І. Мова)

- Фізика елементарних частинок у XXI столітті (доповідач — професор Дж. Елліс)
- Сучасний статус цирконієвих матеріалів у ядерній енергетиці (доповідач — член-кореспондент НАН України В.М. Воеводін)

- Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — академік НАН України В.Ф. Мачулін)

- Кадрові та поточні питання

На черговому засіданні Президії НАН України члени Президії НАН України та запрошені заслухали питання **«Розробка національної системи обліку та контролю за споживанням енергоресурсів у житлово-комунальному господарстві України»** щодо можливості розв'язання проблеми забезпечення надійного контролю за споживанням енергоресурсів, передусім у житлово-комунальному господарстві, на основі сучасних інформаційних технологій і створення для цього відповідної національної системи. Із доповідями виступили завідувач відділу Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України доктор фізико-математичних наук **Олександр Миколайович Хіміч** та генеральний директор ДНВП «Електронмаш» **Віктор Іванович Мова**.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, Міністр регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України А.М. Близнюк, віце-президент НАН України, директор Інституту економіки та прогнозування НАН України, академік НАН України В.М. Геєць, заступник голови райдержадміністрації Святошинського району м. Києва І.І. Богуславський, начальник відділу Державного агентства України з управління державними корпоративними правами та майном О.М. Висоцький, академік-секретар Відділення інформатики НАН України, академік НАН України В.С. Дейнека.

Президія НАН України зазначила важливість і актуальність розробки національної системи обліку та контролю за споживанням енергоресурсів у житлово-комунальному господарстві України на основі інтелектуальних програмно-технічних засобів.

Провідні країни світу приділяють серйозну увагу розв'язанню цієї проблеми. Так, у рамках Енергетичної стратегії країн ЄС для забезпечення надійного постачання енергоресурсів населенню у найближчі 10 років буде розбудовано інфраструктуру автоматизованого енергообліку. У Росії прийнято відповідне законодавче рішення щодо створення державної інформаційної системи паливно-енергетичного комплексу, яка, зокрема, передбачає збереження й опрацювання всієї поточної інформації, а також прогноз розвитку ПЕК держави. Такі системи складаються з дистанційних електронних лічильників та відповідного комунікаційного середовища для зв'язку з оператором мережі або постачальником ресурсу і певною інфраструктурою, пов'язаною із системою обліку і сплати рахунків. В Україні поки що немає відповідного законодавчого та нормативно-правового забезпечення для практичної реалізації цього широкомасштабного проекту. Враховуючи особливості української енергетичної галузі, її певну інтегрованість з європейськими країнами та Росією, запровадження такої системи набуває особливого значення.

Фахівці Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Інституту економіки та прогнозування НАН України та Інституту науково-практичних розробок комплексних систем запропонували розробити та впровадити Єдину державну систему моніторингу виробництва, постачання, транспортування, споживання та плати за паливно-енергетичні ресурси і житлово-комунальні послуги (ЄДСМ). Підготовлено відповідний проект Закону України (нині він знаходиться на розгляді у Верховній Раді України), яким визначаються основні правові, організаційні та фінансово-економічні засади впровадження і функціонування ЄДСМ.

Ця система включає багато аспектів вирішення проблем енергоефективності та енергозбереження. Зокрема, розробку та запровадження комплексу уніфікованих організаційних, технічних, комунікаційних, інформаційних, програмних засобів і методів формування всіх видів енергетичних балансів та моніторингу його індикативних показників за єдиними стандартами, а також створення автоматизованих програмно-технічних засобів обліку та контролю за споживанням енергоресурсів і використанням житлово-комунальних послуг.

Зараз вимірювання обсягів споживання (природного газу, холодного і гарячого водопостачання, електричної та теплової енергії) проводять на недосконалих приладах обліку, здебільшого не захищених від несанкціонованого втручання. Заміна на комп'ютерні системи обліку, що забезпечують дистанційне зчитування показників лічильників у всіх помешканнях та автоматичне передавання даних у розрахункові відділи енергоресурсів для виставлення рахунків споживачам, забезпечить достовірність даних про оплату послуг кожним споживачем через комунікацію із засобами електронного банкінгу.

Для створення в рамках ЄДСМ автоматизованої системи обліку та контролю за споживанням енергоресурсів Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України і ДНВП «Електронмаш» створено інтелектуальні програмно-технічні засоби й необхідне

устаткування, передусім масштабоване сімейство інтелектуальних паралельних комп'ютерів «Інпарком» різної продуктивності зі штатним програмним забезпеченням. Це дозволяє забезпечити високопродуктивну роботу інформаційно-аналітичної системи на основі розподілених (паралельних) обчислень для розв'язання задач трансобчислювальної складності при математичному моделюванні процесів прийняття рішень та прогнозування в паливно-енергетичному секторі і житлово-комунальному господарстві. Також вирішується проблема надійного зберігання даних моніторингу та подолання обмежень продуктивності при одночасній обробці великої кількості складних запитів і обчислень у реальному часі.

До того ж ДНВП «Електронмаш» розробив і апробував експериментальну систему автоматизованого обліку споживання та керування віддаленим доступом до різних видів енергоресурсів (води, електроенергії, газу, тепла), у тому числі й низку інтелектуальних вимірювальних приладів для житлово-комунального сектору.

Водночас успішний розвиток науково-дослідних робіт і прикладних науково-технічних розробок у цьому напрямі, крім зазначених, потребує розв'язання низки інших питань. Зокрема, необхідно постійно оновлювати та вдосконалювати програмно-технічні засоби, створювати нові математичні моделі, розробляти відповідні інтелектуальні вимірювальні прилади і комплекси, у тому числі із залученням дослідно-виробничої бази НАН України.

Особливої уваги потребує налагодження взаємодії в цьому питанні з органами державного управління, місцевого самоврядування, комунальною службою, іншими зацікавленими сторонами, передусім з Мінекономрозвитку, Міненерговугілля та Мінрегіону України. Має бути налагоджена підготовка і перепідготовка працівників відповідного профілю та рівня кваліфікації. Належної уваги потребує також розробка і реалізація у цій галузі єдиної науково-технічної та технологічної політики на основі системних рішень.



Професор Джонатан Елліс

На засіданні було наголошено, що Національна академія наук України завжди приділяла увагу проблемам модернізації житлово-комунального господарства. Це питання неодноразово розглядалося на засіданнях Президії НАН України, в тому числі на спільних засіданнях з колегами міністерств, у віданні яких знаходились питання житлово-комунального господарства. У 2007 р. було підписано Угоду про науково-технічне співробітництво з Міністерством будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства та Меморандум про співпрацю з Міністерством з питань ЖКГ від 2008 р., що передбачають активізацію спільного використання науково-технічного потенціалу, застосування сучасних організаційних та економічних механізмів упровадження перспективних розробок.

Поки що основним завданням учених залишається розроблення наукових та науково-технічних засад розв'язання цієї проблеми, а також подальша апробація та вдосконалення пілотного експериментального зразка на реальному об'єкті в Києві за домовленістю з адміністрацією міста.

* * *

Далі президент НАН України академік Б.Є. Патон відрекомендував присутнім професора **Джонатана Елліса** (Jonathan Richard Ellis), який, без перебільшення, є одним із найвідоміших у світі вчених у галузі теоретичної ядерної фізики, автором численних наукових ідей, що посідають важливе місце в сучасній теорії елементарних частинок та астрофізиці високих енергій.

Упродовж багатьох років професор Дж. Елліс був керівником теоретичного відділу і заступником генерального директора ЦЕРНу. Він особисто причетний до створення Великого адронного колайдера і відіграв провідну роль у розробленні програми наукових досліджень на ньому.

Нині професор Дж. Елліс очолює одну з найпрестижніших кафедр Великої Британії у Королівському коледжі Лондона, якою свого часу керував великий Джеймс Клерк Максвелл, і продовжує активно працювати в ЦЕРНі як радник генерального директора.

Б.Є. Патон нагадав також, що 2010 року Президія НАН України присудила професору Джонатану Еллісу звання Почесного доктора Національної академії наук України за видатний особистий внесок у теоретичну фізику та розвиток міжнародної наукової співпраці. Сьогодні з'явилася можливість особисто привітати його і вручити диплом.

Професор Дж. Елліс виступив з короткою науковою доповіддю про перспективи розвитку фізики елементарних частинок у ХХІ столітті. Він розповів про найбільшу в світі лабораторію фізики високих енергій ЦЕРН поблизу Женеви, де під землею, на глибині понад 100 м розміщений найсучасніший прискорювач елементарних частинок — Великий адронний колайдер (ВАК). Частинки в ньому рухаються зі швидкістю 99,9999991% швидкості світла і здійснюють 11 повних обертів за одну секунду в кільці діаметром 27 км. У цьому проекті беруть участь більш ніж 10 тис. науковців із понад 100 країн світу, в тому числі й з України.

Головною метою проекту є спроба зрозуміти структуру матерії. Сьогодні центральна проблема фізики елементарних частинок полягає у з'ясуванні питання, які ще існують елементарні частинки, крім уже відомих, і що являють собою сили, які діють між ними. За словами професора, це, так би мовити, космічний код ДНК, який дасть змогу зрозуміти будову Всесвіту, за аналогією з розшифруванням структури ДНК, що дає можливість розібратися в багатьох проблемах біології.

Однією зі спроб знайти відповідь на це питання було свого часу створення Стандартної моделі — теоретичної конструкції, що описує електромагнітну, слабку і сильну взаємодії всіх елементарних частинок, однак не включає гравітацію. Її авторами були пакистанський фізик Абдус Салам і два його американські колеги — Шелдон Лі Глешоу і Стівен Вайнберг. Перші експерименти, проведені в ЦЕРНі в 1973 р., підтвердили цю теорію, далі по всьому світу відбулися серії досліджень, результати яких із великою точністю збігалися з передбаченнями Стандартної моделі.

Однак Стандартна модель має нез'ясовані питання, що, ймовірно, знаходяться поза межами її можливостей. Останніми роками почали з'являтися результати, в яких прогнози Стандартної моделі дещо розходяться з експериментом. Нині всі фізики-теоретики мріють про створення єдиної теорії, що уніфікувала б усі взаємодії. Ейнштейн присвятив цій проблемі значну частину свого життя, але успіху не досяг. Можливо, є додаткові виміри, про які ми сьогодні ще не знаємо. Експерименти на ВАК можуть допомогти нам у пошуку відповідей на фундаментальні питання:

- про природу походження маси;
- про природу походження темної матерії;
- про властивості первинної плазми — форми існування матерії, що виникла відразу після Великого вибуху;
- про те, як пов'язані між собою матерія та антиматерія.

У який спосіб елементарні частинки набувають маси? У відповіді на це запитання важливу роль відіграє певна частинка, названа бозоном Хіггса, на яку нині «полюють» у ЦЕРНі. Про загадку маси вчені замислилися вже давно. Ньютон пов'язав з масою вагу, Ейнштейн показав, що з масою пов'язана енергія, але ніхто ще не пояснив її походження. Тому пошук бозона Хіггса є священним Граалем для фізиків. ВАК постійно накопичує дані експериментів. Деякі з них дають підстави припускати утворення цієї таємничої частинки, але ці результати потребують глибокого аналізу і поки що їх недостатньо для того, щоб стверджувати про існування чи неіснування бозона Хіггса.

Іншою проблемою, яку сподіваються розв'язати в процесі експериментів на ВАК, є походження темної матерії. Нещодавно астрономи помітили наявність темної матерії у Всесвіті за гравітаційними ефектами, що створюються нею. Однак її пряме спостереження неможливе через те, що темна матерія не випромінює і не розсіює електромагнітні хвилі. Звідки ж береться темна матерія та в чому полягає її природа?

Ще в минулому столітті відомий фізик-теоретик Поль Дірак припустив, що якщо поєднати релятивістську механіку з квантовою теорією, то поряд із частинками мають існувати античастинки з протилежними за знаком електричними зарядами. На сьогодні вчені спостерігали античастинки практично всіх відомих частинок. Постає питання — чи існує повна тотожність між частинками і античастинками, чи вони є різними об'єктами. Відомий російський учений А.Д. Сахаров багато уваги приділяв проблемі, чому в нашій частині Всесвіту міститься набагато більше частинок, ніж античастинок. Сьогодні наявна асиметрія матерії й антиматерії у Всесвіті є однією з найактуальніших невирішених проблем фізики.

Наприкінці лекції професор Дж. Елліс зауважив, що Україна має величезний потенціал для того, щоб розширити свою участь у пошуку відповідей на найважливіші питання ХХІ ст., які можуть докорінно змінити наші уявлення про Всесвіт.

* * *

На засіданні президент НАН України Б.Є. Патон разом з членами Президії НАН України привітав директора Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка **Олександра Миколайовича Гузя** з присудженням йому Медалі ICCES «За досягнення впродовж життя». Її було вручено на XII Міжнародній конференції з комп'ютерної й експериментальної інженерії та наук (International Conference on Computational and Experimental Engineering and Science, ICCES-12), що відбулася 29 квітня – 4 травня 2012 р. у Афінах (Греція). ICCES присуджує науковцям цю медаль, враховуючи їхній загальний внесок упродовж багаторічної кар'єри. Така відзнака розглядається як визнання від імені спільноти ICCES значної ролі нагородженого в розвитку певних наукових напрямів.

Олександр Миколайовичу присуджено премію ICCES 2012 за його вагомий внесок у механіку та аналіз гетерогенних матеріалів.

Про значний науковий доробок видатного українського вченого свідчить перелік його наукових праць: 61 монографія, у тому числі 15 індивідуальних, 900 статей, з яких 400 опубліковані ним одноосібно. Олександр Миколайович підготував 35 докторів і близько 100 кандидатів наук.

* * *

Учасники засідання заслухали та обговорили наукову доповідь «**Сучасний статус цирконієвих матеріалів в ядерній енергетиці**» директора Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України (ННЦ ХФТІ) члена-кореспондента НАН України **Віктора Миколайовича Воеводіна**.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, заступник директора Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України академік НАН України Л.М. Лобанов, радник генерального директора Державного концерну «Ядерне паливо» Л.І. Громов, заступник

директора Інституту матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України академік НАН України С.О. Фірстов, академік-секретар Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України академік НАН України І.М. Неклюдов.

Президія НАН України відзначила актуальність науково-технічного забезпечення створення елементів вітчизняного ядерно-енергетичного комплексу, зокрема організації промислового виробництва цирконієвих сплавів із вітчизняної сировини для виготовлення оболонок тепловидільних елементів (твелів) і зборок, а також інших елементів активної зони ядерних реакторів на теплових нейтронах типу ВВЕР-1000.

Вирішення цих проблем має ґрунтуватися на результатах сучасних матеріалознавчих досліджень і технологічних розробок, які виконуються в академічних та галузевих установах і організаціях України й охоплюють питання одержання цирконового концентрату, діоксиду цирконію, цирконієвої губки, цирконію ядерної чистоти і сплавів на його основі, цирконієвого прокату, комплектуючих виробів і тепловидільних зборок, що задовольняють сучасним світовим вимогам надійності та підвищеного терміну експлуатації до 5–6 років.

Основні напрями підвищення працездатності зазначених сплавів з метою забезпечення необхідних рівнів безпеки і економічності полягають в отриманні сплавів цирконію необхідного хімічного складу з сировини українського походження, формуванні заданих структурних станів у деформованому металі, а також у модифікуванні поверхні тепловидільних елементів методами іонної імплантації газів і металів, створенні на поверхні виробів ефективних бар'єрних шарів (Me , Me_xO_y , Me_xN_y та ін.).

У рамках Державної програми фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки, Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку

ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій в галузях економіки», Комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин», а також бюджетної тематики установами НАН України здійснено комплекс досліджень, спрямованих на вирішення зазначених проблем. Зокрема, розроблено технологію швидкісної високочастотної термообробки, яка дозволяє створити у виробках із сплаву Zr-2,5% Nb квазіізотропну структуру з великою кількістю границь розподілу та високою щільністю рівноважних за хімічним складом, когерентно зв'язаних з матрицею високодисперсних виділень.

Досліджено процеси зміни структури і властивостей цирконію від вмісту домішок, проведено дослідження з виробництва зливок методом вакуумно-дугового переплаву, трубних заготовок, трекс-труб і твельних труб зі сплаву Zr-1% Nb з використанням вітчизняної сировини.

ННЦ ХФТІ НАН України спільно з Державним науково-виробничим підприємством «Цирконій» і Фізико-технологічним інститутом металів та сплавів НАН України розробили технологію одержання зливок сплаву Zr-1% Nb з вмістом кисню менше ніж 0,1 мас.% на основі кальцієтермічного цирконію, оборотів трубного виробництва та йодидного цирконію, а Державний трубний інститут ім. Я.Ю. Осади Мінпромполітики України – технологію прокатки труб з цього сплаву. Здійснюються дослідження, спрямовані на розробку перспективної хлоридно-магнієвої технології одержання цирконієвих сплавів і виробів на їхній основі для ядерного палива реакторів типу ВВЕР з української сировини.

У ННЦ ХФТІ НАН України розроблено оригінальні методики та проведено комплексні електронно-мікроскопічні дослідження радіаційних ефектів у цирконії і його сплавах, які піддавались впливу імітаційного опромінення.

Разом з тим організація вітчизняного виробництва цирконію і науково-технічного

супроводу цих робіт вимагають суттєвого поліпшення та повноцінного фінансового забезпечення. Потребує також удосконалення і розширення система підготовки та перепідготовки висококваліфікованих фахівців і науковців, які забезпечують вирішення проблем експлуатації та перспективного розвитку ядерно-енергетичного комплексу України.

У доповіді та виступах учасників засідання було наголошено, що у найближчі 50–60 років реактори на теплових нейтронах, зокрема типу ВВЕР, посідатимуть домінуюче положення в парку ядерних енергоблоків України. Базовим матеріалом активних зон цих реакторів залишатимуться сплави на основі цирконію, що робить їх безальтернативними конструкційними матеріалами для потреб атомної енергетики.

Забезпечення АЕС України ядерним паливом є одним із пріоритетних напрямів у сфері національної безпеки України в енергетичній галузі. Зниження витрат на придбання ядерного палива за кордоном можливо досягти в разі розвитку власного виробництва елементів ядерного палива і створення вітчизняного циклу цирконієвого виробництва, заснованого на використанні національних сировинних ресурсів, організації виробництва комплектуючих виробів для тепловидільних зборок. До речі, вартість зазначених конструкційних матеріалів у загальній вартості ядерного палива становить близько 10%.

Економічна доцільність створення вітчизняної бази виробництва цирконію та його сплавів, цирконієвого прокату та відповідно виробів з них базується на тому, що Україна має надзвичайно багаті поклади циркону – мінералу, який уміщує цирконій – унікальний за своїми фізичними та ядерними властивостями метал. У нашій державі також є певні виробничі потужності та науково-технічний потенціал у галузі виробництва цирконієвих сплавів. Також є певні здобутки в металургії сплавів цирконію з ніобієм, виготовленні трубних заготовок і твельних труб, формуванні структурного стану та

модифікуванні поверхні виробів для забезпечення надійності й підвищеного терміну експлуатації кінцевих виробів.

Фінансування досліджень у зазначеній сфері останнім часом здійснюється переважно за рахунок бюджету НАН України. На жаль, немає коштів для наукового супроводу затвердженої у 2009 р. Державної цільової економічної програми «Ядерне паливо України», яка передбачає розвиток уранового і цирконієвого виробництва в Україні та створення потужностей для виробництва ядерного палива і його елементів. Є певні проблеми і з виконанням у цілому цієї програми, яка у 2013 р. вже має завершитись.

Було зазначено, що завдання підвищення безпеки і економічності ядерної енергетики вимагає особливої уваги академічних та галузевих організацій до питань одержання в Україні цирконію ядерної чистоти, його сплавів та кінцевих виробів із них. Відділенню ядерної фізики і енергетики у тісній співпраці з профільними науковими установами інших відомств та відділень НАН України слід забезпечити координацію досліджень з науково-технічних проблем створення вітчизняного цирконієвого виробництва, а також розвитку та ефективного використання дослідницької бази установ НАН України для цього.

* * *

Крім того, Президія НАН України прийняла низку організаційних і кадрових рішень.

Затверджено:

- доктора технічних наук **Кучера Миколу Кириловича** на посаді завідувача відділу повзучості і тривалої міцності Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України;
- доктора технічних наук **Родіонова Валерія Євгеновича** на посаді завідувача відділу тонкоплівкових електролюмінісцентних пристроїв відображення інформації Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України;
- доктора фізико-математичних наук **Юхимчука Володимира Олександровича** на посаді завідувача відділу оптики і спектроскопії Інституту

фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України;

- доктора технічних наук **Азарова Сергія Івановича** на посаді завідувача відділу радіаційної та загальної безпеки Інституту ядерних досліджень НАН України;
- доктора фізико-математичних наук **Загинайлова Геннадія Івановича** на посаді завідувача відділу «Фізичні основи радіаційних технологій» Науково-виробничого комплексу «Відновлювані джерела енергії та ресурсозберігаючі технології» Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України;
- кандидата економічних наук **Грущинську Наталію Миколаївну** на посаді ученого секретаря Інституту світової економіки і міжнародних відносин НАН України;
- доктора соціологічних наук **Петрушину Тетяну Олегівну** на посаді завідувача відділу економічної соціології Інституту соціології НАН України.

Відзнакою НАН України «За наукові досягнення» нагороджено:

- головного наукового співробітника Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України члена-кореспондента НАН України **Мар'яновича Тадеуша Павловича** за багаторічну плідну працю та значні наукові досягнення в галузі кібернетики та обчислювальної техніки.

Відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» нагороджено:

- директора Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН молодьспорту України кандидата технічних наук, професора **Гриценка Володимира Ілліча** за багаторічну сумлінну працю, вагомі творчі здобутки та підготовку наукових кадрів.

Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:

- завідувача відділу Інституту проблем реєстрації інформації НАН України доктора технічних наук **Матова Олександра Яковича** за багатолітню сумлінну працю та вагомі наукові здобутки в галузі інформаційних технологій;
- заступника директора Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України кандидата технічних

наук **Прокопенка Володимира Григоровича** за багатолітню сумлінну працю та значний особистий внесок у розробку та впровадження нових супутникових технологій оптимального природокористування.

Відзнакою НАН України для молодих учених «Талант, натхнення, праця» нагороджено:

- молодшого наукового співробітника Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України кандидата геологічних наук **Мовчана Дмитра Михайловича** за сумлінну працю та вагомий творчий здобуток у наукових дослідженнях з дистанційного зондування Землі.

Почесною грамотою Президії Національної академії наук України і Центрального комітету профспілки працівників Національної академії наук України нагороджено:

- старшого лаборанта Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України **Філіпчука Степана Павловича** за багатолітню сумлінну працю та вагомий творчий здобуток у винахідницькій діяльності в галузі науки і техніки;

- заступника директора з наукової роботи Міжнародного центру «Інститут прикладної оптики» НАН України кандидата фізико-математичних наук **Савчук Аллу Володимирівну** за багаторічну сумлінну наукову працю та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі оптики та лазерної фізики;

- завідувача відділу Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України кандидата геологічних наук **Мичака Антона Григоровича** за багатолітню сумлінну працю та вагомий особистий внесок у розвиток досліджень з дистанційного зондування Землі;

- провідного інженера Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України **Копачевського Івана Михайловича** за багатолітню сумлінну працю

та вагомий особистий внесок у розвиток досліджень з дистанційного зондування Землі;

- провідного наукового співробітника Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України кандидата геолого-мінералогічних наук **Товстюк Зінаїду Максимівну** за багатолітню сумлінну працю та вагомий особистий внесок у розвиток досліджень з дистанційного зондування Землі;

- завідувача відділу Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України кандидата сільськогосподарських наук, доцента **Опалка Анатолія Івановича** за багаторічну сумлінну працю, високий професіоналізм та вагомий творчий здобуток у галузі біології рослин;

- завідувача відділу Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України кандидата біологічних наук **Діденко Інну Петрівну** за багаторічну сумлінну працю, високий професіоналізм та вагомий творчий здобуток у галузі біології рослин;

- провідного спеціаліста Сектору фізико-технічних та математичних наук Науково-організаційного відділу Президії НАН України **Лев Мирославу Мефодіївну** за багаторічну самовіддану працю та високий професіоналізм у виконанні посадових обов'язків.

Подякою НАН України відзначено:

- головного наукового співробітника Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України доктора технічних наук **Станкевича Сергія Арсенійовича** за багатолітню плідну працю та вагомий творчий здобуток у наукових дослідженнях з дистанційного зондування Землі;

- професора кафедри загальної та невідкладної хірургії Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика доктора медичних наук **Колесникова Євгенія Борисовича** за багатолітню плідну працю вченого-хірурга та вагомий здобуток у розробці та впровадженні у клінічну практику високоефективних методик лікування.

Г.В. ЛИСИЧЕНКО

ПРО СТАН ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЯДЕРНО-ПАЛИВНОГО ЦИКЛУ УКРАЇНИ

Наукове повідомлення на засіданні Президії НАН України
14 березня 2012 року

Драматичні події в березні 2011 р. на АЕС «Фукусіма» в Японії, спричинені землетрусом і цунамі, та відлуння наслідків Чорнобильської катастрофи вимагають від усіх, хто причетний до розвитку ядерної галузі, нового рівня відповідальності перед населенням власної країни та міжнародним співтовариством за стан безпеки мирних ядерних об'єктів. На сучасному етапі підвищення безпеки діючих енергоблоків АЕС та інших об'єктів ядерної енергетики з метою доведення їх цільових показників до міжнародних норм, правил і стандартів з ядерної, радіаційної та техногенно-екологічної безпеки є пріоритетним завданням державної політики у сфері використання ядерної енергії. Успішне вирішення цих завдань значною мірою залежить від активної позиції вітчизняної науки.

Минуло 25 років після трагічних подій Чорнобильської катастрофи і світ знову здригнувся від нової аварії на АЕС «Фукусіма» в Японії.

На перший погляд, у катастрофі, що сталася в Японії, можна звинувачувати стихію. Проте це далеко не так. Як і у випадку з Чорнобильською АЕС, головним фактором був людський чинник — грубий інженерний прорахунок японських проектувальників, які розмістили об'єкт на березі океану в сейсмоактивній зоні, не оцінивши максимально можливу сейсмічність та висоту хвиль під час цунамі. Не було також побудовано захисні споруди для АЕС, які мали б захистити станцію від руйнівних хвиль.

Події на АЕС «Фукусіма» викликали в усьому світі посилену увагу до питань техногенно-екологічної безпеки АЕС. Більшість країн, що мають ядерну енергетику, вирішили ще раз переглянути свої ядерні програми та заходи з безпеки об'єктів ядерно-енергетичного комплексу в разі виникнення стихійних природних явищ та інших екстремальних ситуацій. Країни — чле-

ни Європейського Союзу (ЄС) спільно із сусідніми державами 24 червня 2011 р. у Брюсселі прийняли Декларацію про проведення всебічного переоцінювання ризиків і безпеки експлуатації атомних електростанцій (стрес-тестів) та вживання відповідних заходів. Мета проведення стрес-тестів комплексна: переоцінювання резервів АЕС та їх реакції на різні екстремальні ситуації, підвищення рівня безпеки АЕС, визначення найефективнішого порядку дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Оцінювання стрес-тестів АЕС здійснювалось на основі методичних рекомендацій, погоджених Європейською комісією та Європейською групою ядерного регулювання безпеки (ENSREG) [1, 2].

За останніми даними МАГАТЕ, нині у світі експлуатується понад 400 атомних реакторів, будується 65, з них 44 — у країнах Азії. Аварія на японській АЕС призвела до часткового зниження інтересу щодо розвитку ядерної енергетики і певного скорочення обсягів будівництва нових ядерних реакторів.

Після аварії з різних причин з експлуатації було виведено 13 ядерних реакторів [3]. За матеріалами преси, в Японії на сьогодні функціонує лише одна атомна електростанція — третій енергоблок АЕС «Томарі» на острові Хоккайдо, а 53 блоки зупинено. Деякі з них автоматично припинили роботу під час землетрусу, інші — призупинено з метою планових технічних оглядів, які проводяться задля профілактики раз на 13 місяців. Перезапуск цих реакторів можливо буде здійснити лише за таких умов:

- успішне проходження обов'язкових стрес-тестів, результати яких мають бути визнані японськими експертами і фахівцями МАГАТЕ;

- схвалення урядом Японії;

- отримання згоди місцевого населення.

Проте, як завершиться ця кампанія, поки ще невідомо.

У Європі, відразу після аварії на АЕС «Фукусіма», Німеччина зупинила 8 найстаріших реакторів з 17. Уряд Німеччини прийняв рішення про припинення експлуатації всіх блоків АЕС до 2022 року [4]. Рішення щодо закриття своїх АЕС до 2034 р. та відмову від подальшого використання атомної енергетики в червні 2011 р. прийняла Швейцарія, в якій за рахунок АЕС виробляють близько 40% усієї споживаної в країні енергії. Проте Іспанія, що має 8 реакторів, планує продовжувати свою атомну програму, як і Чехія та Туреччина. Разом з тим Росія, Фінляндія та багато інших держав працюють над подовженням терміну експлуатації енергоблоків наявних АЕС. Польща та Білорусь мають намір будувати нові атомні станції [5].

На азіатському та африканському континентах ядерну енергетику планують розвивати Туреччина, Китай, Південна Корея, Індія, Південно-Африканська республіка.

Отже можна стверджувати, що ядерна енергетика світу на поточний момент, як і 25 років тому — після Чорнобиля, опинилася на роздоріжжі. Бути чи не бути ядерній енергетиці?

Серед населення різних країн зростає кількість противників ядерної енергетики.

Так, за даними компанії Gallup International, що проводила після аварії на АЕС «Фукусіма» статистичне опитування 34 тис. респондентів у 47 країнах світу, встановлено, що число тих, хто негативно ставиться до ядерної енергетики, зросло на 11% і становить близько 43% [6].

В Україні, де половина обсягів електроенергії виробляється на АЕС, відмова від їх експлуатації, на тлі технічно зношеного більш ніж на 85% парку енергетичних потужностей, заснованих на спалюванні органічного палива, може призвести до «економічного колапсу» країни — стрімкого падіння промислового виробництва та якості життя.

Україна не збирається відмовлятися від своєї атомної енергетики, більш того, найближчим часом планує збільшувати частку атомної енергії на українському ринку. По-перше, це зумовлено тим, що дана галузь енергетики країни за обсягами виробництва електроенергії є досить потужною і посідає восьме місце в світі, по-друге, за розвіданими запасами покладів урану Україна займає дев'яте місце в світі і перше в Європі. Проте, якщо врахувати попередньо розвідані запаси, які знаходяться в стадії детальної розвідки (категорії А, В), то Україна переміститься на шосте місце в світі після Австралії, Казахстану, Росії, Канади і США.

Останнім часом в Україні забезпечено не лише стійку і безпечну роботу всіх АЕС, а й істотно збільшено виробництво електроенергії: з 79,6 млрд кВт·год в 1996 р. до 90,2 млрд кВт·год в 2011 р.

Чітку офіційну позицію щодо розвитку ядерної енергетики визначив Президент України В.Ф. Янукович на засіданні Ради національної безпеки і оборони України 8 квітня 2011 р., де заявив, що держава не має реальних економічно обґрунтованих альтернатив ядерній енергетиці [7]. Президент доручив провести поглиблене позачергове оцінювання стану безпеки всіх енергоблоків АЕС України, яке б враховувало уроки Чорнобиля та Фукусіми [8, 9].

З метою підвищення рівня безпеки власних АЕС Україна приєдналася до ініціативи ЄС щодо проведення стрес-тестів. Ця робота здійснювалась упродовж усього другого півріччя 2011 р. підрозділами Національної атомної енергетичної компанії (НАЕК) «Енергоатом». Її підсумком став «Національний звіт України щодо результатів проведення «стрес-тестів» для АЕС України», який було направлено до Європейської Комісії 30 грудня 2011 р. [10]. Головним результатом оцінювання АЕС за стрес-тестами став висновок про те, що в Україні відсутні чинники загроз природного характеру, які здатні спричинити таку аварію, як на Фукусімі [11].

Проте, слід зазначити, що в питаннях безпеки АЕС України є багато невирішених проблем. Стратегічно важливим і показовим стало засідання Колегії Державної інспекції ядерного регулювання (ДІЯР) України від 01.03.2012 р. «Про виконання заходів з переоцінки та підвищення безпеки АЕС у 2011 р.», у рішенні якого зазначено, що заплановані роботи не було виконано в повному обсязі (рис. 1) [12].

У рішенні Колегії також вказано, що діяльність експлуатуючої організації ДП

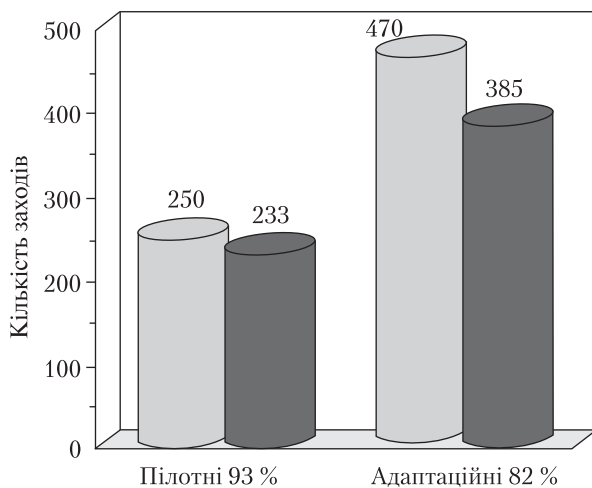


Рис. 1. Фактичні дані щодо виконання Концепції підвищення безпеки діючих енергоблоків атомних електростанцій; світлий колір — заплановані, темний — виконані

НАЕК «Енергоатом» щодо робіт на енергоблоках ВВЕР-1000 (проект В-320) є недостатньою, а на енергоблоках ВВЕР-1000 (проект В-302) — незадовільною. Також наголошено на необхідності термінового виконання низки додаткових заходів з безпеки станцій, насамперед у частині сейсмічної безпеки промайданчиків станцій, захищеності від руйнівних повеней та інших катастрофічних кліматичних явищ.

За результатами проведення позачергового переоцінювання рівня безпеки енергоблоків АЕС (стрес-тестів) та на виконання рішень постанови Колегії Держатомрегулювання від 24-25 листопада 2011 р. №13 НАЕК «Енергоатом» розроблено Комплексну (зведену) програму підвищення рівня безпеки енергоблоків атомних електростанцій. Виконання заходів цієї програми, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2011 р. № 1270, розраховане на період до 2017 р. Програма охоплює понад 800 заходів підвищення безпеки, які мають дати необхідну інформацію для обґрунтування та прийняття рішень щодо можливості продовження строків експлуатації енергоблоків атомних електростанцій і стосуються таких питань: експлуатація активної зони, ядерного палива та оптимізація роботи реакторів; автоматизація систем управління технологічними процесами; контролю будівель і конструкцій, систем електропостачання; чинників внутрішньої (пожежонебезпека, водопостачання, поводження з радіоактивними відходами) та зовнішньої небезпеки (сейсмічність, кліматичні катастрофічні явища); вдосконалення системи управління аваріями.

З огляду на викладене, в системі безпеки наших АЕС є ще багато проблемних питань, вирішення яких потребує виваженої системної роботи, в тому числі із залученням наукового потенціалу профільних установ НАН України. Так, низка масштабних катастроф на АЕС — «Три Майл Айленд», Чорнобильська, «Фукусіма-1» — вимагають перегляду наявної методології щодо управління

системою безпеки діючих АЕС з тим, щоб виключити можливість таких аварій у майбутньому. Проте критичне переосмислення цієї методології пов'язане з певними труднощами, зумовленими консерватизмом загальноприйнятого класичного методу — імовірнісного аналізу безпеки (ІАБ) [13–16].

На думку автора доповіді та багатьох його колег, імовірнісна концепція аварії — стратегічна помилка сучасної методології, що ґрунтується на принципах ІАБ [17–20]. Її використання в розрахунках аналізу безпеки АЕС призводить до суб'єктивних оцінок і не гарантує реальної безпеки об'єктів. У цій концепції «імовірність» розглядається як математичний образ частоти виникнення подій. Проте імовірнісну модель аварії можна використовувати для оцінювання безпеки лише в тому разі, коли є статистична закономірність аварій (сталість її частоти). Застосування моделей ІАБ для оцінювання безпеки АЕС теоретично постулює сталість частоти аварій і, як наслідок, теоретичну неминучість катастрофи.

Згідно з ІАБ, безпека АЕС забезпечується за умови досягнення «міфічного» показника — нормативно встановленого допустимого значення ризику 10^{-7} на реактор за рік [16]. Це значення є умоглядним і не має ні практичного, ні теоретичного обґрунтування. Такий підхід не придатний до оцінювання АЕС — об'єктів потенційної небезпеки, на яких можливі унікальні аварії з катастрофічними наслідками, що підтверджує Чорнобильська трагедія.

Аварії на АЕС, що загрожують екологічною катастрофою, не можна розглядати з позиції логічного компромісу. Чинна норма перевищення встановлених у проекті значень граничного аварійного викиду 10^{-7} на реактор за рік жодним чином не узгоджується з технологією управління безпекою АЕС. Її неможливо ні проконтролювати, ні використовувати як під час проектування, так і в процесі експлуатації об'єкта. Ця норма є наслідком методологічної омани, що виключає управління безпекою АЕС.

Теорія ІАБ має також непереборні похибки аналізу безпеки через неоднозначності та суб'єктивності вибору аварійних послідовностей із сукупності дискретних можливих комбінацій — безвідмовних і відмовних станів функціонуючих елементів АЕС (аналіз дерева подій). Число станів $Z = 2^n$ катастрофічно зростає, що створює істотну проблему з розмірністю станів зі збільшенням числа елементів об'єкта. З усієї сукупності дискретних станів Z експерт зазвичай вибирає аварійні послідовності, які, на його думку, становлять небезпеку. Із збільшенням числа елементів n число станів $Z = 2^n$ зростає настільки, що втрачається практична можливість їх перебирання. В результаті виключаються як однозначність, так і об'єктивність аналізу безпеки. Наприклад, для схеми реактора з $n = 18$ елементів, що включає два технологічних контури і контур балансу потужності, кількість станів $Z > 260\,000$ [17].

У разі застосування ІАБ неможливо обґрунтувати вимоги до надійності підсистем управління та їх елементів, що необхідні для забезпечення допустимого значення ризику аварії. Щоб визначити ці вимоги, потрібно було б застосувати метод структурного аналізу об'єкта з підсистемами управління безпекою, який враховував би ступінь впливу кожного елемента підсистем управління на стан безпеки об'єкта. Проте для структурного аналізу необхідно знати закони взаємозв'язку, що враховують роль кожного елемента і ґрунтуються на зв'язку потоків інформації елементів з потоками інформації підсистем і об'єкта. Їх можна визначити на основі алгоритму управління безпекою об'єкта [20, 21]. Проте в теорії ІАБ відсутні як поняття таких потоків, так і закони їх взаємозв'язку. Це унеможливорює здійснення структурного аналізу, який враховував би потоки інформації елементів, вимоги до їх надійності, що необхідно для забезпечення допустимого значення показника ризику аварії.

До недоліків методу ІАБ слід також віднести відсутність можливості поєднання методів імовірнісного і детерміністичного

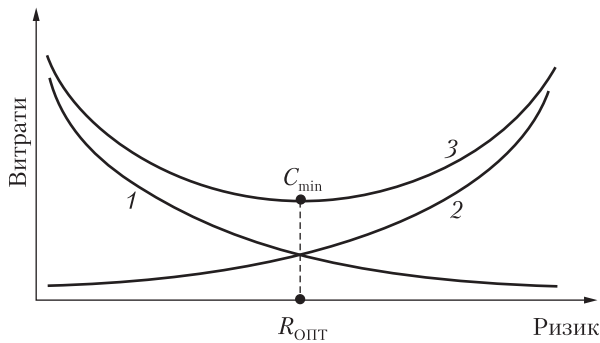


Рис. 2. Залежність сумарних витрат на безпеку від показника ризику аварії R : C_{\min} – мінімальні сумарні витрати на безпеку; $R_{\text{опт}}$ – оптимальне значення показника ризику віртуальної аварії; 1 – витрати на технологію запобігання й ослаблення аварії; 2 – витрати на страхування наслідків можливої аварії; 3 – сумарні витрати за позиціями 1 та 2

аналізів виникнення аварії, що виключає управління робочим станом об'єкта з метою запобігання його переходу в аварійний стан. Цей метод не дає змоги забезпечити управління безпекою АЕС у реальному масштабі часу – реагування за поточним станом.

Однією з центральних проблем безпеки АЕС є мінімізація похибки (негативного впливу) людського фактора. Згідно зі статистичними даними, внесок людського фактора в ризик аварії (відмови роботи обладнання) становить від 50% до 70%. Через ергономічні умови надійність оператора обмежена значенням 0,9. Моделі ІАБ систем без надмірності з однаковим числом елементів не враховують відмінності структур управління безпекою (надійністю) і не дають можливості знайти оптимальну структуру управління безпекою з оператором.

Практичне гарантування безпеки енергетичного об'єкта не можливе також без оптимізації витрат на її реалізацію, що не розглядається в теорії ІАБ.

Для усунення зазначених недоліків пропонується:

- запровадити в розрахунках аналізу безпеки АЕС поєднання апріорного (імовірнісного) і апостеріорного (детермінованого) методів управління безпекою об'єкта;

- перейти на управління безпекою об'єкта в реальному масштабі часу за поточним станом контрольованих параметрів, що визначають рівень безпеки всіх його структурних вузлів (нормальний, передаварійний, критичний);

- мінімізувати похибки людського фактора і оптимізувати структуру управління безпекою з оператором;

- мінімізувати витрати на безпеку (попередження, страхування) на основі аналізу залежності сумарних витрат від показників ризику аварії (згідно з підходом, запропонованим доктором технічних наук В.І. Пампуро (рис. 2).

Щоб обґрунтувати економічно прийнятне значення ризику аварії, слід врахувати сумарні витрати на безпеку (рис. 2, крива 3). Тоді показник ризику враховує максимальну безпеку системи (елемента) як комплексну властивість, що включає ядерну, радіаційну та екологічну безпеку.

На сьогодні вирішуються питання щодо подовження експлуатації блоків АЕС понад установлений проектами термін. При цьому найбільша увага приділяється проблемам стійкості конструкцій реакторів АЕС, що були під опроміненням. Проте, слід підкреслити, що успішне розв'язання цих завдань досягається не лише завдяки оцінюванню стану конструктивних матеріалів реакторів, що експлуатуються, а й одночасним здійсненням додаткового комплексу науково-технічних заходів, спрямованих на підвищення рівня технологічної й екологічної безпеки усіх складових ядерно-паливного циклу (ЯПЦ), а саме:

- вдосконалення або переоснащення систем ядерного і радіаційного контролю;

- обґрунтування і розширення систем геодинамічного, екологічного і сейсмічного моніторингу;

- запровадження сучасних інформаційних технологій щодо моделювання і прогнозування виникнення кризових ситуацій;

- удосконалення засобів управління техногенно-екологічною безпекою в штатних та аварійних ситуаціях.

Потребують подальшої наукової підтримки та сучасних конструктивно-технічних рішень роботи, пов'язані з вирішенням практичних проблем радіоекологічної безпеки на об'єктах уранодобувної та переробної промисловості, що виконуються в рамках таких програм:

- Державної цільової екологічної програми приведення в екологічно безпечний стан уранових об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2009 р. № 1029;

- Програми радіаційного і соціального захисту населення м. Жовті Води на 2003–2012 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 5 травня 2003 р. № 656;

- Державної цільової економічної програми «Ядерне паливо України», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 2009 р. № 1004.

Проблеми радіоактивних відходів (РАВ) вирішуються в рамках Загальнодержавної цільової екологічної програми поводження з радіоактивними відходами, затвердженої Законом України від 17 вересня 2008 р. № 516-VI; Цільової програми наукових досліджень Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України «Фундаментальні проблеми в фізиці елементарних частинок, ядерній фізиці та ядерній енергетиці» та Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій в галузях економіки». Проте залишається ще велике коло невирішених питань. Особливо це стосується зменшення обсягів рідких РАВ та сольового плаву АЕС, вибору місця будівництва сховища геологічного типу для захоронення довгоіснуючих РАВ, створення надійних ізолюючих матриць для високоактивних РАВ.

На сучасному етапі актуальними залишаються також організаційно-технічні заходи щодо протидії актам незаконного обігу

ядерних і радіоактивних матеріалів та ядерного і радіологічного тероризму, які реалізуються на виконання Закону України «Про боротьбу з ядерним тероризмом» та Указу Президента України «Про Національний план з реалізації Робочого плану Вашингтонського саміту з ядерної безпеки на 2010–2012 роки». Лише протягом 2011 р. в Україні зареєстровано 38 випадків радіаційних інцидентів. З них 5 випадків виявлення радіаційно забрудненого металобрухту, 8 – втрати джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ), 25 – виявлення ДІВ у незаконному обігу.

Суттєві законодавчо-правові та організаційні питання з проблем техногенно-екологічної безпеки виникають у зв'язку зі створенням нових типів ядерних установок (джерела нейтронів, заснованого на підкритичній збірці, що керується лінійним прискорювачем електронів, дослідницького ядерного реактора, заводу з виробництва ядерного палива), а також зі зняттям ядерних об'єктів з експлуатації.

Українськими науковцями розроблено теоретичні основи методу динамічного аналізу нестационарних радіаційних полів, у тому числі для низькофонових джерел випромінювання [22–24]. Для його обґрунтування було:

- розроблено математичні моделі, на основі яких відпрацьовано алгоритми та модулі основних програмних засобів;

- створено апаратні засоби комплексу, в тому числі: аналогові блоки первинної фіксації й оброблення спектрометричної інформації, цифрові блоки аналізу й візуалізації, мікропроцесорні блоки передавання інформації по модему і радіоканалу в реальному часі для багатьох користувачів;

- проведено лабораторні випробування для вибору оптимальних параметрів, миттєвої чутливості, енергетично роздільної здатності, чутливості до зовнішніх чинників, що заважають;

- опубліковано понад 40 наукових робіт;
- отримано 5 патентів на вдосконалення методу та апаратури.

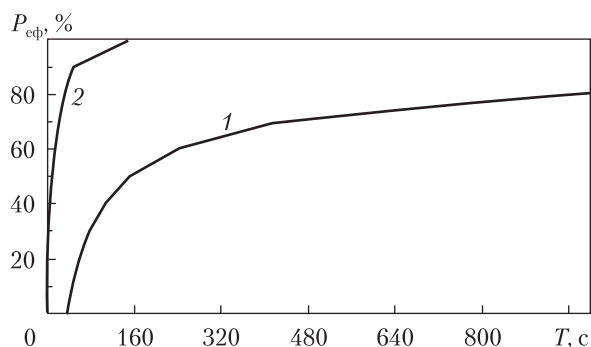


Рис. 3. Зіставлення ефективності виявлення точкового джерела випромінювання за класичним (1) та динамічним (2) методами

Цей метод створив підґрунтя для розроблення нової системи радіаційної безпеки в ядерній галузі [25], концепцію якої було прийнято до впровадження в Мінпалив-енерго України ще в 2008 р. На основі методу створено дослідні зразки нових програмно-технічних засобів, які забезпечують ефективне виявлення радіоактивних матеріалів та джерел іонізуючого випромінювання, що перебувають у незаконному обігу (рис. 3).

Активно розвиваються роботи з радіаційного приладобудування: створено дослідні зразки обладнання для альфа-, бета- і гамма-спектрометрії — аерогаммаспектрометричний комплекс, спектрометр людини, портативна робоча станція «Вектор» з функціями багатоканального гамма-спектрометра, радіометра та дозиметра. Деякі з них вже сертифіковано та виготовлено малими серіями.

Фахівцями інститутів геохімії навколишнього середовища, безпеки атомних станцій, геофізики ім. С.І. Субботіна, гідробіології та Національного науково-природничого музею НАН України здійснюється значний обсяг робіт в інтересах НАЕК «Енергоатом» з проведення комплексного радіоекологічного, геодинамічного та сейс-

мологічного моніторингу АЕС України, які надають об'єктивну інформацію про стан екологічної безпеки в зонах їхнього впливу, що використовується для обґрунтування заходів безпеки, отримання даних для проєктів будівництва нових об'єктів інфраструктури ЯПЦ, прийняття управлінських рішень, інформування керівних органів та громадськості [30].

Разом з тим розвиток робіт із зазначеної проблематики стримується через недостатнє бюджетне фінансування наукових досліджень, відсутність стабільності та неплатежі при виконанні госпдогвірних робіт, труднощі під час атестації нових зразків техніки й технічних засобів та недосконалість механізмів їх впровадження на об'єктах ЯПЦ.

Крім того, відчувається нагальна потреба у підвищенні рівня міжнародної кооперації у сфері фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання, нерозповсюдження ядерних технологій і матеріалів, боротьби з ядерним тероризмом.

Потребує вдосконалення і розширення система підготовки та перепідготовки висококваліфікованих фахівців і науковців, які забезпечують вирішення проблем експлуатації та перспективного розвитку ядерно-енергетичного комплексу України.

Дослідження вчених установ Відділення ядерної фізики та енергетики НАН України надалі будуть визначатися завданнями розвитку ядерної фізики та енергетики, науково-технічного супроводу надійного і безпечного функціонування та розвитку ядерно-енергетичного комплексу України, в тому числі створення фундаментальних основ елементів ядерно-паливного циклу в Україні, а також екологічно безпечної енергетики майбутнього.

А.О. КОРСУНЬ

ПРИСТРАСТІ ЩОДО СЕКУНДИ

Як повідомляє Міжнародна служба обертання Землі, наприкінці червня 2012 року до всесвітнього координованого часу буде додано додаткову секунду, покликану ліквідувати розбіжність між атомним і астрономічним часом. Зайва секунда з'явиться 30 червня 2012 року о 23 годині 59 хвилин 59 секунд за Всесвітнім координованим часом UTC. Послідовність показань секундних маркерів UTC буде такою: 30 червня 23 год 59 хв. 59 с, 30 червня 23 год 59 хв. 60 с, 1 липня 0 год 00 хв. 00 с. Це означає, що 30 червня 2012 року остання хвилинка доби дорівнюватиме не 60, а 61 секунді. Спробуємо розібратися, чому так сталося і як часто це відбувається.

Що таке час, яка його природа? На це запитання досі немає відповіді. Ще дотепер «ламають списа» філософи й фізики-теоретики. Та попри все, астрономи навчили людство вимірювати час, запропонувавши для цього такі періодичні природні явища, як обертання Землі навколо Сонця (рік), Місяця навколо Землі (місяць), Землі навколо своєї осі (доба). Однак природа цих явищ все ж завдала немало клопоту, оскільки з'ясувалося, що Земля обертається нерівномірно навколо своєї осі, а також навколо Сонця, що спричинює неузгодженість між тривалістю року та тривалістю місяців, між кількістю днів і тривалістю року. Намагання поєднати те, що не поєднується, тобто величини, що не є кратними між собою, наприклад, рік і добу (1 рік = 365,25 доби), подібно до того, як поєднуються між собою метр із сантиметром, кілограм із грамом тощо, призвело до створення різних календарів для обчислення тривалих проміжків часу і вибору різних одиниць виміру часу. Про це і йтиметься далі.

У ХХ ст. бурхливий розвиток науки і техніки висунув високі вимоги щодо точності виміру часу. Оскільки Земля обертається нерівномірно навколо своєї осі, то й одиниця часу — секунда, як $1/86400$ частина доби у шкалі UT1 (англ. Universal Time — одна з версій всесвітнього часу, заснованого на обертанні Землі), виявилася також нерівномір-

ною, і їй на зміну прийшла так звана ефемеридна секунда, що на 1900 р. дорівнювала $1/311336925,9747$ частині тропічного року. Цю секунду використовували переважно як аргумент під час обчислення руху тіл сонячної системи. Проте і ця секунда не задовольняла вчених за своєю точністю. Винахід у другій половині ХХ ст. атомних стандартів частоти дав змогу створити штучну фізичну одиницю виміру — атомну секунду, яку в 1958 р. було узгоджено з ефемеридною секундою. Сигнали точного часу почали передавати, використовуючи атомну секунду. Атомна секунда визначається як тривалість 9 192 631 770 періодів, що відповідають резонансній частоті квантового переходу між рівнями атомної структури цезію ^{133}Cs . Ця секунда увійшла до стандартних одиниць виміру часу в Міжнародній системі одиниць СІ.

Атомний час визначається в Секції часу Міжнародного бюро мір і ваги в Парижі на основі показань атомних годинників з мережі багатьох лабораторій світу і дістав назву Міжнародного атомного часу — TAI (фр. Temps Atomique International). Як з'ясувалося, атомний годинник іде швидше за астрономічний. А це означає, що згодом атомний час розходитиметься з астрономічним, який задається сходом і заходом Сонця, а отже не відповідатиме положенню Сонця над горизонтом. Постало питання: як поєднати потреби науки та техніки в точному часі

з громадськими потребами людей у часі, що визначаються рухом Сонця. Науковці знайшли вихід із цього становища, запропонували так званий узгоджений час, який дістав офіційну назву Всесвітнього координованого часу UTC (англ. Universal Coordinated Time). Сигнали часу передаються саме в цій шкалі. З 1961 по 1972 рр. узгодження шкал часу здійснювали за формулою:

$$TAI - UTC = B + y_u(TAI - TAI_0),$$

де TAI_0 – міжнародний атомний час на 1958 р., коли його було узгоджено з ефемеридним; B – стала; y_u – зсув атомного стандарту частоти (табл. 1). Для зручності з 1972 р. для корегування почали використо-

вувати стрибки у часі на 1 с (leap second) за формулою: $TAI - UTC = B$, за умови, що $UTC - UT1 < 0,9$ с. Причому введення додаткової секунди проводили за відповідною умовою лише наприкінці грудня або наприкінці червня (табл. 2).

Введення стрибків секунди, що порушує безперервний відлік часу, не задовольняє представників технічних галузей, пов'язаних із сучасними електронними навігаційними і автоматизованими системами, але воно підтримується астрономами, оскільки в такий спосіб компенсуються зміни у швидкості обертання Землі при визначенні шкали часу UTC.

Дискусії щодо відміни стрибків при формуванні UTC тривають і дотепер. Сучасні дослідження дають можливість передбачити величину відхилення $UTC - UT1$ у разі відміни стрибків у майбутньому. До кінця XXI ст. різниця може сягнути 2 хв. У 2050 р. різниця наростатиме зі швидкістю близько 1,5 с за рік (в 90-х роках XX ст. вона становила близько 0,7 с за рік). У зв'язку з цим доведеться або у разі відміни стрибків миритися з великою різницею $UTC - UT1$, або часто вводити стрибки.

Для розв'язання цієї проблеми пропонувалися такі способи:

а) збільшити допустиму різницю між UTC і $UT1$ (замість 0,9 с), що призведе до зменшення числа можливих стрибків;

б) ввести стрибки через однакові проміжки часу, наприклад 10 років, що призведе до появи нечастих, але великих стрибків;

в) перевизначити значення СІ-секунди. Слід зазначити, що при цьому доведеться перевизначити всі фізичні константи, основані на визначенні часу (зокрема, метр). Очевидно, це не найкращий варіант модифікації UTC.

З погляду теоретичних досліджень наявність або відсутність стрибків не відіграє суттєвої ролі, оскільки їх відміна призведе лише до злиття шкал TAI і UTC , тобто фактично до відміни однієї з них. Проте вирішення питання про долю шкали UTC має істотне практичне значення.

З 2000 р. було проведено багато наукових конференцій щодо розв'язання цієї пробле-

Табл. 1.

Значення різниці $TAI-UTC$ за період з 1961 по 1972 рр.

Дата	$TAI - UTC, c$
01.01.1961–01.08.1961	1,422818 + 0,001296 (MJD* – 37300)
01.08.1961–01.01.1962	1,372818 + 0,001296 (MJD – 37300)
01.01.1962–01.11.1963	1,845858 + 0,0011232 (MJD – 37665)
01.11.1963–01.01.1964	1,945858 + 0,0011232 (MJD – 37665)
01.01.1964–01.04.1964	3,240130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.04.1964–01.09.1964	3,340130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.09.1964–01.01.1965	3,440130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.01.1965–01.03.1965	3,540130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.03.1965–01.07.1965	3,640130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.07.1965–01.09.1965	3,740130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.09.1965–01.01.1966	3,840130 + 0,001296 (MJD – 38761)
01.01.1966–01.02.1968	4,313170 + 0,002592 (MJD – 39126)
01.02.1968–01.01.1972	4,213170 + 0,002592 (MJD – 39126)

* MJD – модифікована юліанська дата, яка дорівнює юліанській даті (JD) мінус 2400000,5 днів.

ми, працювала спеціальна робоча група Міжнародного астрономічного союзу, проводилися засідання відповідних секцій Міжнародного телекомунікаційного союзу (МТС). Проте рішення прийнято не було.

Остання Асамблея МТС знову відклала рішення про відміну додаткових секунд, тобто якщо швидкість Землі істотно змінюватиметься ($TAI - UTC > 0,9$ с), вводитимуть додаткову секунду. У прес-релізі Асамблеї зазначено:

Женева, 19 січня 2012 року — «Асамблея ухвалила важливе рішення відкласти розроблення стандарту неперервного часу до 2015 р. з тим, щоб вирішити питання, які викликають стурбованість країн, що використовують чинну систему на основі введення додаткової секунди в UTC.

Таке рішення було продиктоване намаганням забезпечити всебічний розгляд усіх технічних варіантів у межах подальших досліджень з даного питання. Під час цих досліджень тривають обговорення між членами Міжнародного телекомунікаційного союзу (МТС), а також іншими зацікавленими організаціями, і отримані результати буде передано наступній Асамблеї МТС і Міжнародній конференції радіозв'язку, проведення яких планується в 2015 р. Корегування, яке виконують з кроком в одну секунду, що дістала назву додаткової, було введено в 1972 р. для компенсації варіацій швидкості обертання Землі в системі Всесвітнього координованого часу UTC.

Визначення UTC здійснює Сектор радіозв'язку МТС, а його зберігання — Міжнародне бюро мір і ваги у взаємодії з Міжнародною службою обертання Землі і систем відліку (IERS). Значення вимірів, що надходять з центрів виміру часу, використовують у всьому світі для визначення UTC, яке корегується в межах 0,9 с часу, що визначається обертанням Землі UT1 відповідно до встановлених IERS значень обертання Землі.

Унаслідок відмови від допоміжної секунди з'явиться неперервна шкала часу, що слугува-

Табл. 2.
Значення різниці TAI – UTC за період з 1972 по 2012 рр

Дата	TAI – UTC, с
01.01.1972–01.07.1972	+10,00
01.07.1972–01.01.1973	+11,00
01.01.1973–01.01.1974	+12,00
01.01.1974–01.01.1975	+13,00
01.01.1975–01.01.1976	+14,00
01.01.1976–01.01.1977	+15,00
01.01.1977–01.01.1978	+16,00
01.01.1978–01.01.1979	+17,00
01.01.1979–01.01.1980	+18,00
01.01.1980–01.01.1981	+19,00
01.07.1981–01.07.1982	+20,00
01.07.1982–01.07.1983	+21,00
01.07.1983–01.07.1985	+22,00
01.07.1985–01.01.1988	+23,00
01.01.1988–01.01.1990	+24,00
01.01.1990–01.01.1991	+25,00
01.01.1991–01.01.1992	+26,00
01.07.1992–01.07.1993	+27,00
01.07.1993–01.07.1994	+28,00
01.07.1994–01.01.1996	+29,00
01.01.1996–01.07.1997	+30,00
01.07.1997–01.01.1999	+31,00
01.01.1999–01.01.2006	+32,00
01.01.2006–01.01.2009	+33,00
01.01.2009–01.07.2012	+34,00
01.07.2012 – до повідомлення	+35,00

тиме основою для роботи всіх сучасних електронних навігаційних і автоматизованих систем, і відпаде потреба у спеціальних системах відліку часу. Разом з тим можуть виникнути соціальні і правові наслідки, коли різниця між UT1 і часом обертання Землі досягне помітного рівня (2–3 хв. у 2100 р. і порядку 30 хв. у 2700 р.).

Генеральний секретар МТС Хамадун Туре вважає, що рішення, яке прийняла Асамблея, забезпечить належну участь усіх зацікавлених сторін у визначенні кроку, який матиме очевидний вплив на наше майбутнє».

Отже, пристрасті щодо секунди триватимуть ще принаймні до 2015 р.

УДК 502.175+504.61+544.541+551.521+574.24+577.346+677.017.67

Д.М. ГРОДЗИНСЬКИЙ¹, О.Ф. ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ²,
О.М. ЛЕВЧУК¹, Ф.Н. ПАЦЮК¹

¹ Президія Національної академії наук України
вул. Володимирська, 54, Київ, 01601, Україна

² Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва
Національної академії наук України
бульвар Тараса Шевченка, 60, Київ, 01032, Україна

РАДІОБІОЛОГІЧНІ ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ ВЧЕНИМИ НАН УКРАЇНИ

За 26 років, що минули з дня аварії на Чорнобильській АЕС, учені НАН України провели численні всебічні дослідження біологічних наслідків радіонуклідного забруднення екосистем, зокрема впливу на біоту хронічного опромінення іонізуючою радіацією, зумовленого радіоактивним розпадом продуктів поділу урану. Встановлено радіобіологічні ефекти на різних рівнях організації біологічних систем від молекулярного й субклітинного до популяційного. Розкриття закономірностей розвитку радіаційних ушкоджень біосистем та процесів їх післярадіаційного відновлення зумовило розроблення широкого кола практичних заходів, що сприяють пом'якшенню негативних для людини і біоти в цілому наслідків хронічного опромінення і окреслюють можливості використання нових технологій природокористування на забруднених радіонуклідами територіях.

Ключові слова: радіоактивне забруднення екосистем, хронічне опромінення, радіобіологічний ефект, зона відчуження, протирадіаційний захист, пострадіаційне відновлення.

Найстрашніша в історії людства Чорнобильська трагедія сколихнула світ і змусила переглянути багато існуючих пріоритетів, у тому числі й наукових. Традиційні дослідження з різних проблем атомної енергетики, радіаційного приладобудування, радіогеохімії тощо, які нібито не стосувалися екологічних аспектів, набули надзвичайного екологічного значення, оскільки було конче потрібно оперативного й максимально мінімізувати конкретні негативні наслідки, з одного боку, і розробити відповідні заходи на перспективу — з другого. Це зумовило також появу абсолютно нових (часом несподіваних) наукових напрямів і завдань.

З метою їх вирішення в Національній академії наук України було організовано нові цільові наукові підрозділи, в багатьох інститутах істотно розширено тематику з чорнобильських питань, сформовано спеціалізовані наукові програми тощо [1].

Серед зазначених проблем велике значення для зменшення порушень здоров'я людини та захисту біорізноманіття забруднених територій має вирішення радіобіологічних і радіоекологічних аспектів чорнобильського походження. Останні зловісні техногенні події в Японії і Франції ще раз підкреслюють важливість цих проблем. Значення таких досліджень не можна переоцінити, оскільки людство, на жаль, ще не в змозі розробити дієві заходи, які б виключили ядерні аварії хоча б у найближчому майбутньому.

Упродовж 25 років після аварії на ЧАЕС науковцями НАН України було виконано значний обсяг відповідних робіт. Їх підсумки підбито на Міжнародній конференції «Радіобіологічні та радіоекологічні аспекти Чорнобильської катастрофи», що відбулася у 2011 р. у м. Славутич під егідою Міжнародної асоціації академій наук, НАН України, РАН, Наукової ради РАН з радіобіології, радіобіологічних товариств України і Росії та інших структур, за участю вчених профільних наукових установ України, Росії, Білорусі, Болгарії, Угорщини та інших країн.

На конференції було констатовано, що в результаті багаторічних досліджень зроблено важливі узагальнення, з'ясовано різні механізми впливу радіації на живу матерію, запропоновано відповідні концепції, стратегії, рекомендації, створено відповідні препарати, визначено підходи до розроблення систем захисту людини і біоти від шкідливих ефектів радіації, встановлено окремі значущі для розуміння дії радіації наукові факти, опрацьовано інші важливі питання, сформульовано відповідні завдання на майбутнє [2].

Останнім часом особливу увагу приділяють оцінюванню ризику опромінення не лише людини, а й інших організмів, адже рослини, гриби, нижчі й вищі тварини, мікроорганізми та віруси зазнають хронічного впливу іонізуючого випромінювання. Вжиті у гострий період аварії на ЧАЕС заходи мали на меті передусім захист населення і персоналу від опромінення. Водночас біота Чорнобильської зони зазнала гострого опромінення, що призвело до формування радіобіологічних ефектів на різних рівнях організації біологічних систем, від клітини чи організму до екосистеми. Тому дослідження впливу іонізуючого випромінювання набули комплексного характеру.

В Інституті клітинної біології і генетичної інженерії НАН України [3–5] з'ясовано механізм формування віддалених наслідків катастрофи на різних рівнях флори зони

відчуження (ЗВ). Установлено, що в перші місяці після аварії зовнішнє опромінення поєднувалося з аплікаційним та внутрішнім, зумовленим позакореневим поглинанням численних нуклідів, потім виокремилася хронічне опромінення рослин (зовнішнє — γ -випромінювання і внутрішнє — ^{137}Cs та ^{90}Sr , яке спричинює більш потужний ефект¹, ніж гостре).

Небезпека внаслідок хронічного опромінення насамперед визначається зростанням негативного генетичного вантажу у видових популяціях і активною реакцією, спрямованою на зменшення частоти появи ушкоджень геному. Серед віддалених радіобіологічних процесів у рослин спостерігаються як безпосередні стохастичні ефекти дії радіації, так і прояви протирадіаційної активності клітин і видових популяцій у цілому.

Тривалість проявів віддалених ефектів дуже велика (про це свідчить збереження високих темпів спонтанної мінливості рослин у колекціях мутантних форм пшениці, відібраних у ЗВ) і на рівні видових популяцій характеризується підвищенням фенотипічної адаптації, а на ценотичному рівні — суцесійними процесами.

На основі отриманих експериментальних даних розроблено стратегію протирадіаційного захисту рослин, що полягає в активації таких процесів: підвищення індивідуальної радіостійкості (радіоадаптація), елімінація генетично змінених клітин (гаплонтний і диплонтний клітинний добір), зростання фенотипічної мінливості (прискорення темпів філогенетичної адаптації).

На основі даних протеоміки² насіння сої і льону експериментально обґрунтовано і

¹ Збільшення виходу хромосомних аберацій у клітинах меристеми, геномна нестабільність, зростання вмісту речовин — основи природного радіопротекторного фону, підвищення рівня апоптозу стовбурових клітин, послаблення апікального домінування, зниження насінневої продуктивності рослин, зростання асиметрії морфологічних структур, зсув фенофаз.

² Вивчення білкового складу і проведення аналізу метаболічних шляхів.

запропоновано концепцію адаптації аграрних культур, яка дає можливість витримувати шкідливі мутагенні умови Чорнобиля [2]. Для сої вона складається з трьох компонентів:

а) неспецифічний компонент, що нагадує адаптацію до дії важких металів;

б) специфічний захист від радіаційних уражень;

в) зміни в балансі запасних білків.

Висловлено також припущення, що насіння льону в умовах хронічного радіаційного забруднення захищається, змінюючи кількість білків ряду сигнальних каскадів, а також перебудовуючи метаболізм і регуляцію пакування білків.

З метою підвищення теоретичної озброєності радіоекологічних досліджень і продуктивного використання значної кількості наявних наукових даних для оцінювання стану екосистем (наземних, водних, лісових, гірських, лучних та міських) Ю.О. Кутлахмедовим із співробітниками створено теорію і моделі радіємності в сучасній радіоекології [2, 6]. Запропоновані параметри радіємності виявилися здатними чітко відображувати вплив факторів на біоту і випереджати за своїми реакціями біологічні ростові показники. Висловлено припущення, що реакція параметрів радіємності може слугувати чинником для вимірювання стану і благополуччя біоти, а також бути мірою для еквідозиметричного оцінювання впливу радіаційного і хімічного факторів. Побудовано моделі для оцінювання параметрів радіємностей різних типів екосистем.

Крім того, розроблено модель і параметри для визначення синергізму дії комбінованих факторів. Встановлено, що в динаміці розвитку біоти в екосистемах характер взаємодії різних факторів змінюється від синергізму до антагонізму, показано провідну роль процесів відновлення під час дії на біоту радіаційного і хімічного факторів.

У результаті теоретичного аналізу радіємності ландшафтів встановлено, що швидкість переміщення радіонуклідів у ландшафті визначається в основному кількома характеристиками з урахуванням параме-

трів перерозподілу радіонуклідів, складено карти динаміки забруднення ландшафтів та перерозподілу ^{137}Cs через 10, 20 та 30 років після аварії.

Пізнання механізмів міграції нуклідів у ґрунтових системах надзвичайно актуальне з огляду на масштабність радіаційно уражених територій, а також значну кількість опромінених техногенних матеріалів. Здійснено аналіз досліджень з питань використання і утримання радіаційних земель [7]. У ході цих досліджень було вивчено склад нуклідів (цезій, стронцій, полоній, америцій та інші небезпечні нукліди); характер їх вертикального й горизонтального переміщення у ґрунтах і забруднених техногенних об'єктах; розподіл і накопичення їх у тваринах і рослинах, а також ступені ураженості територій з огляду на безпеку нуклідів для населення³ тощо.

У результаті проведеного аналізу розроблено такі рекомендації щодо використання і утримання радіаційно уражених земель:

- для заселених «умовно чистих» земель доцільно віддавати перевагу технологіям, що сприяють зменшенню транспорту нуклідів у трофічних зв'язках, зокрема накопиченню їх у рослинній біомасі; для кожного населеного пункту розробити відповідні проекти. Мається на увазі окультурення природних лук і пасовищ, цілеспрямоване внесення оптимальних доз калійних і фосфорних добрив та мікроелементів, а також позакореневе підживлення блокаторами всмоктувальної здатності рослин; широке використання культурних рослин з низькими параметрами виносу нуклідів; запровадження оптимальних сівозмін; проведення роз'яснювальної роботи серед населення;

- радіаційно забруднені території, що не використовуються для господарських потреб, також потребують певних заходів (заліснення, зачагарення, задерніння); на цих землях з часом можна вирощувати для

³ На прикладі полігона (Рудий ліс) показано можливість «свіжих» випадань у ґрунтах поблизу ЧАЕС [1].

технічних цілей деревину, ріпак та інші культури;

• для абсолютно непридатних до використання земель, у тому числі ЗВ і водойм цієї зони, у найближчі 100–1000 років через наявність у ґрунтах життєво небезпечних нуклідів з великим періодом піврозпаду потрібно забезпечити режим, за якого виключатимуться міграція нуклідів за їх межі та інші небезпечні для прилеглих поселень ситуації (лісові пожежі, паводки, епідеміологічні спалахи хвороб рослин і тварин тощо); на особливу увагу заслуговує ставок-охолодник ЧАЕС, який на сьогодні є унікальним напівприродним сховищем радіаційних продуктів і відходів.

Відомо, що на радіаційно забруднених територіях проживає і працює понад 10 млн осіб, яких на сьогодні практично неможливо позбавити впливу низькодозового випромінювання. Всупереч усе ще поширеній думці щодо безпечності дії допустимо малих доз випромінювання для людини науковцями Л.Ф. Горовим та О.Ф. Сенюк наведено вагомі факти, які свідчать про протилежне. Доведено їх небезпечність, зумовлену тим, що окремих індивідів отримує безпечну дозу, а популяція в цілому — велику колективну дозу і статистично достовірні негативні наслідки для здоров'я [2].

У співпраці з іншими науковцями ними було також встановлено, що мікобіота загалом зазнала масової появи в її складі меланіновмісних радіостійких видів і формування штамів грибів міксоміцетів, з підвищеним вмістом меланінів. У зв'язку з цим у процесі пошуку захисних протирадіаційних засобів було виявлено здатність меланін-глюканового комплексу з вищих базидіальних грибів захищати популяцію стовбурових клітин від дії випромінювання, що пояснюється наявністю у меланінів потужної антиокисної і антирадикальної активності. Крім того, встановлено високу ентеросорбційну здатність випробуваних хітинових препаратів, яка асоціюється з потужними адаптаційними й оксіолітичними властивостями. У результаті запропоновано лікарський засіб із трьох

біополімерів грибного походження (меланінів — антиоксидантів, хітинів — сорбентів нуклідів і глюканів — імуностимуляторів), який досліджують на модульних об'єктах в Інституті проблем безпеки АЕС [2].

Отримані результати свідчать про реальну перспективу розроблення захисних методів від наслідків хронічного низькодозового опромінення.

Крім того, під час вивчення дії малих доз на взаємовідносини фітопатогенних бактерій *Pseudomonas aeruginosa* з триденними проростками кукурудзи сорту Титан Ю.В. Шиліною із колегами було виявлено підвищення агресивності бактерій, зумовлене не лише зниженням хворобостійкості рослин, а й збільшенням швидкості розмноження бактерій [2]. О.П. Дмитрієвим із співробітниками виявлено також нову популяцію збудника стеблової іржі злаків (пшениці, жита, кукурудзи тощо) гриба *Puccinia graminis*, що характеризується високою частотою зустрічальності більш вірулентних клонів порівняно з іншими регіонами України [2, 5].

Науковцями М.Ю. Гриджук та І.П. Дрозд [2] під час вивчення впродовж 1993–1996 рр. за допомогою степ-тесту неспецифічних реакцій людського організму в процесі адаптації до радіаційних умов у ЗВ встановлено такі механізми адаптації: первинний механізм — інтенсивне продукування катехоламінів (адреналіну і норадреналіну) і гіперактивність симпатичного відділу нервової системи, що призводить до зсуву вегетативного індексу в бік ваготонії (коли гіперкінетичний тип кровообігу змінюється на гіпотакінетичний, тобто особи переходять із групи симпатотоніків у групи нормо- та ваготоніків). Далі адаптація відбувається двома шляхами:

1) успішна адаптація (23%) — накопичення в організмі кортикостероїдів завдяки високій симпатoadреналовій активності підкіркових нервових центрів;

2) патологічна адаптація (77%) — вагусне гальмування, перенапруження систем

регуляції і подальший зрив адаптації з патологічними наслідками — спазмування судин, серцево-судинна недостатність, формування стійкої форми гіпертонії тощо. З урахуванням вищенаведеного рекомендовано до тривалої роботи у ЗВ добирати осіб з успішною адаптацією до хронічної дії радіаційного чинника.

Під час дослідження впливу малих доз випромінювання вченими Інституту ядерних досліджень НАН України виявлено виникнення істотних структурних ушкоджень клітин лабораторних тварин та зміни окремих показників життєво важливих систем організму, зростання на рівні цілісного організму частоти розвитку патологічних станів, збільшення ймовірності малігнізації тканин; з'ясовано, що персонал, який працює з радіаційними об'єктами, зазнає зовнішнього і внутрішнього опромінення, сумарна доза якого перевищує дозу зовнішнього опромінення, що пояснюється додатковою дією малих доз внутрішнього опромінення [2].

Науковці інституту запропонували визначати місцезнаходження у ґрунті центру основного вмісту ^{137}Cs і швидкість його вертикальної імміграції за допомогою зіставлення вмісту ^{137}Cs у грибах-симбіотрофах, оскільки вони накопичують нукліди у значно більшій кількості, ніж гриби-сапрофіти і ксилотрофи, а також використовувати рівень накопичення радіонуклідів у тілі мишоподібного гризуна — руді полівки⁴ для оцінювання радіобіологічної ситуації й моніторингових досліджень ЗВ, бо ця тварина перебуває у верхніх горизонтах ґрунту (10 см), де міститься основна частина нуклідів [2, 8].

Крім того, було встановлено, що з 1987 р. до 2010 р. ^{90}Sr і особливо ^{137}Cs є основними дозоформувальними нуклідами для риб прісноводних водойм; при чому їх розподіл в ор-

ганах і тканинах риб як низьких, так і високих трофічних рівнів відносно стабільний.

Колективом вчених з Науково-інженерного центру радіогідроекологічних полігонних досліджень НАН України на чолі з академіком НАН України В.М. Шестоपालовим було досліджено автореабілітаційні процеси екосистем ЗВ, зроблено висновок про поширення непухлинних патологій не лише серед людської популяції, а й серед інших біологічних видів — мешканців забруднених територій [1].

Крім того, ретроспективний аналіз динаміки показників захворюваності травного каналу у дітей з радіоактивно забруднених територій і з контрольного району показав зростання у 2–10 разів всіх досліджених показників, для вторинної захворюваності — в 11–19 разів упродовж 22-річного періоду спостережень; максимум захворюваності зафіксовано через 10–12 років після аварії [2].

Науковцями Інституту біоорганічної хімії і нафтохімії НАН України В.В. Жирновим із співробітниками було доведено, що β -випромінювання малої потужності модифікує як Ca^{2+} -опосередковану, так і Ca^{2+} -незалежну клітинну сигналізацію, що регулює стабільність мембран еритроцитів; спрямованість цієї модифікації залежить від вихідної структури мембран і, можливо, визначається якісними й кількісними параметрами тих чи інших змін. Оскільки структурні зміни мембран еритроцитів впливають на їх осмотичну резистентність, останню можна використати як тест на зміни β -випромінювань малої потужності та як індикатор для екомоніторингу радіонуклідного забруднення низької інтенсивності різних середовищ [2].

В Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України було відкрито новий тип тропізму — стійкий позитивний радіотропізм — здатність грибного міцелію мікроскопічних грибів потягом певного часу (75–250 діб) акумулювати і руйнувати гарячі часточки чорнобильського і

⁴ У клітинах кісткового мозку мишоподібних гризунів, яких відловлюють у біоценозах з підвищеним рівнем радіоактивності, виявляють збільшення цитогенетичних аномалій — метафаз з Робертсоновим міжхромосомним злиттям, а також анеуплоїдів.

семипалатинського походження внаслідок контактів грибних апексів з поверхнею часточки та деструкції часточок органічними кислотами і ферментами, що виділяються грибами міцелію у зовнішнє середовище [2, 9].

Під час вивчення якісного і кількісного складу ґрунтових міцетів та їх динаміки впродовж кількох років було встановлено домінування їх темнопігментованих родів порівнянно зі світлопігментованими у структурах грибних комплексів. Висловлено припущення, що реалізація їхньої радіоадаптації зумовлена зміною електронної структури меланінів, які посилюють цю властивість.

Встановлено також відмінності у синтезі меланінів у штамів міцетів залежно від місцезнаходження (у чорнобильських штамів спостерігається більший вихід пігменту порівняно з контролем у 1,5–3,0 рази) [2].

Спільно з Інститутом ядерних досліджень створено оригінальну колекцію культур мікроскопічних грибів з позитивною реакцією на певний тип випромінювання, які виявляють радіоадаптивні властивості. Така колекція може бути дуже перспективною в разі використання у біотехнологіях з біоремедіації радіоактивно забруднених об'єктів, її також можна використати у формуванні віддалених прогнозів щодо дії хронічного опромінення та адаптації до нього як у поколіннях грибів, так і, в деякому наближенні, для наступних поколінь опромінених вищих еукаріотів⁵ [2].

Науковцями Інституту проблем безпеки АЕС та Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного було доведено, що основним фактором зміни вмісту нуклідів у забруднених матеріалах є життєдіяльність мікроорганізмів завдяки утворенню надійного зв'язку їхніх біослизів з ¹³⁷Cs. Це дало можливість розглянути способи застосування їх і мікробних метаболітів для дезактива-

ції і кондиціонування забруднених матеріалів та радіоактивних відходів [2].

В Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України О.Б. Ганжею з колегами під час вирішення однієї з актуальних проблем з радіобіології — визначення природної радіочутливості організму — у дослідженнях на білих щурах-самцях лінії Wistar було встановлено, що визначальними реакціями радіорезистентності організму є перебіг вільно-радикальних процесів у системі крові, й доведено, що динаміка показників окисного метаболізму після дії стрес-агентів (гіпертермія та іммобілізація) відображує радіочутливість організму. Висловлено припущення, що резистентність організму може характеризуватися його можливістю протидіяти порушенню пер- і антиоксидантної рівноваги після дії стрес-агентів [2].

У результаті вивчення різними вченими дії малих доз випромінювання на лабораторних тварин було встановлено такі ефекти:

- формування у тварин специфічного гемопоетичного синдрому (на ранній стадії спостерігається фаза регенерації, в подальшому настає пригнічення як еритроїдного, так і гранулоцитарного ростків кровотворення з порушенням процесів проліферації та дозрівання клітин), що поступово призводить до зниження можливості організму до компенсації та відновлення [10];

- збільшення сумарної дози опромінення внаслідок депонування у кістках нуклідів спричинює хронічне ураження кісткового мозку і пригнічення компенсаторно-приспосувальних реакцій у системі гемопоезу, а також виснажує пул стовбурових кровотворних клітин та радіочутливих клітин-попередників і знижує ефективність колонієутворення клітин-попередників кісткового мозку [2];

- негативні структурні й функціональні зміни систем організму, що істотно (10–28%) скорочують тривалість життя тварин через патологічні процеси (дистрофічні та некротичні), які наростають повільно і

⁵ Еукаріоти, або ядерні (лат. Eukaryota) — живі організми, клітини яких містять ядро.

зумовлені порушенням окисного метаболізму [11];

- порушення репродуктивної функції і кровотворних органів, збільшення кількості патологічних мікозів і клітин з мікроядрами, одночасні процеси проліферації і репарації, а також інтенсифікація протилежних процесів — розвиток радіаційних уражень біологічних структур і одночасно репарація радіаційних ушкоджень [2].

Для ранньої діагностики променевого ураження людини розроблено метод оцінювання поглинутої дози і ступеня гострої променевої хвороби в процесі спеціальної терапії опромінених осіб на основі комплексу цитогенетичних показників і адекватної моделі множинної лінійної регресії. Зіставлення клінічних, гематологічних, біодозиметричних (цитогенетичних) та інших даних дає змогу робити висновки щодо ступеня хвороби й визначати стратегію адекватної терапії постраждалих.

Запропоновано принципи нової стратегії первинної профілактики радіогенного раку, яка охоплює такі аспекти: оцінку індивідуальної радіаційної чутливості організму людини; використання нетоксичних ефективних радіопротекторів, наприклад інозину, тималіну, в супроводі повноцінного вітамінного забезпечення; врахування додаткового впливу комагенов (наприклад, кофеїну), які можуть істотно посилювати радіаційно індуковані ефекти малих доз. Зазначену стратегію рекомендовано використовувати під час набору кадрів для роботи в умовах іонізаційного опромінення, в тому числі працівників атомних підприємств, медичних працівників (радіологів, рентгенологів), для населення, що проживає на забруднених радіонуклідами землях [11, 12].

Отримано наукове підтвердження гіпотези про зв'язок між молекулярними механізмами формування раку молочної залози та підвищеним рівнем аберації хромосом, індукованої опроміненням у G2-фазі клітинного циклу, що, у свою чергу, відображує процеси репарації радіаційноіндукованих ушкоджень ДНК [2, 12].

Небезпека малих радіодоз підтверджена також дослідженнями науковців Інституту гідробіології НАН України. На прикладі вищої рослинності, зокрема тростини звичайної *Phragmites australis*, було встановлено істотні негативні зміни цитогенетичних показників, репродуктивної здатності, зниження протипаразитарної стійкості, насінневої продуктивності, аномалію репродуктивних органів, ураження рослинної популяції в цілому паразитичними грибами та іншими шкідниками, що свідчать про тривалу генетичну нестабільність, яка реалізується на фенотипічному і репродуктивному рівнях [13].

Крім того, цитогенетичні й гематологічні дослідження гідробіонтів замкнених радіозабруднених водойм виявили високий рівень аберацій хромосом в ембріональних тканинах молюсків і кореневих меристемах вищих водних рослин, а також збільшення уражень еритроцитів риб у вигляді інвагінацій, відростків, ураженість галотвірними кліщами *Tarsonemidea* і грибом-аскоміцетом — ріжками *Claviceps purpurea* [14].

Під час комплексного дослідження частоти хромосомних аберацій в ембріональних тканинах, складу оформлених елементів мантийної рідини дорослих особин, параметрів яйцевих синкапсул, а також деформації стулок ставковика звичайного *Lymnaea stagnalis* у ЗВ встановлено негативні зміни всіх зазначених показників.

Вивчення показників периферичної крові (частота уражень ядер еритроцитів, мікроядра, інвагінація, відростки, мітоз) у риб (щука, окунь, плітка, карась та ін.) забруднених водойм ЗВ дало змогу встановити істотне їх перевищення порівнянно з даними, отриманими у Київському водосховищі.

На прикладі розвитку плітки *Rutilus rutilus* та плоскирки *Blicca bjoerkna* у забрудненому Київському водосховищі спостерігається індивідуальна мінливість базових ознак: у 83% досліджених риб — мінлива асиметрія плавців і очей, у 100% — внутрішніх структур, у 56–71% лінійна нерівномірність розвитку гонад і у 50–91% — маси, що

свідчить про модифікаційний вплив радіаційного забруднення на їхній організм [2].

В Інституті біології південних морів ім. О.О.Ковалевського НАН України ще до аварії на ЧАЕС було сформовано нові напрями — морська радіохемоекологія і морська динамічна радіохемоекологія; розроблено теорію радіоізотопного і мінерального обміну морських організмів; запропоновано концептуальну модель хронічної дії іонізуючого випромінювання в усьому можливому діапазоні потужностей доз; введено поняття екологічної ємності середовища щодо забруднень [15].

Це дало змогу науковцям цієї установи оперативно і якісно провести необхідні дослідження динаміки накопичення радіонуклідів чорнобильського походження в екосистемах Чорного, Азовського, Егейського і Середземного морів, а також гирлової зони Дунаю, нижньої частини Дніпра, Дніпровсько-Бузького лиману, Каховського водосховища, Північно-Кримського каналу, шельфової зони Криму і Севастопольських бухт. Встановлено, що активність чорнобильського ^{137}Cs , який надійшов у Світовий океан, становила 16 ПБк, а в Чорне море — 2–3 ПБк; питома вага чорнобильських радіонуклідів відносно загальних дозових навантажень на чорноморські гідробіоти незначна. Водночас внесок природного радіонукліда ^{210}Po у сумарну дозу, що формується природними й антропогенними чинниками, сягає понад 99%. Тому запропоновано рекомендацію щодо обов'язкових моніторингових вимірювань вмісту цього радіонукліда в основних видах промислових гідробіотів Чорного моря [2].

Отримано також багато інших цікавих наукових даних, які не було висвітлено на підсумковій конференції [1, 5, 6, 11, 15–18]. Це, зокрема:

- плямистий характер радіоактивних відходів (навіть на значних відстанях від місця аварії є забруднені території), через це ймовірність появи радіоактивної сільськогосподарської продукції не є нульовою в будь-якій частині країни;

- інтенсифікація мікроеволюційних претворень у популяціях низки видів; у зв'язку з цим виокремлено два напрями цього процесу — адаптація (збільшення епігенетичної та генетичної мінливості й розширення можливостей адаптації до несприятливих умов) і стабілізаційний добір (відносно низький рівень мінливості популяцій мікроамалій зі збереженням їх чисельності та стабільності);

- загибель у зоні летальних радіаційних уражень (Рудий ліс та інші території) сосен та ялин, утворення на місці загиблих насаджень згарищ за участю бур'янів галявинних видів, мохів і лишайників, а також формування щільних картин самосіву берези, осики і крушини;

- початок формування в зоні сублетального ураження самосівних популяцій листяних порід і злаково-рудеральних ценозів;

- поява в останні роки на межі Рудого лісу нерівномірного самосіву сосни між материнськими деревами;

- початок сукцесійного відновлення на території Рудого лісу рослинності, під пологом якої створюються умови для розвитку хвойних дерев;

- початок відновлення на залишених відселеними мешканцями орних землях природної рослинності шляхом заміни відповідних типів біоценозів, які сприяють відтворенню властивої цій зоні лісової формації, а також формуванню нового видового складу тваринного світу;

- зростання біологічного різноманіття ЗВ за рахунок видів, нормальному розвитку яких заважала людина;

- активізація після зняття антропогенного тиску на відчужених територіях природних механізмів демутаційного самовідновлення і відродження лісоболотних біогеоценозів, характерних для Київського полісся;

- зміни розподілу бактерій по профілю ґрунту: лише у поверхневому шарі (0–20 см) різко зменшилася як чисельність видів, так і загальна бактеріальна маса зі зростанням швидкості утворення мутантних більш радіостійких форм;

- збільшення частоти виявлення на забрудненій радіонуклідами території Чорнобильської зони PVX-, TMV- та PVY-вірусів (значно вищу частоту виявлення вірусів рослин було показано для рослинності ЗВ);

- перетворення ЗВ з її фактичним заповідним режимом на унікальну територію у фауністичному (трапляються види птахів і ссавців, занесені до Червоної книги) і флористичному відношенні (лише в Житомирській області виявлено понад 40 видів рослин, занесених до Червоної книги, в тому числі нові види лишайників, ліхенофільних грибів, макроміцетів, таксони бріофлори).

Наведені дані дали змогу вченим дійти висновку, що високий рівень радіоактивного забруднення ЗВ не призвів до будь-яких помітних негативних наслідків для видового різноманіття біоти, і процеси самоочищення уражених екосистем супроводжуються збільшенням біорізноманіття. Радіаційний вплив, який традиційно розглядають як негативний екологічний фактор, справив помітно менший вплив, ніж практично повна елімінація антропогенного пресу.

Підсумовуючи вищевикладене, без перебільшення можна стверджувати, що за минулі роки практично було сформовано новий розділ радіобіології та радіоекології, скерований на розкриття закономірностей дії хронічного опромінення і розроблення нових підходів до практично досяжних способів захисту людини та всієї біоти від віддалених ефектів надлишкового радіаційного впливу.

Нові знання слугуватимуть основою для створення ефективного захисту середовища, людини і біоти від загрози підвищення радіоактивності довкілля. З другого боку, слід відверто визнати, що на сьогодні зусилля учених і суспільства щодо ефективного розв'язання відповідних практичних та нагальних фундаментальних і прикладних питань усе ще не відповідає рівню небезпеки чорнобильських проблем. Потрібно враховувати й те, що спектр радіобіологічних проблем з роками збільшився внаслідок

підвищення значущості малодосліджених питань, зокрема радіоадаптації, радіаційного старіння, радіаційно індукованого канцерогенезу тощо.

Взагалі сьогодні нелегко визначити, які ще можуть виникнути проблеми, пов'язані з віддаленими наслідками катастрофи (наприклад, може виникнути питання загальної окупності ядерної енергетики з огляду на значні багаторічні витрати для ліквідації різних наслідків можливих ядерних катастроф для суспільства). А тому попереду ще багато роботи. Так, залишаються не з'ясованими до кінця такі проблеми: повне розшифрування специфіки дії інкорпорованих нуклідів; уточнення ефектів малих доз іонізаційної радіації; гетерогенність (тропність) розподілу радіонуклідів у структурах і органах рослин; феноменологія і механізми радіогормезису; радіоадаптація від феноменології до онто- та філогенетичних механізмів; механізми і наслідки мікроеволюційних процесів у 30-кілометровій зоні ЧАЕС, індуковані радіацією; ефекти спільного впливу іонізаційної радіації з іншими факторами; методи ретрорадіодозиметрії; інтегральні (дистанційні, опосередковані, непрямі) реакції біологічних систем на опромінення та наслідки; епігенетичні ефекти; стохастичні ефекти іонізаційної радіації; поглиблення фундаментальності у вивченні радіобіологічних і радіоекологічних аспектів, створення ефективних і нешкідливих радіопротекторів тощо [2, 4, 6].

Водночас занепокоєння вчених викликає тенденція останніх часів – згорання в країні наукових аспектів чорнобильської проблеми. Зокрема, науковці стурбовані зростаючою тенденцією зменшення державної підтримки досліджень з чорнобильської тематики, що призводить до скорочення їх обсягів і зумовленого цим погіршення ефективності наукових робіт [19]. Це суперечить основним цілям держави, інтересам громадськості і ставить під сумнів успішне виконання державних чорнобильських програм, а також забезпечення

належного захисту здоров'я постраждалого населення.

Тому владним структурам не варто забувати, що, як свідчать прогнози дослідження, чорнобильські проблеми загрожуватимуть суспільству не лише України, а й усього світу ще впродовж багатьох десятиліть, і кількість їх сьогодні визначити не може ніхто.

З свого боку, вчені НАН України, маючи напрацьований потужний науковий потенціал, і надалі докладатимуть максимум зусиль для всебічного вивчення і розв'язання сучасних та можливих нових чорнобильських проблем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна академія наук України. 1918–2008: до 90-річчя від дня заснування. — К.: Вид-во КММ, 2008. — 624 с.
2. Радіобіологічні та радіоекологічні аспекти чорнобильської катастрофи: тези доповідей Міжнародної конференції (11–15 квітня 2011 р., Славутич, Україна). — Славутич: Фітосоціоцентр, 2011. — 204 с.
3. Гродзинський Д.М. Віддалені радіобіологічні наслідки хронічного опромінення біоти в зоні впливу чорнобильської катастрофи // Чорноб. наук вісник. Бюл. екол. стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. — 2006. — № 2(28). — С. 5–12.
4. Гродзинський Д.М. Модифікація віддалених наслідків хронічного опромінення // Чорноб. наук вісник. Бюл. екол. стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. — 2009. — № 1 (33). — С. 24–32.
5. Гродзинський Д.М., Гуца М.Т., Дмитрієв О.Д. та ін. Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи. — К.: Наук. думка, 2008. — 373 с.
6. Кутлахмедов Ю.А., Поликарпов Г.Г., Зотов В.П. и др. Медико-биологические последствия Чернобыльской катастрофы: отдаленные радиоекологические и радиобиологические проблемы и анализ эффективности контрмер по защите био- и экосистем от последствий Чернобыльской катастрофы: в 2 ч. — К.: МЕДЭКОЛ, 2000. — 293 с.
7. Гродзинський Д., Дембновецький О., Левчук О. Перспективи використання та утримання радіаційно уражених земель // Вісн. НАН України. — 2003. — № 4. — С. 15–25.
8. Жданова Н.Н., Захарченко В.А., Василевская А.И. и др. Новый подход к выявлению микромицетов — биоиндикаторов радиационного загрязнения почв Украинского Полесья // Микология и фитопатология. — 1995. — Т. 29, № 1. — С. 23–28.
9. Жданова Н.Н., Лашко Т.Н., Редчиц Т.И. и др. Взаимодействие почвенных микромицетов с «горячими» частицами в модельной системе // Микробиологич. журн. — 1991. — Т. 53, № 1. — С. 9–17.
10. Серкіз Я.І., Липська А.І., Дрозд І.П. та ін. Радіобіологічні ефекти у ссавців: погляд через 20 років після аварії на ЧАЕС // Вісн. НАН України. — 2006. — № 4. — С. 14–27.
11. Дьоміна Е.А., Дружина М.О., Рябченко Н.М. Індивідуальна радіочутливість людини. — К.: Логос, 2006. — 126 с.
12. Дьоміна Е.А., Рябченко Н.М., Дружина М.О. та ін. Цитогенетичний спосіб (G2-assay) визначення індивідуальної радіочутливості людини з метою первинної профілактики радіогенного раку. Методичні рекомендації. — К.: МОЗ України, 2007. — 28 с.
13. Гудков Д.И., Ужеская С.Ф., Назаров А.Б. и др. Поражение тростника галлообразующими членистоногими в водоемах зоны отчуждения Чернобыльской АЭС // Гидробиологич. журн. — 2005. — Т. 41, № 5. — С. 92–99.
14. Гудков Д.И., Шевцова Н.Л., Дзюбенко Е.В. и др. Эффекты хронического радиационного воздействия у гидробионтов Чернобыльской зоны отчуждения // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде: Мат. VI Междунар. науч.-практич. конф. (4–7 февраля 2010 г., Семипалатинск). — Семей, 2010. — Т. 2. — С. 354–358.
15. Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н., Гулин С.Б. и др. Радиоекологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию. — Севастополь: ЭКОСИ-гидрофизика, 2008. — 667 с.
16. Grodzinsky D.M., Kravetz E.A., Khvedinich O.A. et al. Effect of chronic irradiation on reproductive system of winter wheat // Current problems of radiation research: Proc. 35th annual Meeting Europ. Rad. Res. Society. — Kyiv, 2007. — P. 26–41.
17. Гродзинський Д.М. Радіоактивні ізотопи і життя // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. — 2010. — Вип. 2 (20). — С. 6–18.
18. Проблеми й уроки Чорнобиля: матеріали засідання Президії НАН України, присвяченого 25-й річниці аварії на ЧАЕС // Вісн. НАН України. — 2011. — № 5. — С. 3–29.
19. Найбільша техногенна катастрофа ХХ століття: з нагоди 20-річчя аварії на ЧАЕС: Сесія Заг. зборів НАН України // Вісн. НАН України. — 2006. — № 6. — С. 3.

*Д.М. Гродзинский¹, О.Ф. Дембновецкий²,
О.Н. Левчук¹, Ф.Н. Пацюк¹*

¹ Президиум Национальной академии наук Украины
ул. Владимирская, 54, Киев, 01601, Украина

² Центр исследований научно-технического
потенциала и истории науки им. Г. М. Доброва
Национальной академии наук Украины
бульвар Тараса Шевченко, 60, Киев, 01032, Украина

**РАДИОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ УЧЕНЫМИ
НАН УКРАИНЫ**

За 26 лет, прошедших со дня аварии на Чернобыльской АЭС, ученые НАН Украины провели многочисленные всесторонние исследования биологических последствий радионуклидного загрязнения экосистем, в частности влияния на биоту хронического облучения ионизирующей радиацией, обусловленного радиоактивным распадом продуктов деления урана. Установлены радиобиологические эффекты на разных уровнях организации биологических систем от молекулярного и субклеточного до популяционного. Раскрытие закономерностей развития радиационных повреждений биосистем и процессов их послерадиационного восстановления обусловило разработки широкого спектра практических мер, способствующих смягчению негативных для человека и биоты в целом последствий хронического облучения и определяющих возможности использования новых технологий природопользования на загрязненных радионуклидами территориях.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение экосистем, хроническое облучение, радиобиологический эффект, зона отчуждения, противорадиационная защита, пострадиационное восстановление.

*D.M. Grodzyns'kyi¹, O.F. Dembnovets'kyi²,
O.M. Levchuk¹, F.N. Patsiuk¹*

¹ Presidium of the National Academy of Sciences
of Ukraine

54 Vladimirska Str., Kyiv, 01601, Ukraine

² Dobrov Center for Scientific and Technological Potential
and Science History Studies of the National Academy
of Sciences of Ukraine
60 Taras Shevchenko Ave., Kyiv, 01032, Ukraine

**RADIOBIOLOGICAL AND RADIOECOLOGICAL
INVESTIGATIONS OF THE CONSEQUENCES
OF THE CHERNOBYL CATASTROPHE BY
SCIENTISTS OF THE NATIONAL ACADEMY
OF SCIENCES OF UKRAINE**

During 26 years since the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Station scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine have conducted numerous and extensive researches on the biological effects of radionuclide contamination in ecosystems. Particular attention was paid to the disclosure of the distribution of radioactive substances in the environment and on the impact to biota of chronic exposure due to radioactive decay of fission products of uranium. As a result, disclosed the nature of radiobiological effects at different levels of organization of biological systems from molecular and subcellular to the population levels. Establishing patterns of development of radiation damage to biological systems and processes of postirradiation recovery are a theoretical basis for the development of practical methods for mitigating negative consequences of chronic exposure for biota and human as well as for new technologies of nature management in areas contaminated with radionuclides.

Keywords: radioactive contamination of ecosystems, chronic irradiation, radiobiological effect, exclusion zone, radiation protection, postradiation recovery.

Стаття надійшла 11.04.2012 р.

В.Д. РОМАНЕНКО, М.І. КУЗЬМЕНКО, С.О. АФАНАСЬЄВ,
Д.І. ГУДКОВ, П.М. ЛИННИК, О.О. ПРОТАСОВ,
В.М. ТИМЧЕНКО, В.І. ЮРИШИНЕЦЬ, В.М. ЯКУШИН

Інститут гідробіології Національної академії наук України
просп. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна

ГІДРОЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Проаналізовано екологічні проблеми прилеглих до АЕС природних і штучних водойм, зокрема водойм-охолодників, які зазнають комплексного антропогенного навантаження: теплового скидання, хімічного забруднення, евтрофікації, механічного стресу, а також додаткового опромінення штучними радіонуклідами. Розглянуто гідрологічні та гідрохімічні процеси за умов підвищених температур водного середовища, продукційно-деструкційні процеси і формування якості води, біологічні перешкоди, потенційні паразитарні загрози, а також поведінку радіонуклідів та радіоекологічні ризики для гідробіонтів у водних екосистемах. Викладено основні проблемні завдання гідроекологічної безпеки АЕС.

Ключові слова: техно-екологічна система, атомна електростанція, водойма-охолодник, гідробіонти, хімічне і радіонуклідне забруднення, моніторинг.

ВСТУП

В енергозабезпеченні народногосподарського комплексу провідну роль відіграють атомні електростанції, на частку яких припадає близько 50% електроенергії, що виробляється електростанціями України. Одна з найважливіших умов надійної експлуатації АЕС — безперерйне водозабезпечення, джерелами якого слугують ріки, водосховища та водойми-охолодники. Гідроекологічна безпека атомної енергетики — це підтримання такого екологічного стану водойм, який забезпечує оптимальну роботу АЕС, передбачену проектними вимогами. Досягнення гідроекологічної, ядерної безпеки та оптимальної експлуатації техногідроекосистем АЕС без будь-яких негативних впливів на

навколишнє природне середовище має ґрунтуватися на розробленні та впровадженні методології управління екологічним станом водойм-охолодників.

В Україні експлуатуються чотири потужні атомні електростанції, оснащені реакторами типу ВВЕР.

Найпотужніша в Україні та в Європі **Запорізька АЕС** розташована у дефіцитній за водними ресурсами степовій зоні на березі Каховського водосховища. Площа водойми-охолодника Запорізької АЕС становить 8,2 км², об'єм води — 47 млн м³.

Південно-Українська АЕС знаходиться на берегах Південного Бугу в дефіцитній за водними ресурсами Миколаївській області. Південно-Українська АЕС, Олександрівська ГЕС і Ташлицька ГАЕС становлять єдиний Південно-Український енергокомплекс. Площа водойми-охолодника становить 8,6 км², об'єм води — 86 млн м³.

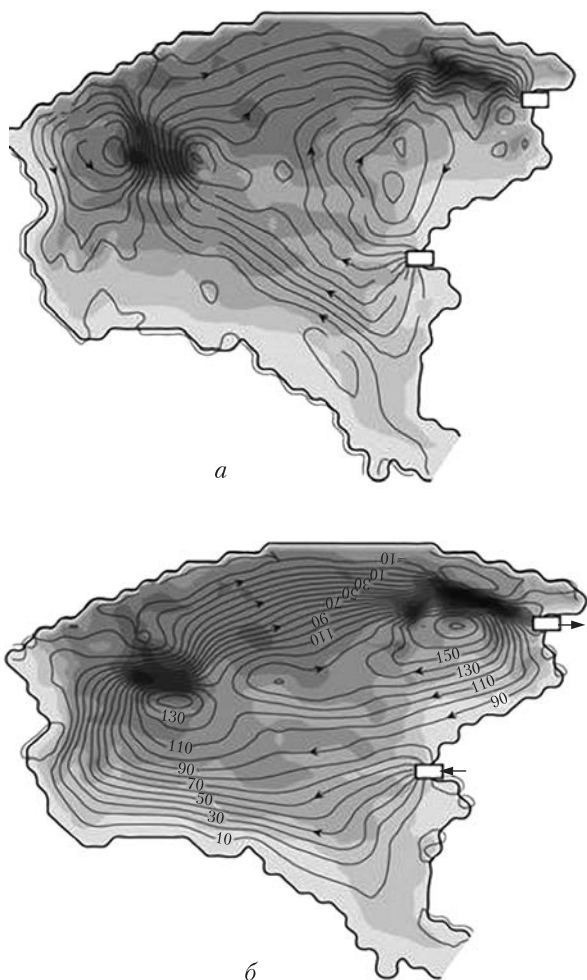


Рис. 1. Схема течій у водоймі-охолоднику Хмельницької АЕС за північного (а) та східного (б) вітрів

Хмельницька АЕС розташована біля р. Горинь — притоки р. Прип'яті. Водойма-охолодник побудована на р. Гнилий Ріг — лівій притоці р. Горинь, має площу — 20 км², об'єм води — 120 млн м³.

Рівненська АЕС розміщена у західному Поліссі, поблизу р. Стир. Водозабезпечення Рівненської АЕС здійснюється за допомогою градирень зі щорічним використанням 36–38 млн м³ води.

Техно-екологічну систему слід розглядати як сукупність біотопів природного й антропогенного характеру з їх біотичним населенням, об'єднаних системою прямих і зворотних зв'язків, що змінюються у просторі й

часі [1]. У Стандарті підприємства «Порядок розробки регламенту гідробіологічного моніторингу водойми-охолоджувача, систем охолодження і системи технічного водопостачання АЕС з реакторами типу ВВЕР» (НАЕК «Енергоатом», 2010) вводиться також поняття «Водна частина техно-екологічної системи», яке уточнює наведене вище визначення. Слід наголосити, що ця концепція техно-екологічної системи зумовлює рівнозначні підходи до біотичних і техногенних чинників, які впливають на функціонування всіх елементів системи, в тому числі й на технологічне обладнання.

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Серед основних гідрологічних чинників, що визначають умови функціонування екосистем водойм-охолодників атомних електростанцій України, важливе місце посідають водообмін, внутрішньоводоймова гідродинаміка і тепловий (термічний) режим водних мас.

Водообмін водойм-охолодників за генезисом поділяють на дві принципово різні складові. Перша — зовнішній водообмін — формується переважно за рахунок витрат води на випаровування і фільтрацію, з одного боку, та компенсації цих витрат завдяки підживленню з прилеглого природного водного об'єкта (ріки, водоймища), з другого. Зовнішнє підживлення, наприклад, водойми-охолодника Південно-Української АЕС становить за рік 42% його обсягу. Приблизно такі показники характерні й для водойм-охолодників ЧАЕС (з Прип'яті) і Запорізької АЕС (з Каховського водоймища). Друга складова — внутрішній водообмін — зумовлений скиданням нагрітих на станції вод і забором води для охолодження агрегатів. На Південно-Українській АЕС, наприклад, такий водообмін здійснюється понад 60 разів за рік.

Автори оцінювали режим течій у водоймі-охолоднику Хмельницької АЕС. Отримані розрахункові схеми характеризують картину переміщення водних мас під час вітру середньої інтенсивності (3 м/с) різних на-

прямків. Зауважимо, що ізолінії функцій течії води вказують на інтегральний (сумарний за глибиною) напрям переміщення водних мас, а їх густина пропорційна інтенсивності цього переміщення (рис. 1).

Результати наших досліджень на водоймах-охолодниках АЕС України свідчать, що розрахункові схеми течій, побудовані методом повних потоків, дають цілком реальне загальне уявлення щодо розподілу по акваторії водних мас з різними тепловими показниками. Температурні аномалії приурочені зазвичай до систем циркуляційних колообігів: тепліша вода в поверхневих шарах концентрується в зонах розміщення антициклоніальних циркуляцій, у циклоніальних — навпаки.

Сучасні досягнення в галузі дослідження турбулентної дифузії у водних об'єктах дають змогу оцінювати процеси вертикального перемішування, в тому числі у водоймах-охолодниках енергетичних об'єктів. Нехтування цими процесами вже призвело до порушень в експлуатації деяких водойм-охолодників. Так, на водоймі-охолоднику Чорнобильської АЕС значна частина об'єму води (нижче 7–9-метрової ізобати) брала слабку участь в охолодженні підігрітих вод, що скидаються станцією. Те саме стосується і Ташлицької водойми.

ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ ЗА УМОВ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Кисень — один із найважливіших розчинних газів поверхневих вод, який значною мірою впливає на хіміко-біологічний стан різнотипних водних об'єктів, у тому числі й водойм-охолодників теплових та атомних електростанцій. Витрати кисню у поверхневих водоймах зумовлені хімічними й біологічними процесами окиснення органічних та деяких неорганічних речовин (Mn^{2+} , NH_4^+ , NO_2^- , H_2S , CH_4 та ін.), а також диханням водних організмів. Швидкість споживання кисню зростає з підвищенням температури, кількості бактерій та інших водних організмів і речовин, що зазнають хімічного й біохімічного окиснення. Вплив температурного чинника виявляється насамперед у зниженні концентрації розчиненого у воді кисню, оскільки відомо, що розчинність цього газу знижується з підвищенням температури (рис. 2).

Крім того, підвищення температури води призводить до прискорення розкладання органічних речовин та решток гідробіонтів, що неминуче супроводжується зростанням витрат розчиненого у воді кисню на окисні процеси, а також на дихання організмів.

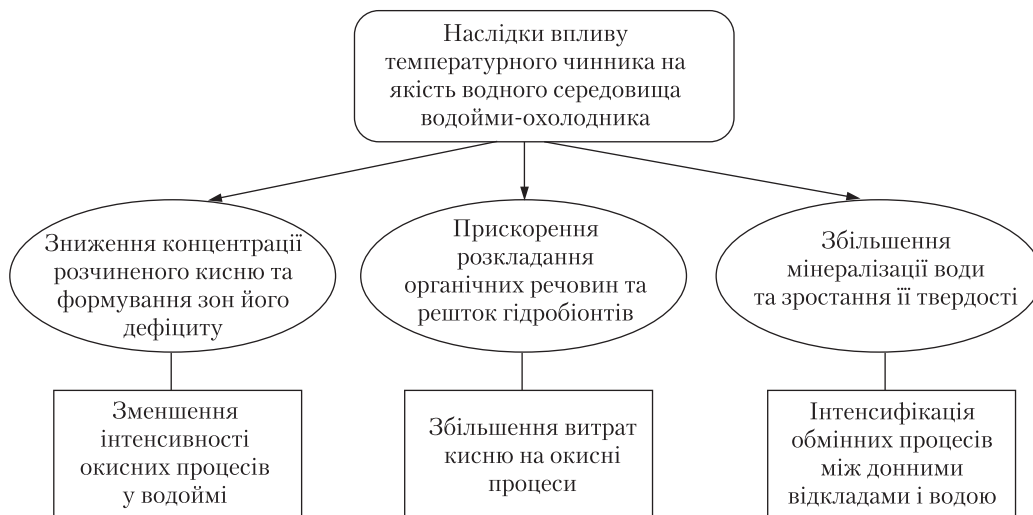


Рис. 2. Вплив температурного чинника на деякі процеси формування якості води у водоймі-охолоднику

Зростання температури води у водоймі-охолоднику може бути важливим чинником підвищення її мінералізації, оскільки збільшується випаровування і відбувається концентрування солей. За таких умов слід очікувати інтенсифікації обмінних процесів між донними відкладами і водою. Особливо небезпечним може бути надходження важких металів з донних відкладів у потенційно токсичній формі, зокрема у вигляді вільних іонів (аквакомплексів).

Погіршення стану кисневого режиму негативно позначається на функціонуванні водних екосистем, оскільки в цьому разі знижується інтенсивність самоочищення водного середовища і накопичення у воді різноманітних речовин у відновленому стані (рис. 3).

Це може бути причиною зростання її токсичності. Зниження концентрації кисню у придонному шарі води сприяє формуванню анаеробних зон та створенню умов для обміну речовин між донними відкладами і водою, що з ними контактує. При цьому істотно

збільшується міграція з донних відкладів біогенних елементів, зокрема амонійного азоту, фосфору, фосфатів та заліза [2]. Через нестачу кисню у воді знижується окиснення амонійного азоту, а це призводить до його накопичення у водному середовищі. За тривалого дефіциту у воді кисню істотно зростає міграційна здатність важких металів, зокрема мангану, цинку, міді, свинцю та багатьох інших та їх накопичення у водному середовищі [3]. Особливо небезпечне підвищення у воді концентрації так званих вільних (гідратованих) іонів металів, як потенційно токсичної і небезпечної для гідробіонтів форми металів. Важливо зазначити, що в анаеробних умовах посилюється також обмін органічними речовинами між донними відкладами і водою, яка з ними контактує. Збільшення їхньої концентрації у воді призводить до подальшого зниження вмісту розчиненого кисню, що витрачається на їх окиснення. Поглиблення дефіциту розчиненого у воді кисню може відбуватися впродовж тривалого періоду, що негативно



Рис. 3. Зниження інтенсивності самоочищення водного середовища та збільшення концентрації речовин у воді внаслідок надходження з донних відкладів

позначається на стані водойми в цілому і водного середовища зокрема.

ПРОДУКЦІЙНО-ДЕСТРУКЦІЙНІ ПРОЦЕСИ І ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

У зонах впливу підігрітих вод, як правило, видове різноманіття бідніше порівняно із зонами, де умови близькі до природних, проте загалом у водоймах-охолодниках унаслідок усього комплексу факторів складаються умови для вселення і розвитку видів-поселенців, представників флори і фауни інших регіонів, переважно південніших (табл. 1). Фізико-хімічні умови водного середовища сприяють інтенсивному розвитку фотосинтезувальних організмів, особливо фітопланктону, маса якого сягає 200–500 мг/л і більше. З підігріванням води на 7–10°C у 2–2,5 разу зростає швидкість розмноження бактерій та їхня продукція [4], значно збільшується деструкція органічної речовини. Особливості продукційно-деструкційних процесів у водоймах-охолодниках як елемента (складової) техно-екологічної системи АЕС полягають у наявності виражених гетерогенних термічних, гідродинамічних, гідрохімічних умов, що визначають різний характер та інтенсивність біологічних процесів у часовому й просторовому аспектах, або в підсумку – різний баланс органічної речовини. Внаслідок зміни термічного режиму водойми відбувається зміщення фенологічних явищ (рання гідробіологічна весна, запізнена осінь, м'яка зима) і подовжується період активної вегетації первиннопродуктивних. Завдяки переважанню у водоймі-охолоднику продукування над деструкцією відбувається надмірне накопичення нереалізованої вторинної продукції гідробіонтів, у тому числі тих, що мають тривалий життєвий цикл. У замкнених водоймах-охолодниках відбувається накопичення біогенних елементів, які постійно залучаються до колообігу речовин, підтримуючи активні процеси первинного продукування, вторинної продукції та деструкції органічної речовини. Крім того, у деякі водойми-охолодники скидається значна кількість про-

мислово-побутових стічних вод з високим вмістом біогенів, що призводить до погіршення якості води.

БІОЛОГІЧНІ ПЕРЕШКОДИ

На прикладі техно-екосистеми Хмельницької АЕС (ХАЕС) можна продемонструвати, як біотичні чинники впливають на роботу технічних систем та біотичну частину екосистеми водойми-охолодника (табл. 1).

У 2002–2003 рр. у водойму вселився двостулковий молюск *Dreissena polymorpha Pallas*. Це зумовило кардинальні зміни у структурі угруповань планктону, бентосу та перифітону водойми, а також значно вплинуло на характер і рівень кормової бази аборигенних та інтродукованих видів риб.

Загалом вселення дрейсени не призвело до значного збільшення кількості таксонів у донних угрупованнях. Найбільшою кількістю таксонів характеризувалися олігохети та личинки хірономід. Після появи дрейсени біомаса зообентосу зросла у 9 разів, чисельність – у тричі (середні значення).

Дрейсена впливає на вміст кальцію у воді, знижуючи її накипоутворювальні властивості, що є надзвичайно важливим для нормальної роботи теплообмінного обладнання АЕС. Крім того, процес накипоутворення залежить від карбонатної рівноваги, на яку у свою чергу, впливає активна реакція води (рН). Після вселення дрейсени значення рН води у водоймі-охолоднику почали знижуватися, однак через деякий час завдяки значному розвитку планктонних водоростей знову досягли високого рівня. У техно-екосистемі з'явилася велика кількість гідробіонтів, здатних створювати біологічні перешкоди в роботі обладнання АЕС. Так, дрейсена поселяється на будь-яких твердих субстратах, а губки, нитчасті водорості та вищі водні рослини – на поверхнях берегових бетонних споруд і можуть зноситися течією до решіток на насосних станціях. Один із важливих методів обмеження біологічних перешкод – механічне очищення систем водопостачання. З підвідного каналу ХАЕС, з використанням оригінальної методики,

розробленої персоналом станції, за літній сезон (раз на 2–3 роки) вилучається до 700 т дрейсени. Окремі з інвазивних видів можуть створювати біологічні перешкоди.

З 2000 по 2008 р. у різних країнах світу відбулося – 40 аварійних зупинок ядерних енергоблоків унаслідок перекриття постачання охолоджувальної води, абсолютна більшість причин мала біогенну природу. До останнього часу гіперпродукцію водоростей і безхребетних розглядають лише як проблему збільшення біоперешкод у роботі обладнання АЕС, проте вона може слугувати основою для тепловодної аквакультури, сировиною для переробки на кормові добавки для птахівництва, тваринництва тощо.

Розглядаючи водойму-охолодник і станцію як єдину техно-екологічну систему, слід зазначити, що станція відіграє роль основного, постійно діючого абіотичного чинни-

ка, який визначає специфіку біологічних процесів, колообігу речовин і врешті – екологічний стан водойм даного типу. Загалом ця специфіка полягає у такому:

- внаслідок зміни термічного режиму водойм подовжується період активної вегетації і в надмірних кількостях накопичується нереалізована первинна і особливо вторинна продукція гідробіонтів з тривалим життєвим циклом;

- накопичуються широкий спектр ксенобіотиків, біогенні елементи й органічні речовини, тривалість колообігу яких у техно-екосистемі значно коротша, ніж у природних умовах, за однакових ландшафтно-кліматичних умов, що зумовлює пролонгування розвитку та збільшення біоперешкод, швидке відтворення після вжиття заходів з їх ліквідації, а також ускладнює технологічний процес водопідготовки для систем охолодження станції.

Табл. 1.

Види-інвайдери та рідкісні види (локальні поселенці), виявлені у водоймах-охолодниках АЕС України

Вид	Таксономічна належність	Водойма-охолодник	Можливі наслідки інвазії для техно-екосистеми
<i>Pleurosira laevis</i> (Ehrenberg) Compere	Діатомові водорості	ХАЕС [5]	Може зумовити «цвітіння»
<i>Chaetomorpha henningsii</i> P. Richt.	Зелені нитчасті водорості	ХАЕС [5]	Може спричинити біоперешкоди на насосному обладнанні
<i>Eunapius carteri</i> (Bowerbank)	Прісноводні губки	ХАЕС [5]	Може спричинити біоперешкоди на насосному обладнанні
<i>Craspedacusta sowerbii</i> (Lankester)	Кишковопорожнинні	ХАЕС [5]	Не відомо
<i>Tyrrhenocythere amnicola donetziensis</i> (Sars)	Черепашкові раки	ХАЕС [5]	Не відомо
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	Двостулкові молюски	ХАЕС [5]	Може спричинити біоперешкоди на насосному обладнанні
<i>Theodoxus euxinus</i> (Clessin) <i>Ferrisia</i> (Walker)	Черевоні молюски	ХАЕС [5] ХАЕС [5], Чорнобильська АЕС [6]	Негативний вплив невідомий, можуть поліпшити кормову базу риб
<i>Planorbella</i> (Haldeman)		ХАЕС [5]	
<i>Melanoides tuberculata</i> (Müller)		Південно-Українська АЕС [7]	

ПОТЕНЦІЙНІ ПАРАЗИТАРНІ ЗАГРОЗИ

Паразитичні організми у природних водних екосистемах відіграють стабілізуючу роль, забезпечуючи регулювання чисельності хазяїв-гідробіонтів у разі зростання густоти їх популяцій. Антропогенний вплив призводить до порушення природних механізмів підтримання внутрішньої структури екосистем, в тому числі й їх паразитарних елементів, що збільшує імовірність спалаху епізоотій та подальших деструктивних змін.

Водойми-охолодники енергетичних об'єктів часто мають комплексне призначення і використовуються для додаткових господарських цілей: рибне господарство (або використання риб у біомеліорації, як на ВО Хмельницької АЕС), місце скидання побутових стоків тощо. Таке комплексне використання передбачає існування біологічних ресурсів, які постійно або періодично вилучаються з водойми і потрапляють у навколишнє середовище, або використовуються людиною.

Біологічні ресурси, в тому числі й водне середовище їх існування, мають бути об'єктом постійного гідропаразитологічного моніторингу, через те що умови водойм-охолодників є потенційно сприятливими для розвитку і трансмісії багатьох паразитичних організмів, зокрема збудників небезпечних хвороб людини і тварин (голі амеби, лямблії, гаплоспоридії, гельмінти різних таксономічних груп). Нами запропоновано основні принципи та елементи такого моніторингу.

Проведення періодичного і своєчасного гідропаразитологічного моніторингу є додатковою ланкою контролю біотичної складової водойм-охолодника атомних електростанцій, від стабільності та прогнозованості функціонування якої залежить уся техноекосистема.

Температурний чинник є визначальним у формуванні структури угруповань гідробіонтів і значною мірою впливає на розвиток інвазивного процесу. У водоймах-охолодниках зареєстровано десятки видів водоростей, безхребетних і риб, не характерних для

флори і фауни України. Підвищення температури у водоймах-охолодниках сприяє розвитку патогенних організмів і становить потенційну загрозу як довкіллю, так і населенню регіону.

РАДІОНУКЛІДИ У ВОДОЙМАХ-ОХОЛОДНИКАХ ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ДЛЯ ГІДРОБІОНТІВ

Специфічним і невід'ємним чинником виробництва електроенергії на АЕС є утворення і накопичення значної кількості штучних радіонуклідів, які за певних обставин можуть надходити у довкілля, зокрема у водне середовище. Багаторічний досвід експлуатації підприємств ядерної енергетики свідчить про те, що атомні електростанції, за штатних умов роботи, є набагато безпечнішими для природного середовища, ніж електростанції, які працюють на органічному паливі. Разом з тим аварійні ситуації на АЕС зумовлюють необхідність оптимізації системи комплексного радіоекологічного моніторингу водойм, які для багатьох біологічно небезпечних, тривалоіснуючих радіонуклідів є «кінцевими пунктами» у процесі біогеохімічної міграції, а також поглибленого дослідження впливу підприємств атомної енергетики на водні організми. Існує також проблема міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами водних екосистем, учасником яких є й людина.

Радіоактивність водного середовища в районах АЕС формується радіонуклідами природного походження, глобальними радіоактивними продуктами випробувань ядерної зброї, а також скидами АЕС. Найвразливішою ланкою природного середовища в районах розміщення АЕС є екосистеми водойм-охолодників, які зазнають впливу всього комплексу антропогенних чинників: теплового скидання, хімічного забруднення, евтрофікації, механічного стресу, а також додаткового опромінення штучними радіонуклідами. У рідких скидах реакторів типу ВВЕР, якими оснащені всі діючі АЕС України, міститься широкий спектр радіонуклідів — ^3H , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{59}Fe , $^{57, 58, 60}\text{Co}$, $^{65, 95}\text{Zn}$, $^{89, 90}\text{Sr}$, ^{95}Nb , ^{99}Mo , $^{103, 106}\text{Ru}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, $^{124, 125}\text{Sb}$,

^{123m}Te , ^{131}I , 134 , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , 141 , ^{144}Ce . Основну частину рідких скидів АЕС становлять продукти поділу. До їх складу входять передусім тритій, а також радіоізотопи таких біологічно значущих елементів та їхніх хімічних аналогів, як йод, стронцій, цезій, церій, рутеній та ін. Другу групу радіонуклідів становлять продукти корозії матеріалів активної зони реактора і першого контуру теплоносія — ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{60}Co та ін. [8]. Нарешті, пошкоджені оболонки твелів можуть бути причиною появи у скидах слідових кількостей трансуранових елементів, проте їхні активності зазвичай нехтовно малі порівняно зі скидами інших радіонуклідів.

Технічні засоби, які використовують на АЕС, за нормальних умов експлуатації дають змогу мінімізувати надходження радіонуклідів у довкілля. Слід також зазначити, що радіоактивні викиди та скиди АЕС регламентовані досить жорсткими нормативами, в результаті чого рідкі скиди порівняно мало змінюють природній радіаційний фон і сумарний вміст радіонуклідів у об'єктах водного середовища. Разом з тим, важливою проблемою є оцінка екологічного балансу та розподілу тривалоіснуючих радіонуклідів у компонентах водних екосистем, оскільки багато водних рослин і тварини здатні концентрувати штучні радіонукліди у життєво важливих органах і тканинах у великих кількостях. З одного боку це впливає на міграцію і розподіл радіонуклідів у водних екосистемах, а з другого — може призводити до істотного збільшення дозових навантажень на водні організми внаслідок внутрішнього опромінення. Незважаючи на порівняно високу радіостійкість більшості гідробіонтів, підвищені хронічні дози опромінення можуть бути причиною різноманітних ушкоджень, зокрема виникнення спадкових змін (мутацій) при дії на генетичний апарат клітин, а також зниження життєздатності організмів (аж до вимирання найчутливіших до іонізуючого випромінювання популяцій), що призводить до збіднення видового різноманіття і зумовлює зміни структури гідробіоценозів. Крім того, геоморфологічні особ-

ливості водойм та динаміка водних мас впливають на транспортування, міграцію та розподіл радіонуклідів у абіотичних компонентах водних екосистем. Завдяки неоднорідності рельєфу дна на ділянках зі збільшеними глибинами та уповільненими течіями посилюється седиментація зависей, в яких у значних кількостях накопичуються радіонукліди. Це може зумовлювати підвищені дозові навантаження на водні організми, що мешкають у донних відкладах або ведуть придонний спосіб життя.

Оскільки донні відклади більшості водойм є основним «депо», що концентрує радіоактивні речовини, картування радіонуклідного забруднення донних відкладів водойм-охолоджувачів заслуговує на особливу увагу як у зв'язку з можливим видаленням забруднених донних відкладів, так із прийняттям рішень щодо майбутнього водойм-охолоджувачів після виведення з експлуатації АЕС.

Важливим інтегральним критерієм впливу АЕС на біоту водойм є доза опромінення різних груп організмів. Формування дозових навантажень на гідробіонти відбувається під впливом внутрішнього опромінення, зумовленого інкорпорованими радіонуклідами, а також зовнішнього опромінення від радіонуклідів, що містяться в об'єктах навколишнього середовища. Гідробіонти ближньої зони АЕС зазнають опромінення вищими дозами порівняно з наземними організмами. Для водних рослин основний внесок у дозу опромінення зумовлений інкорпорованими радіонуклідами, в основному продуктами корозії, а також ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{137}Cs і ^{144}Ce [9]. Додаткове зовнішнє опромінення водних рослин штучними радіонуклідами відбувається у скидних каналах АЕС та у зоні поширення скидних вод.

Середні рівні внутрішнього опромінення різних видів риб від штучних радіонуклідів у районі АЕС набагато менші за опромінення від природних радіонуклідів. Проте для деяких видів риб спостерігається сезонна мінливість у динаміці дози внутрішнього опромінення з максимумом у літні місяці.

Для більшості видів риб техногенна доза внутрішнього опромінення визначається переважно ^{90}Sr і ^{137}Cs глобального походження. У риб, що живуть у скидному каналі АЕС і зазнають опромінення вищими дозами порівняно з рибами інших біотопів, помітну роль у формуванні дози внутрішнього опромінення відіграють ^{60}Co , ^{65}Zn і ^{144}Ce . Потужність дози зовнішнього опромінення для риб, що живуть у заростях вищих водних рослин та поблизу дна, може перевищувати рівень внутрішнього опромінення. Критичним елементом екосистеми з урахуванням цієї обставини можуть стати фітофільні види риб (плітка, окунь, верховодка), що відкладають ікри на поверхні водних рослин. При цьому максимальні рівні зовнішнього опромінення ікри та мальків риб у деякі періоди могли сягати 3 мГр/добу, що у 1000 разів вище за природний рівень опромінення [10].

З метою своєчасного виявлення радіонуклідного забруднення водного середовища, техногенних змін радіаційного й екологічного стану, оцінювання та прогнозування розвитку негативних процесів у довкіллі, а також для інформаційної підтримки прийняття рішень щодо забезпечення радіаційної безпеки потрібно здійснювати радіоекологічний моніторинг як складову комплексного гідроекологічного моніторингу систем водозабезпечення АЕС. В оптимізованій системі радіоекологічного моніторингу водних екосистем мають бути передбачені: регламентоване збирання і аналіз первинних даних спостережень, а також створення баз даних; оперативне виявлення радіоактивних речовин, що потрапили у водне середовище зі скидами АЕС; інформаційне забезпечення для оцінювання і прогнозування рівнів ризику для водних екосистем, а також прийняття рішень щодо радіаційної та гідроекологічної безпеки експлуатації АЕС.

ПРОБЛЕМНІ ЗАВДАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС

Екологічний моніторинг, який постійно здійснюється в регіонах роботи АЕС, має бути доповнений важливим блоком — гідро-

екологічним моніторингом з урахуванням гідрофізичних, гідрохімічних та гідробіологічних процесів, що необхідно для управління екологічним станом, підвищення гідроекологічної безпеки й оптимізації функціонування техно-екосистем водойм-охолоджувачів та АЕС, а також є важливим з огляду на сучасні європейські напрями у природоохоронній діяльності.

У зв'язку з цим актуальними є дослідження змінюваних у часі гідрофізичних, зокрема термодинамічних, гідрохімічних та продукційно-деструкційних процесів, що визначають формування якості води та накопичення біоперешкод у роботі технологічних систем водозабезпечення.

АЕС розташовані поблизу густонаселених регіонів, зон рекреації та інтенсивного сільськогосподарського виробництва, тому особливого значення набуває оцінювання якості води, паразитологічної ситуації та можливих ризиків у розвитку ключових елементів біоти у водоймах-охолоджувачах і прилеглих акваторіях природних водойм (табл. 2).

В останні десятиліття значного поширення набули методологія і методи моніторингу — комплексної системи спостережень, контролю стану і прогнозування змін, що відбуваються в екосистемах. Проте здебільшого практична реалізація моніторингу для оцінювання стану екосистем обмежується встановленням вмісту радіонуклідів, важких металів та інших токсичних речовин, що також необхідно. Вичерпну характеристику біологічної якості води і загалом екологічного стану екосистеми можна отримати лише на основі оцінювання вмісту забруднень в екосистемі, біотестування та характеристики структурно-функціональної організації біосистем різних рівнів організації. Зважаючи на складність природних біосистем, моніторинг біоценотичних процесів слід здійснювати з урахуванням передусім сезонних та річних змін [11–13].

Водойми-охолоджувачі — штучні техно-екосистеми, геоморфологія і водні ресурси яких спрямовані на виконання основного

Проблемні процеси, гідроекологічні ризики та їх технологічні наслідки для АЕС України

Проблемні процеси	Гідроекологічні ризики	Технологічні наслідки
Скидання підігрітих вод Витрати води на випаровування Ускладнення гідрохімічного режиму Порушення гідробіологічного режиму Хімічне та радіонуклідне забруднення	Гіперпродукція водоростей, «цвітіння» води Гіперпродукція дрейсени Евтрофікація Поява видів-поселенців Потенційні паразитарні ризики для тварин і людини	Втрати енергопотужностей Аварійні зупинки ядерних енергоблоків Витрати на видалення біологічної гіперпродукції

завдання: водозабезпечення технологічних систем АЕС. Разом з тим на особливу увагу заслуговує те, що водойми-охолодники та зосереджені в них величезні об'єми водних мас з численними угрупованнями гідробіонтів різного трофічного рівня і систематичного положення є складовими навколишніх ландшафтів регіонів розміщення АЕС. Методологія гідроекологічної безпеки АЕС має ґрунтуватись на комплексному, екосистемному підході, спрямованому на вивчення, прогнозування і управління тісно взаємопов'язаними абіотичними та біотичними процесами, які визначають ефективність функціонування техно-екосистем АЕС. На основі багаторічного досвіду досліджень водойм-охолодників у вирішенні проблемних завдань гідроекологічної безпеки техно-екосистем АЕС визначено основні науково-практичні пріоритети, які передбачають:

- з'ясування механізмів гідрологічних процесів та їхнього впливу на формування якості води і функціонування екосистем водойм-охолодників;
- установлення кількісних характеристик процесів міграції, трансформації та накопичення хімічних речовин і формування гідрохімічного режиму у джерелах водопостачання та водоймах-охолодниках;
- визначення балансу продукційно-деструкційних процесів та їх залежності від основних гідрофізичних чинників і розроблення елементів методології управління екологічним станом та процесами форму-

вання якості води у водоймах-охолодниках;

- встановлення основних закономірностей функціонування біосистем у водоймах-охолодниках та розроблення практичних заходів з обмеження розвитку біоперешкод у системах водопостачання АЕС;
- реалізацію методів і принципів гідроекологічного моніторингу та прогнозування змін паразитологічної ситуації у водних екосистемах за умов впливу об'єктів атомної енергетики;
- встановлення розподілу і концентрування основних дозоутворювальних радіонуклідів в абіотичних і біотичних компонентах та оцінювання радіоекологічних ризиків для водних біосистем різних рівнів організації.

Наведені результати науково-практичних робіт мають слугувати базою для розроблення методології та принципів управління екологічним станом, підвищення гідроекологічної безпеки і оптимізації функціонування техно-екосистем АЕС. Назріла необхідність екологічної паспортизації водойм-охолоджувачів і джерел водопостачання АЕС.

За умов територіальної нерівномірності розподілу водних ресурсів, їх дефіциту, особливо у південних областях, хімічного й радіонуклідного забруднення та прогресуючого антропогенного навантаження вирішення проблемних завдань гідроекологічної безпеки АЕС має стати складовою загальної життєво важливої енергетичної безпеки України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Протасов А.А., Панасенко Г.А., Бабарига С.П. Биологические помехи в эксплуатации энергетических станций, их типизация и основные гидробиологические принципы ограничения // Гидробиол. журн. — 2008. — Т. 44, № 5. — С. 36–53.
2. Линник П.М., Морозова А.О. Десорбція сполук азоту, фосфору і заліза з донних відкладів за дії різних чинників // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — К.: Обрій, 2006. — С. 73–81.
3. Линник П.Н. Донные отложения водоемов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжелых металлов // Гидробиол. журн. — 1999. — Т. 35, № 25. — С. 97–109.
4. Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И. и др. Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. — К.: Наук. думка, 1991. — 192 с.
5. Силаева А.А., Протасов А.А., Ярмошенко Л.П., Бабарига С.П. Инвазийные виды водорослей и беспозвоночных в водоеме-охладителе Хмельницкой АЭС // Гидробиол. журн. — 2009. — Т. 45, № 6. — С. 13–24.
6. Semenchenko V., Laenko T. First record of the invasive North American gastropod *Ferrissia fragilis* (Tryon, 1863) from the Pripyat River basin, Belarus // Aquatic Invasions. — 2008. — V. 3, N 1. — P. 80–82.
7. Ляшенко А.В., Слепнёв А.Е. Находка *Melanooides tuberculata* (Muller, 1774) в водоеме-охладителе Южно-Украинской атомной электростанции // Эколого-функциональні та фауністичні аспекти дослідження молюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. — Житомир: ЖДУ ім. І. Франка, 2006. — С. 187–190.
8. Кесслер Г. Ядерная энергетика — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 262 с.
9. Крышев И.И., Алексахин Р.М., Рябов И.Н. и др. Радиоактивное загрязнение районов АЭС — М.: Ядерное общество СССР, 1990. — 150 с.
10. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. — М.: ИздАТ, 2010. — 496 с.
11. Романенко В.Д. Основы гидроэкології. — К.: Обереги, 2001. — 730 с.
12. Кузьменко М.І., Гудков Д.І., Кіреєв С.І. та ін. Техногенні радіонукліди у прісноводних екосистемах. — К.: Наук. думка, 2010. — 263 с.
13. Тимченко В.М. Экологическая гидрология водоемов Украины. — К.: Наук. думка, 2006. — 384 с.

В.Д. Романенко, М.И. Кузьменко, С.А. Афанасьев,
Д.И. Гудков, П.Н. Линник, А.А. Протасов,
В.М. Тимченко, В.И. Юришинец, В.М. Якушин

Институт гидробиологии
Национальной академии наук Украины
просп. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

Проанализированы экологические проблемы прилегающих к АЭС естественных и искусственных водоемов, в частности водоемов-охладителей, которые испытывают комплексную антропогенную нагрузку: тепловой сброс, химическое загрязнение, эвтрофикацию, механический стресс, а также дополнительное облучение искусственными радионуклидами. Рассмотрены гидрологические и гидрохимические процессы в условиях повышенных температур водной среды, продукционно-деструкционные процессы и формирование качества воды, биологические помехи, потенциальные паразитарные угрозы, а также поведение радионуклидов и радиоэкологические риски для гидробионтов в водных экосистемах. Изложены основные проблемные задачи гидроэкологической безопасности АЭС.

Ключевые слова: техно-экологическая система, атомная электростанция, водоем-охладитель, гидробионты, химическое и радионуклидное загрязнение.

V. Romanenko, M. Kuzmenko, S. Afanasyev,
D. Gudkov, P. Linnik, A. Protasov,
V. Timchenko, V. Yurishinets, V. Yakushin

Institute of Hydrobiology
of the National Academy of Sciences of Ukraine
12 Geroyev Stalingrada Ave., Kyiv, 04210, Ukraine

HYDROECOLOGICAL SAFETY OF NUCLEAR
POWER ENGINEERING IN UKRAINE

The ecological problems of natural and artificial reservoirs adjoining to the nuclear power plants are analyzed, in particular cooling ponds, which are influencing of all complexes of anthropogenic factors: thermal discharge, chemical pollution, eutrophication, mechanical stress, and additional irradiation by man-made radionuclides. The hydrological and hydrochemical of processes in condition of the high temperatures of aquatic environment, productional and destructional processes and forming of water quality, biological obstacles, potential vermin threats, and also behaviour of radionuclides and radioecological risks for hydrobionts in aquatic ecosystems are considered. The basic problem tasks of hydroecological safety of nuclear power engineering are stated.

Keywords: technoeological system, nuclear power plant, cooling pond, hydrobionts, chemical and radioactive contamination, monitoring.

Стаття надійшла 01.03.2012 р.

С.В. КОЛОТІЛОВ

НАНОМАГНЕТИКИ З ПОРИСТОЮ СТРУКТУРОЮ ТА ЇХ СОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Наукове повідомлення молодого вченого на засіданні Президії НАН України
15 лютого 2012 року

У повідомленні наведено результати досліджень нових наноманетиків з пористою структурою. Встановлено фактори, що впливають на магнітні властивості таких систем, досліджено вплив адсорбції/десорбції діамантних субстратів на магнітні властивості пористих координаційних полімерів, а також розроблено нові підходи до створення сполук і композитів, що поєднують феро- або ферімагнітні властивості зі здатністю сорбувати задані субстрати. Окреслено можливі сфери застосування таких наноманетиків, зокрема проведення біохімічних або медичних аналізів.

Інтерес до наноманетиків з пористою структурою зумовлений унікальним поєднанням фізичних властивостей, що притаманне сполукам і композитам цього класу, а також матеріалам на їх основі. Поряд зі здатністю сорбувати певні субстрати такі речовини і композити мають перспективні для практичного застосування магнітні властивості. Завдяки цьому наноманетики з пористою структурою розглядають як основу для створення нових магнітних матеріалів, властивості яких змінюються в разі заповнення пор субстратами, а також як сорбенти, що можуть вилучатися із середовищ під дією магнітного поля. Матеріали на основі пористих наноманетиків можуть знайти застосування при створенні активних елементів магнітних сенсорів, а використання магнітних сорбентів дасть змогу істотно спростити ряд процедур виділення заданих речовин з рідин, що важливо, зокрема, в медичній діагностиці.

В останні роки до наноманетиків відносять об'єкти різних класів: такі як поліядерні комплекси (частинки, що містять кілька іонів металів, зв'язаних іншими атомами,

іонами або відносно короткими містковими групами), координаційні полімери (сполуки полімерної будови, утворені за участю координаційних зв'язків — зв'язків іонів металу з іншими атомами), а також нанорозмірні частинки оксидів перехідних металів або самих металів [1]. Поліядерні комплекси вважають наноманетиками завдяки розміру молекули, що перебуває в нанодіпазоні, а координаційні полімери містять нанорозмірні «структурні блоки», а в деяких випадках нанорозмірні пори. Оскільки магнітні властивості поліядерних комплексів і координаційних полімерів визначаються характеристиками окремих молекул чи металовмісних структурних блоків у складі полімеру, такі сполуки часто називають «молекулярними манетиками» [1, 2]. Роботи з дослідження молекулярних манетиків проводяться в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського з середини 90-х років [2].

Магнітні властивості поліядерних комплексів і наночастинок визначаються так званними обмінними (або магнітними) взаємодіями спінів неспарених електронів, що знаходяться на орбіталях іонів металів. Енергія таких взаємодій пропорційна параметру J , який можна вважати однією з основних ха-

рактик магнітно-зв'язаних систем. Обмінні взаємодії можуть зумовлювати паралельну чи антипаралельну орієнтацію «сусідніх» спінів. Такі випадки мають назву феромагнітних або антиферомагнітних взаємодій і характеризуються додатними або від'ємними значеннями J відповідно.

Незважаючи на порівняно значну кількість робіт, присвячених розробленню шляхів синтезу пористих координаційних полімерів і магнітних наночастинок, актуальним завданням є встановлення факторів, що впливають на магнітні властивості таких систем, дослідження впливу адсорбції/десорбції діамагнітних субстратів на магнітні властивості координаційних полімерів, а також пошук підходів до створення сполук і композитів, що поєднують феро- або ферімагнітні властивості зі здатністю сорбувати задані субстрати. Нагадаємо, що діамагнетиками називають речовини, які майже не взаємодіють з магнітним полем (строго кажучи, дуже слабо виштовхуються з магнітного поля); феро- або ферімагнетиками, навпаки, втягуються в магнітне поле, причому досить сильно.

Можна запропонувати два основних підходи до створення наномагнетиків з пористою структурою. Перший підхід полягає у «складанні» пористої кристалічної ґратки з окремих поліядерних молекул (або іонів). У цьому разі магнітні властивості утвореної пористої речовини визначаються переважно властивостями окремих блоків, а характеристики пористої структури (площа поверхні, об'єм пор) залежать від способу «складання» таких «молекулярних цеглинок». Другий підхід ґрунтується на створенні композитів введенням магнітних наночастинок у пористу матрицю певної структури або формуванням магнітних наночастинок у порах готового сорбенту. Магнітні властивості такої системи визначатимуться властивостями наночастинок, а сорбційні характеристики — будовою пористої матриці (з урахуванням того, що частина пор може бути зайнята магнітними наночастинами). Відповідно, властивості й галузі застосування речовин і композитів,

отриманих за цими двома підходами, дещо відрізнятимуться. Магнітні властивості координаційних полімерів чутливіші до заповнення пор різними субстратами, однак для руху таких речовин у середовищі потрібно створити зовнішнє магнітне поле дуже високої напруженості. Навпаки, композити магнітних наночастинок у пористих матрицях легко рухаються під дією «звичайного» постійного магніту, проте навряд чи можна очікувати, що магнітні властивості таких систем помітно змінюватимуться при заповненні пор іншими речовинами.

Прикладом пористого координаційного полімеру, магнітні властивості якого змінюються залежно від наявності діамагнітних молекул у порах, може бути сполука $[\{Fe_3O(HCO_2)_6\}\{Mn(HCO_2)_3(H_2O)_3\}]_n \cdot 3,5nHCO_2H$. Цей комплекс утворено за допомогою зв'язування триядерних катіонів $\{Fe_3O(HCO_2)_6\}^+$ аніонами $\{Mn(HCO_2)_3(H_2O)_3\}^-$ у двовимірні шари, в яких формуються гексагональні пори, що нагадують бджолині стільники (рис. 1). Ці пори, а також простір між шарами заповнено молекулами мурашиної кислоти HCO_2H (що входить до складу реакційної суміші, в якій утворюється цей координаційний полімер). Виявилось, що видалення мурашиної кислоти з пор і заміна її молекулами води приводить до істотної зміни магнітної сприйнятливості координаційного полімеру, а параметр J , що характеризує обмінні взаємодії триядерних блоків між собою та з аніонами $\{Mn(HCO_2)_3(H_2O)_3\}^-$, змінюється в дев'ять разів [3]. Цей ефект виявляється за температур, нижчих від $-200^\circ C$, однак нещодавно було показано, що заповнення пор діамагнітними молекулами може спричинити двократну зміну магнітної сприйнятливості пористого координаційного полімеру навіть за кімнатної температури [4]. Встановлення того факту, що діамагнітні молекули можуть впливати на магнітні властивості координаційних полімерів, є важливим результатом фундаментальних досліджень.

Важливою проблемою є визначення причин, що приводять до зміни магнітних властивостей сорбенту при заповненні або звільненні

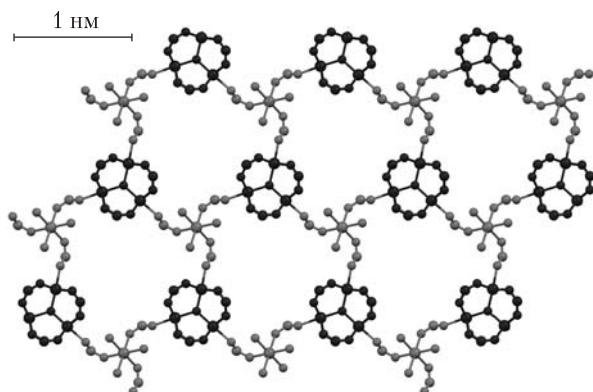


Рис. 1. Фрагмент кристалічної ґратки $[\{Fe_3O(HCO_2)_6\}\{Mn(HCO_2)_3(H_2O)_3\}]_n$. Темним кольором позначено триядерні катіони $\{Fe_3O(HCO_2)_6\}^+$, світлим — аніони $\{Mn(HCO_2)_3(H_2O)_3\}^-$. Порожнини заповнено молекулами мурашиної кислоти; ці молекули, а також усі атоми водню на рисунку не показано

його пор. Оскільки магнітні властивості таких систем визначаються взаємодією неспарених електронів, зрозуміло, що будь-який чинник, який змінює стан (енергію) електронів на орбіталях іонів металів або впливає на «шлях взаємодії» електронів (так званий «обмінний канал»), спричинятиме зміну магнітної сприйнятливості пористої матриці. Стан електронів на орбіталях і «шлях» їх взаємодії, у свою чергу, визначаються структурою речовини (довжинами зв'язків між окремими атомами, кутами між такими

зв'язками тощо), а також так званою електронною будовою сполуки — передусім часом, упродовж якого електрони перебувають на тих чи інших атомних і молекулярних орбіталях, і ступенем делокалізації електронної густини. Отже, завдання зводиться до відповіді на запитання: «Як саме заповнення або звільнення пор сорбенту впливає на його просторову і електронну будову?»

Інформацію про електронну будову металовмісних сполук можна отримати за допомогою спектральних методів. Зокрема, було показано, що найбільшого впливу діаманітних субстратів на магнітні властивості пористого координаційного полімеру можна досягти в разі, якщо такий субстрат зв'язується безпосередньо з іоном металу [4]. Разом з тим визначити просторову будову речовини на різних стадіях заповнення пор не просто. Більшість методів, які можна було б для цього застосувати (наприклад, метод рентгеноструктурного аналізу), придатні для визначення будови зразків, кристалічна ґратка яких ідеально впорядкована. Такі монокристалічні зразки можна одержати, але будь-яка зміна їхнього складу (в тому числі видалення будь-яких молекул з пор або заміна таких молекул на інші) призводить до порушення ідеального впорядкування, що унеможливує застосування методів структурних досліджень. У такому разі деякі відомості

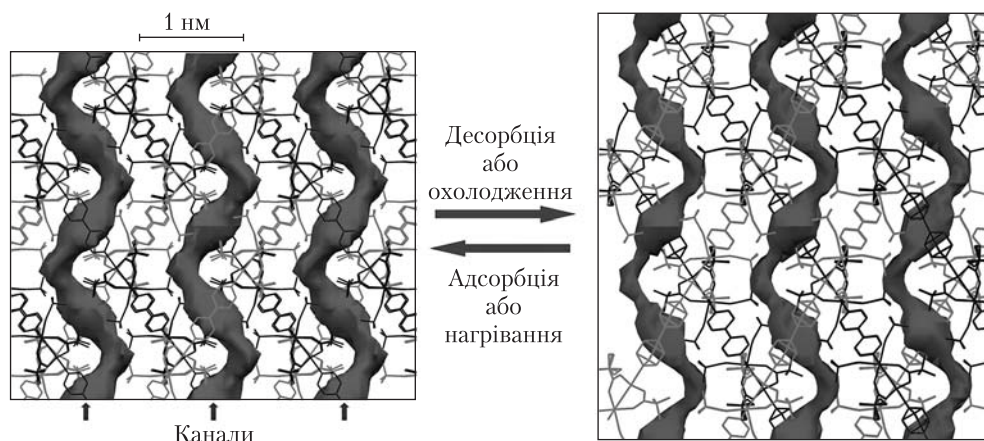


Рис. 2. Зміна форми каналів у пористому координаційному полімері $[Fe_2NiO((CH_3)_3CCO_2)_6(biru)_{1.5}]_n$ ($biru = 4,4'$ -біпіридин) залежно від температури та наявності субстратів у порах

про структуру сорбенту на різних стадіях заповнення пор можна отримати непрямыми методами. Було встановлено, що в деяких випадках зміна температури спричинює зміну форми й об'єму пор (каналів) у координаційному полімері, які збігаються зі структурними змінами під час заповнення цих каналів молекулами субстратів (рис. 2) [5].

Таким чином, щоб зрозуміти, що відбувається при заповненні або вивільненні пор, часто достатньо встановити будову зразка за іншої температури (що з погляду експериментальних досліджень дуже просто). Ще один підхід до вирішення цієї проблеми може базуватися на дослідженні структури зразків, спеціально виділених із різних розчинників, що різняться співвідношенням кількості координаційної сполуки-«хазяїна» до розчинника-«гостя». Логічно припустити, що будова таких сполук певною мірою моделює будову зразків на різних стадіях адсорбції субстратів [6]. Порівняння будови низки «модельних сполук» з різним вмістом захоплених молекул розчинника, які спеціально синтезовано в умовах, що дають змогу виділити монокристалічні зразки для рентгеноструктурного аналізу, також дозволяє дійти висновків про можливі зміни структури сорбенту при його десольватації або ресольватації.

Як приклад наномангнетика з пористою структурою на основі оксидних наночастинок можна навести композит, одержаний «виросуванням» нанопористого матеріалу структурного типу МСМ-41 за наявності магнітних наночастинок Fe_3O_4 . За хімічним складом МСМ-41 є пористою модифікацією SiO_2 , а пори утворюються завдяки особливостям процесу осадження цієї речовини з розчину (діаметр пор-каналів становить близько 3 нм). Наночастинок Fe_3O_4 мають розмір ~ 15 нм — вони не можуть розміститися в каналах пористої матриці, а просто «захоплюються» нею в процесі росту [7, 8]. Вибір саме таких наночастинок зумовлений їх низькою вартістю і простотою отримання, що важливо для широкого використання магнітного сорбенту. Хоча магнітні наночастинок можуть блокувати деякі канали

МСМ-41, значення площі поверхні й об'єму пор утвореного магнітного сорбенту є на рівні аналогів, що нині використовуються, а магнітні характеристики достатні для того, щоб сорбент можна було виділяти з розчинів під дією звичайного постійного магніту. Одержані сорбенти здатні зв'язувати багато різних субстратів, а за допомогою модифікації поверхні (створення селективних покриттів) можна досягти вилучення заданих молекул із сумішей.

Переваги сорбентів такого типу перед звичайними «немагнітними» матеріалами полягають у можливості швидкого їх вилучення з рідин, у тому числі з гетерогенних середовищ. Це може стати особливо корисним під час проведення біохімічних або медичних досліджень, наприклад, аналізу крові на предмет наявності певних протеїнів, вірусів чи клітин, у тому числі ракових. Ілюстрацією таких можливостей може бути вилучення імуноглобулінів з крові за допомогою магнітного сорбенту на основі наночастинок Fe_3O_4 , на яких іммобілізовано протеїн А (цей протеїн специфічно зв'язує імуноглобуліни). Сорбент, на поверхні якого сконцентровано імуноглобуліни, можна виділити з препарату, просто «витагнувши» його постійним магнітом; при цьому інші суспендовані частинки (такі, як клітини крові) залишаються в рідині, а попереднє фільтрування препарату не є необхідним. Після цього сорбент переносять у буферний розчин з певним значенням рН, де зв'язок протеїну А з імуноглобулінами розривається — імуноглобуліни залишаються в розчині, а сорбент, як і в попередньому випадку, можна просто «витагнути» магнітом [9, 10].

Подальші роботи в галузі наномангнетиків з пористою структурою можуть бути спрямовані в кількох напрямках. Важливим завданням є підвищення селективності взаємодії з субстратами, що вкрай потрібно для створення сенсорів щодо отруйних молекул, забрудників, компонентів вибухівки тощо. Наразі показано вплив адсорбції діамантних молекул на магнітні характеристики сорбентів, проте цікавою фундаментальною проблемою є встановлення того, чи впливає

магнітне поле на сорбційні характеристики пористих сполук. Нарешті, необхідно умовою використання створених композитів у цілях медичної діагностики, транспортування лікарських препаратів тощо виступає проведення їх практичних випробувань.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Gatteschi D., Sessoli R., Villain J.* Molecular nanomagnets. — New York: Oxford University Press, 2006. — 399 p.
2. *Павліщук В.В.* Молекулярний магнетизм поліядерних комплексів 3d-переходних металів // Теорет. і експерим. химія. — 1997. — Т. 33. — С. 341–361.
3. *Lytvynenko A.S., Kolotilov S.V., Cadore O. et al.* Porous 2D coordination polymeric formate built up by Mn(II) linking of Fe₃O units: influence of guest molecules on magnetic properties // Dalton Trans. — 2009. — V. 18. — P. 3503–3509.
4. *Пат. № 65704* Україна. Активні елементи хімічних сенсорів на основі координаційного полімеру кобальту(II) для детектування і кількісного визначення речовин, що містять донорні атоми / Ю.А. Сацька, Р.А. Полунін, Н.П. Бурковська та ін. — Опубл. 12.12.2011.
5. *Polunin R.A., Kolotilov S.V., Kiskin M.A. et al.* Structural flexibility and sorption properties of 2D porous coordination polymers constructed from trinuclear heterometallic pivalates and 4,4'-bipyridine // Eur. J. Inorg. Chem. — 2011. — V. 32. — P. 4985–4992.
6. *Pavlishchuk A.V., Kolotilov S.V., Zeller M. et al.* Magnetic and Sorption Properties of Supramolecular Systems Based on Pentanuclear Copper(II) 12-Metallacrown-4 Complexes and Isomeric Phthalates: Structural Modeling of the Different Stages of Alcohol Absorption // Eur. J. Inorg. Chem. — 2011. — V. 31. — P. 4826–4836.
7. *Kolotilov S.V., Shvets O.V., Cadore O. et al.* Synthesis, structure and magnetic properties of porous magnetic composite, based on MCM-41 molecular sieve with Fe₃O₄ nanoparticles // J. Solid State Chem. — 2006. — V. 179, N 8. — P. 2426–2432.
8. *Пат. № 17038* Україна. Спосіб приготування магнітного сорбенту на основі пористих матриць з інкорпорованими магнітними наночастинками / С.В. Колотілов, О.В. Швець, Н.В. Касьян та ін. — Опубл. 15.09.2006.
9. *Пат. № 10467* Україна. Спосіб приготування магнітного нанорозмірного сорбенту для імунологічних і біохімічних об'єктів / В.В. Павліщук, С.В. Колотілов, Б.А. Снопко та ін. — Опубл. 15.11.2005.
10. *Колотілов С.В., Болтовець П.Н., Снопко Б.А., Павліщук В.В.* Наноразмерный магнитный композит для извлечения γ-иммуноглобулинов из биологических сред // Теор. и эксперим. химия. — 2006. — Т. 42. — С. 204–209.



Сергій Володимирович КОЛОТІЛОВ

Кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник лабораторії спектроскопії полімерів Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України.

У 1999 р. закінчив з відзнакою хімічний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка і вступив до аспірантури Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. 2002 року захистив кандидатську дисертацію на тему «Синтез, структура, спектральні, магнетохімічні і редокс-властивості поліядерних комплексів нікелю(II) з оксимвісними лігандами» (науковий керівник – член-кореспондент НАН України В.В. Павліщук).

Є співавтором 52 наукових статей та 7 патентів України. Голова Ради молодих учених і спеціалістів Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України (з 2007 р. і дотепер).

Лауреат премії НАН України для молодих учених 2004 р. (у співавторстві з к.х.н. К.С. Гавриленко і к.х.н. О.І. Приходько). В 2007 р. нагороджений медаллю НАН України «Талант, натхнення, праця». Лауреат премії Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок за 2010 р. (разом з к.х.н. К.С. Гавриленко).

Коло наукових інтересів – магнітні і сорбційні властивості пористих координаційних полімерів 3d- і 4f- металів; магнетизм поліядерних комплексів 3d- і 4f- металів; сорбційні і магнітні властивості композитів на основі пористих кремнеземів і магнітних наночастинок, мультифункціональні матеріали.

А.В. СМІХУЛА

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕКОНСТРУКЦІЇ КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Наукове повідомлення молодого вченого на засіданні Президії НАН України
15 лютого 2012 року

У повідомленні висвітлено основні технологічні засади реконструкції морально і конструктивно застарілого котельного обладнання з метою наближення основних показників до сучасного світового рівня. Реконструкція існуючих котлів від 4 МВт, на відміну від їх заміни, потребує значно менших капітальних вкладень, дозволяє знизити витрати природного газу та поліпшити екологічні показники.

Теплоенергетика України є базовою галуззю економіки і найбільшим споживачем природного газу. Енергетичні, промислові та опалювальні котли потужністю від 100 кВт і вище, що споживають понад 15 млрд м³/рік природного газу в Україні, розроблені ще в 60–70-ті роки ХХ ст., сьогодні морально і конструктивно застаріли, мають ККД, нижчий від сучасного рівня на 5–15%, з високими викидами в атмосферу оксидів азоту.

Однак котли, що перебувають в експлуатації, зокрема котли типів ТВГ і КВГ, розроблені Інститутом газу НАН України [1], досить надійні, що підтверджується безперебійністю тепло- та енергопостачання навіть за екстремально низьких температур, хоча нині майже всі вони відпрацювали заводський ресурс.

Заміна котельного обладнання, починаючи орієнтовно з котлів потужністю 4 МВт, потребує істотних капітальних затрат, а реконструкція цих котлів з наближенням їхніх основних показників до сучасного світового

рівня становитиме всього 20–40% вартості закупівлі й монтажу нового котла.

Основними цілями реконструкції котлів обрано такі:

- 1) подовження ресурсу експлуатації котлів ще на один заводський термін;
- 2) підвищення енергоефективності до рівня окупності впроваджуваних технологій;
- 3) доведення питомих викидів в атмосферу забруднювальних речовин до світових показників.

Котельне господарство України — концептуально і конструктивно було розраховане на використання дешевого палива [2], про що свідчать наступні факти:

- максимально спрощувались конструкції котлів та обладнання, що давало можливість спростити технології виробництва і зекономити метал, в тому числі високоякісні леговані сталі та інші високовартісні елементи і матеріали;
- установа контролю-вимірювальних приладів здійснювалось у мінімально можливому варіанті, а комплексна автоматика котла встановлювалась у поодиноких експериментальних цілях, а після проведення експериментів, як правило, вимикалась персоналом;

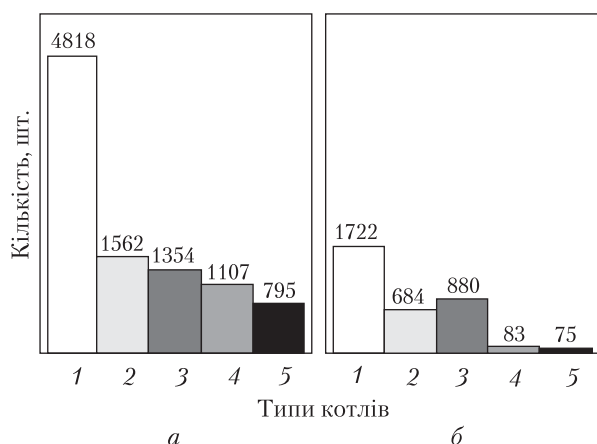


Рис. 1. — Кількість різних типів котлів потужністю 1–10 МВт, що експлуатуються (а), та кількість котлів, що відпрацювали понад 30 років і потребують реконструкції (б); 1 — загальна кількість котлів; 2 — ТВГ; 3 — ДКВР; 4 — котли інших типів; 5 — КВГ

- відомі також випадки, коли в результаті раціоналізаторських пропозицій досягали економії чорного металу (сталі 20), але при цьому зростали витрати палива (наприклад, ТВГ-8 і реконструйований ТВГ-8М).

Отже, потрібно привести технології, що використовуються в котлах при спалюванні палива, до економічно обґрунтованих з урахуванням ціни на паливо (природний газ).

Серед цих технологій доцільно виділити три основні групи:

Наприклад, серед котлів потужністю 1–10 МВт (рис. 1) котли з подовими паливниками типу ТВГ, КВГ та частково ДКВР становлять близько 50% загальної кількості, тому їх реконструкція є однією з пріоритетних [3].

З метою розроблення технології реконструкції застарілих подових палинкових пристроїв, які використовують у котлах ТВГ, КВГ та частково ДКВР, необхідно було вирішити такі наукові завдання:

1. Провести дослідження стабілізації відірваних турбулентних струменів природного газу на вертикальній керамічній поверхні (щілині) залежно від швидкості витоку газу, кута атаки струменів, діаметра та кроку соплових отворів.

2. Дослідити умови утворення оксидів азоту залежно від конструкційних параметрів паливника.

Для вивчення стабілізації полум'я природного газу на вертикальній поверхні (щілині) було створено лабораторний стенд і під керівництвом д.т.н., проф. І.Я. Сігала проведено експериментальні дослідження. Встановлено, що діапазон оптимальної відстані від соплового апарату до стінки щили-

ни становить $15 < L/d_0 < 30$, де d_0 – діаметр сопла, мм, L – відстань від зрізу сопла до щілини по його геометричній осі, мм; визначено залежність кута, під яким струмені газу подаються на стабілізатор (вертикальну поверхню щілини), від діаметра сопла. Для подового пальника встановлено залежність довжини факела L_{ϕ} від ширини щілини $a_{\text{щ}}$ та критерію Рейнольдса $L_{\phi}/a_{\text{щ}} = A \cdot \text{Re}^{0.17}$ (A – емпіричний коефіцієнт, що залежить від кроку сопел s/d_0 , s – відстань між сусідніми соплами в ряду, і для оптимального $6 < s/d_0 < 15$ рівний 4) та інші фактори [4, 5]. В результаті проведених досліджень було оптимізовано щілину і сам палинковий пристрій, зокрема, розроблено спеціальні калібровані сопла. Головна перевага каліброваних сопел перед отворами полягає в тому, що геометрія сопла витримується впродовж усього періоду експлуатації палинкового пристрою, що особливо важливо під час роботи котлів за режимними картами (майже всі котли потужністю до 10 МВт). Разом з палинками на котлі ТВГ-8М було випробувано нову конвективну поверхню нагрівання конструкції Є.М. Лавренцова з труби $\text{Ø}32 \times 3$ мм замість заводської $\text{Ø}28 \times 3$ мм (рис. 2) [6].

На основі проведених лабораторних досліджень зі стабілізації полум'я природного газу на вертикальній поверхні (щілині) вперше розроблено потужний подовий щілинний палиник потужністю 5 МВт/погонний метр колектора для встановлення його у холодній воронці котлів ПТВМ-50 та ПТВМ-100. Реконструкція топковий камери з використанням не задіяного повною мірою нижнього екранування топкової камери дає змогу збільшити площу ефективних поверхонь нагрівання ($F_M = F + F_n$, де F_n – поверхня поду, яка працює неефективно), що підвищить ККД котла (критерій Больцмана (Bo) при цьому зменшується), і віддалити геометричний максимум температур від першого конвективного пакета, що подовжує його ресурс завдяки збільшенню параметра $M = 0,54 - 0,2x_n$, що враховує максимум температур, де x_n – відносне положення

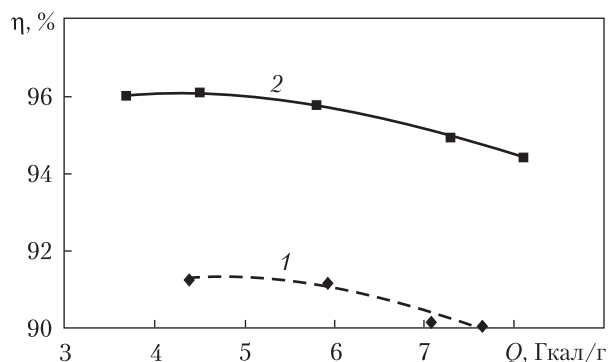


Рис. 2. Залежність ККД котла ТВГ-8М від навантаження до (1) та після (2) модернізації

максимуму температури факелу по висоті топки. Безрозмірна температура на виході з топки відповідно зменшується: $\theta''_T = 1/(M \cdot (a_T/Bo)^{0.6} + 1)$, де a_T – ступінь чорноти топкової камери [7, 8].

Палинки типу ГМ, ГМП та ГМГ до котлів ДЕ та ДКВР можуть працювати на двох типах палива – природному газі та мазуті. Відповідно конструкцію було оптимізовано на спалювання складнішого з точки зору спалювання – мазуту (наприклад, закручування повітря виконано так, щоб під час спалювання мазуту він не потрапляв на топкові екрани), по осі палиника змонтовано мазутну форсунку, що не дає можливості застосувати повітряний незакручений струмінь для організації стадійного спалювання природного газу. Крім того, природний газ подається крізь отвори, які змінюють геометрію під час експлуатації, і через деякий проміжок часу необхідно уточнювати режимну карту. Розроблено та запатентовано реконструкцію цих палиників у виключно газові палиники двостадійного спалювання, що дасть змогу підвищити ККД котлів на 1–2% та істотно знизити викиди оксидів азоту. Наприклад, у пристроях типу ГМГ в Україні спалюється близько 3 млрд м³ природного газу (установлені в котлах ДКВР – найпоширеніший котел на спиртових заводах та інших промислових підприємствах), що в разі їх реконструкції за запатентованою схемою дасть можливість зекономити понад 50 млн м³

природного газу за рік (за комерційної ціни газу 4 грн/нм³ економія становитиме близько 200 млн грн/рік).

ВИСНОВКИ

1. Майже всі котли в Україні (пальники, поверхні нагрівання, допоміжне обладнання, автоматика тощо) побудовані із застосуванням технологій 60-х років, в основі концепції яких закладено використання дешевого палива. Відповідно (за неможливості заміни) вони потребують реконструкції з впровадженням нових технологій, що враховують сучасний стан цін на енергоносії, передусім на імпортований природний газ.

2. Розроблено, випробувано та впроваджено щільні подові пальники нового покоління потужністю 3, 12, 26 МВт з каліброваними соплами та удосконаленою щільною, що можуть бути встановлені в котлах типів ТВГ, КВГ, частково ДКВР та ПТВМ, завдяки чому підвищиться ефективність роботи котлів (ККД на 1,5–2%, покращиться надійність роботи пальникових систем, у 4 рази збільшиться міжремонтний період для пальників).

3. Розроблено двостадійні пальники другого покоління зі спеціальним вогнетривким насадком, що можуть бути застосовані під час реконструкції котлів ДЕ, ДКВР, ПТВМ та інших зі зниженими викидами оксидів азоту.

4. Котли в котельнях, що не використовують мазут, потрібно оснастити пальниками, що спалюють виключно природний газ, що дасть змогу істотно знизити викиди оксидів азоту, збільшити коефіцієнт регулювання пальників до 6–10 та підвищити ККД котлів на 1–2%.

5. Варто підвищувати ККД котлів збільшенням поверхонь нагрівання (наприклад, заміною стандартної котлової труби Ø28 мм конвективної поверхні на трубу Ø32 мм), хоча це потребує використання додаткового металу. Технології ж глибокої утилізації те-

плоти димових газів потребують значних витрат через застосування нержавіючих сталей та необхідність модернізації цегляної (металевої) димової труби, що без реконструкції може бути зруйнована конденсатом упродовж одного опалювального періоду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сигал І.Я., Лавренцов Е.М. Газовые водогрейные промышленно-отопительные котлы. — К: Техніка, 1967. — 144 с.
2. Сигал І.Я., Домбровська Е.П., Смихула А.В. та ін. Аналіз стану котельного господарства України з метою модернізації, продовження ресурсу чи заміни котлів малої і середньої потужностей // *Екотехнологии и ресурсосбережение* — 2003. — № 6. — С. 76–79.
3. Сигал І.Я., Домбровская Э.П., Смихула А.В. К вопросу о модернизации котельного хозяйства Украины // *Екотехнологии и ресурсосбережение*. — 2004. — № 3. — С. 66–69.
4. Смихула А.В., Сигал І.Я. Продление ресурса и модернизация муниципальных водогрейных котлов средней и большой мощности // *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: Матер. XVI конф. стран СНГ с междунар. участием (6–10 июня 2006, Севастополь, Украина)*. — С. 38–40.
5. Сигал І.Я., Лавренцов Е.М., Смихула А.В., Домбровская Э.П. Разработка методов и оборудования для продления ресурса и повышения КПД действующих котлов ТВГ-КВГ, которые отапливают жилые и промышленные комплексы // *Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»*: Зб. наук. ст. — К.: Інститут електроварювання ім. Є.О. Патона НАН України, 2009. — С. 339–343.
6. Лавренцов Е.М., Сигал І.Я., Смихула А.В. и др. Модернизация водогрейных котлов ТВГ // *Энерготехнологии и ресурсосбережение* — 2010. — № 6. — С. 70–76.
7. Кузнецов Н.В., Митор В.В., Дубовской И.Е., Красина Э.С. Тепловой расчет котельных агрегатов: Нормативный метод. — М.: Энергия, 1973. — 295 с.
8. Сигал І.Я., Смихула А.В., Дубоший А.Н., Домбровская Э.П. Повышение эффективности и продление ресурса котлов типа ПТВМ // *Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: Матер. XVIII междунар. конф. (10–14 июня 2008, Ялта, Украина)*. — С. 122–126.



Анатолій Володимирович СМІХУЛА

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу захисту атмосферного повітря від забруднення Інституту газу НАН України.

У 2002 р. закінчив теплоенергетичний факультет Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» й вступив до аспірантури Інституту газу НАН України. 2007 року захистив кандидатську дисертацію на тему: «Розробка та дослідження потужних подових щільних пальників для водогрійних башових котлів» (науковий керівник — д.т.н., проф., засл. діяч науки і техніки України І.Я. Сігал).

Має державні та академічні премії і відзнаки: 2002–2003 рр. — стипендіат Президента України; 2003 р. — диплом про отримання 3 премії Київської міської державної адміністрації за роботу на тему: «Зменшення викиду парникових газів котельним господарством м. Києва, модернізація застарілих типів котлів та продовження їх ресурсу»; 2009 р. — відзнака НАН України

для молодих учених «Талант, натхнення, праця»; 2011 р. — грамота Ради старійших енергетиків України за активну і плідну працю в організації та проведенні ІХ всеукраїнського конкурсу «Молодь — енергетиці України 2010: відкритий конкурс молодих енергетиків».

Є автором 22 наукових статей у вітчизняних періодичних та спеціальних виданнях, 9 патентів України.

Коло наукових інтересів — теплоенергетика, горіння, альтернативні палива. Керує науковими роботами студентів. Голова Державної комісії по захисту дипломних проектів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» студентів по спеціальності «Теплові електричні станції» кафедри «Теплоенергетичні установки теплових та атомних електростанцій» НТУУ «КПІ».

Я.С. ЯЦКІВ, А.І. РАДЧЕНКО

ПРО ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДАННЯ НАУКОВИХ ЖУРНАЛІВ В УКРАЇНІ

У статті висвітлено ситуацію, що склалася на сьогодні в Україні з виданням наукової фахової періодики. Детальніше розглянуто періодичні видання Національної академії наук України. Викладено основні зауваження та пропозиції щодо вимог до наукових фахових видань, нову редакцію яких нещодавно було запропоновано до розгляду Департаментом атестації кадрів Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Україна проголосила прагнення до євроінтеграції. І це, на думку багатьох громадян України, єдине правильне рішення й єдино можливий шлях, який необхідно пройти достойно. З європейським простором варто інтегруватися на рівні знань і всебічної міжвідомчої та міжінституційної співпраці у сфері науки, інновацій та інформатизації. Однак інтеграцію легко проголосити, та важко здійснити. Причин цьому багато, проте, на нашу думку, найголовнішою є та, що за радянських часів не було культу власності й багатства, а після розпаду СРСР основним кредо більшості людей стало збагачення будь-якою ціною. І не лише фінансове збагачення, а й безпідставне накопичення статусних звань, ступенів, відзнак, нагород тощо. Духовні й моральні цінності, професійна етика та вимогливість до якості кінцевого результату, на жаль, відійшли на другий план і в науковій сфері.

Шлях до фальшивого підвищення статусу легше вторувати у формалізованому світі, в якому основними умовами для здобуття звань і нагород є формальні вимоги, що жодним чином не враховують власне якості наукового «продукту» — монографії, розробки, навчального курсу, статті. Це пояснює посилену увагу до наукової видавничої продукції, й передусім — до наукової періодики. Друковані чи електронні періодичні видання є необхідним елементом розвитку науки і технологій, засобом здійснення комунікації між ученими. Надзвичайно важливо, щоб це був

якісний інформаційний елемент, щоб у кожному виданні було передбачено жорсткий відбір публікацій, відфільтрування вторинних, незначущих, псевдонаукових статей.

Натомість сьогодні ми маємо формальні, переважно кількісні, вимоги до наукових публікацій та наукових фахових видань, перелік яких традиційно затверджувала Вища атестаційна комісія України. Тепер цю функцію передано Департаменту атестації кадрів (ДАК) при МОНмолодьспорт України. Украй небажано, щоб і надалі збереглися формальні підходи до формування зазначеного списку і наявні негативні тенденції розвитку вітчизняної наукової періодики.

Коротко проаналізуємо ситуацію з фаховими науковими періодичними виданнями в Україні.

По-перше, у світі і, відповідно, в Україні з кожним роком зростає кількість періодичних наукових видань і кількість наукових статей у них. Статті стають коротшими, а переліки посилань при них — довшими з метою підвищення індексів цитувань. Водночас зростають світові вимоги до наукової періодики, адже всі видання, а особливо видання відомих видавництв та інституцій, зацікавлені у входженні до міжнародних наукометричних і реферативних баз. Тому впроваджується жорсткіший відбір статей шляхом підвищення рівня рецензування.

На жаль, в Україні в багатьох наукових виданнях немає ефективних заходів рецензування та відбору статей до друку. Чому так? Тому, що метою публікації є не прагнення

оприлюднити нові результати, здобутки чи міркування, не наукова цінність, навіть не гонитва за вищим індексом цитування, а необхідність задовольнити формальні вимоги до кількості публікацій для отримання наукового ступеня, звання чи посади.

По-друге, термін «ефективність наукового періодичного видання» вельми розпливчастий — ним можуть позначати наповнюваність портфеля, розмір читацької аудиторії, комерційну складову, вагомість публікованих у виданні досліджень і статус їхніх авторів. Крок до чіткішого встановлення рівня ефективності наукових видань і наукових досліджень було зроблено під час запровадження наукометричних показників, однак разом з тим зростає кількість критичних відгуків щодо їх застосування. Наголосимо, що системі оперування відомими на сьогодні наукометричними показниками закидають передовсім надмірну формалізованість в оцінюванні наукової праці.

Імовірно, консенсус полягає в тому, що наукометричний показник має бути одним із параметрів оцінювання наукового видання та роботи науковця. Інші критерії мають враховувати специфіку конкретних галузей науки та наукову складову. За набором таких параметрів має складатися інтегрована оцінка якості видання.

Статистика добре ілюструє ситуацію з науковою фаховою періодикою в Україні. На порталі наукової періодики Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського, яка останніми роками докладає значних зусиль, щоб стати агрегатором електронних версій відповідних видань, вже розміщено близько тисячі назв (табл. 1).

З таблиці видно, що 50% видань належить до установ, підпорядкованих Міністерству освіти і науки, молоді та спорту України. Майже всі вони започатковані навчальними закладами різного рівня акредитації. Здебільшого це різноманітні вісники, наукові записки, наукові часописи з періодичністю 2, рідше — 4 рази на рік.

Очевидно, що випуск наукової періодики не є основною функцією органів державної влади, громадських об'єднань чи приватних інституцій, але вони видають 23% наукової періодики в Україні. Зауважимо також, що 78%

таких видань мають періодичність 4 і менше чисел на рік і лише 7% виходять щомісяця.

У табл. 2 наведено розподіл видань за галузями знань. Слід зазначити, що досить часто одне видання є фаховим за кількома науковими напрямками. Тобто ці дані вказують, у якій кількості видань можна опублікувати статтю, яку буде зараховано як фахову для захисту дисертації. Лідером тут є технічні науки — у цій галузі результати досліджень можна публікувати в 113 виданнях підпорядкування МОНмолодьспорт України, 35 — НАН України та ще в 35, належних до інших відомств. Загалом це 183 видання. А далі — прості підрахунки: якщо кожне з цих видань виходить у середньому 4 рази на рік і містить близько 12 статей, то щороку з технічних наук в Україні публікується близько 9 тисяч робіт тільки в періодичних фахових виданнях! А є ж іще навчальна, довідкова, енциклопедична література, наукові монографії та неперіодичні збірники наукових праць, матеріали конференцій, праці, видані за кордоном. Якою ж має бути кількість рецензентів і членів редакційних колегій видань, щоб забезпечити належний рівень наукової фахової літератури? Якою має бути результативність технічних наук в Україні за такої кількості видань і публікацій?

Умовно за якістю наукову періодику України можна розподілити на такі групи:

1 — журнали НАН України та інших відомств з визначеним імпаکت-фактором, які видають чи перекладають англійською;

2 — видання НАН України та інших відомств, які ще не мають імпаکت-фактора, але входять до світових наукометричних баз, мають налагоджений дієвий контроль за якістю публікацій, до складу їх редколегій входять відомі закордонні вчені;

3 — академічні й університетські видання без імпакт-фактора та без участі зарубіжних учених, що мають чітку редакційну політику (редакційні колегії та редакції яких працюють ефективно, підтримуючи, зокрема, високий рівень рецензування, відповідність чинним стандартам і світовим вимогам, актуальність електронного ресурсу тощо);

4 — всі інші видання, маловідомі світовій та вітчизняній науковій спільноті.

Розглянемо детальніше наукову періодику НАН України. На сьогодні Національна академія наук України є співзасновником 86 періодичних наукових фахових видань. Серед них 4 видання є загальноакадемічними, 44 належать до Секції фізико-технічних і математичних наук, 23 — до Секції хімічних і біологічних наук і 15 — до Секції суспільних і гуманітарних наук. Крім того, НАН України є засновником науково-популярного журналу «Світогляд» і співзасновником чотирьох реферативних журналів — тематичних серій Українського реферативного журналу «Джерело» та 41 збірник наукових праць.

Слід також зазначити, що установи НАН України самостійно видають ще близько 100 наукових журналів і збірників наукових праць різної періодичності.

18 академічних журналів перевидають закордонні видавничі компанії. Більшість з них (11) видає Springer, інші — Elsevier, Begell House, Pleiades Publishing, окремі наукові установи. Два академічні журнали перевидають англійською лише в електронному вигляді.

Ще дев'ять академічних журналів виходять англійською мовою в Україні: їх готують і випускають академічні установи. Деякі з них мають лише англійську версію, інші — англо-україномовну, що виходять паралельно.

За даними представників Thomson Reuters (інформація станом на травень 2011 р.), для 18 академічних журналів обчислено імпаکت-фактор. Ще для 3 журналів цей індекс нині тільки обраховують (вони внесені до Master Journal List). Приємно зазначити, що серед цих видань є і загальноакадемічний журнал «Доповіді Національної академії наук України».

База даних Scopus індексує багато академічних журналів. Щоправда, частина з них індексується не як видання НАН України, а як журнали закордонних видавців — з минулого року Scopus припинив індексування національних версій періодичних видань за наявності англійської версії. Щоб віднайти всі українські за походженням журнали у БД Scopus, слід зважати, що будь-яка база даних є формалізова-

ною математичною системою і одержаний результат визначений передовсім правильним налаштуванням пошуку. За даними, наведеними у щорічній доповіді Scopus, у 2010 р. цією БД було опрацьовано 36 назв українських академічних періодичних видань.

Працюючи над питаннями активізації внесення наукової періодики НАН України до світових наукометричних і реферативних баз, Науково-видавнича рада НАН України започаткувала щорічну конференцію «Наукова періодика: традиції та інновації» і збірник «Наука України у світовому інформаційному просторі». Організацію конференції доручено базовій організації Науково-видавничої ради НАН України — Видавничому дому «Академперіодика» НАН України. Остання конференція відбулася в Києві 31 травня 2012 р. Матеріали конференцій публікуються в зазначеному збірнику, розповсюджуються по наукових установах, бібліотеках і вищих навчальних закладах України, а також розміщені у відкритому доступі на сайті Науково-видавничої ради НАН України («Наукові публікації та видавнича діяльність» — www.publications.nas.gov.ua).

Одним із пунктів резолюції минулорічної конференції було рішення щодо звернення до Департаменту атестації кадрів МОНмолодьспорт України з питань оформлення пристатейних списків літератури в наукових фахових періодичних виданнях. На виконання рішення в лютому цього року було підготовлено і направлено до ДАК МОНмолодьспорт України лист, у якому, зокрема, зазначено: «Основним свідченням високого рівня та світового визнання наукового журналу є його входження до міжнародних реферативних і наукометричних баз даних». Отже, вітчизняні вимоги до періодичних наукових фахових видань не повинні суперечити вимогам цих баз. Однак дотримання вимог стандарту ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1–2003, IDT)» під час оформлення пристатейних списків унеможливує прийняття українських журналів до світових баз.

Табл. 1.

**Українські наукові журнали та збірники наукових праць за інформацією
Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського (<http://www.nbuv.gov.ua/portal/>)**

Відомство	Кількість	Періодичність (кількість чисел на рік)				
		12	6	4	2	Інша
Національна академія наук України (НАН)	167	13	39	74	26	13
Національна академія медичних наук України (НАМН)	34	1	7	23	1	2
Національна академія аграрних наук України (НААН)	18	2	1	6	3	1
Національна академія педагогічних наук України (НАПН)	16	1	3	5	3	4
Національна академія правових наук України (НАПрН)	7	1	2	2	0	2
Національна академія державного управління при Президентові України (НАДУ)	7	0	0	5	2	0
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України (МОНмолодьспорт)	459	11	49	162	199	37
Інші органи державної влади (ОДВ)	127	19	20	51	29	9
Асоціації, федерації, приватні видання (А)	83	19	10	33	14	7
Разом	918	67	131	361	277	75

Табл. 2.

Розподіл української наукової періодики за галузями науки

Науки	Кількість журналів і збірників*								
	НАН	НАМН	НААН	НАПН	НАПрН	НАДУ	МОНмолодь-спорт	ОДВ	А
Аграрні	1		10				8	13	7
Біологічні	17	1	5				14	1	1
Військові							2	4	
Державне управління						6	1	1	1
Економічні	14		1		1		58	18	13
Історичні	19		1				22	2	7
Медичні	5	33					55	19	18
Мистецтвознавство, фольклористика	5						13	1	
Науки про Землю	11						9	4	1
Педагогічні				16			31	11	6
Політичні, соціологічні	5						16	2	3
Психологія				1			4	1	2
Спорт, фізична культура							13	1	
Технічні	35		1				113	26	8
Фізико-математичні	31						15	2	1
Філологічні	4						45	2	1
Філософські	7						13	1	
Хімічні	8						5	2	1
Юридичні	5				4	1	20	17	10
Разом	167	34	18	17	5	7	457	128	80

* Не враховано політематичні вісники, збірники наукових праць тощо, сумарна кількість яких перевищує 500. Скорочення див. у табл. 1.

У проєкті Положення про наукові фахові видання, запропонованому до обговорення ДАК МОНмолодьспорт України, як і в чинному Положенні, є пункт щодо необхідності «дотримання вимог до редакційного оформлення фахового видання згідно з чинними стандартами України». Вважаємо, що його слід викласти в такій редакції: «Дотримання вимог до оформлення наукового фахового видання згідно з чинними державними стандартами України. Оформлення пристатейних списків посилань відповідно до вимог міжнародних наукометричних систем». Відповіді на цю пропозицію поки що не надійшло.

На одному із засідань Громадської ради при Державному агентстві з питань науки, інновацій та інформатизації України було розглянуто цей проєкт вимог до наукових фахових видань, публікації в яких враховуються під час захистів дисертації на здобуття ступеня кандидата чи доктора наук. Науково-видавнича рада НАН України опрацювала запропонований проєкт і надала свої детальні пропозиції й обґрунтовані зауваження.

Наведемо тут деякі з них. Проєкт значною мірою дублює попередні, чинні на сьогодні вимоги і не відповідає сучасним світовим вимогам до наукової періодики, а також стану розвитку інформаційних і видавничих технологій. Особливо ж науковій громадськості слід звернути увагу на кілька основних недоліків цих вимог.

По-перше, вони не враховують вимог світових наукометричних і реферативних баз даних, зокрема, як зазначено вище, до оформлення пристатейних переліків посилань, а також до оформлення анотацій до статей, обов'язкової для сучасного наукового періодичного видання наявності робочого, постійно оновлюваного англomовного електронного ресурсу (з англomовним інтерфейсом, змістом кожного номера журналу, анотаціями статей та допоміжною інформацією).

По-друге, жодної уваги не приділено питанням наявності водночас паперових і електронних видань, зокрема, визначення тиражів для цих видань, здійснення розсилки чи забезпечення їхніми контрольними примір-

никами всіх провідних наукових вітчизняних бібліотек (відповідно до Закону України та постанови Кабінету Міністрів України щодо обов'язкового контрольного примірника та його доставляння). Крім того, осторонь залишився той факт, що електронне видання не підлягає в Україні державній реєстрації, отже, не є легітимним (відповідно, не може мати свідоцтва про державну реєстрацію, не відповідає вимогам до фахових видань і «не придатне» для опублікування результатів дисертаційних досліджень).

По-третє, всі вимоги спрямовані на оцінювання формального боку організації роботи видання і жодним чином не враховують його наукової вартості. Тож фактично за цими вимогами можна оцінити лише роботу редакції — наскільки сумлінно її працівники розсилають контрольні примірники, здійснюють наповнення веб-ресурсу, подання матеріалів у електронному вигляді до НБУВ чи «Джерела», наскільки активно вони прагнуть внесення видання до світових інформаційних агрегаторів тощо.

І основне: наукове фахове видання чомусь має затверджувати до друку вчена рада наукової установи-засновника. А для чого тоді поважна редакційна колегія з обов'язковими іноземними фахівцями і так само обов'язковими штатними працівниками установи-засновника (вочевидь, вони ж є і членами вченої ради)? Які ж тоді повноваження редакційної колегії?

З викладеного зрозуміло, що в запропонованому вигляді нові вимоги до наукових фахових видань знов застаріють раніше, ніж будуть прийняті.

Найкращим виходом з цієї ситуації була б повна відмова від будь-якого переліку наукових фахових видань, складеного за формальними ознаками. Якщо ми не можемо взагалі відмовитись від формального підходу до такої важливої частини наукової роботи, як оприлюднення її результатів, варто запровадити «вагові» коефіцієнти і ранжувати цей перелік видань, оцінивши за певною шкалою всі видання, що входять на сьогодні до переліку наукових фахових в Україні. При цьому визначити, що входження видання до бази

Thomson Reuters чи Scopus вартує більше балів, ніж входження до інших світових тематичних баз даних. Відповідно бали нараховуються за вихід англійською мовою, наявність електронного ресурсу, залучення до складу редакційної колегії іноземних фахівців, правильність складання анотацій до статей і наявність англійських анотацій. Подібні пропозиції вже висували працівники установ МОНамолодьспорт України, досліджуючи ефективність наукової періодики та наукової роботи вищих навчальних закладів України (наприклад, Р.О. Влох, Н.В. Рябова та ін.).

Формальні вимоги — відповідність державним видавничим стандартам і дотримання виконання законодавства в частині доставляння обов'язкового контрольного примірника — можна і не оцінювати. Контроль за цим аспектом діяльності здійснюють Державна реєстраційна служба України при Міністерстві юстиції України (вона може анулювати свідоцтво про реєстрацію видання в разі його невиходу або ненадходження контрольних примірників упродовж двох років) і Книжкова палата України імені Івана Федорова, крім того, в січні 2012 р. прийнято Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо доставляння обов'язкового безоплатного примірника документів», яким передбачено накладання штрафу на посадових осіб, фізичних осіб-підприємців від 30 до 50 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян за недоставляння або порушення строку доставляння обов'язкового безоплатного примірника документів.

За результатами нарахування балів можна буде «почистити» перелік фахових видань, а решту видань згрупувати, наприклад у три групи. Тоді для захисту кандидатської дисертації необхідно було б мати дві статті в журналах першої групи або в авторитетних зарубіжних виданнях. Решту публікацій враховують на рівні участі в конференціях.

І наостанок — два аргументи на користь відмови від формування переліку наукових фахових видань. Нині в Україні набагато простіше створити нове видання й ініціювати його внесення до переліку фахових, ніж навчити аспірантів належним чином подавати результати

власних досліджень. Адже часто «наукові фахові» видання створюють лише тому, що в установі є багато здобувачів наукових ступенів, а для захисту слід опублікувати певну кількість статей. Тобто науковці перейняті задоволенням одних формальних вимог (до фахового видання) задля задоволення інших (необхідна для захисту кількість публікацій). Отже, публікація з'являється не тоді, коли є що повідомити, а тоді, коли науковець реалізує кар'єрні амбіції. Публікація перестає бути однією з завершальних ланок наукової роботи і засобом комунікації, перетворюючись на спосіб отримання звання, посади, більшої платні тощо.

Може, варто, нарешті, дати можливість повноцінно працювати спеціалізованим ученим радам із захисту кандидатських і докторських дисертацій, давши їм змогу оцінювати наукову значущість і повноту подання результатів досліджень, а не контролювати, щоб видання з публікацією було внесено до переліку фахових в Україні за відповідними спеціальностями? Вивільнені кадри і кошти можна було б спрямувати на запровадження системи національного індексу цитування.

Викладене вище дає змогу дійти таких висновків. В Україні є серйозні проблеми з власними науковими періодичними виданнями, зокрема щодо їхньої якості, відповідності міжнародним стандартам тощо. На сьогодні українські науковці й установи продукують не виправдано велику кількість періодичних наукових видань, що спричинює погіршення не лише загального рівня видань, а й рівня окремих публікацій, нівелюючи цінність наукової праці. Ілюстрацією цього є надзвичайно низька кількість статей українських науковців, щороку опублікованих у зарубіжних виданнях (виняток становлять хіба що природничі науки). Найбільш гіпертрофованою є ситуація з виданнями у сфері економічних, соціополітичних і гуманітарних наук. Ці видання часто мають описовий характер і, як правило, маловідомі за кордоном.

Отже, українська наукова періодика, щоб стати фаховою, потребує змін на загальнодержавному, академічному, освітянському й інститутському рівнях.

ДО 20-РІЧЧЯ ЗАСНУВАННЯ ДЕРЖАВНОЇ УСТАНОВИ «НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

20 травня 2012 р. виповнилося 20 років із дня заснування Наукового центру аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України. У статті подано стисло інформацію про структуру, наукові досягнення, міжнародне співробітництво цієї установи. Наведено короткий історичний нарис про становлення Центру, осмислено перспективи розвитку його наукових досліджень.

Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України (ЦАКДЗ) як самостійну юридичну установу було створено в 1992 р. (Постанова Президії АН України від 20.05.1992 № 150) на базі відділу тепломасопереносу в земній корі Інституту геологічних наук НАН України та Київського науково-дослідного інституту космоаерометодів колишнього Міністерства нафтової і газової промисловості СРСР.

Головне завдання Центру — проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень Землі дистанційними методами з метою одержання нових наукових знань, сприяння науково-технічному прогресу.

Формування та розвиток ЦАКДЗ відбувалися в нелегких умовах становлення незалежної держави, у період непопулярності та незатребуваності науки, відпливу кваліфікованих наукових кадрів. Негативно на діяльність Центру, як, до речі, й інших академічних установ, впливали «поради» численних «експертів», котрі, перебуваючи іноді далеко за межами України, настирливо пропонували розформувати Національну академію наук. Однак, незважаючи на всілякі негаразди, Центр гідно витримав усі випробування та здобув визнання не лише в Україні, а й за кордоном.

У рамках міжнародних програм ЦАКДЗ співпрацює з провідними космічними агентствами світу — Європейським, Французьким, Німецьким, з академіями наук Польщі, Угорщини, Росії. Окрім теоретико-методичної значущості, ці дослідження становлять для України і практичний інтерес. Зокрема, за допомогою матеріалів космічних знімачів відпрацьовано і впроваджено в господарську сферу методику об'єктивного прогнозування врожайності зернових культур; створено й реалізовано технологію пошуків нафтогазових покладів на суші і шельфі. Співпрацюючи з організаціями НАК «Нафтогаз» України, співробітники Центру успішно застосували нові технологічні підходи для виявлення нафтогазоперспективних ділянок, а сьогодні разом із Міністерством екології та природних ресурсів України здійснюють космічний моніторинг довкілля та балансу парникових газів в атмосфері.

Упродовж 20 років існування ЦАКДЗ його директором незмінно був засновник Центру, відомий фахівець у галузі аерокосмічних досліджень Землі, академік НАН України, доктор геолого-мінералогічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України Вадим Іванович Лялько. Він доклав чимало зусиль для того, щоб перетворити установу на провідний науковий центр. Заступником

директора ЦАКДЗ з наукової роботи є доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України Михайло Олексійович Попов, а заступником з науково-технічної роботи — кандидат технічних наук Володимир Григорович Прокопенко. Учений секретар Центру — кандидат біологічних наук Олена Іванівна Левчик.

Основні наукові напрями діяльності ЦАКДЗ:

- теоретико-методичні та практичні дослідження природних ресурсів України, зокрема під час пошуків, розвідки та освоєння родовищ корисних копалин із застосуванням дистанційних засобів аерокосмічного базування;

- створення наукових основ аерокосмічного екологічного моніторингу території України з розробленням фізико-математичних моделей випромінювання та розсіювання в різних діапазонах електромагнітного спектру, які зумовлені характером рослинності, ґрунтів, води, повітря;

- теоретичне обґрунтування й експериментальна перевірка бортової апаратури та технології дистанційного зондування земних утворень у різних діапазонах електромагнітного спектру для вирішення природо-ресурсних і природоохоронних завдань;

- міжнародна кооперація досліджень із дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з метою залучення передового зарубіжного досвіду, апаратури і технологій для потреб розвитку народного господарства й охорони навколишнього середовища в Україні.

Основні завдання наукових досліджень Центру:

1. Оцінювання та менеджмент природних ресурсів:

- деталізація геологічної структури територій (вивчення активних екзогенних процесів, виявлення та локалізація активних розломних зон);

- оцінювання суходолу і шельфової зони з метою пошуку родовищ нафти та газу;

- визначення вологості ґрунтів та рівня ґрунтових вод, пошук підземних водних резервуарів;

- аналіз стану лісових угідь та їх картування.

2. Екологічний моніторинг навколишнього середовища:

- оцінювання морських акваторій і внутрішніх водоймищ — швидке виявлення розливів нафти і нафтопродуктів на водній поверхні, аналіз еколого-санітарного стану та якості води у водоймищах, виявлення промислових забруднень, контроль розподілу суспендованих речовин, зелених водоростей та ін.;

- оперативний моніторинг паводків, підтоплень, заболочування, лісових пожеж та інших природних катаклізмів;

- оцінювання територій, забруднених важкими металами, радіонуклідами, пестицидами та іншими токсичними речовинами;

- вивчення міських агломерацій — динаміка розвитку і забудови міста, антропогенний вплив промисловості на довкілля.

3. Застосування даних ДЗЗ у сільському господарстві:

- інвентаризація посівів;

- оцінювання стану сільськогосподарських угідь — фенологічні спостереження, забезпеченість посівів добривом, вологою, визначення біомаси та продуктивності;

- прогнозування врожаю;

- аналіз параметрів стану ґрунтів.

4. Теоретичне обґрунтування й оцінювання ефективності системи ДЗЗ на основі системного аналізу:

- оцінювання ефективності апаратурних комплексів ДЗЗ, що функціонують на борту космічного апарата;

- формування складу комплексу апаратури, сукупність параметрів якого забезпечить виконання космічної програми ДЗЗ із найбільшою вірогідністю;

- аналіз ефективності функціонування системи ДЗЗ (з урахуванням космічних апаратів і наземної інфраструктури) на основі методу системної динаміки й інформаційних технологій.

У Центрі розроблено нові ефективні космічні методи й технології для розв'язання ряду актуальних для України завдань раціонального природокористування, зокрема для:

- пошуків нафтогазових покладів на суходолі та шельфі, що дозволило майже вдвічі підвищити результативність відповідних робіт. Цю технологію практично апробовано не лише в Україні, але й у Російській Федерації, Туркменістані та Об'єднаних Арабських Еміратах;

- оцінювання стану та врожайності агрокультур;

- аналізу екологічного стану територій і акваторій у режимі моніторингу;

- космічного моніторингу тепловтрат на урбанізованих територіях;

- космічного моніторингу (аудиту) балансу парникових газів.

У ЦАКДЗ активно розвивається наукова школа «Енергомасообмін у геосистемах». Її представники вивчають процеси енергомасообміну в геосистемах і їхній вплив на фізико-хімічні та біологічні механізми, які відповідають за формування спектрального відгуку природних об'єктів. Дослідження мають як фундаментальний, так і прикладний характер.

Нині в складі Центру працює понад 100 співробітників, із них майже дві третини — науковці, серед яких — академік НАН України, член-кореспондент НАН України, 6 докторів наук, 22 кандидати геологічних, географічних, фізико-математичних, технічних і біологічних наук, навчається 8 аспірантів.

У ЦАКДЗ функціонують п'ять наукових відділів.

Відділ енергомасообміну в геосистемах. Завідувач — академік НАН України В.І. Лялько. До 1992 р. відділ був підрозділом Інституту геологічних наук і мав назву «Відділ тепломасопереносу в земній корі». Його було створено з метою проведення науково-дослідних робіт з вивчення енергомасообміну в геосистемах на основі комп'ютерного моделювання сучасних супутникових технологій; формування і реалізації єдиної наукової та науково-технічної політики Центру, розв'язання актуальних наукових проблем, підвищення його наукового потенціалу.

У відділі виконано значний обсяг теоретико-методичних і практичних досліджень: змодельовано процеси формування ресурсів і гідрогеологічних умов охорони підземних вод; розроблено методи розрахунку тепло- і масопереносу в земній корі; обґрунтовано доцільність захоронення токсичних промислових стоків у надра; розроблено критерії геотермічних пошуків корисних копалин, у т.ч. підземних вод і вуглеводневої сировини; узагальнено теоретико-методичні основи застосування матеріалів космічного знімання для вирішення актуальних завдань раціонального природокористування, наприклад: пошуків нафтогазових покладів на шельфі, оцінювання фітосанітарного стану та пожежонебезпечності лісів, прогнозування стану й урожайності зернових культур та екологічної ситуації в екосистемах. Розроблено та застосовано нові ефективні методи й технології синергетичної інтерпретації матеріалів сучасних аерокосмічних гіперспектральних знімків. Уперше на основі матеріалів багатоспектральних космічних знімків експериментально визначено основні балансові складники формування парникового ефекту в межах території України з метою виявлення кількісних показників для обґрунтування виділених нашої державі квот парникових газів відповідно до Кіотського протоколу. Передбачено довготермінові сценарії кліматичних та екологічних змін на регіональному і локальному рівнях. Визначено стратегії адаптації, зокрема у зв'язку з прогнозованою ескалацією природних катастроф.

Ґрунтуючись на вказаних теоретико-методичних дослідженнях, відділ упровадив багато їхніх результатів у вигляді укладених договорів на виконання певних робіт із низкою виробничих організацій, міністерствами геології СРСР і УРСР, надзвичайних ситуацій та екоресурсів України, НАК «Нафтогаз України», з державними адміністраціями Києва, Херсона тощо.

Відділ аерокосмічних досліджень у гео-екології. Завідувач — кандидат геологічних наук А.Г. Мичак. Підрозділ було засновано з метою організації і проведення науково-дослід-

них робіт у напрямі розроблення теорії та методів використання матеріалів багатоспектрального аеро- і космічного знімання для розв'язання геоecологічних проблем. Основними завданнями та функціями відділу є створення нових методів і технологій комп'ютерного оброблення й інтерпретації аерокосмічних зображень для вирішення природоохоронних геоecологічних проблем, розроблення методології ecологічного моніторингу в умовах сучасної трансформації урбанізованих територій на основі новітніх супутникових технологій дистанційного зондування Землі.

У відділі опрацьовано методичні принципи і технології використання матеріалів дистанційної інформації під час виконання геологознімальних робіт в Україні; на основі дистанційних даних побудовано просторово-часові моделі підтоплення ґрунтовими водами міських агломерацій; за допомогою наземного спектрометрування та використання матеріалів ДЗЗ розроблено методичні прийоми виявлення техногенного забруднення урбанізованих територій важкими металами, а також джерел забруднень водного середовища. Створено методичні основи оцінювання геоecологічного стану промислових центрів (для Нікополя, Борислава, Києва, Кривого Рогу). Результати проведених робіт стосовно Києва використовують природоохоронні структури Київської міської держадміністрації.

Відділ аерокосмічних досліджень у геології. Завідувач — доктор геологічних наук С.М. Єсипович. Підрозділ сформовано на базі колишнього Київського відділу Інституту геології і розробки горючих копалин Міністерства нафтової і газової промисловості СРСР (1976 р.). На початку 1992 р. він трансформувався в Інститут космоаерометодів, який у травні 1992 р. увійшов до складу ЦАКДЗ. Науковий напрям відділу — розроблення комплексу аерокосмічних, географічних і геолого-геофізичних методів для вирішення геологічних завдань.

За допомогою матеріалів космічного знімання створено нові технології пошуку покладів вуглеводнів на суші та шельфі; апробо-

вано супутникову технологію прогнозування покладів нафти і газу в межах Дніпровсько-Донецької западини, а на окремих її нафтогазопошукових площах оцінено перспективи нафтогазоносності. Результати апробації демонструють високу достовірність цієї технології і відкривають перспективи для прогнозування нових родовищ вуглеводнів, що дозволить значною мірою вирішити паливно-енергетичну проблему України, використовуючи власну сировинну базу. Застосування зазначеної технології дає змогу підвищити геологічну й ecономічну ефективність геологорозвідувальних робіт щодо виявлення покладів нафти і газу, збільшити обсяг приросту запасів вуглеводневої сировини на фоні зниження фінансових витрат. За допомогою дистанційних методів розроблено методіку аналізу нафтогазового потенціалу шельфу Чорного моря; здійснено рейтингове оцінювання нафтогазоперспективних об'єктів на шельфі, визначено структурно-геоморфологічні та геолого-геофізичні критерії для Північно-Західного шельфу Чорного та акваторії Азовського морів.

Відділ геоінформаційних технологій у дистанційному зондуванні Землі. Завідувач — доктор технічних наук М.О. Попов. Відділ створено в 2004 р. з метою інформаційно-методичного й алгоритмічного забезпечення робіт із дистанційного зондування Землі.

Основні напрями досліджень — інформаційно-методичне та алгоритмічне забезпечення робіт із ДЗЗ, а саме: методичне й алгоритмічне забезпечення інтерпретації аерокосмічних зображень; обґрунтування вимог щодо обліку перспективних бортових комплексів ДЗЗ; розроблення методів оцінювання якості та інформаційних властивостей цифрових багато- і гіперспектральних аерокосмічних зображень; опрацювання методології тестування супутникових технологій на основі геоінформаційних технологій і польових полігонних вимірювань; створення вітчизняної поняттєво-нормативної бази в галузі ДЗЗ, її вдосконалення і гармонізація з відповідними міжнародними стандартами та нормами.

Учені відділу поліпшили теоретико-методичні основи оброблення, оптимізації та аналізу гіперспектральних аерокосмічних зображень для вирішення типових тематичних завдань ДЗЗ із використанням матеріалів гіперспектрального знімання; підготували нові алгоритми автоматизованого оброблення й інтерпретації цифрових аерокосмічних зображень.

Відділ системного аналізу. Завідувач — член-кореспондент НАН України О.Д. Федоровський. Підрозділ створено в 2002 р. з метою проведення науково-дослідних робіт у напрямі наукового обґрунтування і впровадження методів системного аналізу для розв'язання геоекологічних і природо-ресурсних завдань на основі аерокосмічної інформації ДЗЗ.

Основні напрями досліджень — виконання науково-дослідних робіт, передбачених державними і відомчими замовленнями; фундаментальних, пошукових і прикладних науково-дослідних робіт за такими спрямуваннями: розроблення наукових основ системного моделювання процесу одержання інформації космічними системами ДЗЗ, визначення їхньої оптимальної структури, параметрів та ефективності використання; опрацювання системної методології розвитку та підвищення ефективності космічного геомоніторингу для вирішення ресурсних і екологічних завдань природокористування.

У відділі створено наукові основи для моделювання процесу одержання інформації космічними системами ДЗЗ, визначено їхню оптимальну структуру, параметри й ефективність використання. Сформовано системну методологію розвитку та підвищення ефективності космічного геомоніторингу для вирішення проблем природокористування в процесі зростання обсягу виконуваних тематичних завдань і вдосконалення космічних систем ДЗЗ (зростання ризику надзвичайних ситуацій, розширення пошуку корисних копалин і поліпшення параметрів космічних знімків).

НАН України та Державне космічне агентство України (ДКАУ) визначили ЦАКДЗ

головною організацією з комплексного опрацювання науково-методичних основ аерокосмічного зондування Землі для дослідження природних ресурсів і здійснення екологічного моніторингу. На базі Центру працює Наукова рада НАН України з вивчення природних ресурсів за допомогою дистанційних методів та спеціалізована рада із захисту докторських і кандидатських дисертацій у галузі технічних та геологічних наук за спеціальністю «дистанційні аерокосмічні дослідження». ЦАКДЗ — перша в Україні наукова організація, яка свого часу була прийнята до Європейської асоціації лабораторій дистанційного зондування (EARSeL). Центр плідно співпрацює з Європейським космічним агентством (ESA), а також із космічними агентствами й установами Росії, США, Німеччини, Франції, Угорщини, Польщі, Білорусі, зокрема в межах програм GEOSS-GMES та ін.

У науковому доробку Центру — атласи «Україна з Космосу» та «Космос — Україні», комп'ютерно дешифровані космознімки українсько-російського космічного апарата «Океан-О», українського супутника «Січ-1»; підготовано аналогічні матеріали знімків супутника «Січ-2», у яких показано можливість їх використання для вирішення актуальних для України природо-ресурсних і природоохоронних завдань.

Разом із Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (IIASA) та Міжнародною програмою «Партнерські ініціативи в галузі наук про Землю з вивчення Північної Євразії» (NEESPI) у 2010 та 2012 рр. опубліковано російсько- й англійський варіанти монографії «Зміни земних систем у Східній Європі», передмову до яких написав президент НАН України академік Б.Є. Патон.

Центр неодноразово займав перші місця у Відділенні наук про Землю НАН України за кількістю одержаних патентів.

Упровадження розроблених у ЦАКДЗ новітніх супутникових технологій пошуків вуглеводнів дозволило провести замовне оцінювання нафтогазоперспективності 134 об'єктів

Дніпровсько-Донецької западини та 64 об'єктів Азово-Чорноморського шельфу (у тому числі 18 — на Азовському, 46 — на Чорноморському шельфі). Рекомендації стосовно планування пошуково-розвідувальних робіт на виявлених площах Центр регулярно передає ПАТ «Укрнафта», ДК «Укргазвидобування», НАК «Нафтогаз України».

Державним адміністраціям Києва і Херсона подано результати дешифрування космічних зображень із прогнозуванням розвитку сучасних екзогенних процесів у цих містах. Для Генерального плану розвитку м. Києва до 2025 р. розроблено картографічні моделі розвитку підтоплення ґрунтовими водами території міста (масштаб 1:25 000 — 1:50 000). Для Міністерства з надзвичайних ситуацій України підготовано карту пожежонебезпечності лісів Чорнобильської зони відчуження. ВАТ «Укрнафта» передано карти «Джерела аномально високих концентрацій природного газу в приземному шарі атмосфери міст Борислав та Східниця».

Результати дослідницької діяльності Центру високо поціновані в Україні. Окремим співробітникам установи присуджено Державні премії України в галузі науки і техніки:

- у 2004 р. — В.І. Ляльку (як співавторові) за цикл робіт під назвою «Наукові основи формування ресурсів підземних вод як джерела якісного водопостачання та раціонального господарського водокористування»;
- у 2005 р. — О.Д. Федоровському, М.О. Попову та О.І. Сахацькому (як співавторам) за цикл робіт під назвою «Розв'язання проблем раціонального природокористування методами аерокосмічного зондування Землі та моделювання геодинамічних процесів».

Академік НАН України В.І. Лялько, член-кореспондент НАН України О.Д. Федоровський, професор М.О. Попов відзначені почесним званням «Заслужений діяч науки і техніки України».

Перспективи розвитку наукових досліджень Центру пов'язані зі створенням єдиної теорії ДЗЗ, в основу якої мають бути покладені сучасні уявлення наук про Землю, теорія енергомасообміну в геосистемах, до-

сягнення теорії систем; удосконалення моделей фізичних процесів, що відбуваються на суходолі та шельфі, у контексті досліджень нафтогазоперспективності територій; розроблення теоретико-методичних підходів, моделей, алгоритмів, демонстраційного програмного забезпечення та пілотних технологій комплексного геоінформаційного аналізу матеріалів аерокосмічних спостережень Землі і наземних даних, а також наукові рекомендації щодо впровадження цих розробок у практику; створення системи глобального та регіонального космічного екологічного моніторингу, зокрема моніторингу екологічного стану урбанізованих територій, аудиторського моніторингу балансу парникових газів для надійного обґрунтування й уточнення їхніх квот для різних країн і оцінювання потенційних можливостей продажу квот, зокрема Україною.

Результати досліджень Центру аерокосмічних досліджень Землі за 20-річний період його роботи відображені майже в 600 публікаціях у вітчизняних і зарубіжних виданнях, насамперед у 13 монографіях. Найбільш значущі з них такі: «Аэрокосмические методы в геоэкологии», «Космос — Україні: Атлас дешифрованих знімків території України з КА «Океан» та інших космічних апаратів», «Інформатизація аерокосмічного землезнавства», «Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування», «Изменения земных систем в Восточной Европе», «Спутниковые методы поиска полезных ископаемых», «Earth Systems Change over Eastern Europe», навчальний посібник «Аерокосмічні знімальні системи» та науково-методичний посібник «Аерокосмічні дослідження геологічного середовища».

Нині Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі динамічно розвивається, вирішує актуальні наукові та прикладні проблеми, сприяючи тому, щоб наукові здобутки його співробітників посіли гідне місце у вітчизняній та світовій науці.

М.О. Попов
О.І. Левчик

ЗАСНОВНИК ВІТЧИЗНЯНОЇ ШКОЛИ З НЕЙТРОННОЇ ФІЗИКИ до 100-річчя з дня народження академіка НАН України Митрофана Васильовича Пасічника (1912 – 1996)

У матеріалі запропоновано розгорнуту біографію академіка Національної академії наук України, заслуженого діяча науки і техніки України, доктора фізико-математичних наук, професора Митрофана Васильовича Пасічника — відомого вченого в галузі ядерної фізики, засновника української школи з нейтронної фізики, якому в червні 2012 р. виповнюється 100 років з дня народження. Основну увагу акцентовано на його наукових здобутках, висвітлено найважливіші штрихи науково-організаційної та громадської діяльності М.В. Пасічника — людини з активною життєвою позицією, щиро відданої науці.



Митрофан Васильович Пасічник народився 17 червня 1912 р. на Полтавщині в с. Жирківка Нехворощанського району. У 1929 р. закінчив трудову семирічну школу і вступив до Полтавського інституту народної освіти, після закінчення якого залишився при кафедрі фізики на посаді асистента, згодом працював викладачем робітфаку, готуючись до подальшої наукової та педагогічної діяльності. З 1932 до 1935 рр. навчався в аспірантурі в рентгено-фізичному відділі Інституту фізики ВУАН УРСР у Києві, закін-

чивши яку залишився працювати в цьому інституті науковим співробітником. Після здобуття в 1938 р. наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук М.В. Пасічник очолив лабораторію згаданого інституту.

Упродовж 1940–1941 рр. Митрофан Васильович Пасічник обіймав посаду проректора Чернівецького університету, водночас завідуючи кафедрою експериментальної фізики.

З перших днів Великої Вітчизняної війни й аж до перемоги Митрофан Васильович перебував у лавах діючої армії, пройшовши складними дорогами війни шлях від бійця винищувального батальйону до начальника відділу Політичного управління 2-го Українського фронту. Брав участь в обороні Києва, у Сталінградській битві, у визволенні Будапешта і Відня. За виконання бойових завдань під час Великої Вітчизняної війни його було нагороджено орденами Червоної Зірки, Вітчизняної війни I та II ступенів, Червоного Прапора й багатьма бойовими медалями. Після закінчення війни М.В. Пасічник продовжив службу в лавах Радянської Армії як начальник відділу пропаганди Радянської частини Союзницької контрольної комісії по Австрії.

У 1946 р. за ініціативою Ігоря Васильовича Курчатова й на прохання президента АН УРСР Олександра Олександровича Богомольця М.В. Пасічника було відкликано з армії і направлено на наукову роботу до Інституту фізики АН УРСР, де він до 1948 р. працював на посаді старшого наукового співробітника. У 1949 р. Митрофан Васильович очолив відділ ядерної фізики, а невдовзі став директором Інституту фізики (з 1950 по 1965 рр.), водночас завідуючи кафедрою ядерної фізики Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка (до 1961 р.).

М.В. Пасічник був ініціатором створення і першим директором (з 1970 по 1973 рр.) Інституту ядерних досліджень АН УРСР, де працював завідувачем відділу ядерної фізики, а в останні роки свого життя – радником при дирекції цієї установи.

Свої перші наукові роботи Митрофан Васильович присвятив вивченню дифракції швидких електронів і дослідженню електронографічним методом структури тонких шарів речовини, а також природи захисних плівок у нержавіючих сталях і кислотостійких чавунах. У повоєнні роки М.В. Пасічник, співпрацюючи з науковцями Ленінградського фізико-технічного інституту АН СРСР, провів тонкі дослідження природи спектрів позитронів конверсії, що дало змогу отримати прецизійні дані для ряду спектрів.

Уся подальша наукова діяльність М.В. Пасічника була зосереджена на дослідженнях з ядерної та нейтронної фізики. Підсумком його наукової діяльності в галузі нейтронної фізики в 50-ті роки став захист дисертації на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук у 1956 р., а вже в 1957 р. він одержав звання професора за фахом «Експериментальна ядерна фізика».

Наукова, педагогічна та громадська діяльність Митрофана Васильовича цього періоду дістала широке визнання в Україні та за її межами. У 1958 р. його було обрано членом-кореспондентом АН УРСР, а в 1961 р. – дійсним членом Академії. У 1962 р. йому було присвоєно почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України».

Характерною рисою Митрофана Васильовича завжди була спрямованість його основної діяльності на розвиток ядерної фізики в Україні, передусім, на створення експериментальної бази в цій галузі. Завдяки його зусиллям ядерна фізика як фундаментальна наука посіла в Академії наук УРСР гідне місце серед інших пріоритетних наукових напрямів, а нейтронній фізиці, основоположником якої в Україні був М.В. Пасічник, взагалі в Радянському Союзі відводили провідну роль. Державницький підхід Митрофана Васильовича до розвитку ядерної фізики в Україні знаходив підтримку в урядових структурах Української РСР і серед керівництва Відділення фізики і астрономії АН УРСР (академіки-секретарі В.Н. Гриднєв, М.С. Бродин і А.Г. Наумовець), завдяки чому було створено належну експериментальну базу, яка й сьогодні є предметом гордості Інституту ядерних досліджень НАН України.

Надзвичайно яскрава та багатогранна особистість Митрофана Васильовича гуртувала навколо нього людей, він мав багато друзів, серед яких варто згадати Героя Радянського Союзу Володимира Йосиповича Мостового з Інституту атомної енергії ім. І.В. Курчатова, Антона Карловича Вальтера, Олександра Ілліча Ахієзера, Георгія Дмитровича Латишева. Він був особисто знайомий і користувався глибокою повагою таких видатних радянських фізиків, як І.В. Курчатов, І.М. Франк, Г.М. Флеров, М.М. Боголюбов, М.В. Келдиш, А.П. Александров, О.І. Лейпунський.

Слід підкреслити, що ядерна фізика в Україні в 50–60-ті роки розвивалася особливо бурхливо не в останню чергу завдяки особистим стосункам М.В. Пасічника з І.В. Курчатовим. В Інституті фізики АН УРСР було побудовано та введено в експлуатацію низьковольтні нейтронні генератори, циклотрон У-120, електростатичні прискорювачі ЕГ-2.5 і ЕГ-5, дослідницький реактор ВВР-М та інші експериментальні установки й обладнання, почалося також проектування і будівництво ізохронного циклотрона У-240.

Для забезпечення експериментальних досліджень за ініціативою М.В. Пасічника було створено виробничу базу: побудовано корпус радіохімічної лабораторії, організовано дослідне виробництво, де виготовляли наукове обладнання, прилади та пристрої, що значною мірою сприяло проведенню на високому науковому рівні експериментів у галузі ядерної фізики. Під його керівництвом розпочались прикладні дослідження у сфері ядерно-фізичного приладобудування та впровадження досягнень учених інституту в народне господарство.

Серед наукових здобутків М.В. Пасічника, особливо в початковий період його наукової діяльності, слід відзначити його особистий внесок у розроблення генераторів нейтронів з використанням електростатичних прискорювачів, імпульсних нейтронних джерел на принципі групування частинок у прискорювачах, нейтронних спектрометрів на базі сферичних іонізаційних камер, нових методів нейтронної спектрометрії за методом часу прольоту.

Разом зі своїми учнями Митрофан Васильович досліджував взаємодію швидких нейтронів з атомними ядрами, у результаті чого було виявлено ефект ядерних оболонки у перерізах непружного розсіяння швидких нейтронів, вивчено механізм взаємодії нейтронів з ядрами і зроблено вагомий внесок у подальший розвиток оптичної моделі ядра. М.В. Пасічник із колегами за допомогою методів спектроскопії теплових нейтронів дослідив низькоенергетичні збудження в різних станах конденсованого середовища й одержав дані про фізичні властивості речовини, що визначаються динамікою електронів, атомів і молекул. Під час вивчення взаємодії холодних, теплових і резонансних нейтронів з ядрами було встановлено оболонкові та ізотопні ефекти за високих енергій збудження, виявлено нову ядерну оболонку в ядрах з числом нейтронів, близьким до 100.

М.В. Пасічник разом зі співробітниками Харківського фізико-технічного інституту відкрив ізотопний ефект у кутових розподілах пружно і непружно розсіяних протонів, а спільно з науковцями відділу ядерної фі-

зики показав принципову можливість дослідження динамічної структури найлегших ядер за допомогою протонів з енергією 50–70 МеВ в реакціях $(p, 2p)$ і (p, pn) . Результати цих робіт стали вагомим внеском в ядерну і нейтронну фізику та константне забезпечення ядерної енергетики, медицини та інших галузей науки, де використовуються ядерні технології. Низку робіт останніх років свого життя вчений присвятив проблемам безпечної ядерної енергетики, розвитку концепції модернізації енергетичних атомних реакторів ВВЕР-1000 та розробленню фізичної теорії, що пояснює причини аварії на четвертому блоці Чорнобильської атомної електростанції.

Науковий доробок М.В. Пасічника становить три монографії з ядерної фізики та понад 300 публікацій у вітчизняних і зарубіжних виданнях з питань ядерної та нейтронної фізики й мирного використання атомної енергії.

Митрофан Васильович умів вдало поєднувати наукову працю з науково-організаційною діяльністю. Він доклав багато зусиль для залучення до роботи в інституті висококваліфікованих фахівців, таких як М.М. Боголюбов, О.С. Давидов, Г.Д. Латишев, О.Г. Ситенко, А.Ф. Лубченко, В.М. Струтинський, приділяв велику увагу вихованню власних наукових кадрів. Серед послідовників його наукової школи багато відомих учених: академік НАН України О.Ф. Німець, доктори фізико-математичних наук В.П. Вертебний, І.Є. Кашуба, І.О. Корж, Р.Г. Офенгенден, М.М. Пучеров, В.І. Слісенко, М.Б. Федоров та інші. З ініціативи Митрофана Васильовича та за його активної участі на базі відділів Інституту фізики в Києві було створено Інститут теоретичної фізики, Інститут фізики напівпровідників та Інститут ядерних досліджень АН УРСР.

Упродовж років, коли М.В. Пасічник очолював Інститут фізики АН УРСР, було закладено нові наукові школи в галузі ядерної фізики: школа академіка АН УРСР М.В. Пасічника з нейтронної фізики, школа члена-кореспондента АН УРСР О.Ф. Німця з ядерних

реакцій і школа члена-кореспондента АН УРСР Г.Д. Латишева з ядерної спектроскопії. Представники школи Митрофана Васильовича захистили 49 кандидатських і 13 докторських дисертацій.

М.В. Пасічник доклав значних зусиль до становлення нейтронної фізики як самостійної галузі ядерних досліджень. Як відомо, дослідження з використанням нейтронів були започатковані ще в середині 30-х років минулого століття. В наступні два десятиріччя роботи в цьому напрямі мали суто прикладний характер з огляду на винятково велике значення так званих нейтронних констант для конструювання атомної бомби і промислових ядерних реакторів. Зрозуміло, що більшість нейтронних констант, у тому числі точні значення кількості нейтронів на один акт поділу ізотопів урану і плутонію, було засекречено. Тому всі роботи, що проводилися в галузі нейтронної фізики, були закритими. Ця обставина певною мірою позначилася і на особистості Митрофана Васильовича, який дуже уважно ставився до цього аспекту наукової діяльності й прискіпливо вимагав такого ставлення від підлеглих.

М.В. Пасічник чимало зробив для зміцнення міжнародних зв'язків вітчизняної ядерної науки, представляючи Україну на сесії Організації Об'єднаних Націй, де він від імені держави підписав Статут МАГАТЕ, а потім тривалий час очолював делегації України на генеральних конференціях цієї організації. Митрофана Васильовича постійно запрошували як наукового радника до складу оргкомітетів міжнародних конференцій з ядерних даних для науки і технології, він був незмінним головою всесоюзних конференцій з нейтронної фізики, започаткованих за його ініціативою, які протягом багатьох років проводились у Києві і фактично набули міжнародного характеру.

Коло інтересів М.В. Пасічника не обмежувалося лише нейтронною фізикою. З його ініціативи і під його науковим керівництвом, а іноді й за безпосередньою участю у вимірюваннях, проводилося вивчення ядерних процесів під дією заряджених частинок на циклотроні У-120 – пружного розсіювання протонів, поляризації протонів у (d,p)-реакціях, дослідження (d,p)-реакцій, експериментальні і теоретичні дослідження динамічної структури ядра на циклотроні У-240, а також поляризації у пружному розсіюванні протонів на прискорювачі ЕГ-5.

Вагома роль Митрофана Васильовича і як активного організатора науки та невтомного громадського діяча. Він очолював наукову раду АН УРСР з проблеми «Ядерна фізика», був членом редколегії «Українського фізичного журналу», членом Комісії з ядерних даних Державного комітету з використання атомної енергії СРСР, членом президії Республіканського товариства «Знання», редакції Української радянської енциклопедії, Республіканської ради миру та членом Комітету ветеранів Великої Вітчизняної війни.

Батьківщина відзначила його заслуги в розвитку вітчизняної науки трьома орденами Трудового Червоного Прапора, Почесними грамотами Президії Верховної Ради УРСР.

Помер Митрофан Васильович Пасічник 8 листопада 1996 р. Його ім'я назавжди збережеться в пам'яті всіх, хто знав цього видатного вченого, талановитого організатора науки, полум'яного патріота, який усім серцем уболівав за престиж вітчизняної науки і все життя присвятив самовідданому служінню своїй країні.

І.М. Вишневський
В.І. Слісєнко
І.О. Корж
О.І. Кальченко

80-річчя академіка НАН України І.М. КАРПА



Ігор Миколайович Карп народився 23 червня 1932 р. Після закінчення в 1954 р. металургійного факультету Київського політехнічного інституту був направлений на роботу в Інститут використання газу в комунальному господарстві та промисловості АН УРСР (згодом Інститут газу НАН України). У 1959 р. захистив кандидатську дисертацію, а в 1980 р. — дисертацію на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. У 1983 р. йому присвоєно звання професора, а в 1992 р. обрано академіком НАН України.

У 1980–2002 рр. Ігор Миколайович — завідувач відділу плазмової технології Інституту газу. У 1986 р. його було обрано директором цього Інституту (з 2003 р. він почесний директор, а також завідувач відділу процесів горіння).

Першим вагомим науковим здобутком І.М. Карпа стала його кандидатська дисертація, у якій вирішувалися актуальні на той час питання ефективного використання

природного газу для опалення мартенівських печей. Результати досліджень із цієї проблеми були впроваджені на металургійних заводах і заводах важкого машинобудування колишнього СРСР та України й опубліковані в двох монографіях.

З 1960 р. Ігор Миколайович досліджував властивості низькотемпературної плазми і розробляв методи її генерування для різних технологічних процесів, разом із колегами розраховував рівноважні склади плазми продуктів згоряння природного газу. Результати його розрахунків було опубліковано в монографії-довіднику «Продукты сгорания природного газа при высоких температурах» (1967 р., у співавторстві), що здобула міжнародне визнання, і використано під час створення високотемпературних камер згоряння для великих дослідних установок прямого перетворення теплової енергії в електричну в МГД-генераторах.

На основі досліджень властивостей плазми І.М. Карп запропонував принципово новий метод використання плазми сумішей вуглеводневих газів із повітрям як робочого тіла під час наплення захисних газотермічних покриттів замість традиційно застосовуваної для цієї мети дорогої і вибухонебезпечної суміші аргону з воднем. Спільно з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України розроблено потужні установки плазмового наплення покриттів і електродугової металізації й організовано їх серійне виробництво. Результати досліджень із цієї тематики, що актуальна й нині, опубліковано в монографіях «Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами» (1984 р., у співавторстві), «Плазменное

газовоздушное напыление» (1993 р., у спів-авторстві) і багатьох наукових статтях.

Паралельно з цими роботами І.М. Карп виконав ряд досліджень у сфері ефективного використання природного газу в металургії. Він сконструював унікальні високотемпературні печі для виробництва спеціальних вогнетривів і керував їх упровадженням на практиці. На основі отриманих технічних результатів було усунуто проектні помилки і введено в промислову експлуатацію фабрику випал-магнітного збагачення залізородних кварцитів в обертових печах на Центральному гірничо-збагачувальному комбінаті (1965) і найбільшу в світі обертову піч прямого відновлення заліза на Північному гірничо-збагачувальному комбінаті в Кривому Розі (1976).

Очолюючи Інститут газу НАН України, Ігор Миколайович спрямовував його діяльність на розширення ресурсної бази енергетики країни, зокрема, на розв'язання проблеми видобутку і використання метану вугільних родовищ, а також актуальних завдань з ефективного використання газу в економіці України; розроблення і впровадження енергоощадних технологій та обладнання; охорону навколишнього середовища.

Під керівництвом І.М. Карпа у відділі процесів горіння Інституту газу НАН України створюють технології та обладнання для заміщення природного газу альтернативними енергоносіями, ефективного використання газу в нагрівальних печах та інших теплових агрегатах у чорній металургії й металообробленні; газопальникові пристрої для спалювання генераторного газу і технологічних газів; методи спільного спалювання природного газу й вугілля в котлах електростанцій. Результати цих досліджень упроваджено в промисловості й енергетиці.

І.М. Карп — заступник академіка-секретаря Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України, голова спеціалізованої вченої ради із захисту докторських і кандидатських дисертацій Інституту газу НАН України, член Науково-технічної ради Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, секції з енергетики Комітету з Державних премій України в галузі науки і техніки, головний редактор науково-технічного журналу «Энерготехнологии и ресурсосбережение». У 1998–2006 рр. він входив до складу наглядової ради НАК «Нафтогаз України». У 2001–2004 рр. очолював робочу групу з опрацювання стратегії розвитку нафтогазової галузі як складової частини «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року».

Ігор Миколайович — автор понад 200 наукових праць, 5 монографій, 46 винаходів. Під його керівництвом захищено докторську і 8 кандидатських дисертацій. Він обраний почесним професором Національного технічного університету України «КПІ».

За визначні особисті заслуги в розвитку науки і техніки І.М. Карп нагороджений орденами «За заслуги» II і III ступеня та медалями, у складі авторського колективу відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки (1995), а також Почесною грамотою Президії НАН України. У 1993 р. йому присвоєно звання заслуженого діяча науки і техніки України.

Наукова спільнота, учні, колеги і друзі щиро вітають Ігоря Миколайовича — знаного вченого-енергетика, видатного організатора науки з державним стратегічним мисленням, людину великої душі — зі славним ювілеєм, зичать йому довгих років життя, міцного здоров'я, невичерпної енергії.

Уперше в світі фізикам з Німеччини вдалося з'єднати атоми у квантовий аналог мережі для передавання даних. Подальше збільшення таких зв'язків дасть змогу створити повноцінну квантову мережу, яка, безсумнівно, знайде широке практичне застосування.

Генетики довели, що самки макак режус змінюють активність свого геному залежно від їхнього соціального статусу в групі, вмикаючи та вимикаючи деякі гени, відповідальні за імунітет.

Кліматологи встановили, що Берингів перешийок, який колись з'єднував Сибір і Північну Америку, мав істотний вплив на клімат у Північній півкулі. Зокрема, саме наявність цього перешийка викликала значні температурні коливання під час останнього льодовикового періоду.

ПЕРШИЙ КРОК ДО СТВОРЕННЯ КВАНТОВОЇ МЕРЕЖІ

Уже понад десять років фізики розробляють квантово-механічні методи захисту передавання та зберігання інформації. Метод квантової криптографії теоретично може створити абсолютно надійне комунікаційне з'єднання, яке неможливо перехопити або «зламати». В основу квантової криптографії покладено принцип квантової заплутаності, за якого квантові стани двох або більшої кількості об'єктів виявляються взаємозалежними, навіть якщо ці об'єкти рознесені в просторі за межі будь-яких відомих взаємодій. Наприклад, якщо для пари фотонів, що перебувають у заплутаному стані, при вимірюванні спіну першої частинки він виявляється позитивним, то спін другої завжди буде негативним, і навпаки. Більше того, неможливо дізнатися стан частинки, не зруйнувавши цього стану. Отже, маючи частинки в стані квантової заплутаності й надсилаючи одну з них адресату, можна передавати ключі для розшифрування повідомлень.

Однак, якщо йдеться про створення не просто каналу між двома фіксованими абонентами, а про побудову мережі, подібної до комп'ютерної, виникає проблема вузлів, у яких квантова інформація має бути розшифрована і знову згенерована для відправлення далі. Цей пункт стає точкою вразли-

вості. Її можна уникнути, якщо на всьому протязі передавати інформацію лише у квантовому вигляді. Для такої технології потрібні квантові вузли, що складаються із заплутаних між собою атомів, які поглинають і випромінюють фотони. Дотепер побудувати такі вузли для квантової мережі не вдалося.

Група німецьких фізиків з Інституту квантової оптики Макса Планка під керівництвом доктора Штефана Ріттера (Stephan Ritter) оголосила про успішний досвід зі створення квантової заплутаності двох атомів рубідію, які перебували в різних лабораторіях, розділених між собою вулицею (Ritter S. et al. Nature, 484, (2012) doi: 10.1038/nature11023).

В експерименті кожний з атомів знаходився між двома дзеркалами, що майже ідеально відбивають світло. Їх розміщували на відстані 0,5 мм одне від одного, утворюючи оптичний резонатор, що давав змогу атомам і фотонам ефективно взаємодіяти між собою. Захоплення атомів у потрібній точці вдалося здійснити за допомогою тонко настроєних лазерних променів.

Коли на атом А діяли лазером, він випускав фотон, який залишав резонатор і проходив по 60-метровому оптичному волокну до атома В, який поглинав фотон, приймаючи квантову інформацію від атома А і набуваючи стану

квантової заплутаності з ним. Дослідники вважають, що в такий спосіб можна «підключити до мережі» також і третій атом.

«Одержаний результат є значущим досягненням, — вважає фізик Ендрю Шилдс (Andrew Shields), керівник групи квантової інформації в компанії Toshiba Research Europe. — Раніше ми створювали мережу, що передавала квантову інформацію, але для цього нам доводилося перетворювати її на класичну форму у вузлових точках. Цього разу дослідники здійснили експеримент, в якому інформація завжди залишалась у квантовому вигляді».

Однак на шляху до практичного застосування такої квантової мережі перед фізиками стоїть ще багато не вирішених проблем, у тому числі великі втрати фотонів на шляху від одного атома до іншого та габарити й складність пристроїв. Для проведення експерименту дослідникам знадобилася величезна кількість обладнання, яке доверху заповнило кімнати лабораторії: лазери, оптичні елементи та інші пристрої, що обслуговували кожний вузол квантової мережі.

Таким чином, наступним кроком розробників стане не лише збільшення кількості вузлів мережі, а й їхня мініатюризація.

ВИСОКИЙ СОЦІАЛЬНИЙ СТАТУС КОРИСНИЙ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я

Група американських генетиків опублікувала результати дослідження з вивчення взаємозв'язку між соціальним становищем макак резус і роботою близько тисячі різних генів (Tung J. et al. Proc. Nat. Acad. Sci. (2012), doi: 10.1073/pnas.1202734109).

Зв'язок між соціальним статусом і здоров'ям був відомий давно, однак цей експеримент допоможе знайти відповідь на запитання, що є причиною, а що наслідком: чи може порушений імунітет або дисбаланс певних хімічних речовин призвести до певної суспільної ролі або ж, навпаки, чи може певний соціальний статус «налаштувати» імунну та нервову системи? Дослідження Дженні Тун (Jenny Tung), генетика з Університету Дьюка (Північна Кароліна), та її ко-



лег переконливо доводить, що саме зміни в статусі впливають на активність генів, відповідальних за стрес і стан імунної системи, причому цей вплив виявляється досить швидко.

Науковці працювали з 49 самками макаки резус (*Macaca mulatta*), що утримувалися в неволі. Цьому виду мавп властива найжорсткіша соціальна ієрархія, крім того, самки успадковують свій соціальний ранг від матері.

На початку дослідження всі тварини посідали середнє соціальне становище, маючи певний доступ до їжі, води, партнерів для спаровування і грумінгу. Потім із піддослідних макак сформували десять нових груп по п'ять приматів у кожній. Тепер статус мавпи залежав не стільки від її матері, скільки від того, коли вона потрапила в нову групу, — новачки зазвичай займають найнижчу ієрархічну сходинку. Після адаптації в колективі в макак відбирали проби крові та виділяли з них РНК. Різницю в роботі генів, відображену у відносному вмісті їх РНК, визначали за допомогою аналізу на ДНК-мікрочипах. Вчені шукали гени, робота яких змінювалася залежно від соціального стану приматів, а не від індивідуальних особливостей.

Таким чином, у результаті моніторингу експресії 6 097 генів вдалося визначити 987, чутливих до соціального статусу. Серед них були відповідальні за стрес, пов'язані з роботою мозку, а також 112 генів, залучених у роботу імунної системи.

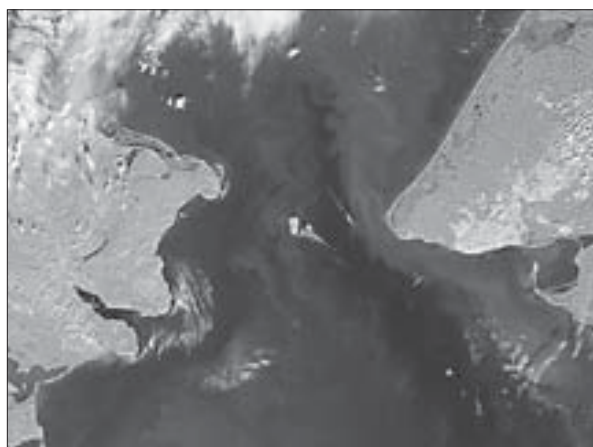
У процесі експерименту частина тварин кілька разів змінювали своє соціальне становище, чого вчені не планували. Все ж таки, науковці скористалися такою можливістю і зробили аналіз крові цих мавп до і після «ієрархічного підйому». Виявилося, що робота генів змінилася слідом за корекцією соціального стану.

Зміни на генному рівні були настільки відтворюваними, що генетикам вдалося навіть вирішити зворотну задачу — передбачити соціальний статус макаки з аналізу її крові. Для шести із семи тварин передбачення виявилось правильним.

Поки що залишається нез'ясованим, який саме вплив чинить таке генетичне перемикання на стан здоров'я і який його механізм, але для нижчих за статусом мавп воно виявилось явно несприятливим — сім самок захворіли і їх було виведено з експерименту.

БЕРИНГІЯ І СТАБІЛЬНІСТЬ КЛІМАТУ ЗЕМЛІ

Більша частина останнього льодовикового періоду характеризувалася різкими кліматичними змінами. У, здавалося б, випадкові моменти часу середня температура в районі Північної Атлантики зазнавала значних коливань, амплітуда яких досягала понад 10°C. При цьому зростання і зниження температури відбувалися з погляду геології практично миттєво — усього за кілька десятків років.



Такі температурні аномалії почалися приблизно 80 тис. років тому і тривали впродовж 70 тисячоліть. Фахівці й дотепер сперечаються, що зумовило ці коливання — чи різка зміна сонячної активності, чи проста нестійкість кліматичних процесів. Нове дослідження міжнародної групи кліматологів, результати якого було опубліковано у квітні цього року (Hu A. et al. Proc. Nat. Acad. Sci. (2012), doi: 10.1073/pnas.1116014109), припускає іншу причину — наявність сухопутного моста між Азією і Північною Америкою.

За словами керівника проекту Айсюе Ху (Aixue Hu) із Національного управління океанічних і атмосферних досліджень у Колорадо (США), з кінця льодовикового періоду і до сьогодні клімат залишається відносно стабільним. Так само температура була досить стабільною і на самому початку льодовикового періоду, близько 100 тис. років тому. Що ж сталося через 20 тис. років? «А ось що, — відповідає доктор Ху, — льодовики Північної Америки та Євразії запасали все більше і більше води, доки рівень моря не досяг значення, приблизно на 50 м нижчого, ніж він має сьогодні. В результаті між Аляскою і Сибіром утворилася величезна смуга суші — місцями її ширина сягала 1 500 км. Стародавні тварини переміщувалися по ній туди сюди, також багато дослідників вважають, що тим же шляхом людина потрапила в Новий Світ». Проте, згідно з останніми дослідженнями Айсюе Ху з колегами, утворення Берингового перешийка (також відомого як Берингія) мало величезні наслідки для клімату Землі.

Група кліматологів проаналізувала дві кліматичні моделі. В одній з них Берингова протока була відкритою (як сьогодні), а в іншій — північна частина Тихого океану була відокремлена від Північного Льодовитого. У кожній моделі дослідники поступово додавали в Північну Атлантику прісну воду між 20° і 50° північної широти. Експерти розсудили, що ця зона (від Великої Британії до Куби) мала б одержувати велику кількість талої води внаслідок танення льодовиків Північної півкулі в теплі кліматичні пе-

ріоди. Сьогодні поверхневі води цієї смуги впливають на температуру і солоність більш північних вод — там, де ці води охолоджуються, опускаються на дно і потім течуть на південь, відіграючи важливу роль у світовій циркуляції океану.

В обох моделях прісних поверхневих вод ставало так багато, що вони фактично ніколи не виявлялися щільнішими за солону воду і не опускалися донизу. Циркуляція порушувалася, і наставало похолодання. Однак у моделі, де Берингова протока була закритою, циркуляція відновлювалася за 1 400 років, а у разі відкритої протоки для цього знадобилося лише 4 століття. Отримані дані свідчать про те, що у разі наявності протоки між континентами вся система океанічних течій виявляється досить стійкою.

Щоразу, коли циркуляція океану порушувалася, температура Гренландії в моделях різко падала на 12°C, що приблизно відповідає даним, одержаним під час аналізу гренландських кернів.

За оцінками провідних фахівців, результати моделювання, яке було проведене групою доктора Ху, свідчать про те, що нинішній клімат може бути стійкішим, ніж припускає сучасна кліматологія, зокрема, через наявність Берингової протоки. Як наслідок, це може позначитися на сьогоднішніх уявленнях щодо впливу промислової діяльності людства на зміни клімату планети.

Джерела:

<http://www.nature.com/>
<http://www.sciencemag.org>

НАШІ АВТОРИ

Афанасьєв Сергій Олександрович — кандидат біологічних наук. Заступник директора з наукової роботи Інституту гідробіології НАН України

Вишневецький Іван Миколайович — академік НАН України. Директор Інституту ядерних досліджень НАН України

Гудков Дмитро Ігорович — доктор біологічних наук. Завідувач відділу прісноводної радіоекології Інституту гідробіології НАН України

Гродзинський Дмитро Михайлович — академік НАН України. Завідувач відділу біофізики та радіобіології Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України

Дембновецький Олег Федорович — кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник відділу проблем діяльності та стратегії розвитку НАН України Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України

Кальченко Олександр Іванович — кандидат фізико-математичних наук. Старший науковий співробітник відділу нейтронної фізики Інституту ядерних досліджень НАН України

Колоділов Сергій Володимирович — кандидат хімічних наук. Старший науковий співробітник лабораторії спектроскопії полімерів Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

Корж Іван Олександрович — доктор фізико-математичних наук. Завідувач відділу ядерної фізики Інституту ядерних досліджень НАН України

Корсунь Алла Олексіївна — кандидат фізико-математичних наук. Старший науковий співробітник Українського центру визначення параметрів обертання Землі Головної астрономічної обсерваторії НАН України

Кузьменко Михайло Ілліч — доктор біологічних наук, професор. Провідний науковий співробітник відділу прісноводної радіоекології Інституту гідробіології НАН України

Левчик Олена Іванівна — кандидат біологічних наук. Учений секретар Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України»

Левчук Олег Миколайович — кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник сектору хіміч-

них і біологічних наук Науково-організаційного відділу Президії НАН України

Линник Петро Микитович — доктор хімічних наук, професор. Завідувач відділу гідрохімії Інституту гідробіології НАН України

Лисиченко Георгій Віталійович — член-кореспондент НАН України. Заступник директора Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»

Пацюк Федір Никифорович — кандидат хімічних наук. Заступник начальника Науково-організаційного відділу Президії НАН України

Попов Михайло Олексійович — доктор технічних наук, професор. Заступник директора з наукової роботи Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України»

Протасов Олександр Олексійович — доктор біологічних наук, професор. Завідувач лабораторії технічної гідробіології Інституту гідробіології НАН України

Радченко Анна Ігорівна — кандидат геологічних наук. Учений секретар Науково-видавничої ради НАН України

Романенко Віктор Дмитрович — академік НАН України. Директор Інституту гідробіології НАН України

Слісенко Василь Іванович — член-кореспондент НАН України. Заступник директора з наукової роботи Інституту ядерних досліджень НАН України

Сміхула Анатолій Володимирович — кандидат технічних наук. Старший науковий співробітник відділу захисту атмосферного повітря від забруднення Інституту газу НАН України

Тимченко Володимир Михайлович — доктор географічних наук, професор. Завідувач лабораторії гідрології та управління водними екосистемами Інституту гідробіології НАН України

Юришинець Володимир Іванович — кандидат біологічних наук. Учений секретар Інституту гідробіології НАН України

Якушин Володимир Михайлович — доктор біологічних наук, професор. Заступник директора з наукової роботи Інституту гідробіології НАН України

Яцків Ярослав Степанович — академік НАН України. Директор Головної астрономічної обсерваторії НАН України

CONTENTS

EVENTS

Congratulations on Science Day! (Solemn Meeting on the Occasion of Celebrating Science Day) 3

OFFICIAL SECTION

From the Conference Hall of NAS Presidium (25 April 2012) 7

From the Conference Hall of NAS Presidium (16 May 2012) 12

SCIENTIFIC REPORTS

H.V. Lysychenko. About the State and Improvement of the System of Technogenous and Ecology Safety on Ukrainian Objects of Nuclear Fuel Cycle (Scientific Report at NAS Presidium Meeting 14 March 2012) 20

FACETS OF SCIENCE

A.O. Korsun. Whipping up Emotions on the Second 27

ARTICLES AND REVIEWS

D.M. Grodzyns'kyi, O.F. Dembnovets'kyi, O.M. Levchuk, F.N. Patsiuk. Radiobiological and Radioecological Investigations of the Consequences of the Chernobyl Catastrophe by Scientists of the National Academy of Sciences of Ukraine 30

V.D. Romanenko, M.I. Kuzmenko, S.O. Afanasyev, D.I. Gudkov, P.M. Linnik, A.O. Protasov, V.M. Timchenko, V.I. Yurishinets, V.M. Yakushin. Hydroecological Safety of Nuclear Power Engineering in Ukraine 41

YOUNG SCIENTISTS

S.V. Kolotilov. Nanomagnets with the Porous Structure and Their Sorption Properties (Scientific Report at NAS Presidium Meeting 15 February 2012) 52

A.V. Smikhula. Technological Basics of Reconstruction the Boiler Equipment on the Purpose of Decreasing the Natural Gas Flow and Enhancing the Ecology Parameters (Scientific Report at NAS Presidium Meeting 15 February 2012) 57

PUBLISHING

Ya.S. Yatskiv, A.I. Radchenko. About the Efficiency of Publishing the Scientific Journals in Ukraine 62

SCIENTIFIC SCHOOLS

M.O. Popov, O.I. Levchyk. To the 20th anniversary of Establishment of Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth within Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine. 68

PEOPLE OF SCIENCE

I.M. Vyshnevskyy, V.I. Slisenko, I.O. Korzh, O.I. Kalchenko. Founder of the School on Neutron Physics in Our Country (to the 100th Anniversary of NAS Academician Mytrofan V. Pasichnyk) 74

CONGRATULATIONS

80th anniversary of NAS academician I.M. Karp 78

SCIENCE NEWS 80

Засновник — Національна академія наук України
вул. Володимирська, 54, Київ, 01601, Україна

Видавець — Видавничий дім «Академперіодика» НАН України

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації серія КВ № 8923 від 1 липня 2004 р.

Редактори:

С.О. ВЕРБИЧ, Л.Є. КАНІВЕЦЬ, А.О. ЧЕПИЛЕНКО

Адреса редакції:

Вісник НАН України,
вул. Терещенківська, 3, Київ, 01601, Україна

тел./факс (38044) 234-71-18

E-mail: visnyk@nas.gov.ua

Електронна версія — на сайті НБУ ім. В.І. Вернадського НАН України:
www/nbu.gov.ua/portal/all/herald/index.html

Технічний редактор *Т.М. Шендерович*

Комп'ютерне верстання *Н.П. Яременко*

Підписано до друку 7.06.2012. Формат 84 × 108/16. Папір офсетний № 1.
Друк офсетний. Гарн. Петербург. Ум. друк. арк. 8,82. Обл.-вид. арк. 8,82.
Тираж 392 пр. Зам. 3299.

Друкарня Видавничого дому «Академперіодика» НАН України
вул. Терещенківська, 4, Київ, 01004, Україна

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи серії ДК № 544 від 27.07.2001

© Президія Національної академії наук України, 2012