

ВІСНИК



НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

ЩОМІСЯЧНИЙ
ЗАГАЛЬНОНАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНИЙ У ЖОВТНІ 1928 р.
КИЇВ

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
Б.Є. ПАТОН

Заступник
головного редактора,
науковий редактор
О.Н. КУБАЛЬСЬКИЙ

Штатний заступник
головного редактора
О.О. МЕЛЕЖИК

П.І. АНДОН
В.Л. БОГДАНОВ
А.Ф. БУЛАТ
В.П. ГОРБУЛІН
М.Г. ЖУЛИНСЬКИЙ
А.Г. ЗАГОРОДНІЙ
М.Т. КАРТЕЛЬ
О.В. КИРИЛЕНКО
С.В. КОМІСАРЕНКО
В.Г. КОШЕЧКО
Е.М. ЛІБАНОВА
Л.М. ЛОБАНОВ
В.М. ЛОКТЄВ
В.В. МОРГУН
А.Г. НАУМОВЕЦЬ
С.І. ПИРОЖКОВ
О.М. ПОНОМАРЕНКО
А.М. САМОЙЛЕНКО
В.А. СМОЛІЙ
М.Ф. ШУЛЬГА

6
2015

ЗМІСТ

ПОДІЇ

ІХ Всеукраїнський фестиваль науки 3

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (11 березня 2015 р.) 6

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

Чехун В.Ф. Стан та перспективи впровадження нанотехнологій у біології та медицині (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 29 квітня 2015 р.) 11

Лисиченко Г.В. Проблеми хімічної та радіаційної безпеки України (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 29 квітня 2015 р.) 20

НАУКА І СУСПІЛЬСТВО

Макарова О.В. Житлові умови як ключовий аспект якості життя в Україні 28

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

Малюкін Ю.В., Єфімова С.Л., Ткачова Т.М., Григорова Г.В. Упорядкована адсорбція органічних молекул на неорганічних наночастинках 34

Наумко І.М., Павлюк М.І., Сворень Й.М., Зубик М.І. Метан газовугільних родовищ – потужне додаткове джерело вуглеводнів в Україні 43

Круть О.А., Дунаєвська Н.І. Проблеми солоного вугілля України 55

МОЛОДІ ВЧЕНІ

Бавол А.В. Розробка біотехнології отримання рослин пшениці, стійких до стресових чинників (за матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 11 березня 2015 р.) ... 61

Білоус М.В. Інформаційна технологія аналізу просторової динаміки підземних вод у природно складних геологічних середовищах (за матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 11 березня 2015 р.) 68

НАУКОМЕТРІЯ І ВИДАВНИЧА СПРАВА

Горовий В.М. Критерії якості наукових досліджень у контексті забезпечення національних інтересів 74

НАУКОВА СПАДЩИНА

Корсунь А.О. Віковий рух географічного полюса Землі: пріоритет відкриття за астрономічними спостереженнями (до 135-річчя від дня народження академіка О.Я. Орлова) 81

Таньшина А.В. Ендшпиль: Нильс Бор & Лев Ландау (к 130-летию со дня рождения лауреата Нобелевской премии Нильса Бора) 85

НАУКОВІ НАПРЯМИ

Шталов М.М. Творці тектоорогенії. Учитель і учень (до 110-річчя академіка В.Г. Бондарчука і 90-річчя академіка І.І. Чебаненка) 89

ЛЮДИ НАУКИ

Сергієнко І.В. Відданість науці (до 80-річчя академіка НАН України О.А. Летичевського) 96

Скопніченко О.І. Шлях і покликання (до 80-річчя академіка НАН України Г.П. Півторака) 102

Григорчук М.І., Понезжа О.О. Людина, далека від байдужості (до 70-річчя академіка НАН України В.М. Локтева) 109

ВІТАЄМО

90-річчя академіка НАН України Ю.М. Березанського 114

50-річчя академіка НАН України Б.М. Данилишина 115

80-річчя члена-кореспондента НАН України В.Г. Кузнецова 116

60-річчя члена-кореспондента НАН України М.Ю. Кузнецова 117

50-річчя члена-кореспондента НАН України С.Я. Коця 118



ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ

19–21 травня 2015 р. відбувся ІХ Всеукраїнський фестиваль науки. Цього року урочисте відкриття Фестивалю проходило в приміщенні Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України. У рамках заходу діяла виставка-презентація наукових розробок установ Національної академії наук України, було представлено науково-дослідні роботи членів Малої академії наук України та учнів середніх навчальних закладів м. Києва.

Всеукраїнський фестиваль науки було започатковано в 2007 р. З цього часу щороку Національна академія наук України спільно з Міністерством освіти і науки України, Малою академією наук України, галузевими академіями наук України, Київським національним університетом імені Тараса Шевченка, Національним технічним університетом України «КПІ» проводить у всіх обласних і районних центрах країни різноманітні за формою та змістом заходи, розраховані на різні категорії учасників, – дні відкритих дверей, популярні лекції провідних вітчизняних та іноземних учених, екскурсії до лабораторій і музеїв, круглі столи, презентації інноваційних розробок, виставки, стендові доповіді, відеолекторії, демонстрації науково-популярних фільмів, наукові уїкенди, «зелені» лабораторії, захопливі квести тощо.

Головною метою Фестивалю науки в Україні є популяризація в суспільстві наукових знань, формування позитивного ставлення громадськості до науки, залучення до наукової діяльності талановитої молоді. До організації і проведення Фестивалю постійно долучаються громадські організації та дипломатичні представництва іноземних держав. Цього року вже традиційно головними партнерами були Посольство Франції в Україні, Французький інститут в Україні та Французький культурний центр. За їх підтримки було проведено конференції, присвячені квантовій фізиці, науковим реформам, охороні навколишнього середовища, а також презентовано серію документальних і мультиплікаційних фільмів. Ще одним партнером цьогоорічного Фестивалю стала громадська організація «Фонд «Відкрита політика»», спільно з якою було проведено



Урочисте відкриття ІХ Всеукраїнського фестивалю науки. Зліва направо: Міністр молоді і спорту України І.О. Жданов, перший віце-президент НАН України академік А.Г. Наумовець, президент НАН України академік Б.Є. Патон, головний учений секретар НАН України академік В.Л. Богданов, Надзвичайний і Повноважний Посол Французької Республіки в Україні пан Ален Ремі

пізнавальні майстер-класи народних умільців та «зелені» лабораторії для молодих учених. Загалом у рамках ІХ Всеукраїнського фестивалю науки по всій Україні відбулося понад 1000 заходів.

Урочисте відкриття Фестивалю проходило 19 травня в приміщенні Інституту електророзрядування ім. Є.О. Патона НАН України. Відкриваючи захід, президент Національної академії наук України академік Борис Євгенович Патон зазначив, що фестивалі науки, як ефективна форма спілкування науковців із широкою громадськістю, нині проводяться майже в усіх країнах Європи. З кожним роком Фестиваль набуває в Україні дедалі більшої популярності, розширює коло учасників, згуртовує навколо себе талановиту молодь, зацікавлену науковими дослідженнями. Цьогорічний Фестиваль, безсумнівно, стане вагомим внеском у дуже важливу справу – популяризацію науки в нашій країні. Сьогодні перед вітчизняними вченими постають відповідальні завдання наукового забезпечення економічного, соціального та культурного розвитку України, її надійної

обороздатності. Академік Б.Є. Патон наголосив, що саме наука має бути локомотивом інноваційного розвитку та процвітання нашої держави.

Вітальні слова виголосили також Міністр молоді і спорту України Ігор Олександрович Жданов, який висловив переконання, що держава, меценати та неурядові фонди мають створювати усі необхідні умови для підтримки талановитих вітчизняних науковців, щоб вони залишалися працювати в Україні, та Надзвичайний і Повноважний Посол Французької Республіки в Україні пан Ален Ремі, який наголосив на тому, що одним із найважливіших пріоритетів посольства є розвиток співпраці між нашими країнами в науковій сфері.

Присутні на урочистостях мали змогу послухати науково-популярні лекції члена-кореспондента НАН України Віктора Сорокіна, який розповів про проблеми і перспективи світлодіодного освітлення, та Ігоря Доценка, члена дослідницької групи лауреата Нобелівської премії у галузі фізики 2012 року Сержа Ароша, на тему «Як приборкати фотон?».



Віце-президент НАН України академік А.Г. Загородній знайомиться з досягненнями юних винахідників

Крім того, у рамках Фестивалю відбулася виставка-презентація наукових розробок установ НАН України. Близько 50 академічних інститутів продемонстрували свої наукові досягнення в галузі охорони здоров'я, інформаційних технологій, машинобудування, житлово-комунального господарства, енергетики, сільського господарства, оборонної промисловості тощо. Відвідувачі мали нагоду ознайомитися з конкурентоспроможними науково-технічними розробками, які вже впроваджені або можуть бути впроваджені у виробництво задля забезпечення заміщення



Молодий дослідник демонструє свою розробку Міні-стру молоді і спорту України І.О. Жданову

імпортої продукції вітчизняною, що не поступається зарубіжним аналогам або навіть переверщує їх за основними якісними показниками.

Великий інтерес відвідувачів заходу викликала презентація науково-дослідних робіт членів Малої академії наук України та учнів середніх навчальних закладів м. Києва. Юні винахідники представили свої прилади та технології для використання в різних сферах життя суспільства.

*Матеріал підготувала
прес-служба НАН України*

- *Стан та перспективи впровадження нанотехнологій у біології і медицині (доповідач — академік НАН України В.Ф. Чехун)*
- *Проблеми хімічної та радіаційної безпеки України (доповідач — член-кореспондент НАН України Г.В. Лисиченко)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — академік НАН України В.Л. Богданов)*

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

29 квітня 2015 року

На засіданні Президії НАН України 29 квітня 2015 р. члени Президії НАН України та запрошені заслухали наукову доповідь директора Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України академіка НАН України **Василя Федоровича Чехуна** на тему «**Стан та перспективи впровадження нанотехнологій у біології і медицині**» (докладніше див. с. 11).

У доповіді йшлося про стан виконання фундаментальних і прикладних досліджень у сфері нанотехнологій, спрямованих на створення нових нанокompatитів і наноматеріалів, а також на розроблення векторних систем цільового призначення для потреб різних галузей народного господарства.

Зокрема, отримано монодисперсні наночастинки золота, магнетиту, фулерену з керованими оптичними і магнітними характеристиками. Такі наночастинки здатні вибірково накопичуватися в пухлинах, утворюючи комплекси з цитостатиками. Вивчено фізико-хімічні властивості отриманих наноматеріалів на різних етапах виготовлення відповідно до розроблених технологій та фармакопейних вимог. За допомогою комп'ютерних програм змодельовано процеси транспорту магнітних нанокompatитів до пухлини по судинах крові та розраховано параметри магнітів, розподіл температури в пухлині при гіпертермії, внутрішньому радіоактивному опроміненні за допомогою радіоактивної мітки-мішені. Досліджено біологічну та специфічну активність нанокompatитів у модельних системах. Уперше створено оригінальну методику стабілізації феромагнетиків, отриманих за допомогою квантово-променевої технології. Розроблено методику визначення рівня продукування та накопичення вільних радикалів унаслідок впливу на клітину нанорозмірних матеріалів. Випробувано різні системи маркерів для тестування дії вуглецевих наночастинок, основані на визначенні рівня ушкодження і репарації ДНК, стану глутатіон-залежної системи детоксикації ксенобіотиків і змін активності

й посттрансляційної модифікації ферменту ксантиноксидоредуктази. Доведено, що багатшарові вуглецеві нанотрубки дозозалежно збільшують рівень ушкоджень ДНК у пухлинних клітинах, змінюють посттрансляційну модифікацію ксантиноксидоредуктази в печінці у бік зниження активності ксантиноксидази, яка здатна генерувати активні форми кисню і азоту з паралельним підвищенням рівня відновленого глутатіону. Це свідчить про активацію глутатіонзалежної системи детоксикації як прояв адаптивної відповіді організму.

Створено срібловмісні вуглецеві композити на основі активованих вуглецевих волокнистих матеріалів марки АУВМ-МН та АУТ-М з іммобілізованим комплексом наносрібла з альгінатною підкладкою, які мають високий сорбційний потенціал і широкий спектр антимікробної та фунгіцидної дії, що відкриває перспективи створення потужних аплікаційних засобів для лікування мікробно забруднених ран і профілактики гнійно-септичних ускладнень

Розроблено й досліджено контрольовані підходи до процесів гіпертермії в пухлинах різної локалізації. Створено комплекси з оптимальними характеристиками для підвищення протипухлинної ефективності. Запропоновано новий метод — феромагнітну гіпертермію, який дозволяє істотно підвищити ефективність променевої та хіміотерапії онкологічних хворих.

Створено нові стабільні лікарські форми нанокомпозиту на основі колоїдного золота, магнетиту, оксидів і цитостатика в біосумісній матриці для магнітокерованої доставки його в пухлину. Розроблено новий вітчизняний протипухлинний препарат «Фероплат», що містить наночастинки магнітної рідини та цисплатин. Доклінічні дослідження довели, що за показниками протипухлинної та антиметастатичної дії «Фероплат» перевершує офіційний препарат «Цисплатин», особливо в разі резистентних форм злоякісних новоутворень. На підставі проведених досліджень видано методичні рекомендації «Критерії та методи оцінки біологічної безпеки металовмісних наноматеріалів при створенні протипухлинних векторних систем».



Виступ академіка НАН України
Василя Федоровича Чехуна

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, завідувач відділу Інституту загальної та неорганічної хімії НАН України академік НАН України А.Г. Білоус, завідувач відділу Інституту електродинаміки НАН України член-кореспондент НАН України І.П. Кондратенко, віце-президент НАМН України, ректор Одеського національного медичного університету академік НАМН України В.М. Запорожан, завідувач лабораторії Державної установи «Інститут медицини праці НАМН України» член-кореспондент НАН України, академік НАМН України І.М. Трахтенберг, президент НАМН України академік НАМН України А.М. Сердюк, академік-секретар Відділення біохімії, фізіології та молекулярної біології НАН України, директор Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України академік НАН України С.В. Комісаренко, голова Північно-східного наукового центру НАН України та МОН України, голова ради директорів Науково-технологічного комплексу «Інститут монокристалів» НАН України академік НАН України В.П. Семиноженко.

Президія НАН України відзначила істотні досягнення учених НАН України в галузі нанобіотехнологій і підкреслила, що останніми роками в цьому напрямі отримано низку вагомих результатів фундаментального і приклад-



Виступ члена-кореспондента НАН України
Георгія Віталійовича Лисиченка

ного характеру. Проте ці розробки потребують подальшого наукового доопрацювання з метою їх логічного завершення, тобто практичного впровадження. З огляду на те, що розвиток нанотехнологій найближчим часом стане дієвим фактором прогресу в багатьох галузях, у тому числі й у біології та медицині, було наголошено на необхідності визначити найбільш перспективні напрями подальшого розвитку таких досліджень.

* * *

Далі учасники засідання заслухали наукову доповідь директора Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» члена-кореспондента НАН України **Георгія Віталійовича Лисиченка** на тему «**Проблеми хімічної та радіаційної безпеки України**» (докладніше див. с. 20).

Проблемні питання щодо стану хімічної та радіаційної безпеки в Україні свідчать про масштабність регіональних джерел екологічної небезпеки. На території України є багато звалищ хімічних і токсичних речовин, які накопичувалися починаючи з післявоєнних років минулого століття. Найбільшу екологічну небезпеку становлять стійкі органічні забруднювачі, такі як пестициди, гербіциди, хлороорганічні сполуки, а також залишки ракетних палив — гептил, аміл, меланж та ін.

Суттєвим регіональним чинником екологічної нестабільності в Україні є відходи. Ратифікована Україною у 2007 р. Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі сприяла прийняттю Національного плану, в рамках якого було розпочато масштабні роботи зі знищення токсичних речовин. Так, на кінець 2014 р. кількість складів з непридатними пестицидами скоротилася з 4,5 до 1 тис. Нині в 14 областях ще залишається близько 7210 т непридатних пестицидів.

В Україні налічується також 24 тис. потенційно небезпечних об'єктів (промислові та енергетичні підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин тощо). Аварійні ситуації на цих об'єктах спричиняють великі екологічні збитки і становлять загрозу здоров'ю мешканців прилеглих територій.

Радіаційна небезпека пов'язана насамперед з радіоактивними відходами, відпрацьованим ядерним паливом та потенційною аварійністю ядерних об'єктів. Залишаються невирішеними питання безпечного та економічно вигідного поводження з ВЯП, а також створення сховища геологічного типу для довгоіснуючих високоактивних відходів.

Крім того, у зв'язку з анексією Криму, воєнними і терористичними провокаційними діями на Сході України та в інших регіонах проблеми хімічної і радіаційної безпеки ще більш загострилися.

Зазначені загрози потребують адекватних заходів для зменшення ризиків хімічної і радіаційної безпеки, проявів актів тероризму та протидії розповсюдженню хімічних, ядерних і радіоактивних матеріалів. Заходи щодо успішного вирішення цих питань мають бути спрямовані передусім на запобігання внутрішнім і зовнішнім загрозам. В установах НАН України є значний науковий потенціал, технічні напрацювання та досвід розв'язання цих проблем.

Зокрема, академічні інститути здійснюють комплексний екологічний моніторинг у зонах розміщення потенційно небезпечних об'єктів,

хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України члена-кореспондента НАН України Стрижак Петра Євгеновича — до складу Національного агентства з оцінювання якості вищої освіти;

- затвердження розподілу обов'язків між членами Президії НАН України;
- затвердження нового складу бюро секцій НАН України та заступників академіків-секретарів і складу бюро відділень НАН України;
- затвердження нового складу редакційної колегії журналу «Вісник Національної академії наук України».

* * *

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

Затверджено:

- академіка НАН України **Сергієнка Івана Васильовича** на посаді директора Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України;
- члена-кореспондента НАН України **Беляєва Олександра Євгеновича** на посаді директора Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України;
- доктора біологічних наук **Мисюру Анатолія Григоровича** на посаді директора Інституту прикладних проблем фізики і біофізики НАН України;
- доктора фізико-математичних наук, професора, члена-кореспондента Національної академії педагогічних наук України **Горобця Юрія Івановича** виконуючим обов'язки директора Інституту магнетизму НАН України і МОН України.

Погоджено кандидатуру:

- доктора технічних наук **Гаврилюка Валентина Геннадійовича** на посаду головного наукового співробітника Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;
- доктора фізико-математичних наук **Данильченка Віталія Юхимовича** на посаду головного наукового співробітника Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України;
- доктора філософських наук **Рижко Лариси Володимирівни** на посаду завідувача відділу методології та соціології науки Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України.

Відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» нагороджено:

- академіка-секретаря Відділення фізики і астрономії НАН України академіка НАН України **Локтева Вадима Михайловича** за багатолітню плідну працю вченого, педагога і організатора наукових досліджень

та вагомий особистий внесок у підготовку висококваліфікованих наукових кадрів.

Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:

- провідного наукового співробітника Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України» кандидата геолого-мінералогічних наук **Сушук Катерину Григорівну** за багаторічну плідну наукову працю, вагомий здобутки у науково-організаційній роботі та особистий внесок у розвиток геології урану і супутніх елементів.

Почесною грамотою Президії НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України нагороджено:

- головного бухгалтера Інституту фізики НАН України **Колесник Людмилу Іллівну** за багаторічну сумлінну працю, відповідальне ставлення до виконання посадових обов'язків та вагомий здобутки у професійній діяльності;
- старшого наукового співробітника Державної установи «Інститут регіональних досліджень ім. М.І. Долишнього НАН України» кандидата економічних наук **Бідака Володимира Ярославовича** за багатолітню наукову працю і особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі демографії та соціальної економіки;
- провідного наукового співробітника Інституту українознавства ім. І. Крип'якевича НАН України кандидата філософських наук **Паславського Івана Васильовича** за багатолітню творчу працю та вагомий професійні здобутки у науковому дослідженні історії української філософії та культурології;
- працівників редакції журналу «*Теоретическая и экспериментальная химия*» Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України — провідних редакторів Гузикевич Наталію Іванівну і Лавриненко Олену Петрівну — за багаторічну плідну високопрофесійну працю та вагомий особистий внесок в організацію висвітлення принципово нових результатів наукових досліджень у галузі фізичної хімії та з нагоди 50-річчя від дня заснування журналу.

Подякою НАН України відзначено:

- відповідального секретаря журналу «*Теоретическая и экспериментальная химия*» Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України **Посудієвську Марію Іванівну** за багаторічну плідну високопрофесійну працю та вагомий особистий внесок в організацію висвітлення принципово нових результатів наукових досліджень у галузі фізичної хімії та з нагоди 50-річчя від дня заснування журналу.

За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК



ЧЕХУН

Василь Федорович – академік НАН України, доктор медичних наук, професор, директор Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ

За матеріалами наукової доповіді
на засіданні Президії НАН України
29 квітня 2015 року

Наведено основні результати ряду унікальних комплексних досліджень і технологічних розробок, що не лише розкривають механізми взаємодії нанорозмірних систем, а й створюють практичну платформу для впровадження нових підходів діагностики і терапії в клінічну практику.

Ключові слова: нанокompозити, пухлинні клітини, векторна доставка ліків, лікарська резистентність.

У сучасних умовах глобалізованого суспільства найважливіший фактор розвитку країни — конкурентоздатність на світовій арені — можна забезпечити лише своєчасним впровадженням інноваційних технологій. За багатьма прогнозами, обрис ХХІ ст. визначатимуть нанотехнології, які є рушійною силою нової науково-технічної революції, що приведе до істотних змін у багатьох галузях виробництва та медицини, і дають підстави для глибшого розуміння загальнобіологічних та еволюційних процесів. Створення біосумісних наноструктурованих матеріалів для потреб медицини належить до найбільш пріоритетних сфер людської діяльності, що дасть змогу забезпечити потреби ринку високоспецифічними і безпечними імплантатами, квантовими люмінофорами, векторними системами доставки ліків, магнітної томографії тощо. Навчившись маніпулювати атомами і молекулами, наука виводить людство на орбіту нових можливостей у боротьбі з найпоширенішими хворобами та відтермінуванні процесів старіння.

Хочеться вірити, що нанотехнології розширять наші горизонти у сучасній молекулярній діагностиці, в терапії, адже наносвіт — це унікальна царина окремих атомів і молекул, де панують закони квантової та молекулярної біології, які зумовлюють колективну поведінку трильйонів атомів і визначають

об'ємні та функціональні властивості будівельних блоків різних видів матерії. Однак, не відкидаючи оптимізму щодо швидкого впровадження нанотехнологій у практику, варто зазначити, що багато складних завдань ще залишаються невирішеними.

У процесі розвитку та реалізації сучасної нанотехнологічної науки постають питання, які стосуються особливостей біосумісності ультрамалих частинок, їх розподілу в органах і тканинах, виведення цих агентів з організму та прояву токсичних ефектів (рис. 1). Пошук відповідей на ці питання слід розглядати як основу нової дисципліни — нанотоксикології.

Актуальність поставлених завдань та координація науково-методичного потенціалу

Нанотехнології — це відносно молода галузь інтегральної науки, яка завдяки тісній міждисциплінарній співпраці широкого кола фахівців дала поштовх до створення унікальних засобів для потреб біології та медицини. Їх впровадження становить основу сучасного прогресу в діагностиці й терапії найпоширеніших хвороб, у тому числі і злоякісних новоутворень. Так, застосування квантових міток дає змогу візуалізувати та диференціювати патологічні

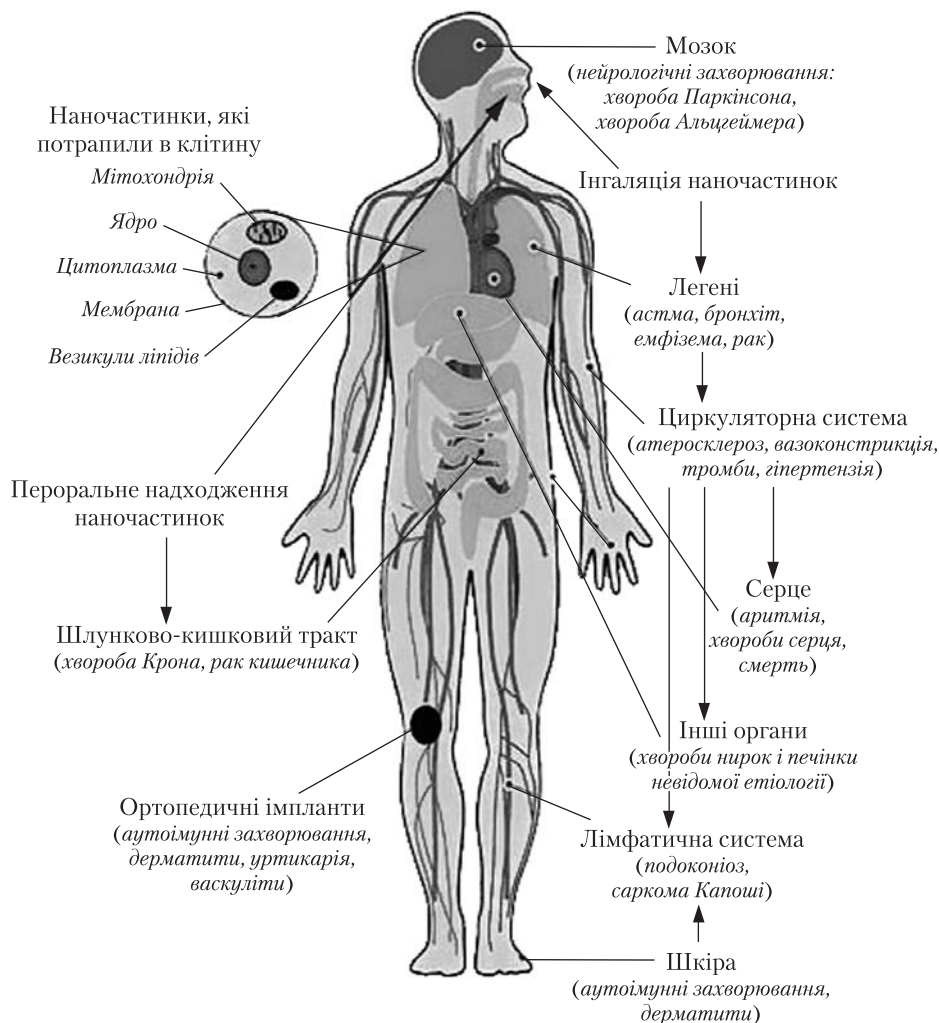


Рис. 1. Хвороби, пов'язані з впливом наночастинок

вогнища на початкових стадіях їх зародження. У лабораторній діагностиці з'являється можливість детектувати в тисячі разів меншу кількість білка, ДНК, вірусів порівняно з традиційними технологіями.

Останнім часом дедалі частіше розглядають можливості використання наносполук як векторних систем цільової доставки терапевтичних засобів. У рамках виконання постанови Президії НАН України «Про наукову та науково-організаційну діяльність Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України» від 26.12.2007 № 350 та під час реалізації Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали», цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» отримано монодисперсні наночастинки золота, магнетиту, оксидів інших елементів з керованими оптичними і магнітними характеристиками, які здатні вибірково накопичуватися в пухлинних вогнищах та утворювати наноконплеси з цитостатиками. Створено нові стабільні лікарські форми наноконполиту на основі магнетиту, колоїдного золота, оксидів інших елементів і цитостатика в біосумісній матриці для магнітокерованої доставки його в пухлину. Досліджено фізико-хімічні властивості отриманих наноконполитів на різних етапах приготування відповідно до розроблених технологій та фармакопейних вимог.

Створено систему апаратного забезпечення й еталонних зразків для метрологічного контролю наноконполитів. Змодельовано процеси транспорту магнітних наноконполитів до пухлини по судинах крові та розраховано параметри магнітів для їх концентрування, розподілу температури в пухлині при гіпертермії, що дозволяє істотно підвищити ефективність променевої і хіміотерапії онкологічних хворих.

Досліджено біологічну і специфічну активність наноконполитів у модельних системах *in vitro* та *in vivo* з урахуванням особливостей їх фармакокінетики. Вивчено ефективність

фотодинамічної терапії пухлин із застосуванням як фотосенсибілізатора наноконполитів порфірину з наночастинками золота. Уперше встановлено, що висока активність цих наноконполитів зумовлена переважанням у механізмі їх протипухлинної дії ролі синглетного кисню.

Розроблено методику визначення рівня продукції та накопичення вільних радикалів унаслідок впливу на клітину нанорозмірних матеріалів за допомогою люмінолзалежної хемілюмінесценції. Отримані з використанням цього методу дані збігаються з результатами цитоморфологічних досліджень, що дозволяє стверджувати про релевантність хемілюмінесцентного методу щодо характеристики цитотоксичної дії наноконполитних матеріалів різного походження.

Визначено комплексну систему цитоморфологічних, імуноцитохімічних, біофізичних та інших маркерів для тестування дії наночастинок, що ґрунтується на визначенні рівня пошкодження та репарації ДНК, стану глутатіонзалежної системи детоксикації ксенобіотиків і змін активності та посттрансляційної модифікації ферменту ксантиноксидоредуктази.

Загалом до реалізації зазначених завдань залучено 11 установ НАН України, два національних університети і дві зарубіжні установи, науковці яких опублікували понад 500 статей, 12 монографій, отримали близько 100 патентів України, видали 5 методичних рекомендацій.

Перспективи фундаментального та прикладного значення отриманих результатів

На сьогодні феромагнітні наночастинки є одним із найцікавіших нанотехнологічних матеріалів, який досить широко застосовують у різних галузях народного господарства.

Ідея використання заліза та різних форм оксидів у вирішенні актуальних проблем медицини, зокрема онкології, не нова, оскільки залізо належить до есенціальних мікроелементів, які забезпечують функціонування живих організмів. Однак лише в останнє десятиріч-

Так, для того щоб довести, наскільки значущими і функціонально важливими є наночастинки заліза, в рамках комплексного проекту «Взаємодія наноструктурних матеріалів з нормальними та пухлинними клітинами, розробка методів доставки, безпека їх використання» було проведено дослідження щодо їх взаємовпливу із сироватковим альбуміном. Методом диференціальної сканувальної мікрокалориметрії встановлено, що акцепція функціоналізованих наночастинок магнетиту молекулами сироваткового альбуміну людини (САЛ) відбувається в другому домені білкової глобули. При цьому їх взаємодія з альбуміном, а також комплексування з САЛ наночастинок золота, вуглецевих нанотрубок та фулеренів супроводжується значними змінами нативної архітектури білкової глобули. Показано, що синтезовані на основі САЛ наносфери з різним ступенем перехресної зшивки демонструють підвищену акцепторну активність щодо клітинних мембран злоякісних клітин та значно більшу транспортну ємність відносно речовин гідрофобної і гідрофільної природи порівняно з нативним альбуміном. Інкорпоровані в наносфери наночастинки магнетиту повністю зберігають свої природні теплопровідні, електропровідні та магнітні властивості, що свідчить про перспективність їх застосування в гіпертермії та векторній терапії хворих на злоякісні новоутворення. Розуміння молекулярних основ утворення залізо-альбумінових комплексів може не лише сприяти створенню нового покоління структурно стабільних наночастинок Fe_3O_4 , а й поповнити базу сучасних знань щодо механізму взаємодії органічних і неорганічних сполук. Такий підхід дав змогу дослідити певні конформаційні зміни в білку за участю наночастинок заліза, які найбільшою мірою проявляються під дією магнітного поля. Саме тоді й відбувається агрегація цього білкового комплексу, і він стає функціонально значущою білковою структурою, що логічно вписується в зазначену вище теорію зародження життя на Землі.

Разом з тим, до кінця зрозуміти поведінку складних систем надзвичайно важко. Хоча з

упевненістю можна сказати, що після взаємодії вони починають поводити себе як єдине ціле з проявом певних властивостей. За наявності дієвих способів керування станом цих структурованих форм можна як активувати, так і суттєво сповільнювати процеси метаболізму і нормальних, і трансформованих клітин.

Водночас результати фундаментальних досліджень останніх років відродили інтерес до вивчення ролі, яку відіграє обмін ендogenous заліза, і засвідчили його значення у пухлинному процесі, що дозволяє розглядати цей мікроелемент як перспективний маркер і мішень для лікування пацієнтів зі злоякісною патологією. В організмі метаболізм заліза відбувається за допомогою низки залізовмісних білків, які є фізіологічно активними внутрішньоклітинними регуляторами. Тому визначення змін залізовмісних комплексів у тканинах організму у відповідь на введення екзогенного заліза у складі біополімерних нанокомпозитів і механізмів, які лежать в їх основі, — це важливі питання, що відкривають перспективу спрямованої модифікації такої відповіді в заданому напрямі.

Особливий інтерес ці дослідження становлять у контексті раку молочної залози, оскільки гормональний статус жінки тісно асоційований зі значними коливаннями вмісту заліза в організмі. Як дефіцит заліза, так і його надлишок можуть мати негативні наслідки для організму в цілому. Поряд із цим є дані, що свідчать про синергізм порушень метаболізму заліза та естрогенів при виникненні раку молочної залози.

У процесі злоякісної трансформації надлишок заліза сприяє утворенню активних форм кисню, які спричинюють ушкодження ДНК. При цьому естроген може бути додатковим субстратом цих реакцій завдяки приєднанню гідроксильної групи і утворенню катехолестрогену — одного з чинників гормонального канцерогенезу.

Численні дослідження останніх років доводять роль порушень обміну ендogenous заліза і активних форм кисню в реалізації цитотоксичних ефектів багатьох протипухлинних пре-

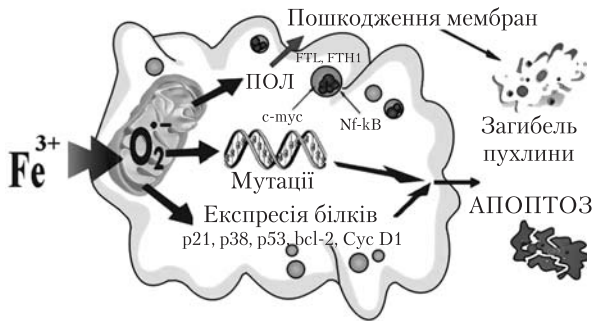


Рис. 3. Інтегральна схема цитотоксичного ефекту феромагнітних наночастинок на пухлинні клітини

паратів, у тому числі паклітакселу, цисплатину, етопозиду, доксорубіцину. Можливість такого підходу до лікування онкологічних хворих показано у деяких експериментальних роботах і підтверджено результатами наших власних досліджень [1–3] (рис. 3).

Так, уперше встановлено, що одним з важливих механізмів формування резистентності до протипухлинних препаратів є порушення регуляції металовмісних білків та обміну ендogenous заліза [2]. Показано, що в пухлинних клітинах, резистентних як до цисплатину, так

і доксорубіцину, спостерігається гіперметилування промотора гена рецептора трансферину I, а також зміни рівня білків — регуляторів обміну ендogenous заліза (рецептор трансферину, трансферин, легкі та важкі ланцюги феритину, феропортин і гепсидин). Отримані дані свідчать, що одним із механізмів формування медикаментозної резистентності до різних за механізмом дії протипухлинних препаратів є порушення обміну заліза на рівні метилування генів — регуляторів обміну заліза. Крім того, ми встановили, що цілеспрямоване інгібування білка легкого ланцюга феритину мікроРНК miR-133a збільшує чутливість клітин MCF-7/DOX і MCF-7/CP до доксорубіцину та цисплатину (рис. 4).

У системі *in vitro* встановлено, що наслідком дії наноконструкції (наночастинок феромагнітику + цисплатин) на чутливі й резистентні клітини лінії MCF-7 є істотні зміни експресії білків і мікроРНК, які беруть участь у регуляції апоптозу, інвазії, адгезії та метастазуванні. Показано, що в механізмах реалізації апоптичної програми під впливом наноконструкції важливу роль відіграють порушення гомеостазу

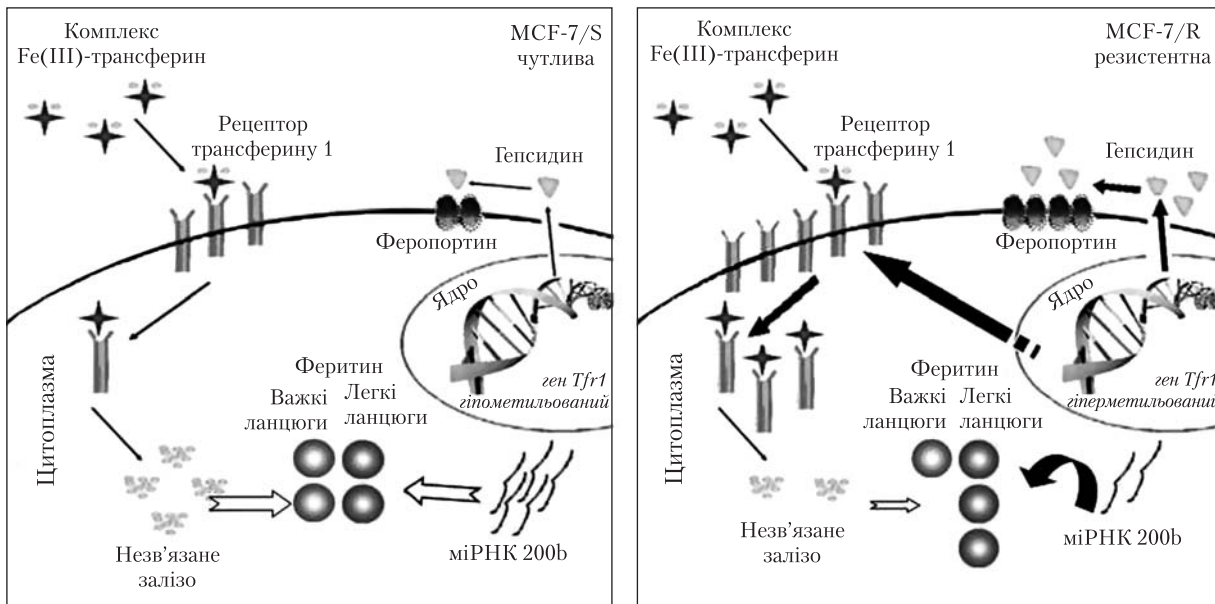


Рис. 4. Схематичне зображення особливостей обміну ендogenous заліза в чутливих (а) і резистентних (б) клітинах раку молочної залози людини лінії MCF-7



Рис. 5. Розроблена технологія одержання нової лікарської форми — «Фероплат»

ендогенного заліза. Зокрема, наслідком впливу наноконцентрату є зміни метилування та експресії рецептора трансферину, трансферину, легких і важких ланцюгів феритину, які найбільш виражені в клітинах резистентної лінії і призводять до активації утворення вільних радикалів та оксидативного стресу [4, 5].

Отримані результати стали підґрунтям для розроблення і патентування способу верифікації цитотоксичних ефектів наноферомагнетиків (патент № 75163), способу оцінки біологічної активності наноферомагнетиків (патент № 82350) та способу визначення змін активних форм кисню під впливом наноферомагнетиків (патент № 89196).

На основі вивчення ультраструктурних ефектів взаємодії нанорозмірних комплексів з компонентами цитоскелета чутливих і резистентних пухлинних клітин ми встановили, що стабілізоване залізо надходить у клітини досліджуваних ліній за допомогою рецепторопосередкованого ендоцитозу і в різні часові інтервали визначається в лізосомах і фагосомах з електроннощільним вмістом, що є свідченням лізосомального шляху метаболізму оксиду заліза [4].

У клінічних дослідженнях виявлено зв'язок рівня феритину в сироватці крові та пухлинній тканині з чутливістю до неoad'ювантної хіміотерапії у хворих на рак грудної залози [3]. Показано, що високий рівень феритину в сироватці крові та пухлинній тканині свідчить про резистентність хворих на рак молочної залози

до неoad'ювантної хіміотерапії. Отже, показники рівня феритину можна використовувати як об'єктивний критерій визначення чутливості раку молочної залози до неoad'ювантної хіміотерапії як на рівні організму, так і на рівні пухлини (патенти № 106148 і 84044 «Спосіб прогнозування чутливості до неoad'ювантної терапії у хворих на рак молочної залози»).

Встановлено також роль білків обміну ендogenous заліза у формуванні молекулярних підтипів раку молочної залози. Показано, що найвищий рівень експресії феритину та гепсидину спостерігається в пухлинах хворих на рак молочної залози базального підтипу, якому притаманний агресивний перебіг і низька чутливість до протипухлинної терапії. Отримані дані можуть допомогти в розробленні нових діагностичних критеріїв та вдосконаленні існуючих схем протипухлинного лікування з урахуванням рівня експресії феритину і гепсидину в клітинах раку молочної залози певного молекулярного підтипу.

На основі великого комплексу проведених робіт науковці академічних установ уперше розробили новий вітчизняний протипухлинний препарат «Фероплат», що містить наночастинок магнітної рідини та цисплатин (рис. 5). Доклінічні дослідження довели, що за показниками протипухлинної та антиметастатичної дії «Фероплат» не лише не поступається офіційному препарату «Цисплатин», а й перевершує його, особливо при резистентних формах злоякісних новоутворень. На основі

цієї наукової розробки видано методичні рекомендації «Критерії та методи оцінки біологічної безпеки металовмісних наноматеріалів при створенні протипухлинних векторних систем» (2014), затверджені двома експертними комісіями МОЗ України та НАМН України «Фармакологія» і «Онкологія».

Отже, залучення сучасного нанотехнологічного інструментарію сприяє започаткуванню якісно нового етапу у вирішенні ключових проблем біології та медицини. Створення інноваційних лікарських засобів спонукало до розроблення нових систем їх доставки. В останні десятиліття галузь контрольованої доставки ліків стала одним із найперспективніших напрямів наукових досліджень [6].

Результати комплексних досліджень і технологічні розробки, отримані під час виконання науково-технічних проектів, розкривають механізми взаємодії нанорозмірних систем, збагачуючи наші уявлення про загальнобіологічні процеси, а також створюють практичну платформу для впровадження нових підходів діагностики і лікування хворих на злоякісні новоутворення.

Варто зазначити, що на сьогодні понад 25% світового ринку лікарських засобів займають ліки з удосконаленою системою доставки, додатково функціоналізованими компонентами

та специфічними флуоресцентними мітками. Розроблена нами векторна система не лише забезпечує цільову доставку, а й дозволяє вирішити проблему подолання природних бар'єрів організму до набутої резистентності.

Ера нанотехнологій по-справжньому увійшла в реальне життя: матеріалознавці, фізики, хіміки, біологи, медики навчилися оперувати об'єктами одного й того самого наномасштабу, спілкуючись при цьому «однією мовою». Науковці та суспільство сподіваються, що ця мова виявиться зрозумілою й тим, від кого залежить подальша доля реалізації перспективних вітчизняних наукових розробок.

Насамкінець хочу висловити подяку нашим партнерам з академічних інститутів: електрозварювання ім. Є.О. Патона, електродинаміки, проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, фізики, металофізики ім. Г.В. Курдюмова, хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, загальної і неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського, біохімії ім. О.В. Палладіна, біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка, НТК «Інститут монокристалів», а також із Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Національного технічного університету України «КПІ», Національного центру токсикологічних досліджень (National Center for Toxicological Research, USA).

REFERENCES

1. Shpyleva S.I., Tryndyak V.P., Kovalchuk O., Starlard-Davenport A., Chekhun V.F., Beland F.A., Pogribny I.P. Role of ferritin alterations in human breast cancer cells. *Breast Cancer Res. Treat.* 2011. **126**(1): 63–71.
2. Chekhun V.F., Lukyanova N.Yu., Burlaka A.P., Bezdenezhnykh N.A., Shpyleva S.I., Tryndyak V.P., Beland F.A., Pogribny I.P. Iron metabolism disturbances in the MCF-7 human breast cancer cells with acquired resistance to doxorubicin and cisplatin. *Int. J. Oncology.* 2013. **43**(5): 1481–86.
3. Antipova S.V., Shepil O.V., Lukianova N.Yu., Chekhun V.F. Relations between serum and tumor ferritin concentrations with sensitivity to neoadjuvant chemotherapy in breast cancer patients. *Oncology (Onkologiya)*. 2013. **15**(3): 204–09 (in Ukrainian). http://www.oncology.kiev.ua/pdf/15_3/204.pdf. [Антіпова С.В., Шепіль О.В., Лук'янова Н.Ю., Чехун В.Ф. Зв'язок рівня феритину в сироватці крові та пухлинній тканині з чутливістю до неoad'ювантної хіміотерапії у хворих на рак молочної залози. *Онкологія*. 2013. Т. 15, № 3. С. 204–209].
4. Chekhun V., Lukianova N., Demash D., Borikun T., Chekhun S., Shvets Yu. Manifestation of key molecular genetic markers in pharmacocorrection of endogenous iron metabolism in MCF-7 and MCF-7/DDP human breast cancer cells. *CellBio.* 2013. **3**(4): 217–27.
5. Chekhun V.F., Yurchenko O.V., Naleskina L.A., Demash D.V., Lukianova N.Yu., Lozovska Yu.V. In vitro modification of cisplatin cytotoxicity with magnetic fluid. *Experimental oncology.* 2013. **35**(1): 15–19.
6. Park K., Mrsny R.J. Controlled Drug Delivery: Present and Future. *Controlled Drug Delivery.* 2000. **752**: 2–12.

В.Ф. Чехун

Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии
им. Р.Е. Кавецкого НАН Украины
ул. Васильковская, 45, Киев, 03022, Украина

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ
В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

По материалам научного доклада на заседании Президиума НАН Украины,
29 апреля 2015 г.

Изложены основные результаты ряда уникальных комплексных исследований и технологических разработок, не только раскрывающих механизмы взаимодействия наноразмерных систем, но и создающих практическую платформу для внедрения в клиническую практику новых подходов диагностики и терапии.

Ключевые слова: нанокompозиты, опухолевые клетки, векторная доставка лекарств, лекарственная резистентность.

V.F. Chekhun

Kavetsky Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology
of NAS of Ukraine
45 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

STATE AND PROSPECTS OF IMPLEMENTATION NANOTECHNOLOGY
IN BIOLOGY AND MEDICINE

Information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine,
April 29, 2015

The main results of a number of unique complex researches and technology developments, which reveal not only the mechanisms of interaction of nanodimensional systems, but also create the platform for practical implementation of new diagnostic and therapeutic approaches into clinical practice, are presented.

Keywords: nanocomposites, tumor cells, vector delivery of drugs, drug resistance.



ЛИСИЧЕНКО

Георгій Віталійович —

член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, директор Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»,
 lysychenko@ukr.net

ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

**За матеріалами наукової доповіді
на засіданні Президії НАН України
29 квітня 2015 року**

Розглянуто основні джерела і чинники хімічної та радіаційної небезпеки в Україні, що створюють екологічні ризики для життєдіяльності населення та біосфери. Показано, що в багатьох випадках процеси хімічного та радіаційного забруднення досягають регіональних масштабів. Сформульовано основні управлінські заходи і наукові завдання щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і мінімізації їх негативних наслідків для навколишнього природного середовища. На реальних прикладах продемонстровано науково-технічний потенціал установ НАН України у вирішенні зазначених проблем.

Ключові слова: хімічна небезпека, радіоактивне забруднення, токсичні відходи, радіоактивні відходи, комплексний екологічний моніторинг.

Щороку в Україні виникають загрозливі екологічні ситуації, пов'язані з хімічною та радіаційною небезпекою. До них належать передусім наслідки радіаційної катастрофи на ЧАЕС, загрози від впливів хвостосховищ уранового виробництва в містах Дніпродзержинськ та Жовті Води Дніпропетровської області; вибухів бронейних снарядів з урановими осередками на військових складах, зокрема в Артемівську та Новобогданівці; отруєння навколишнього середовища продуктами гептил у Болеславчику і Первомайську; виникнення надзвичайних екологічних ситуацій, пов'язаних з хімічними чинниками небезпеки, в містах Калуш Івано-Франківської області, Горлівка Донецької області, у Києві на території колишнього заводу «Радикал». Загалом, за даними Державного реєстру, на території України налічується понад 24 тис. потенційно небезпечних об'єктів, які потребують постійної уваги і нагляду. Діяльність таких об'єктів регламентується відповідним Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», положення якого у багатьох випадках за браком коштів залишаються декларативними. Зазначені проблеми набули неабиякої гостроти ще в мирний

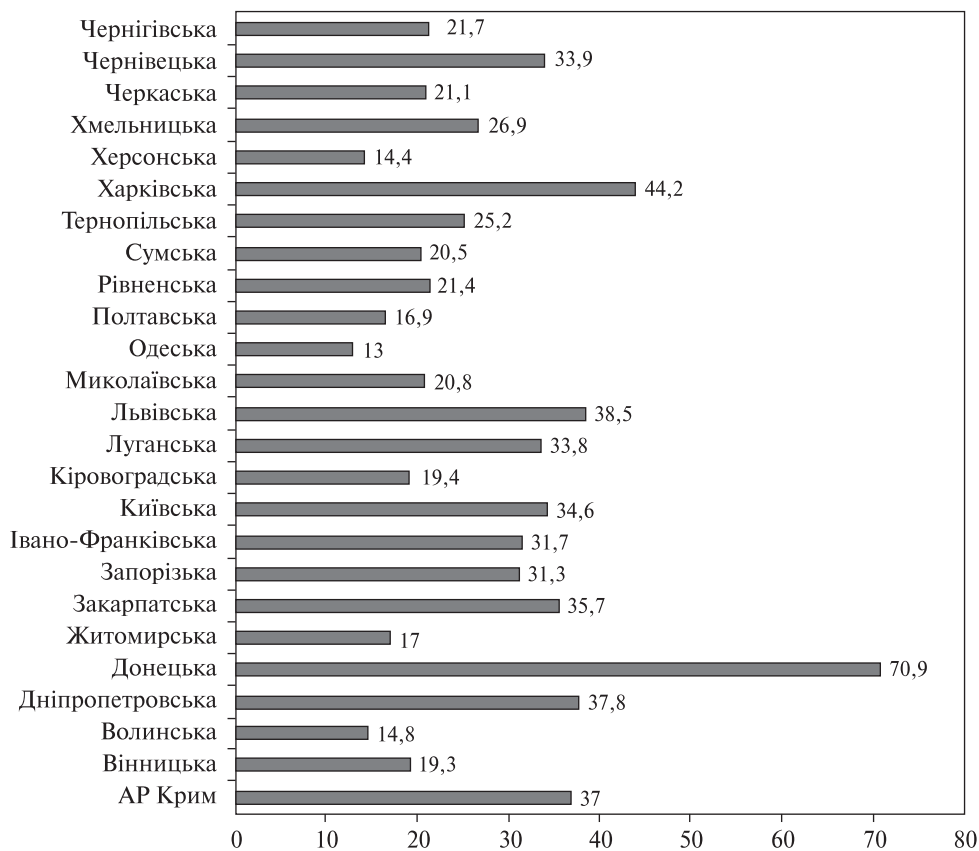


Рис. 1. Питома щільність об'єктів підвищеної небезпеки (кількість об'єктів / тис. км²) по областях України

час, але здебільшого вони так і залишилися невирішеними. Проте сьогодні, в умовах воєнних дій, ситуація ще більше загострилася. Такі проблемні об'єкти становлять потенційну загрозу національній безпеці, а заходи щодо їх існування та охорони потребують нового осмислення.

Як можна бачити на рис. 1, серед усіх регіонів України найбільша питома щільність об'єктів підвищеної небезпеки (кількість таких об'єктів у перерахунку на 1 тис. км²) припадає на територію Донецької області, значну частину якої держава сьогодні не контролює. Друге місце посідає Харківська область, у якій зараз спостерігається високий рівень терористичної загрози. У неконтрольованій Україною зоні знаходяться також АР Крим та велика частина території Луганської області з досить високою щільністю об'єктів підвищеної небезпеки.

На основі узагальнення даних щодо найвагоміших чинників регіональної хімічної небезпеки в Україні можна виділити такі джерела ризику, як забруднення повітря токсичними речовинами і парниковими газами внаслідок діяльності ТЕЦ, ТЕС, заводів, шахт, кар'єрів, транспорту тощо; токсичні відходи 1–3 класів небезпеки; непридатні й заборонені пестициди.

Якщо розглянути залежність на рівні адміністративних областей України між обсягами виробленого регіонального продукту та викидами в атмосферне повітря (рис. 2), можна побачити, що найбільш навантажені промисловістю області, такі як Донецька, Дніпропетровська, Луганська, Запорізька, характеризуються найвищими обсягами викидів, а отже, і найбільшим ступенем забруднення навколишнього середовища.

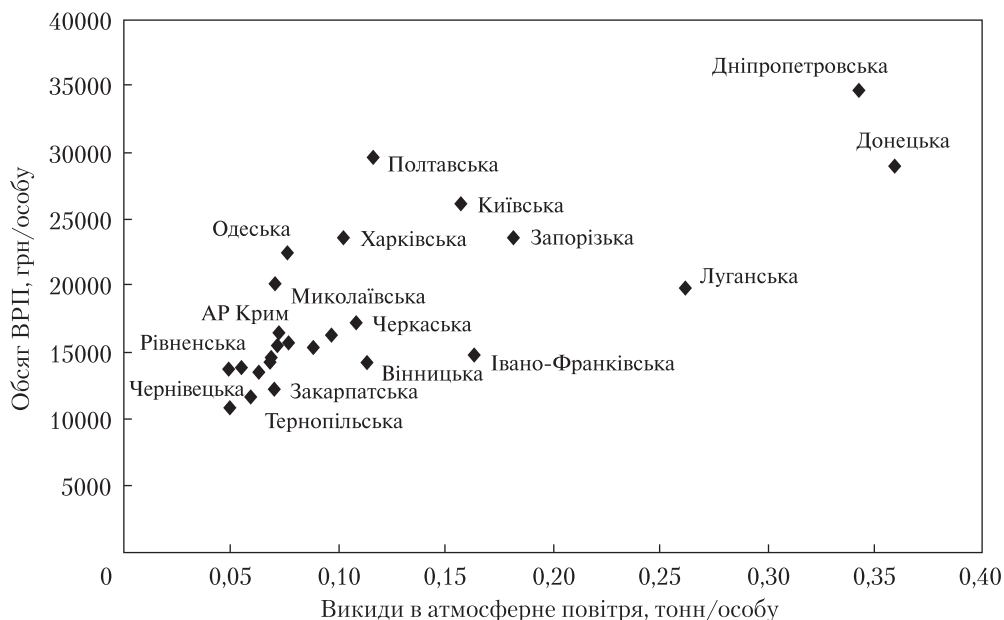


Рис. 2. Залежність між обсягами виробленого регіонального продукту та викидами в атмосферне повітря на рівні адміністративних областей України

Суттєвим регіональним чинником екологічної нестабільності в Україні є відходи. Щороку в державі утворюється до 8 млн т відходів 1–3 класів небезпеки, проте найбільшу хімічну небезпеку становлять непридатні та заборонені пестициди, більшість з яких накопичилася на території України ще за часів СРСР.

Занепад у багатьох регіонах служб сільськогосподарської хімії після розпаду СРСР призвів до повної безконтрольності та руйнування складів прострочених пестицидів. На жаль, в Україні немає технологій ліквідації непридатних пестицидів та хлорорганічних сполук. Світова спільнота, стурбована ситуацією з найтоксичнішими та небезпечними для навколишнього середовища і здоров'я людей хімічними сполуками, в 2001 р. прийняла глобальний документ – Стокгольмську конвенцію про стійкі органічні забруднювачі (СОЗ). Ця міжнародна угода спрямована на скорочення використання та поступову ліквідацію 12 особливо токсичних сполук. Україна ратифікувала Стокгольмську конвенцію 18 квітня 2007 р. Це поклало початок процесу розроблення Національного плану виконання Стокгольмської конвенції, який було ухвале-

но у 2011 р. У рамках Плану було окреслено обсяги завдань і розпочато роботи зі знешкодження/знищення СОЗ в Україні, а також визначено джерела фінансування цієї діяльності. Зрушенню справи з мертвої точки сприяли також такі документи, як Указ Президента України «Про оголошення територій міста Калуш та сіл Кропивник і Сівка-Калуська Калуського району Івано-Франківської області зоною надзвичайної екологічної ситуації» від 10.02.2010 № 145; доручення Президента України щодо підвищення ефективності реалізації державної політики у сфері поводження з відходами від 30.05.2011; розпорядження Кабінету Міністрів України «Про виділення коштів для здійснення заходів, пов'язаних з ліквідацією наслідків надзвичайної ситуації природного характеру на полігоні небезпечних відходів у зоні консервації Домбровського кар'єра в Калуському районі» від 06.06.2011 № 496-р; затверджена Мінприроди України в 2011 р. програма робіт по Калуському промисловому вузлу; рішення наради в Івано-Франківській ОДА з питань організації здійснення невідкладних природоохоронних заходів з видалення, перевезення та утилізації

небезпечних відходів гексахлорбензолу (протокол від 04.10.2012).

На виконання зазначених документів розпочалися масштабні роботи з вивезення і знищення токсичних речовин. Завдяки частковій реалізації Національного плану на кінець 2014 р. кількість складів з небезпечними речовинами в Україні скоротилася з 4,5 тис. (станом на початок 2010 р.) до 1033. Втім, за наявними оцінками, нині серед обстежених об'єктів у 14 областях ще залишилися склади з непридатними пестицидами загальною кількістю 7210 тонн.

Для наукового супроводу цих робіт у ряді випадків були залучені установи НАН України. Так, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка здійснював супровід робіт з вилучення берилію в м. Києві. Інститут геохімії навколишнього середовища за контрактом з головним виконавцем — ізраїльською фірмою «С.І.Груп Консорт Лтд.» займався науково-методичним супроводом робіт з видалення і знищення мононітрохлорбензолу в м. Горлівка Донецької області, де ще до початку бойових дій вдалося вивезти 400 т цієї небезпечної речовини, а також гексахлорбензолу в м. Калуш Івано-Франківської області. З Калуша в найкоротші терміни (2012—2013 рр.) було вивезено 30 тис. т гексахлорбензолу і знищено на спеціалізованих заводах у Великій Британії та Франції. З огляду на надзвичайну токсичність зазначених речовин усі роботи проводилися з дотриманням найвищих норм хімічної безпеки, які спиралися на теоретичні та науково-методичні розробки співробітників Інституту геохімії навколишнього середовища [1—3].

Тепер коротко зупинюся на проблемах радіаційної безпеки. Ядерні та радіаційно-небезпечні об'єкти розташовані майже по всій території України. Це атомні електростанції, державні міжобласні спеціалізовані комбінати Державної корпорації «Українське державне об'єднання «Радон» (ДМСК УкрДО «Радон»), підприємства з видобутку і переробки урану, наукові центри, що мають ядерні установки і прискорювачі, Чорнобильська зона. Території розташування цих об'єктів є зонами підвищеного радіаційного та екологічного ризику.



Роботи з видалення гексахлорбензолу в м. Калуш Івано-Франківської області

Однією з найбільших загроз суверенітету нашої держави є поглиблення залежності від Російської Федерації у галузі теплової та атомної енергетики. Як відомо, в Україні ядерно-паливний цикл є неповним, і в зв'язку з цим розвиток і функціонування вітчизняної ядерної енергетики принаймні в наявному форматі значною мірою залежить від Росії. Нині Україна самостійно реалізує лише першу стадію ядерно-паливного циклу — видобуток уранової руди та виробництво з неї уранового концентрату — близько 800–900 т на рік із необхідних 2,5 тис. т, що покриває тільки 30% від потреби українських АЕС [4–6]. Усі наступні стадії циклу забезпечує Росія, зокрема й перероблення відпрацьованого ядерного палива. На чотирьох АЕС України експлуатується 15 енергоблоків радянського виробництва — 2 ВВЕР-440 і 13 ВВЕР-1000. Цілком логічно, що основним постачальником палива для них є Росія.

У 2010–2011 рр. Україна зробила спробу диверсифікації постачання ядерного палива в рамках програми співробітництва з транснаціональною компанією Westinghouse. Однак у 2012 р., після укладання угоди між Кабінетом Міністрів України та Урядом Російської Федерації про будівництво заводу з виробництва ядерного палива, цю програму згорнули.

Проте слід зазначити, що абсолютно всі стадії ядерно-паливного циклу супроводжуються певною кількістю викидів і скидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище, утворенням хімічних та радіоактивних відходів. Проблема радіоактивних відходів (РАВ) є дуже серйозною для України. Щороку на одній типовій АЕС утворюється в середньому 28 т різних типів РАВ, з яких близько 20 т становить відпрацьоване ядерне паливо. Україна посідає друге місце в Європі за загальною кількістю РАВ, а за показником питомої щільності на 1 км² території — перше.

Втім, відпрацьоване ядерне паливо (ВЯП) є цінною вторинною сировиною, оскільки містить до 97% невикористаних ядерних матеріалів, які можна буде використовувати в реакторах наступних поколінь. Тимчасове зберігання

ВЯП здійснюють у басейнах витримки на АЕС з метою зменшення його залишкового тепло-виділення і радіоактивності для подальшого безпечного перевезення у сховища довготривалого зберігання. Варто зазначити, що й досі стратегію подальшого використання ВЯП в Україні остаточно не визначено — прийнято лише так званий «відкладений варіант». Після басейнів витримки ВЯП частково відправляли на зберігання та перероблення до Росії, а частково зберігали безпосередньо на майданчику АЕС (приклад — Запорізька АЕС). Однак сьогодні у зв'язку із заповненням таких сховищ на 60–70% гостро постають проблеми зі зберіганням не лише ВЯП, а й кубового залишку (близько 9000 тис. м³), сольового плаву (приблизно 3000 тис. т), довгоіснуючих РАВ (до 80 тис. м³). У 2016 р. в зоні ЧАЕС планується завершити будівництво і ввести в експлуатацію централізоване сховище для зберігання ВЯП енергоблоків Рівненської, Хмельницької та Южно-Української АЕС. Разом з тим, зараз фактично заморожене питання створення сховища геологічного типу для довгоіснуючих РАВ, але найближчим часом, з огляду на реалізацію програми зняття АЕС з експлуатації, таке сховище буде конче потрібне.

За останнє десятиліття в ДП НАЕК «Енергоатом» було розроблено і виконувалося декілька програм з підвищення безпеки енергоблоків АЕС України. Однак жодна з цих програм не враховувала функціонування ядерної енергетики країни в умовах втрати партнерських відносин з Росією, а також можливості активних терористичних дій у зоні розташування АЕС.

За визначенням ООН, проблеми, пов'язані з руйнівним впливом воєнних конфліктів та війн на навколишнє природне середовище, належать до 12 глобальних екологічних проблем людства. Нинішні події в Україні лише підтверджують цю позицію — анексія Росією Криму з протиправним захопленням дослідницького ядерного реактора в Севастополі, руйнування промислової інфраструктури частини Донецької та Луганської областей угрупованнями сепаратистів за підтримки Росії, терористичні диверсії в інших регіонах вкрай загострюють

ситуацію з хімічною, радіаційною та екологічною безпекою.

Зазначені загрози вимагають адекватних заходів для зменшення ризиків хімічної і радіаційної небезпеки в Україні, превентивних дій щодо проявів актів тероризму та протидії розповсюдженню хімічних, ядерних і радіоактивних матеріалів. До таких заходів, на нашу думку, належать:

- вдосконалення наявної системи комплексного екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та систем аварійного реагування всіх рівнів, особливо об'єктового, в зонах впливу потенційно небезпечних об'єктів;

- відпрацювання нових вимог і сценаріїв реагування системи фізичного захисту АЕС та інших об'єктів ядерної, радіаційної і хімічної небезпеки у зв'язку з можливими терористичними проявами та воєнними загрозами;

- розроблення сучасних технічних засобів для оперативного виявлення токсичних, отруйних, вибухонебезпечних, ядерних та радіоактивних матеріалів, що перебувають у незаконному обігу;

- створення надійнішої системи хімічного і радіаційного контролю на кордонах України із застосуванням сучасних технічних засобів та технологій вітчизняного виробництва;

- розроблення нових організаційно-технічних заходів попередження і протидії актам хімічного, ядерного та радіологічного тероризму.

Установи Академії мають значні наукові напрацювання для виконання завдань з підвищення рівня ядерної та радіаційної безпеки держави. Наприклад, Інститут сцинтиляційних матеріалів сьогодні є лідером з розроблення детекторів, сцинтиляційних матеріалів, комплектуючих для приладів ядерного та радіаційного контролю. В Інституті створено портали і сканери для пунктів пропуску на державному кордоні.

У ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» розроблено детектори рентгенівського і γ -випромінювання на основі напівпровідникових з'єднань CdTe (CdZnTe). Їх використо-

вують у ядерній енергетиці для дозиметрії та моніторингу території АЕС, аналізу ізотопного складу і контролю герметичності ТВЕЛів; у геології та екології — для моніторингу навколишнього середовища; у медицині — в рентгівській і позитронній комп'ютерній томографії та для вимірювання доз.

Інститут ядерних досліджень є головною установою з проблем ядерного та радіаційного експертного контролю, а також з питань методичного супроводу функціонування систем фізичного захисту і вирішення проблем ядерної криміналістики.

Інститут проблем безпеки АЕС здійснює великий обсяг робіт з питань, що стосуються поводження з РАВ об'єкта «Укриття» та зняття Чорнобильської АЕС з експлуатації. У цій сфері є багато неузгоджених питань, частина яких пов'язана з недостатністю фінансування.

В Інституті геохімії навколишнього середовища здійснюються роботи з удосконалення методології оцінювання радіаційних ризиків і технічних засобів для технологічного контролю АЕС і комплексного радіоекологічного моніторингу території України. Розроблено та практично реалізовано методологію динамічного аналізу нестаціонарних радіаційних полів (на метод, технологію й апаратуру отримано низку патентів [7–10]). Технологія дає змогу виявляти приховані джерела іонізуючого випромінювання та радіоактивні матеріали в транспортних засобах, що рухаються зі швидкістю 40–50 км/год. На базі Інституту була розроблена і пройшла державні випробування серія спеціальних технічних інструментально-інформаційних засобів нового покоління, яка може бути корисною при вирішенні найрізноманітніших завдань радіаційного контролю. Ці технічні засоби, у яких застосовуються нові принципи оброблення радіоспектрометричної інформації на основі захищених патентами методів сканування корисного сигналу, дозволяють здійснювати зйомки радіаційного стану великих територій; виконувати оперативний радіаційний контроль забруднення об'єктів навколишнього середовища (з гелікоптерів, БПЛА, автомобілів, плавзасобів тощо) та за-

безпечувати проведення радіологічної паспортизації населення.

Однак великою проблемою академічних установ є те, що ми не можемо сертифікувати розроблені нами макети і дослідні зразки, оскільки на це не вистачає коштів. І тут міг би допомогти Центр із сертифікації технічної продукції, створений при Академії.

Отже, підбиваючи підсумки, хочу наголосити, що наукові дослідження з проблем хімічної та радіаційної безпеки мають бути пріоритетними напрямками фундаментальних і прикладних досліджень НАН України. Наведені дані свідчать про наявність вітчизняного технічно-

го потенціалу для вирішення завдань хімічної і радіаційної безпеки, переведення систем радіаційного моніторингу та контролю виключно на технічні засоби українського виробництва. Необхідно також поглибити співпрацю із зацікавленими міністерствами та відомствами (Мінпаливвугілля, Міноборони, Мінприроди, Держприкордонслужбою та ін.) з метою інформування їх про науковий потенціал і можливості установ НАН України, а також підписання відповідних угод про співробітництво та впровадження розробок для вирішення практичних завдань сьогодення з питань безпеки держави.

REFERENCES

1. Feofylakteva L.A., Lysychenko G.V., Evseev V.P. *Methodological recommendations for monitoring compliance with rules and regulations of environmental safety* (Kyiv: Minpryrody Ukrainy, 2004) (in Ukrainian). [Феофілактьєва Л.А., Лисиченко Г.В., Євсєєв В.П. та ін. *Методичні рекомендації по контролю за дотриманням норм і правил екологічної безпеки при зберіганні, транспортуванні і застосуванні пестицидів і агрохімікатів*. К.: Мінприроди України, 2004].
2. Lysychenko G.V., Zabulonov Yu.L., Khmil A.A. *Natural, Technological and Environmental Risks*. (Kyiv: Naukova dumka, 2008) (in Ukrainian). [Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. *Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління*. К.: Наук. думка, 2008].
3. Lysychenko G.V., Barbashov S.V., Khmil A.A. *The Methodology of Evaluation of Environmental Risks*. (Odesa: Astroprint, 2011) (in Ukrainian). [Лисиченко Г.В., Барбашов С.В., Хміль Г.А. *Методологія оцінювання екологічних ризиків*. Одеса: Астропринт. 2011].
4. Lysychenko G.V. (ed.) *Uranium Ore of Ukraine*. (Kyiv: Naukova dumka, 2010) (in Ukrainian). [Лисиченко Г.В., Мельник Ю.П., Лисенко О.Ю. та ін. *Уранові руди України: геологія, використання, поводження з відходами виробництва*. К.: Наук. думка, 2010].
5. Verkhovtsev V.G., Lysychenko G.V., Zabulonov Yu.L. *Prospects of the Uranium Resource Base of Nuclear Power Engineering in Ukraine*. (Kyiv: Naukova dumka, 2014) (in Ukrainian). [Верховцев В.Г., Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л. та ін. *Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики*. К.: Наук. думка, 2014].
6. Lysychenko G.V., Zabulonov Yu.L. in *Environmental Safety: problems and solutions path*: Proc. X Int. Conf. (Kharkiv, 2014) (in Russian). [Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л. Новые технические системы для решения задач радиационной и экологической безопасности. *Экологическая безопасность: проблемы и пути решения*: збірник наук. праць X Міжнар. конф. Харків: УкрНДІЕП, 2014. С. 117–129].
7. *Patent of Ukraine № 22444*. Zabulonov Yu.L., Makarets M.V., Lysychenko G.V. Method of dynamical analysis of unsteady radiation fields. 25.04.2007. [Забулонов Ю.Л., Макарець М.В., Лисиченко Г.В. *Патент України № 22444*. Спосіб динамічного аналізу нестационарних радіаційних полів. 25.04.2007].
8. *Patent of Ukraine № 22498*. Zabulonov Yu.L., Lysychenko G.V., Makarets M.V. Device for dynamic analysis of unsteady radiation fields. 25.04.2007. [Забулонов Ю.Л., Лисиченко Г.В., Макарець М.В. *Патент України № 22498*. Пристрій для проведення динамічного аналізу нестационарних радіаційних полів. 25.04.2007].

9. *Patent of Ukraine № 16237*. Zabulonov Yu.L., Lysychenko G.V., Makarets M.V. Detector of low-power beta radiation. 17.07.2006.
[Забулонов Ю.Л., Лисиченко Г.В., Макарець М.В. *Патент України № 16237*. Детектор низькоенергетичного β -випромінювання. 17.07.2006].
10. *Patent of Ukraine № 17533*. Zabulonov Yu.L., Lysychenko G.V., Makarets M.V. Position-sensitive detector of low-power beta radiation. 15.09.2006.
[Забулонов Ю.Л., Лисиченко Г.В., Макарець М.В. *Патент України № 17533*. Позиційно чутливий детектор низькоенергетичного β -випромінювання. 15.09.2006].

G.V. Lysychenko

Государственное учреждение «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»
просп. Академика Палладина, 34а, Киев, 03680, Украина

ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ И РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ

По материалам научного доклада на заседании Президиума НАН Украины 29 апреля 2015 года

Рассмотрены основные источники и факторы химической и радиационной опасности, которые имеют место в Украине на современном этапе и создают экологические риски для жизнедеятельности населения и биосферы. Показано, что во многих случаях процессы химического и радиационного загрязнения имеют региональные масштабы. Сформулированы основные управленческие мероприятия и научные задачи по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций и минимизации их последствий для окружающей природной среды. Охарактеризован научно-технический потенциал учреждений Национальной академии наук Украины, который может быть успешно реализован для решения указанных проблем.

Ключевые слова: химическая опасность, радиоактивное загрязнение, токсические отходы, радиоактивные отходы, комплексный экологический мониторинг.

G.V. Lysychenko

State Institution “Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”
34a Academician Palladin Prospect, Kyiv, 03680, Ukraine

PROBLEMS OF CHEMICAL AND RADIATION SAFETY OF UKRAINE

Information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, April 29, 2015

The report describes the main sources and factors of chemical and radiation dangers, which at present take place in Ukraine and pose environmental risks to the livelihoods of people and the biosphere. It is shown that in many cases the processes of chemical and radioactive contamination have regional level. Formulated the basic management activities and scientific tasks for the prevention of emergency situations and minimizing their impact on the environment. Characterized scientific and technical capacity of the institutions of National Academy of Sciences of Ukraine, which can be successfully implemented to address these problems.

Keywords: chemical dangers, radioactive contamination, toxic waste, radioactive waste, comprehensive environmental monitoring.



МАКАРОВА
Олена Володимирівна – член-кореспондент НАН України, доктор економічних наук, заступник директора Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України

ЖИТЛОВІ УМОВИ ЯК КЛЮЧОВИЙ АСПЕКТ ЯКОСТІ ЖИТТЯ В УКРАЇНІ

Проживання в задовільних житлових умовах є однією з найважливіших складових людського життя. Житло є суттєвим елементом для задоволення базової потреби – наявності даху над головою. Проте житло – це не лише дах і стіни, це місце для сну, харчування, відпочинку, створення сім'ї. Житло береже людину від загроз зовнішнього світу, створюючи атмосферу безпеки, визначеності, дає змогу протистояти навколишньому хаосу. Всі ці фактори перетворюють житло на дім. І, звичайно, виникає запитання: «Чи можуть люди дозволити собі гідні житлові умови?».

Житло є однією з базових, життєво важливих потреб людини. Без її задоволення (втім як і інших основних потреб у їжі, одязі, медичній допомозі) навіть фізичному існуванню та здоров'ю людини загрожує небезпека. Тому захист права людини на гідні житлові умови є важливим напрямом державної соціальної політики. Крім того, характеристики житлових умов – це ключовий індикатор якості життя населення, а забезпеченість і доступність житла є візитівкою будь-якої країни і визначає її привабливість для проживання. Оцінюючи житлові умови населення, слід враховувати принаймні такі аспекти цього питання, як фактичну забезпеченість (за кількісними та якісними параметрами), можливість поліпшення житлових умов, нерівність у доступі до нормальних житлових умов.

Варто зазначити, що проблема забезпечення прийнятних житлових умов не втрачає своєї актуальності в усьому світі. Всесвітня організація охорони здоров'я приділяє значну увагу цій проблемі та її впливу на здоров'я людей. За даними ВООЗ, у країнах Європейського Союзу налічується близько 89 млн осіб, які живуть у відносній бідності. Багато з них мешкають у сирих будинках, з поганим опаленням та неадекватним санітарно-технічним обладнанням. У доповіді «Екологічний тягар хвороб, пов'язаних з незадовільними житловими умовами» [1] наголошено, що кожного року в європейському регіоні незадовільне житло стає причиною понад 100 тис. смертей, викликає численні хвороби і травми, зокрема захворювання

дихальної, нервової та серцево-судинної систем, а також появу злякисних новоутворень. Значна частина житлового фонду в країнах ЄС і досі характеризується такими несприятливими для здоров'я факторами, як надлишковий шум (22%), надмірна вологість (16%), перенаселеність (18%), проблеми, пов'язані з підтриманням тепла в зимовий період (9%), з відсутністю санітарних зручностей: туалету зі зливом (3%), ванної/душ (3%).

Цілком зіставних даних за межами країн ЄС, на жаль, немає, але навіть наявна інформація свідчить про те, що житлові умови там ще гірші, особливо для осіб з низькими доходами. В Україні, за даними Державної служби статистики на 1 січня 2014 р., загальна площа ветхого житла становила 3,8 млн кв. м, де мешкало 89,5 тис. осіб, а загальна площа житла в аварійному стані становила 1,0 млн кв. м, де проживало 20,0 тис. осіб [2]. Капітальний ремонт житла практично не здійснюється: у 2013 р. було відремонтовано тільки 0,1% загальної площі житла, причому капітальні ремонти проводилися лише у 6 регіонах України.

За даними обстежень населення з питань соціальних позбавлень, які проводить Держслужба статистики в рамках Обстеження умов життя домогосподарств України (ОУЖД), ситуація щодо умов проживання є ще гіршою: майже 7 млн наших співгромадян вказали на відсутність житла у нормальному стані; 2 млн осіб страждає від обмежених умов проживання (коли площа житла не перевищує 5 кв. м на

одну людину) і понад 5 млн осіб відчувають нестачу коштів для оплати житла (див. табл.).

Характерною ознакою житлових умов українців є не тільки і не стільки високий рівень позбавлень, скільки низькі середні стандарти (порівняно з більшістю європейських країн). Певне зростання рівня забезпеченості житловою площею в розрахунку на 1 особу (з 17,9 кв. м у 2004 р. до 22,1 кв. м у 2013 р. у містах України) більшою мірою пояснюється зниженням чисельності населення, ніж зростанням обсягів житла. Для переважної частини населення придбання житла у власність є абсолютно недоступним. Житловим стандартом для пересічної української сім'ї (модальне значення, визначене за даними ОУЖД) є 2-кімнатна квартира загальною площею близько 50 кв. м. Проте навіть такі скромні стандарти залишаються недосяжними для тих, хто потребує поліпшення житлових умов. За даними ріелторів (<http://agent.ua/statistics/>), ціна 1 кв. м такого житла на вторинному ринку обласних центрів становить (за період від 1 жовтня 2013 р. до 1 жовтня 2014 р.) від 639 дол. США у Херсоні до 1792 дол. США у Києві.

Якщо припустити, що середньостатистична сім'я здатна відкладати щомісяця одну заробітну плату на купівлю житла, то (умовно) для придбання тієї ж 2-кімнатної квартири на вторинному ринку знадобиться від 9 років у Сумах до 23 років у Полтаві (рис. 1).

Слід зазначити, що найкоротший термін накопичення коштів (9–11 років) характер-

Характеристики домогосподарств щодо ознак позбавлення за житловими умовами (за даними ОУЖД 2011 р.)

Ознаки позбавлення	Частка домогосподарств, %		Частка міських домогосподарств, %		Частка сільських домогосподарств, %	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
Відсутність житла в нормальному стані (потребує капітального ремонту, сире, ветхе, старе)	14,8 (6,5 млн осіб)	15,6 (6,9 млн осіб)	13,3	14,2	18,0	18,7
Нестача коштів для своєчасної та в повному обсязі оплати рахунків	13,4	11,8	14,4	12,2	11,4	11,0
Житлова площа не перевищує 5 кв. м на 1 особу	4,0 (2,0 млн. осіб)	4,2	4,6	4,9	2,5	2,8

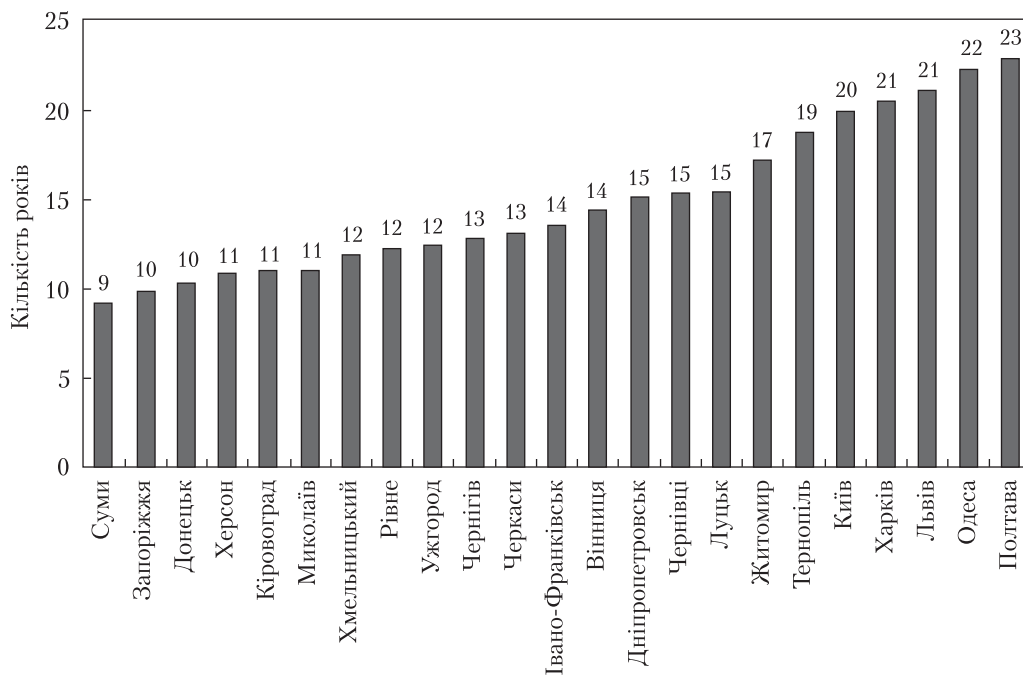


Рис. 1. Час, необхідний для накопичення коштів на придбання 2-кімнатної квартири в обласних центрах України (за умови щомісячного відкладання коштів у розмірі середньої заробітної плати)

ний для менш привабливих з точки зору рівня людського розвитку обласних центрів. Так, у рейтингу регіонів за індексом регіонального людського розвитку Сумська область посідає 23 місце, Запорізька – 7, Донецька – 22, Херсонська – 26, Кіровоградська – 24, Миколаївська – 15. Винятком у цій групі є Запоріжжя, високий рейтинг якого пояснюється рівнем добробуту населення, а порівняно невисокі ціни на житло – імовірно, непривабливістю через несприятливий стан довкілля. Водночас найдовший термін накопичень (21–23 роки) притаманний відносно благополучним регіонам: Полтавській області – 9 місце в рейтингу, Одеській – 10, Львівській – 4, Харківській – 2, м. Києву – 1.

Ринок житла в Україні значною мірою сегрегований. Очевидно, що придбати житло може дуже обмежене коло наших співгромадян: основні покупці житла – це багаті українці (бізнесмени та чиновники), для яких придбання нерухомості є вигідним вкладанням коштів. Певні шанси на купівлю житла

мають також трудові мігранти. Люди середнього статку можуть поліпшити свої житлові умови, лише якщо вони вже мають житло, що, як правило, залишилося від батьків. «У 60% випадків квартири на первинному ринку люди купують за власні кошти. Переважно це гроші, які люди отримали від продажу старої квартири, додали свої заощадження і купують більш якісне (або більше за розміром) житло. Ще 37% припадає на розстрочку від забудовників (інвестування будівництва). І лише 3% – іпотека» (з інтерв'ю керівника консалтингової компанії). І навіть коли сім'я наважується на купівлю квартири, вирішальним фактором для прийняття рішення є ціна (майже у 98% випадків, за даними дослідження центру «Соціальний моніторинг» 2013 р.), а не якість чи безпека житла.

Неспроможність більшої частини населення придбати житло зумовлює досить низький платоспроможний попит, а отже, і низькі темпи будівництва (принаймні порівняно з радянським періодом нашої історії).

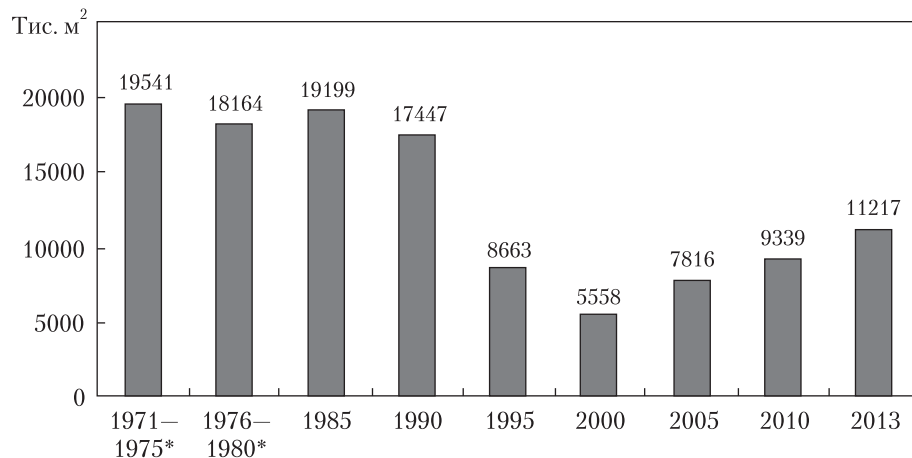


Рис. 2. Прийняття в експлуатацію загальної площі житла (* – середньорічні дані)

На рис. 2 наведено зміни, що відбулися в обсягах прийнятого в експлуатацію житла за період від 1971 до 2013 р.

Зрозуміло, що таке значне падіння обсягів будівництва пов'язане з переходом до ринкових відносин, що супроводжувався різким, багатократним і нічим не компенсованим зниженням обсягів капіталовкладень у будівельну галузь.

Сьогодні в регіональному розрізі обсяги будівництва житла та активність відповідних інвестицій демонструють доволі яскраву залежність від ступеня привабливості регіону з точки зору людського розвитку, якості життя, зокрема – екологічної складової, розвиненості ринку праці. Найменші обсяги введеного в експлуатацію житла (у розрахунку на 1000 осіб) останніми роками спостерігалися у Кіровоградській, Миколаївській, Сумській, Житомирській та Луганській областях. До речі, ці регіони також мають низькі рейтинги за індексом людського розвитку. Впадає в око значна регіональна диференціація за обсягами зданого в експлуатацію житла: якщо в 2013 р. у Луганській області цей показник становив лише 79 кв. м, то в Києві він дорівнював 536 кв. м, а в Київській області – 567 кв. м (хоча активне будівництво є цілком природним явищем для столичного регіону). Наступні місця посіли Тернопільська (532 кв. м) та Івано-Франківська

(491 кв. м) області, що можна пояснити значними надходженнями від трудових мігрантів, які, як правило, намагаються вкласти зароблені кошти у придбання нерухомості.

Варто зазначити, що розвинений і активно функціонуючий ринок житла є вагомим чинником підвищення економічної активності та трудової мобільності населення, що у свою чергу може стати поштовхом для економічного поживлення певних територій.

Безумовно, розв'язання житлової проблеми є надто складним завданням для держави. Особливо вона загострюється сьогодні – в умовах воєнного конфлікту на Сході України, наслідками якого є не лише прямі втрати через фізичне руйнування, а й погіршення економічних умов для реалізації соціальної політики взагалі і житлової зокрема.

Проте останні події – не єдиний фактор, який зумовлює житлові проблеми. Слід відзначити також і слабку активність житлової політики впродовж усього періоду незалежності України. Швидка безкоштовна приватизація житла, проведена на початку 1990-х років, не поліпшила ситуацію з житлом і не сформувала клас власників (тим більше – ефективних власників). У період незалежності, а саме за часів прем'єрства Ю. Тимошенка, відбулося лише кілька подій, спрямованих на створення нормативно-правового підґрунтя для реаліза-

ції житлової політики, — було схвалено концепції Державної програми «Соціальне житло» (2005), прийнято Закон України «Про житловий фонд соціального призначення» (2006), затверджено Державну цільову соціально-економічну програму будівництва (придбання) доступного житла на 2010–2017 рр. (2009). Однак ці документи не мали реального втілення у життя через їх неузгодженість з національною житловою політикою, а точніше, через відсутність такої політики. Так і не було створено інститути, необхідні для функціонування соціального житла, не було визначено порядок і критерії виникнення права на отримання соціального житла, порядок виселення мешканців, які втрачають право на соціальне житло, тощо.

Варто лише сказати, що на сьогодні в Україні чинним є Житловий кодекс Української РСР 1983 р., у преамбулі якого визначено курс на «втілення в життя ленінських ідей побудови комуністичного суспільства» та «...послідовну реалізацію розробленої Комуністичною партією програми житлового будівництва» [3]. Коментарі тут зайві. Звісно, проблема полягає не лише в оновленні чинного законодавства — реалізація соціально спрямованої житлової політики є надто складним, багатовекторним питанням, яке потребує постановки найбільш актуальних завдань, пошуку нових ефективних шляхів їх вирішення (особливо в умовах, коли є нагальна потреба у відновленні втраченого житлового фонду), розроблення стратегічних пріоритетів розвитку.

Українська система фінансування житлового будівництва, безперечно, потребує кардинального оновлення, використання нових способів залучення інвестицій. На жаль, зважаючи на економічні реалії України, навряд чи найближчим часом вдасться істотно розширити масштаби іпотечного кредитування для придбання власного житла. Однак перспективним напрямом стимулювання інвестицій у розвиток житлового будівництва має стати застосування механізмів публічно-приватного партнерства, тобто залучення приватних компаній до довготермінового фінансування та

управління інфраструктурними житловими об'єктами.

Альтернативою придбання власного житла може бути розвиток ринку орендного житла. Орендоване житло є реальним шансом розв'язати житлову проблему молоді, яка лише починає своє трудове та сімейне життя, перебуває в пошуку і потребує умов для вільного переміщення. Крім того, це може стати альтернативою іпотеці та індивідуальному будівництву для малозабезпечених верств населення. У розвинених країнах світу на орендний фонд житла припадає близько 30% загального обсягу житлового фонду. В Україні лише 2,8% домогосподарств проживають в орендованому житлі, яке належить фізичним особам [4]; до того ж, цей ринок є слабо регламентованим і практично неконтрольованим.

Як правило, найбільшим попитом на ринку оренди житла користуються квартири економкласу як своєрідна відправна точка, що дає змогу отримати прийнятний рівень зручності та комфорту окремого житла за помірною ціною (порівняно з житлом бізнес- та люкс-класу), іноді за умови компенсації державою частини вартості (США, Австралія), іноді шляхом державного регулювання орендної плати (Чехія). Досвід розвинених країн світу доводить доцільність розвитку ринку оренди житла і в Україні. Для цього необхідно створити сприятливі умови для зацікавленого бізнесу. Орендне житло має швидко будуватися, бути достатньо комфортним, але малогабаритним. Його основне призначення — забезпечення тимчасовим житлом молодих сімейних пар, однаків, студентів тощо. Основний ринок довгострокової оренди сформують Київ та інші великі індустріальні, культурні, фінансові центри, які мають значний ринок вакансій, особливо у сфері будівництва, торгівлі, туризму. Орендодавцями можуть виступати державні структури, регіональні утворення, муніципалітети, роботодавці, громадські фонди, житлові асоціації, фізичні особи. Проте в будь-якому разі формування цивілізованого ринку житла має супроводжуватися відповідним правовим забезпеченням, створенням фінансових передумов

для ведення такого бізнесу, систем професійного управління та державного контролю.

Програми будівництва житла для мало-забезпечених можуть передбачати часткову участь населення в будівельних роботах. Наприклад, досвід Чилі щодо будівництва «ду-плексів», коли частина простору житла будується за рахунок держави, а потім порожнини заповнюються силами майбутніх мешканців. Такий спосіб будівництва для бідного населення виховує соціальну відповідальність і формує більш активну позицію щодо самостійного виходу зі скрутного становища. Подібні програми продемонстрували свою ефективність у розв'язанні проблем нужденного населення в багатьох країнах світу [5], і цей досвід може бути корисним для сучасних умов в Україні.

Незважаючи на гостроту житлового питання, яка відчувається не лише в Україні, а й в усьому світі, ця сфера ще недостатньо досліджена. Модернізація житлової політики і захист прав людини вимагають створення відповідного науково-методологічного та інформаційного забезпечення. У зв'язку з цим актуальними стають завдання з розроблення системи індикаторів для моніторингу поточного стану житлових умов населення із залученням різних інформаційних джерел; оцінювання впливу житлових умов на стан здоров'я, перебіг демографічних процесів та соціальну мобільність; розроблення моделей оцінювання наслідків реформ з урахуванням платоспроможного попиту населення та соціально-демографічних змін.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Екологічний тягар хвороб, пов'язаних з незадовільними житловими умовами*. Доповідь. ВООЗ. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/142077/e95004.pdf.
2. *Житловий фонд України у 2013 році*. Статистичний бюлетень. Державна служба статистики України. К., 2014.
3. *Житловий кодекс Української РСР. Відомості Верховної Ради*. 1983. Додаток до № 28, ст. 573.
4. Соціально-демографічні характеристики домогосподарств України. <http://ukrstat.gov.ua/>.
5. Ковалевська О.П. Світовий досвід розвитку державної житлової політики. *Державне управління: удосконалення і розвиток*. 2013. № 2. <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=618>.

МАЛЮКІН

Юрій Вікторович — член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, заступник директора Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

ЄФІМОВА

Світлана Леонідівна — доктор фізико-математичних наук, завідувач відділу нанокристалічних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

ТКАЧОВА

Тетяна Миколаївна — провідний інженер відділу нанокристалічних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

ГРИГОРОВА

Ганна Володимирівна — молодший науковий співробітник відділу нанокристалічних матеріалів Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

УДК [544.726:667.287]:546.65-022.532

УПОРЯДКОВАНА АДСОРБЦІЯ ОРГАНІЧНИХ МОЛЕКУЛ НА НЕОРГАНІЧНИХ НАНОЧАСТИНКАХ

Розглянуто сучасний стан і перспективи створення новітніх наноконтейнерних систем доставки лікарських засобів. Наведено результати власних досліджень авторів з використання неорганічних нанокристалів ортованадатів $ReVO_4:Eu^{3+}$ ($Re = Y, Gd, La$) з різним форм-фактором як нанорозмірного носія активної органічної речовини.

Ключові слова: наночастинка, барвник, адсорбція, гібридні органіко-неорганічні комплекси.

Вступ

За оцінками експертів, 95% новостворених лікарських препаратів виявляють серйозні недоліки фармакокінетичних параметрів і мають виражені побічні ефекти [1]. Вихід на фармацевтичний ринок багатьох перспективних лікарських засобів стримується їх поганою розчинністю в біологічних рідинах, високою токсичністю, необхідністю використання високих доз для досягнення терапевтичного ефекту, неспецифічною акумуляцією в організмі, швидкою деградацією і малим часом циркуляції в організмі [1, 2]. Тому на сьогодні одним із найактуальніших завдань сучасної медицини і фармації є створення нових лікарських форм, здатних підвищити терапевтичну ефективність уже відомих лікарських речовин, арсенал яких величезний, знизити побічні ефекти, збільшити комфортність лікування для пацієнта. Для вирішення поставленого завдання одним із перспективних напрямів у цій галузі є використання різних нанорозмірних матеріалів і широких можливостей нанотехнологій, що зумовило навіть появу нового терміна — наномедицина [3, 4]. Саме з таким підходом нині пов'язують очікуваний прорив у лікуванні онкологічних захворювань, багатьох спадкових та інфекційних хвороб, атеросклерозу, діабету та ін. [3–12].

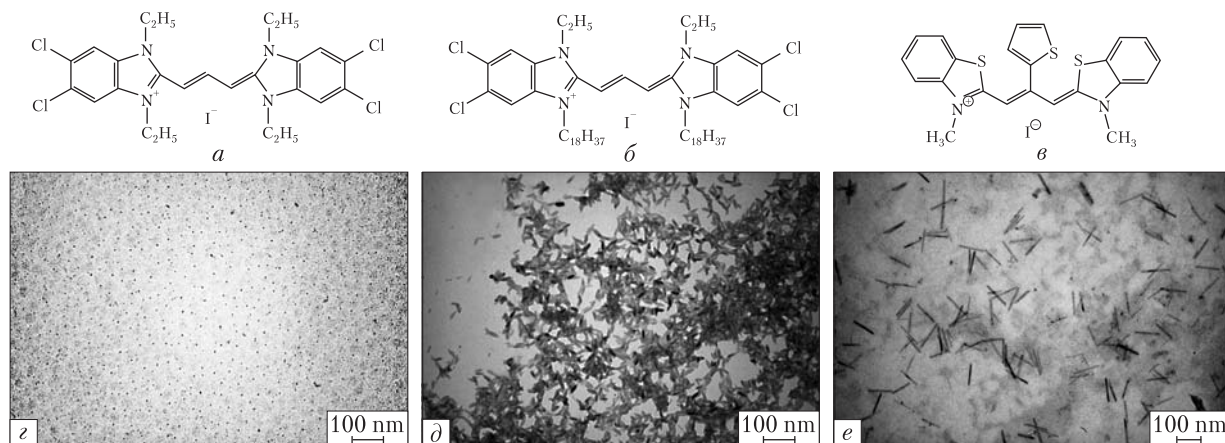


Рис. 1. Структурні формули барвників: *a* – JC-1; *б* – JC-1/C18; *в* – Суан-βTh і TEM-зображення НЧ; *г* – сферичні $\text{GdYVO}_4:\text{Eu}^{3+}$; *д* – веретеноподібні $\text{GdVO}_4:\text{Eu}^{3+}$; *е* – стрижнеподібні $\text{LaVO}_4:\text{Eu}^{3+}$

Суть цього підходу полягає у використанні нанорозмірної матриці (платформи, наноконтейнера) та діючої лікарської або діагностичної речовини, інкапсульованої, диспергованої або адсорбованої на наноплатформі [2, 7–12]. Наноплатформа може бути спеціальним чином функціоналізованою, тобто оснащеною специфічними імуноглобулінами, аптамерами, лігандами клітинних рецепторів для забезпечення спрямованої (таргетної) доставки активної речовини безпосередньо до ураженого місця в живому організмі, а також містити спеціальні групи, які перешкоджають розпізнаванню ретикулоендотеліальною системою (РЕС) організму (системою макрофагів) [11–14].

Серед переваг застосування нанорозмірних носіїв для спрямованої доставки лікарських препаратів слід відзначити зниження обсягу розподілу препарату в органах і тканинах організму; зменшення токсичності препарату завдяки його вибіркового накопиченню в ушкодженій тканині і меншому надходженню в здорові органи; збільшення розчинності гідрофобних речовин у водному середовищі завдяки розміщенню їх у наноконтейнері, що уможливує парентеральне введення таких препаратів; захист лікарської речовини від небажаної дії навколишнього середовища тощо [5, 6]. Використання нанорозмірних контейнерів та їх функціоналізація дозволяють також певною мірою вирішувати проблему ре-

зистентності ракових пухлин до лікарських препаратів [7–9]. Крім того, такий підхід дає змогу перейти до системи лікування, орієнтованої на конкретну людину, – індивідуальної терапії, або терапії на замовлення (*tailor-made therapy*), що, безперечно, є майбутнім медицини [3, 4, 15].

Отже, дослідження в галузі створення наноплатформ і розроблення методів їх спрямованої доставки в потрібне місце організму є дуже актуальними. Не менш актуальним є також з'ясування механізмів взаємодії лікарської чи діагностичної речовини з наноконтейнером.

У роботі [16] методом мікроспектроскопії було показано, що неорганічні наночастинки (НЧ) на основі нанокристалів ортованадатів $\text{GdYVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ діаметром 2 нм здатні накопичуватися в ядрі живої клітини гепатоцитів щурів *in situ* та у виділених ядрах гепатоцитів. Це зумовлює перспективність використання таких НЧ як нанорозмірної платформи при створенні нового типу наноліків, наприклад протиракових агентів, зокрема й у фотодинамічній терапії. Тому вивчення особливостей їх взаємодії з можливими транспортувальними речовинами (переважно органічними) є своєчасним завданням. Зробити це можна з використанням методів оптичної спектроскопії, застосовуючи органічні молекули барвників як модельні системи органічної активної речовини, які є також привабливими і з точки зору використання їх

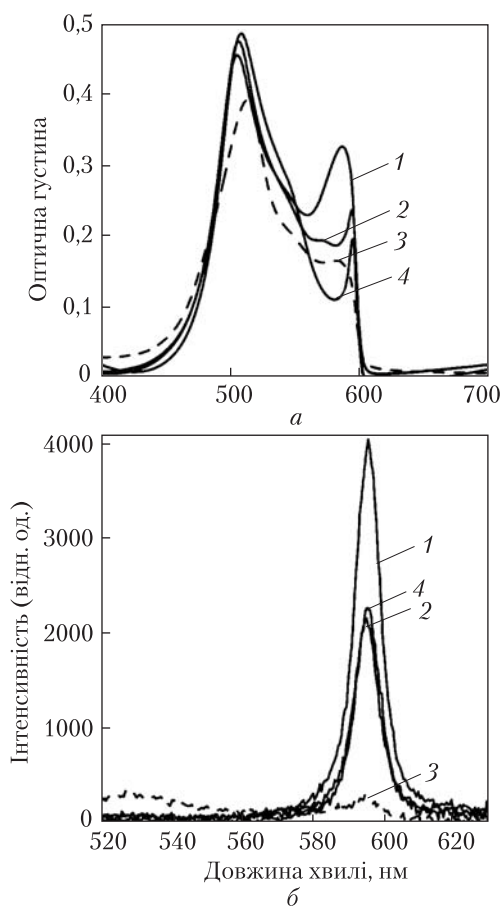


Рис. 2. Спектри поглинання (а) та флуоресценції (б) барвника JC-1 у бінарних розчинах ДМСО/водний буфер (1:9), які містять наночастинки з різним форм-фактором; [НЧ] = 0,5 г/л; [JC-1] = $1 \cdot 10^{-5}$ М; 1 – сферичні; 2 – стрижнеподібні; 3 – без НЧ; 4 – веретеноподібні

як фотоактивної речовини у складі гібридного комплексу (ГК) для фотодинамічної терапії.

У цій роботі було досліджено взаємодію синтезованих в Інституті скінтіляційних матеріалів НАН України наночастинок на основі нанокристалів ортованадатів складу $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ($\text{Re} = \text{Y}, \text{Gd}, \text{La}$) з різним форм-фактором і поліметиновими барвниками 5,5',6,6'-тетрахлоро-1,1',3,3'-тетраетилбензімід азоліл карбоціанін йодид (JC-1), 5,5',6,6'-тетрахлоро-3,3'-діетил-1,1'-діоктадецилбензімід азоліл карбоціанін йодид (JC-1/C18) та 3,3'-диметил-9-(2-тієніл)-тіакарбоціанін (Суап- β Th) (рис. 1), які є чутливими до зміни параметрів мікрооточення і

дозволяють відслідкувати взаємодію в системі «неорганічна НЧ – органічна молекула».

Водні колоїдні розчини нанокристалів ортованадатів рідкісноземельних елементів $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ синтезовано за описаним раніше методом [17]. НЧ у водних розчинах стабілізують іонами цитрату натрію або динатрієвою сіллю ЕДТА, що надає наночастинкам негативний заряд поверхні. Відомо, що додавання у розчин неорганічних НЧ електролітів, катіонних поверхнево-активних речовин і катіонних барвників приводить до коагуляції наночастинок, яка має пороговий характер [18, 19]. Основна причина коагуляції – нейтралізація заряду поверхні наночастинок як наслідок адсорбції катіонів на їх поверхні, а також міжмолекулярна взаємодія адсорбованих молекул поблизу поверхні НЧ, що спричинює утворення складних асоціатів «неорганічні наночастинки – органічні молекули». При досягненні порогових концентрацій органічної складової спостерігається осадження твердої фази з розчину [18, 19]. Тому для отримання стабільних гібридних органіко-неорганічних матеріалів було досліджено ефекти, які проявляються при взаємодії «негативних» НЧ з катіонними органічними барвниками. Здатність органічних сполук до утворення міжмолекулярних ансамблів з наночастинками багато в чому залежить від природи молекул, що взаємодіють, їх схильності до агрегації і розчинності у воді. Ці характеристики ми враховували при виборі органічних сполук для досліджень.

Взаємодія катіонних барвників з наночастинками $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ з різними геометричними параметрами

Спектральні прояви взаємодії барвника JC-1 з наночастинками $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$. Спектральні властивості катіонного барвника JC-1 дуже чутливі до зміни параметрів мікрооточення (зміна рН розчину, додавання електролітів тощо). Тому нековалентне зв'язування JC-1 за рахунок сил електростатичної та вандервальсової взаємодії з негативно зарядженими (завдяки модифікації поверхні цитрат-іонами)

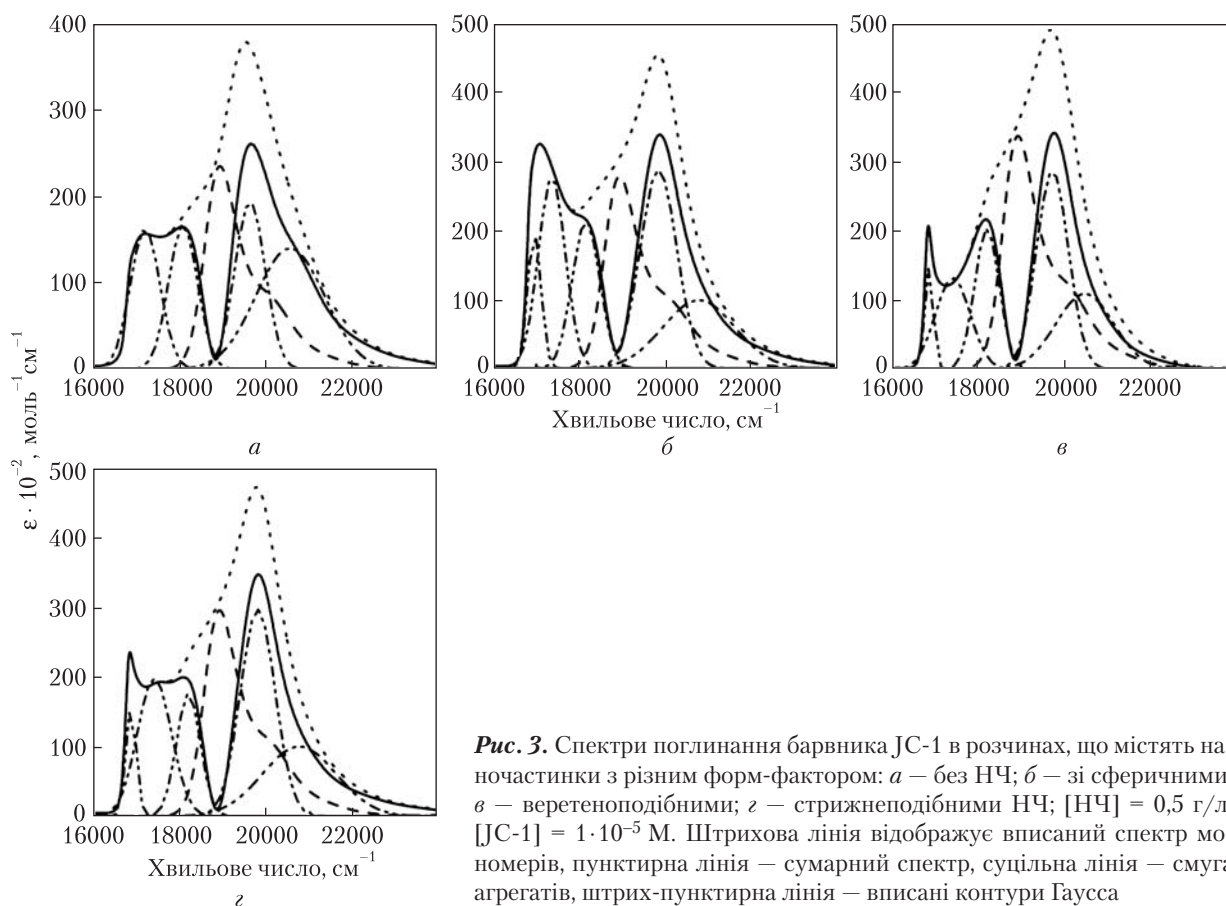


Рис. 3. Спектри поглинання барвника JC-1 в розчинах, що містять наночастинки з різним форм-фактором: *a* – без НЧ; *б* – зі сферичними; *в* – веретеноподібними; *г* – стрижнеподібними НЧ; [НЧ] = 0,5 г/л; [JC-1] = $1 \cdot 10^{-5}$ М. Штрихова лінія відображує вписаний спектр мономерів, пунктирна лінія – сумарний спектр, суцільна лінія – смуга агрегатів, штрих-пунктирна лінія – вписані контури Гаусса

НЧ неодмінно зумовлює зміну спектральних властивостей барвника, насамперед його спектрів поглинання.

Відомо, що барвник JC-1 здатний утворювати у водних розчинах флуоресцюючі агрегати, так звані J-агрегати, залежно від параметрів мікрооточення [20–23]. У нашому дослідженні було проаналізовано вплив наночастинок з різним форм-фактором на оптичні характеристики барвника. Концентрація JC-1 в експериментах становила $1 \cdot 10^{-5}$ М. Це оптимальна концентрація, яка забезпечує мінімальну агрегацію барвника в розчинах.

Як видно з рис. 2, *a*, додавання сферичних наночастинок у розчин барвника приводить до істотної трансформації його спектра поглинання, а саме, до появи двох додаткових, відносно смуги мономера барвника, смуг: короткохвильової (так званої Н-смуги) і довгохви-

льової (J-смуги). Така трансформація спектра поглинання однозначно вказує на ефективну взаємодію між НЧ та молекулами JC-1, що зумовлює складну агрегацію барвника.

Спектральний прояв взаємодії молекул в агрегатах, що спричинює появу Н-, J- або обох смуг одночасно, пояснюється в рамках моделі молекулярних екситонів МакРея–Каша на прикладі найпростішого випадку агрегату – димера. Згідно з цією теорією, Н-смуга пов'язана з утворенням у розчині димерів «сендвічевого» типу з дипольними моментами, орієнтованими паралельно (plane-to-plane stacking, head-to-head transition moment arrangement). J-смуга у спектрах поглинання відповідає утворенню димерів з упаковкою молекул по типу «голова до хвоста» (head-to-tail transition dipole arrangement). Поява у спектрі поглинання одночасно Н- та J-смуги свідчить про

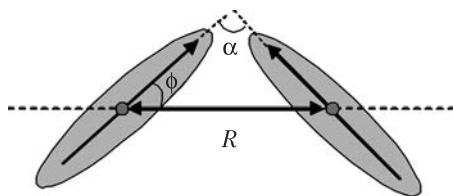


Рис. 4. Модельне зображення розташування молекул у димері похилої структури

Таблиця 1. Параметри геометрії агрегатів JC-1 у розчинах, що містять наночастинки різних типів

	НВ-димери				НВ-агрегати			
	ΔE , см ⁻¹	α	φ	R , Å	ΔE , см ⁻¹	α	φ	R , Å
Без НЧ	1539	85	48	5,35	3334	71	55	4,02
GdYVO ₄ :Eu ³⁺ , сферичні	1675	74	53	5,1	3398	91	44	4,2
GdVO ₄ :Eu ³⁺ , веретеноподібні	1515	78	51	5,3	3054	81	49	4,25
LaVO ₄ :Eu ³⁺ , стрижнеподібні	1539	65	58	5,1	3863	90	45	2,88

утворення в розчині агрегатів більш складної структури з двома нееквівалентними молекулами в елементарній комірниці, в якій дипольні моменти переходу розташовані під кутом один до одного, — так званої структури «риб'яча кістка» (herringbone structure) [24, 25].

Додавання до водного розчину барвника JC-1 веретено- або стрижнеподібних НЧ спричинює такий самий ефект. Однак відносна інтенсивність нових смуг та значення повної ширини на половині максимуму відрізняються для наночастинок з різними форм-факторами (рис. 2, а). Зазначимо, що для розчинів з додаванням НЧ у спектрах флуоресценції спостерігається дуже інтенсивна довгохвильова смуга, інтенсивність якої для розчинів без НЧ низька і свідчить про утворення саме флуоресціюючих агрегатів (рис. 2, б).

Геометричні параметри агрегатів, що утворюються в розчинах при додаванні НЧ з різним форм-фактором, аналізували в рамках моделі МакРея—Каша [25–28]. Для зручності ми відняли смугу мономерів (штрихова лінія) із за-

гального спектра поглинання барвника JC-1 (рис. 3). Як видно, навіть у розчині без наночастинок (рис. 3, а) отримана смуга агрегату у спектрі поглинання складається з 4 накладених смуг (дві коротко- та дві довгохвильові смуги), що вказує на існування двох типів агрегатів структури «риб'яча кістка» з різною довжиною делокалізації екситонів (скоріш за все, димера і більш протяжного агрегату). У розчинах, що містять НЧ (рис. 3, б, в, г), можна виділити ще одну довгохвильову смугу, яка, ймовірно, відповідає утворенню агрегатів J-типу. Відносні інтенсивності смуг, які становлять спектр агрегату, різняться для розчинів, що містять НЧ з різним форм-фактором. Найбільші зміни у спектрах поглинання за наявності наночастинок у розчинах спостерігаються для сферичних НЧ.

Грунтуючись на даних оптичної спектроскопії і застосовуючи похилу геометрію розташування молекул, що утворюють елементарну комірку агрегатів [24], можна розрахувати такі параметри геометрії агрегату, як енергія міжмолекулярної взаємодії (ΔE), кут нахилу молекул мономера до осі, яка проходить через центри молекул (φ), кут між дипольними моментами переходу молекул (α) та відстані між молекулами (R) [24, 26, 28] (рис. 4).

Усі розраховані параметри димерів та агрегатів JC-1 для найбільшої концентрації НЧ у розчині (0,5 г/л) наведено в табл. 1.

Розраховані геометричні параметри свідчать про те, що в розчинах із додаванням наночастинок відбувається реорганізація структури агрегатів обох типів (димерів і агрегатів), а саме, зміна кутів α та φ і утворення нового типу агрегатів — J-агрегатів. Ці зміни *незначною мірою* залежать від форм-фактора наночастинок і пояснюються утворенням складних комплексів між наночастинками і барвником у розчинах.

Отже, можна констатувати, що додавання до водного розчину катіонного барвника JC-1 неорганічних НЧ зумовлює адсорбцію барвника на поверхні наночастинок за рахунок електростатичних сил з подальшою впорядкованою агрегацією молекул барвника внаслідок підвищення його ефективної концентрації в приповерхневому шарі НЧ та утворення складних

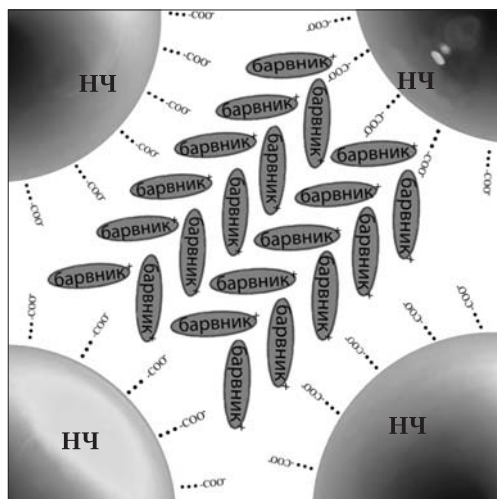


Рис. 5. Модельне зображення гібридного комплексу «неорганічні наночастинки – агрегати барвника»

гібридних комплексів «неорганічні наночастинки – агрегати барвника» (рис. 5).

Особливості взаємодії між барвником JS-1/C18 та наночастинками $ReVO_4:Eu^{3+}$.

Барвник JS-1/C18 (рис. 1, б) є довголанцюговим похідним барвника JS-1, не є схильним до агрегації в бінарному розчині ДМСО/водний буфер у досліджуваному концентраційному ряду, на відміну від водного розчину, де він утворює агрегати Н-типу (дані не наводяться). Додавання у бінарний розчин наночастинок з різним форм-фактором та різною концентрацією (0,01–0,5 г/л) не приводило до істотної зміни форми спектра поглинання барвника JS-1/C18 або до появи у спектрах нових смуг, тобто до агрегації барвника (рис. 6, а, б). Спостерігалось лише зменшення оптичної густини розчину та короткохвильовий зсув максимуму смуги поглинання (приблизно на 3 нм), що можна приписати адсорбції мономерів барвника на поверхні НЧ [23]. Зміни спектрів поглинання не були чутливими до форм-фактора та розміру наночастинок (рис. 6, б).

Можна зробити висновок, що барвник JS-1/C18 та НЧ $ReVO_4:Eu^{3+}$ також утворюють у бінарному розчині ДМСО/водний буфер (1:9) складні гібридні комплекси, але молекули барвника адсорбуються на поверхні НЧ у мономерній формі.

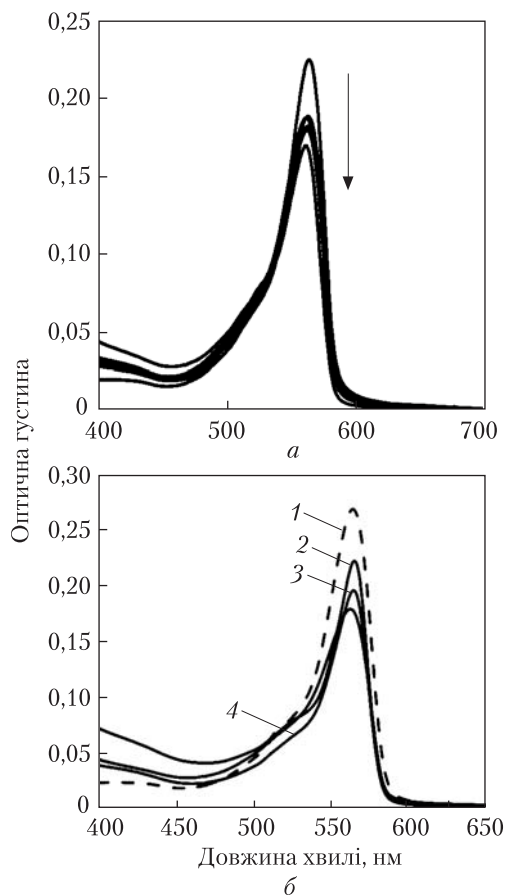


Рис. 6. Спектри поглинання JS-1/C18 у бінарному розчині ДМСО/водний буфер (1:9): а – за різних концентрацій сферичних наночастинок $GdYVO_4:Eu^{3+}$ діаметром 2 нм (0; 0,01; 0,025; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5 г/л); б – у розчинах, що містять різні наночастинки: 1 – без НЧ; 2 – сферичні; 3 – веретеноподібні; 4 – стрижнеподібні; $[НЧ] = 0,5$ г/л; $[JS-1] = 1 \cdot 10^{-5}$ М

Агрегація барвника Суан-βTh за наявності наночастинок $ReVO_4:Eu^{3+}$. Агрегативну поведінку барвника Суан-βTh у розчинах і вплив різних добавок на цей процес було детально вивчено в роботах [29–31]. Показано, що в бінарних розчинах ДМСО/водний буфер, подібно до JS-1, барвник Суан-βTh схильний до утворення агрегатів з упаковкою молекул «риб'яча кістка» (тобто з двома нееквівалентними молекулами в елементарній комірці агрегату).

Додавання до розчину електролітів, поверхнево-активних речовин, ДНК або РНК сприяє агрегації барвника [29, 31].

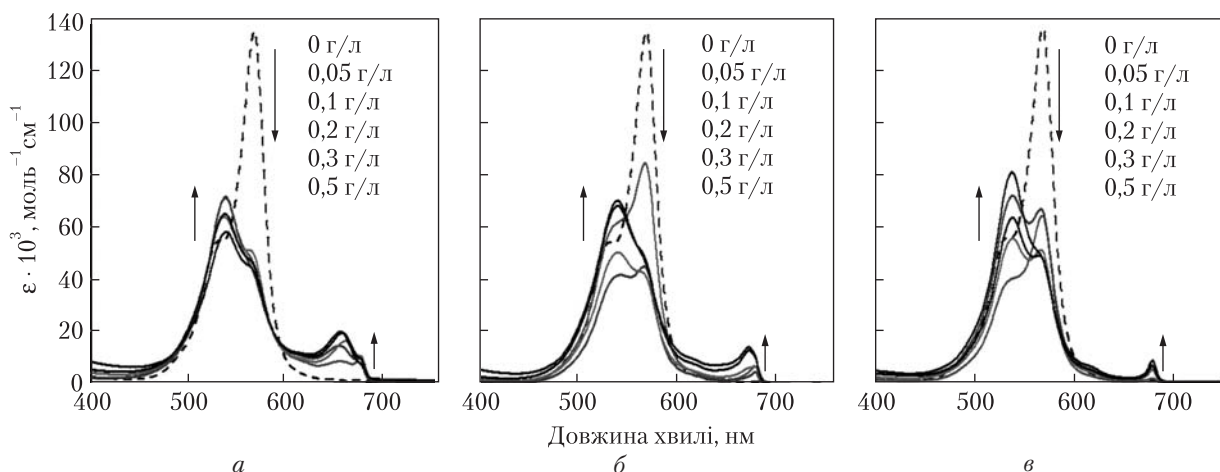


Рис. 7. Спектри поглинання водного розчину Суан-βTh за наявності сферичних (а); веретеноподібних (б); стрижнеподібних (в) НЧ; [Суан-βTh] = 5 · 10⁻⁶ М; [НЧ] = 0,5 г/л

У водному розчині без НЧ спектр поглинання Суан-βTh складається з типової смуги мономерів з максимумом 568 нм і плеча з максимумом 530 нм, який можна віднести до коливального 0→1 переходу (рис. 7). Додавання до розчину барвника наночастинок приводить до істотної трансформації спектрів поглинання і флуоресценції, подібної до спектрів барвника JC-1, що свідчить про взаємодію між барвником і наночастинами з утворенням агрегатів похилої геометрії з двома нееквівалентними молекулами в елементарній комірці. Крім того, у випадку сферичних НЧ збільшення їх концентрації зумовлює появу та поступове зростання ще однієї смуги з максимумом 658 нм (рис. 7, а), яку автори [30] приписали J-димерам, що є «будівельним блоком» J-агрегатів. Зазначимо також, що спектральні зміни залежать від форм-фактора наночасти-

нок ReVO₄:Eu³⁺. Як і у випадку JC-1, ми можемо оцінити геометричні параметри агрегату барвника Суан-βTh для найбільшої концентрації НЧ.

Розраховані параметри наведено в табл. 2. Вони свідчать, що впорядкування агрегатів барвника завдяки адсорбції молекул Суан-βTh на поверхні НЧ та утворення гібридних комплексів «неорганічні наночастинок — агрегати барвника» більшою мірою залежать від форм-фактора НЧ порівняно з барвником JC-1.

Одержані кути між дипольними моментами переходу молекул α є значно меншими, ніж для агрегатів JC-1, що вказує на більш компактне впакування молекул Суан-βTh в агрегати.

Висновки

Отримані результати однозначно вказують, що в розчинах неорганічних наночастинок ReVO₄:Eu³⁺ при додаванні досліджуваних катіонних барвників завдяки електростатичній взаємодії відбувається адсорбція молекул барвника на поверхні наночастинок. Залежно від структури молекул підвищення локальної концентрації барвників у приповерхневому шарі НЧ може спричинювати впорядковану агрегацію молекул барвника та утворення складних комплексів «неорганічні наночастинок — агрегати барвника». Неорганічні наночастинок ви-

Таблиця 2. Параметри геометрії агрегатів Суан-βTh у розчинах, що містять наночастинок різних типів

	ΔE, см ⁻¹	α	φ	R, Å
GdYVO ₄ :Eu ³⁺ , сферичні	3434	42	69	5,5
GdVO ₄ :Eu ³⁺ , веретеноподібні	3660	28	76	5,3
LaVO ₄ :Eu ³⁺ , стрижнеподібні	3885	15	83	5,14

ступають у ролі своєрідних «темплатів» для утворення агрегатів барвника, а ступенем упорядкованості молекул в агрегаті можна керувати за допомогою форм-фактора НЧ. Неорганічні наночастинки $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ є перспективними нанорозмірними носіями для транспортування органічних молекул у живу клітину.

Роботу було виконано за підтримки Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України у рамках НДР «Розробка методів отримання і дослідження механізмів модифікації поверхні наноструктурованих гібридних матеріалів «неорганічний нанокристал – органічна молекула» (2012–2013 рр.).

REFERENCES

1. Brayden D.J. Controlled release technologies for drug delivery. *Drug Discovery Today*. 2003. **8** (21): 976–78.
2. Parveen S., Mishra R., Sahoo S.K. Nanoparticles: a boon to drug delivery, therapeutics, diagnostics and imaging. *Nanomedicine*. 2012. **8** (2): 147–66.
3. Hunziker P. Nanomedicine: shaping the future of medicine. *Eur. J. Nanomedicine*. 2009. **2** (1): 4.
4. Hunziker P. Nanomedicine – the challenge of complexity. *Eur. J. Nanomedicine*. 2009. **2** (2): 3–5.
5. Soloviev M. Nanobiotechnology today: focus on nanoparticles medicine. 2007. *J. Nanobiotechnol.* **5**: 11.
6. Salata O.V. Applications of nanoparticles in biology and medicine. 2004. *J. Nanobiotechnol.* **2**: 3.
7. Torchilin V.P. Targeted pharmaceutical nanocarriers for cancer therapy and imaging. *AAPS J.* 2007. **9** (2): E128–47.
8. Grossman J.H., McNeil S.E. Nanotechnology in cancer medicine. *Physics Today*. 2012. **65**: 38–42.
9. Nichols J.W., Bae Y.H. Odyssey of cancer nanoparticles: from injection site to site of action. *Nano Today*. 2012. **7**(6): 606–18.
10. Bamrungsap S., Zhao Z., Chen T., Wang L., Li C., Fu T., Tan W. Nanotechnology in therapeutics: focus on nanoparticles as drug delivery system. *Nanomedicine*. 2012. **7** (8): 1253–71.
11. Freitas A. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery. *Int. J. Surgery*. 2005. **3** (4): 242–46.
12. Liu Y., Niu T.-S., Zhang L., Yang J.-Sh. Review on nano-drugs. *Nat. Sci.* 2010. **2** (1): 41–48.
13. Torchilin V.P. *Nanoparticles as Drug Carriers* (London, Imperial College Press, 2006).
14. Petros R., DeSimone J.M. Strategies in design of nanoparticles for therapeutic applications. *Nat. Rev. Drug Disc.* 2010. **9**(8): 615–27.
15. Xie J., Lee S., Chen X. Nanoparticle-based theranostic agents. *Adv. Drug. Deliv. Rev.* 2010. **62** (11): 1064–79.
16. Klochkov V., Kavok N., Grygorova G., Sedyh O., Malyukin Yu. Size and shape influence of luminescent orthovanadate nanoparticles on their accumulation in nuclear compartments of rat hepatocytes. *Mater. Sci. Eng. C*. 2013. **33** (5): 2708–12.
17. Klochkov V.K., Masalov A.A., Kavok N.S., Malyukin Yu.V., Vyagin O.G. Colloidal synthesis and properties of lanthanide orthophosphate nanophosphors. *Funct. Mater.* 2009. **16** (4): 466–69.
18. Klochkov V.K., Grigorova A.V., Sedyh O.O., Malyukin Yu.V. Characteristics of $n\text{LnVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ($\text{Ln} = \text{La}, \text{Gd}, \text{Y}, \text{Sm}$) sols with nanoparticles of different shapes and sizes. *J. Appl. Spectr.* 2012. **79** (5): 726–30.
19. Klochkov V.K., Grigorova A.V., Sedyh O.O., Malyukin Yu.V. The influence of agglomeration of nanoparticles on their superoxide dismutase-mimetic activity. *Colloids and Surfaces A*. 2012. **409**: 176–82.
20. Smiley S.T., Reers M., Mottola-Hartshorn C., Lin M., Chen A., Smith T.W., Steele G.D., Chen L.B. Intracellular heterogeneity in mitochondrial membrane potentials revealed by a J-aggregate-forming lipophilic cation JC-1. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 1991. **88** (9): 3671–75.
21. Salvioli S., Ardizzoni A., Franceschi C., Cossarizza A. JC-1, but not DiOC6(3) or rhodamine 123, is a reliable fluorescent probe to assess $\Delta\Psi$ changes in intact cells: implications for studies on mitochondrial functionality during apoptosis. *FEBS Lett.* 1997. **411**: 77–82.
22. Jones R.M., Lu L., Helgeson R., Bergstedt T.S., McBranch D.W., Whitten D.G. Building highly sensitive dye assemblies for biosensing from molecular building blocks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 2001. **98** (26): 14769–72.
23. Legrand O., Perrot J.-Y., Simonin G., Baudard M., Marie J.P. JC-1: a very sensitive fluorescent probe to test Pgp activity in adult acute myeloid leukemia. *Blood*. 2001. **97** (2): 502–08.
24. Kasha M. Molecular excitons in small aggregates. In: *Spectroscopy of the excited state* (NY, Premium Press, 1976).
25. McRae E.G., Kasha M. Enhancement of phosphorescence ability upon aggregation of dye molecules. *J. Chem. Phys.* 1958. **28**: 721–22.
26. Kasha M., Rawls H.R., El-Bayoumi M.A. The exciton model in molecular spectroscopy. *Pure Appl. Chem.* 1965. **11**: 371–92.

27. Czikkely V., Forsterling H.D., Kuhn H. Extended dipole model for aggregates of dye molecules. *Chem. Phys. Lett.* 1970. **6**: 207–10.
28. Hassanzader A., Zeini-Isfahani A., Habibi M.H. Molecular exciton theory calculation based on experimental results for Solophenyl red 3BL azo dye—surfactants interactions. *Spectrochimica Acta A.* 2006. **64**: 464–76.
29. Tatikolov A.S. Polymethine dyes as spectral-fluorescent probes for biomacromolecules. *J. Photochem. Photobiol. C.* 2012. **13**(1): 55–90.
30. Guralchuk G.Ya., Sorokin A.V., Katrunov I.K., Yefimova S.L., Lebedenko A.N., Malyukin Y.V., Yarmoluk S.M. Specificity of cyanine dye L-21 aggregation in solutions with nucleic acids. *J. Fluorescence.* 2007. **17** (4): 370–76.
31. Sorokin A.V. Control of optical properties of polymethine dye J-aggregates using different additives. *J. Appl. Spectr.* 2009. **76**(2): 234–39.

Стаття надійшла 02.02.2015.

Ю.В. Малукин, С.Л. Ефимова, Т.Н. Ткачева, А.В. Григорова

Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины
пр. Ленина, 60, Харьков, 61001, Украина

УПОРЯДОЧЕННЯ АДСОРБЦІЯ ОРГАНІЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА НЕОРГАНІЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦАХ

В статье освещено современное состояние и перспективы создания новейших наноконтейнерных систем доставки лекарственных средств. Приведены результаты собственных исследований авторов по использованию неорганических нанокристаллов ортованадатов $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ($\text{Re} = \text{Y, Gd, La}$) с различным форм-фактором в качестве наноразмерного носителя активного органического вещества. Используя метод спектрофотометрии, изучено взаимодействие между наночастицами $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ и некоторыми катионными полиметиновыми красителями. Показано, что в водных растворах происходит адсорбция молекул красителя на поверхности наночастиц. В зависимости от структуры молекулы и ее склонности к агрегации повышение локальной концентрации красителей в приповерхностном слое НЧ может приводить к упорядоченной агрегации молекул красителя и образованию сложных комплексов «неорганические наночастицы — агрегаты красителя». Неорганические наночастицы выступают в роли своеобразных «темплатов» для образования агрегатов красителя, а степень упорядоченности молекул в агрегате может управляться форм-фактором НЧ.

Ключевые слова: наночастицы, краситель, адсорбция, гибридные органико-неорганические комплексы.

Yu.V. Malyukin, S.L. Yefimova, T.N. Tkacheva, G.V. Grygorova

Institute for Scintillation Materials of National Academy of Science of Ukraine
60 Lenin Ave., Kharkov, 61001, Ukraine

ORDERED ADSORPTION OF ORGANIC MOLECULES ON INORGANIC NANOPARTICLES

The modern state and prospects of creation of the novel “nanocarriers” medicine are shown in the article. The results of the authors’ own research on the use of inorganic orthovanadate nanocrystals $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ ($\text{Re} = \text{Y, Gd, La}$) with different form-factors as nanoscale carrier of active organic compound are presented. Interaction between nanoparticles $\text{ReVO}_4:\text{Eu}^{3+}$ and some cationic polymethine dyes has been studied by spectrophotometric method. It was shown that in water solutions there is sorption of dye molecule on the surface of nanoparticles. Depending on the structure of molecule and its tendency to aggregating, increase of local concentration of dyes in a near-surface layer of nanoparticle can reduce to ordered aggregating of dye molecules and formation of complicated complexes «inorganic nanoparticle — dye aggregates». Inorganic nanoparticles play role of unique «templates» for formation of dye aggregates, and the degree of ordering of molecules in an aggregate can be managed by nanoparticles’ form-factor.

Keywords: nanoparticles, dye, adsorption, hybrid organic-inorganic complexes.

НАУМКО

Ігор Михайлович –

доктор геологічних наук,
завідувач відділу геохімії
глибинних флюїдів Інституту
геології і геохімії горючих
копалин НАН України

ПАВЛЮК

Мирослав Іванович –

член-кореспондент НАН України,
професор, директор Інституту
геології і геохімії горючих
копалин НАН України

СВОРЕНЬ

Йосип Михайлович –

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту геології і геохімії
горючих копалин НАН України

ЗУБИК

Микола Ігорович –

аспірант Інституту геології
і геохімії горючих копалин
НАН України

УДК 552.578:553.94:553.98 (477)

МЕТАН ГАЗОВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ – ПОТУЖНЕ ДОДАТКОВЕ ДЖЕРЕЛО ВУГЛЕВОДНІВ В УКРАЇНІ

Розглянуто значення метану вугільних покладів як потужного додаткового джерела енергії, його важливу роль у нарощуванні паливно-енергетичного потенціалу України. На основі нової фізико-хімічної моделі глибинного мінерало- і вуглеводнегенезу в літосфері Землі обґрунтовано переважно абіогенний генезис метану, що вказує на практично невичерпне джерело цього виду вуглеводневої сировини. Це набуває особливої ваги у вирішенні фундаментальних питань генезису, міграції і локалізації вуглеводневмісних флюїдів, зокрема при формуванні газо(метано)вугільних родовищ, комплексне освоєння яких із синхронним рентабельним видобутком метану і вугілля створює передумови для інтенсивного розвитку метановидобувної промисловості в Україні.

Ключові слова: метан, вугільні поклади, газо(метано)вугільні родовища, вуглеводнегенез, фізико-хімічний реактор, літосфера.

Вступ

Спад видобутку нафти, газу і конденсату в Україні з другої половини 70-х років ХХ ст. призвів до того, що наявних нині власних ресурсів (переважно це родовища традиційного (*conventional*) типу) недостатньо для стабілізації паливно-енергетичного балансу держави. Водночас реально підвищити рівень видобутку вуглеводнів можна насамперед за допомогою перспективних додаткових (нетрадиційних) джерел, до яких належать метан вугільних покладів (*coal-bed methane*), газ центральнобасейнового типу (*basin-centered tight gas*), так званий сланцевий газ (*shale gas*), газ ущільнених колекторів (*tight gas*) тощо. Особливу увагу привертає до себе метан вугільних родовищ, що зумовлено як його великими загальними світовими ресурсами (за різними оцінками, від 93,4 до 285,2 трлн м³), так і значним зростанням видобутку в багатьох вуглевидобувних країнах світу.

Наприклад, у США видобуток метану вугільних родовищ стабілізувався на рівні 55–60 млрд м³, що істотно впливає на світову економіку. Україна за обсягами цього додаткового джерела енергії безперечно входить до першої десятки держав світу, зокрема, вуглепородні масиви (вугільні пласти і вмисні породи) її вугільних басейнів містять значну кількість горючих газів, переважно метану [1]. Саме потреба їх використання у паливно-енергетичному комплексі України спонукає розглядати сьогодні метан вугільних покладів як потужне додаткове джерело енергії, а вугільні родовища — як комплексні газо(метано)вугільні, освоєння яких слід здійснювати з обов'язковим видобутком і промисловим використанням метану із забезпеченням умов для синхронного рентабельного видобутку метану і вугілля [2].

Оскільки розвідані запаси і прогнозні ресурси природного газу традиційних джерел нині забезпечують в Україні постійний видобуток на рівні 18–20 млрд м³, якого навіть у разі стабілізації найближчими роками явно недостатньо для потреб держави, то, з огляду на значні ресурси і запаси метану у вуглепородних масивах, розвиток метановидобувної промисловості стає необхідним. Достовірно ж оцінити місце метану в нарощуванні паливно-енергетичного потенціалу для визначення пріоритетів галузі можна, лише з'ясувавши його співвідношення з родовищами інших вуглеводнів як традиційного, так і додаткових типів.

Про складність завдань зі стабілізації і нарощування видобутку вуглеводнів із природних родовищ традиційного типу

Як свідчать дані про перспективи нарощування геологорозвідувальних робіт у НАК «Нафтогаз України» до 2015 р. [3], основними напрямками робіт на традиційні вуглеводні будуть:

- пошуки і розвідка нових родовищ у пастках різних типів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ) та північного борту у відкладах палеозою, складно побудованих пастках зони зчленування з Донецькою складчастою спорудою у

відкладах палеозою, межах крупних занурених антиклінальних структур та зон їхнього облямування південно-східної частини ДДЗ, комбінованих пастках кайнозойсько-мезозойських відкладів Карпатської нафтогазоносною провінції, антиклінальних структурах у палеозойських карбонатних і теригенних відкладах Волино-Поділля, потужних антиклінальних структурах у відкладах мезо-кайнозою Прикерченського і Північно-західного шельфів Чорного моря;

- дорозвідка відкритих родовищ, що перебувають у дослідно-промисловій розробці;
- дорозвідка родовищ, що перебувають у розробці.

Між тим, у 2008–2010 рр. компанія не отримала жодного спеціального дозволу на геологічне вивчення нових перспективних площ для виконання завдань щодо приростів запасів, які забезпечуватимуть стабілізацію і нарощування видобутку вуглеводнів [3], а досягати ресурсовідтворення вуглеводнів, зокрема природного газу, досить проблематично, особливо через щомісячні відрахування значних коштів Газпрому Російської Федерації за поставлений газ. Стабілізація ж видобутку вуглеводнів із природних родовищ традиційного типу теж видається складним завданням, оскільки відкриття найближчим часом нових значних родовищ малоймовірно через недостатні обсяги пошуково-розвідувальних робіт, адже після анексії Криму до сфери впливу Російської Федерації відійшли перспективні площі в межах Прикерченського і Північно-західного шельфів Чорного моря.

Передумови інтенсифікації робіт з видобутку природного газу з родовищ нетрадиційного типу і можливі ризики при їх освоєнні

З огляду на вищевикладене, на перший план висувають інтенсифікацію робіт з видобутку природного газу з різних за походженням родовищ нетрадиційного типу, зокрема таких, як сланцевий газ, газ ущільнених колекторів, метан газовугільних родовищ і газ астроблем.

Поза увагою авторів роботи [3] поки що залишилися родовища центральнобасейнового типу, хоча газ у них за обсягом ресурсів належить до пріоритетних і його скупчення виокремлюють за такими критеріями [4]:

- вони не пов'язані з традиційними структурними чи літолого-стратиграфічними локальними пастками, а займають центральні занурені частини нафтогазоносних басейнів;
- колектори представлені переважно теригенними породами;
- поширені у щільних колекторах зі ступенем катагенезу порід від 0,7 до 1,3% R і більше, пористістю — від 5 до 25% (переважно менш як 5%), проникністю — переважно менше за 0,1 мД, яка загалом змінюється в інтервалі від 500 до 0,005 мД, у середньому 1,0–0,1 мД ($5 \cdot 10^{-7}$ – $5 \cdot 10^{-18}$ м²);
- резервуари газу перебувають під аномальним тиском у зонах аномально високих чи аномально низьких пластових тисків;
- характеризуються маловодністю продуктивної товщі;
- екрани скупчень газу зазвичай не збігаються з літолого-стратиграфічними межами, а зумовлені поєднанням капілярних сил з чинниками катагенних (вторинних) процесів.

На сьогодні у ДДЗ здійснено якісну і кількісну оцінку ресурсів газу центральнобасейнового типу, видобувні ресурси якого до глибини 4,5 км (при коефіцієнті вилучення 0,28) становлять 8482 млрд м³ [4]. Проведено також детальне дослідження найперспективніших на газ відкладів у центральній та південно-східній частинах западини, визначено перспективні продуктивні комплекси, зони і першочергові ділянки для постановки цільових геологорозвідувальних робіт і запропоновано параметричне буріння. Та позаяк концепція центральнобасейнового газу поки що не дуже поширена у світі, то і в Україні її втілення можна розглядати лише у перспективі.

Крім того, надра України містять значні ресурси сланцевого газу, і його видобуток також входить до пріоритетних завдань НАК «Нафтогаз України». Сьогодні ми не маємо ще достатнього досвіду підрахунку запасів і ресурсів

сланцевого газу [5]. За попередніми оцінками, обсяги його прогнозних ресурсів у межах перших перспективних ділянок в Україні становлять 2,98 трлн м³ на Олеській площі (Західний нафтогазоносний регіон) і 4,054 трлн м³ — на Юзівській (Східний нафтогазоносний регіон).

Світовий досвід свідчить, що перспективні на сланцевий газ породні комплекси загалом мають характеризуватися такими показниками: вміст органічної речовини — не менш ніж 1%; ступінь термічної зрілості органічної речовини за відбивною здатністю вітриніту — вищий від одиниці; вміст глинистого матеріалу — не більш як 50% [6]. У принципі, всі необхідні критерії перспективних на сланцевий газ породних комплексів витримуються і в Україні, зокрема для Східного [5, 6] і Західного [6, 7] регіонів, що узгоджується з даними на прилеглій території Польщі [8].

У перспективних на сланцевий газ породних комплексах силуру Львівського прогину у складі легких компонентів флюїдних включень у мінералах і закритих пор граптолітових аргілітів визначено метан (до 100 об.%), на глибших горизонтах — етан (одиниці%), а також CO₂ і N₂ у незначних концентраціях. Це засвідчує наявність умов як для нагромадження сланцевого газу при трансформації органічної речовини, так і для можливості його поповнення завдяки припливу глибинних мігрувальних вуглеводневих флюїдів потужними тріщинними системами в аргілітових та інших верствах, що підтверджує їх газоперспективність [9].

Однак сланцевогазоносні комплекси в Україні дуже специфічні, що значно підвищує ризики як у підрахунку ресурсів і запасів сланцевого газу, так і обсягів його майбутнього видобутку. Так, порівняно з вмісними породами північноамериканських родовищ, у яких вміст органічної речовини досягає 8,5%, перспективні комплекси України містять загалом значно меншу її кількість (переважно не вище 1–2%), чого недосить для генерування обсягів газу, видобуток якого був би рентабельним. Імовірно, цим зумовлена відсутність конвенційних родовищ у відкладах нижнього палеозою і обмеженість проявів природного газу

при бурінні свердловин на Волино-Поділлі. Крім того, вивчені граптолітові аргіліти — це теригенні сланцеві породи зі значною домішкою вапняквистої складової, що ускладнює гідророзривні явища. Водночас проведення штучного багатоступінчастого гідравлічного розриву пластів при потужному гідродинамічному ударі, супроводжуване виникненням значних зон тріщинуватості, і проникнення при цьому розчинів на великі відстані сприятимуть порушенню рівноваги у природній системі флюїд—порода. Це може становити реальну небезпеку якості питних прісних і мінеральних підземних вод, оскільки наявним водоносним горизонтам і комплексам, насамперед водозаборам питної води, загрожуватиме хімічне забруднення у разі поспішної реалізації планів з видобутку сланцевого газу, лише додаючи екологічних проблем [10]. Метод гідророзриву пласта може значно впливати й на можливі зміни сейсмічного режиму територій і підвищення загрози для водних ресурсів [11]. Крім того, покладам газу в сланцях притаманні недоліки, пов'язані з високою міцністю породи, що ускладнює процес буріння, та її низькими емнісно-фільтраційними параметрами, що негативно впливає як на розмір покладу, так і на режим та період експлуатації свердловин і родовища.

Важливо врахувати й уроки польського досвіду, адже результати пошуково-розвідувальних робіт на сланцевий газ у Люблінському прогині в Померанії виявилися неоднозначними, і низка фірм (канадська Talisman, американські Marathon Oil, Exxon Mobil) вже згорнули діяльність у Польщі, переконавшись у низькій ефективності та економічній недоцільності пошуків і видобутку тут сланцевого газу [12].

Звернемо увагу на ще один важливий аспект, предмет для роздумів. Як впливає з [13], на американських родовищах промислове видобування метану з чорних сланців, щільних пісковиків, вугільних пластів здійснюють за секретною технологією Cavity (порожнина, каверна) М.І. Бабічева, абсолютно нешкідливою в екологічному плані, бо її складовими є чиста вода і кварцовий пісок, на відміну від за-

стосовуваних нині на теренах Східної Європи, зокрема й України, технологій спрямованого гідророзчленування чи гідророзриву пластів.

З огляду на це, логічним є обґрунтування вибору першочергових об'єктів спочатку під буріння перших свердловин для встановлення наявності сланцевого газу, пізніше — як полігонів для відпрацювання методик його пошуків і видобутку з ґрунтовними науковими підходами та висновками, і лише тоді можлива співпраця з фірмами, що мають передові технології і досвід геологорозвідувальних робіт та видобутку вуглеводнів такого типу, а не навпаки [5].

Щодо родовищ газу ущільнених колекторів, то високу перспективність має насамперед Західний нафтогазоносний регіон [14]. Зокрема, про перспективи відкриття родовищ вуглеводнів в ущільнених колекторах відкладів олігоцену зони Кросно (Українські Карпати) свідчить домінування метану з його гомологами (етан, пропан, бутан) у складі включень у мінералах порід з низькими емнісно-фільтраційними властивостями, що доводить вуглеводневу спрямованість мігрувальних флюїдів і правомірність віднесення вивченої території до газоносних. Однак при цьому наголошується, що лише із застосуванням сучасних методів і технологій видобутку газу з ущільнених колекторів шляхом інтенсифікації в майбутньому можна отримати стабільні припливи, що дасть змогу значно наростити ресурси і запаси газу.

Ресурсна база метану газовугільних родовищ, чинники його переваги над вуглеводнями іншого походження та місце у паливно-енергетичному комплексі

Найважливіший висновок, що впливає з вищевикладеного на користь метану газовугільних родовищ, — це встановлення неясності розподілу і співвідношень усіх можливих чинників ризику при видобуванні інших горючих копалин, відмінних від метану вугільних пластів за походженням. Крім того, перевага метану вуглепородного масиву (метановмісні породи і вугілля) полягає насамперед у наявнос-

ті значних ресурсів і запасів цього додаткового джерела вуглеводнів. Розрахований сумарний газогенераційний потенціал (доінверсійні ресурси) різних типів вуглефікованої органічної речовини Донецького газовугільного басейну сягає 278 трлн м³, Львівсько-Волинського басейну — 25 трлн м³ генерованого метану (див. табл.) [15].

Дослідженнями сучасної газоносності вуглепородних масивів Донецького і Львівсько-Волинського басейнів встановлено, що, незважаючи на великі втрати впродовж геологічної історії, у надрах все ще залишається значна частина метану, що визначає ресурсну базу цієї сировини та її місце у паливно-енергетичному комплексі. Так, у Донецькому басейні ресурси метану в інтервалі глибин 500–1800 м оцінено в 12–22 трлн м³, з яких 0,43 трлн м³ перебуває у водорозчиненому стані, 1,46 — у вугільних пластах завтовшки понад 0,3 м і 9,92 — у вуглепородному масиві [16]. За даними випробування на метан при геологорозвідувальних роботах, загальні ресурси метану в Донбасі становлять 22,2 трлн м³, а промислові — 11,6 трлн м³, зокрема придатні для вилучення — 3,0–3,7 трлн м³. За незалежною оцінкою американських спеціалістів, ресурси метану вугленосної товщі Донбасу перевищують 25,0 трлн м³. У проекті оновленої Енергетичної стратегії України до 2030 р. потенційні ресурси метану вугільних пластів також визначено на рівні 12–25 трлн м³ [17].

Значні ресурси і запаси метану зосереджені переважно у вуглевмісних теригенних породах, головню пісковиках, і в промислових та непромислових пластах вугілля. Зокрема, у Донбасі їх підрахунок провели до глибини 1800 м. Ці глибини є значно меншими порівняно з глибинами буріння для видобутку як традиційних, так і додаткових видів палива, що загалом становлять 4,0–4,5 км.

Як свідчать результати буріння в Україні за останні роки, умови видобування природного газу постійно ускладнюються. Водночас майже всі значні за розмірами поклади традиційних вуглеводнів, імовірно, вже відкрито. Подальше відкриття малих родовищ, як і освоєння безлічі

вже відомих, навіть за умови їх економічної доцільності, потребує вкладання значних коштів і істотно не вплине на паливно-енергетичний баланс держави. Невеликі родовища можна успішно використовувати лише для місцевих потреб.

Отже, свердловини на метан вугільних покладів матимуть невелику глибину (1200–1800 м), і буритимуть їх у не надто міцних породах вуглепородного масиву, головню пісковиках з високою пористістю і проникністю. Це переважно пачки потужних алювіально-дельтових (руслівих, підводних виносів рік чи підводних виносів рік з ознаками руслових) газоносних пісковиків, в основному світ C₂³, C₂⁵, C₂⁶, C₂⁷ середнього карбону, які мають такі характеристики [18]:

- їх середній вміст у складі зазначених світ по шахтних полях варіює від 23 до 57,7% зі змінною потужністю пластів від 2,6 до 70,0 м;
- вони зафіксовані у районах поширення вугілля марок Г, Ж і К і характеризуються високою метаномісткістю, тиск метану в них змінний у широких межах і досягає 10 МПа;
- шахти, у межах полів яких поширені пісковики високої газоносності, є надкатегорійними за метаном, здебільшого найближчі до газоносних пісковиків вугільні пласти є небезпечними через раптові викиди вугілля і газу та суфлярне метановиділення.

Сумарний газогенераційний потенціал Донецького і Львівсько-Волинського газовугільних басейнів за типами вуглефікованої органічної речовини

Тип вуглефікованої органічної речовини	Об'єм генерованого газу, млн м ³	
	Донецький басейн	Львівсько-Волинський басейн
Кам'яне вугілля промислових пластів	22 201 002	728 302
Кам'яне вугілля непромислових пластів	24 458 023	1 627 585
Розсіяна органічна речовина вуглевмісних порід	231 323 500	22 000 000
Усього	277 982 525	24 355 887

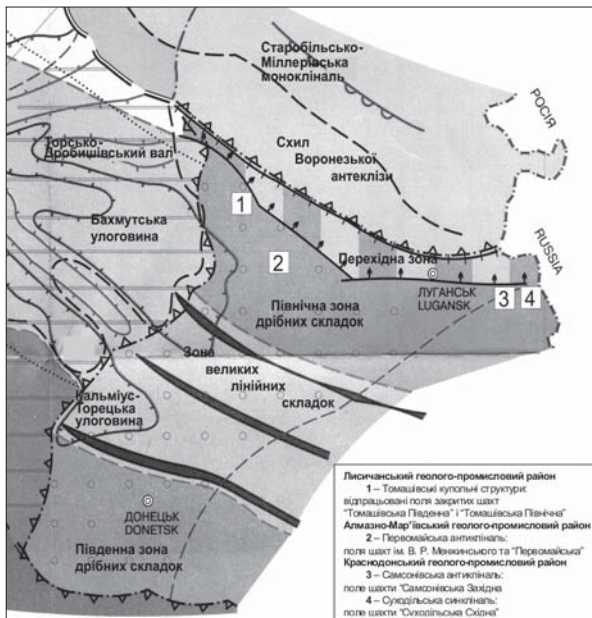


Рис. 1. Перспективні ділянки для видобутку метану у межах газовугільних родовищ Північної зони дрібної складчастості Донбасу [18] (схема тектонічного районування за [23])

Водночас вмісні породи покладів сланцевого газу і газу ущільнених колекторів мають високу міцність, що ускладнює буріння, та низькі емнісно-фільтраційні параметри, що негативно впливає як на розмір покладу, так і на режим та період експлуатації свердловин і родовищ загалом.

Для вуглепородного масиву, в якому значна частина газу може перебувати у вільному і водорозчиненому станах, насамперед у порах і тріщинах породної частини вугленосних відкладів, менш актуальним буде застосування технології гідралічного розриву пластів, тобто заходів з інтенсифікації припливів газу.

Як свідчить досвід, об'єми видобутого метану з глибиною лише зростають, і відповідно зменшуватиметься його собівартість. Слід також мати на увазі, що в деяких геолого-промислових районах Донбасу, зокрема Красноармійському, де немає покладів газу центральнобасейнового типу, сланцевого газу, газу ущільнених колекторів тощо, проблему енергозабезпечення території можна вирішити лише

за допомогою вугілля і метану газовугільних родовищ. Наприклад, на найбільшому в Україні шахтоуправлінні «Покровське» (м. Красноармійськ Донецької обл.) у 2012 р. при відпрацюванні вугільного пласта d_4 , що залягає в інтервалі глибин 650–880 м і характеризується високою природною газоносністю — до $30 \text{ м}^3/\text{т}$ сухої безпопільної маси, завдяки вдалому поєднанню швидкісного буріння свердловин із земної поверхні та їх раціонального розташування відносно очисних вибоїв [2] було видобуто $7,3 \text{ млн м}^3$ метану і досягнуто небувалої за всю історію підприємства виробничої потужності — $8,3 \text{ млн т}$ (близько 10% загальнодержавного видобутку вугілля!).

Досвід інноваційного спорудження свердловин можна поширити й на інші високопродуктивні шахти України, зокрема в межах геолого-промислових районів Північної зони дрібної складчастості, де розроблені геолого-технологічні критерії прогнозування скупчень метану на ділянках розвідки і шахтних полях (невідпрацьованих і відпрацьованих) [18] стали основою для визначення першочергових для видобутку метану площ і вибору еталонних об'єктів. До останніх віднесено ділянки в межах Томашівських купольних структур (відпрацьовані поля закритих шахт «Томашівська Південна» і «Томашівська Північна»), Первомайської антикліналі (поля шахт ім. В.Р. Менжинського та «Первомайська»), Самсонівської антикліналі (поля шахти «Самсонівська Західна») та Суходільської синкліналі (поля шахти «Суходільська Східна») (рис. 1).

Ці міркування стосуються й вуглепородних комплексів Львівського басейну, як у межах розвитку основних промислових вугільних пластів, так і в перспективі, при переході на глибші горизонти вуглевидобутку. Так, у межах розвитку основних промислових пластів підраховані запаси метану для комплексу вуглевмісних порід (від подошви пласта n_7^H до покрівлі пласта n_8^B) і вугільних пластів для двох шахт Червоноградського вуглепромислового району становлять відповідно 1113 і 548 млн м^3 для шахти «Степова» (№ 10 «Великомостівська») та 416 і 168 млн м^3 для шахти «Лісова» (№ 6

«Великомостівська»), усього понад 1529 і 2245 млрд м³ [19]. Водночас і пласт v_6 , який залягає у товщі теригенних порід верхньої частини іваничівської світи серпуховського ярусу на 200–250 м нижче від основних промислових пластів, що відпрацьовуються шахтами, характеризується зростанням природної газонасності до 30,0 м³/т сухої безпопільної маси в Тяглівському родовищі [20]. Підраховані прогнозні запаси вуглеводневих газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах Тяглівського вугільного родовища Південно-Західного вугленосного району з урахуванням глибокозалеглих пластів v_6 і v_5^4 становлять майже 7,8 млрд м³ [20], а всього Південно-Західного вугленосного району (разом з північною і південною частинами Любельського вугільного родовища) перевищують 9,6 млрд м³ [19].

Загалом запаси і прогнозні ресурси вуглеводневих газів у вугільних пластах верхньої та нижньої вугленосних підформацій Львівсько-Волинського басейну перевищують 18,8 млрд м³, у тому числі нижньої вугленосної підформації — близько 6,9 млрд м³, верхньої вугленосної підформації — порядку 11,9 млрд м³ [21]. Зауважимо, що з урахуванням можливих обсягів метану із ще не оцінених стратиграфічних інтервалів, який оклюдований вуглевмісними породами з розсіяною вуглефікованою речовиною, зокрема пісковиками і вугільними пластами-прошарками непромислового значення, реальна метанонасність може дещо зрости.

Отже, запаси і ресурси метану у вуглепородних масивах Донецького і Львівсько-Волинського басейнів досить великі, а реальний, придатний для вилучення об'єм становить понад 3,0–3,5 трлн м³ [22], що значно перевищує запаси природного газу родовищ України [23]. Наявність значних ресурсів і запасів метану газувугільних родовищ створює передумови промислового видобутку цього одного з найцінніших енергетичних ресурсів надр та інтенсивного розвитку метановидобувної промисловості в Україні. Такий висновок підтверджується й отриманими нами даними про генезис вугільного метану, зокрема в контексті

вирішення фундаментальних питань генезису, міграції та локалізації вуглеводневмісних флюїдів.

Нові підходи до проблеми синтезу і генезису метану газувугільних родовищ

Традиційно в проблемі походження метану газувугільних родовищ переважала точка зору про його утворення з рослинної органічної речовини в процесі метаморфізму (вуглефікації) та перетворення її на вугілля [24]. Підхід до метану вугільних пластів і вмісних порід як до утворення лише біогенного походження — продукту перетворення захороненої органічної речовини осадових верств за спокійних геодинамічних умов у процесі діагенезу (біогенний газ верхньої зони газогенерування, біогенний метан) чи інтенсифікації її структурних змін на відповідних стадіях катагенезу при термодеструкції вмісту порід за зрослих температури й тиску — термобаричний (термогенний) газ — апріорі передбачає, що газувугільні родовища невдовзі вичерпаються, так само як і біогенний метан, тому що вони в такому розумінні належать до практично невідновлюваних джерел.

З іншого боку, наявні нині докази як швидкої генерації і геологічно відповідного формування покладів нафти і газу, так і їх поповнення — природного відновлення в процесі розробки [25], дають підстави для твердження про безумовний зв'язок походження метану з глибинними абіогенними процесами його синтезу в літосфері Землі і важливу роль у поновленні газів глибинних вуглеводневмісних джерел [26, 27]. Це підтверджено встановленням на концептуальних засадах нової теорії синтезу і генезису природних вуглеводнів у літосфері Землі: абіогенно-біогенного дуалізму [26], подвійної абіогенно-біогенної природи вугільного метану [28], особливо на окремих ділянках вугільних пластів, порушених глибинними розломами, причому абіогенна частка домінує і в герметично добре замінералізованому з покрівлі вугільному пласті та новоутворених мінералах і породах має перебувати під ано-

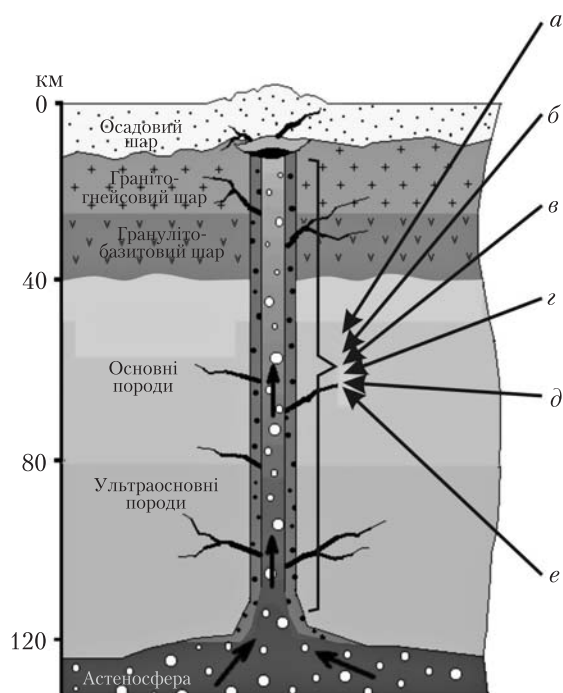


Рис. 2. Принципова схема глибинного мінерало- і вуглеводнегенезу в системі «магма–літосфера» в межах розломних зон літосфери Землі у середовищі глибинного високотемпературного флюїду [26, 27]. Основні чинники: *a* – додаткове потужне адіабатичне стиснення складових флюїду; *b* – утворення мікро- і макротріщин, субмікроредфектів у породах; *в* – виникнення високоелектромагнітного поля; *г* – поява окисно-відновного реакційного середовища в розломі-трубці; *д* – синтез вуглеводнів і утворення нафтогазових покладів; *e* – формування прожилково-вкрапленої мінералізації в породах. Стрілками показано напрям міграції глибинного високотемпературного флюїду в розломних зонах літосфери Землі

мально високим тиском [29] з переважанням абіогенної складової [28], і раніше невідомої властивості абіогенного метановмісного високотемпературного флюїду розкласти органічні рештки по вугільному ряду з утворенням вугільних пластів [30].

Водночас у зближенні положень неорганічної та осадово-міграційної гіпотез походження нафти і газу розглядається й варіант змішаного органічно-мінерального синтезу вуглеводнів (подвійний генезис) [31]. На підставі цього можна говорити про стале, практично

невичерпне джерело вуглеводневої сировини, оскільки синтез вуглеводнів, зокрема метану, в надрах – високоенергетичному природному фізико-хімічному реакторі [32] – здійснюється безперервно (рис. 2), тобто в геологічному літочисленні безмежно (!). Поповненню ресурсів метану у вуглепородних масивах газувугільних родовищ сприяла його міграція у складі глибинних вуглеводневмісних флюїдів зонами підвищеної флюїдопроникності у субвертикальних геофлюїдодинамічних структурах [33]. Потужне глибинне джерело енергії та вихідних речовин і визначає еволюцію глибинних флюїдів та умови формування мінералів і порід більшості цінних корисних копалин у літосфері Землі (рис. 3) [27].

При цьому зауважимо, що, завдяки високій міграційній здатності метану, зумовленій малим діаметром, слабо вираженими сорбційними властивостями, низьким коефіцієнтом внутрішнього тертя та високою кінетичною енергією молекули цього газу (порівняно з іншими вуглеводнями), яка посилювалася в результаті проявів інтенсивної інверсної тектоніки, за тривалий геологічний час (понад 300 млн років) значна частина метану ($\approx 90\%$), утвореного в процесі повільного опускання басейну, зазнала дифузії-міграції на донну поверхню у складі мігрувальних флюїдів. Лише частково цей відтік може бути компенсований газами, генерованими органічною речовиною на сучасному (післяінверсійному) етапі чи у процесі газодинамічних явищ, завдяки енергії тектоно-сейсмічних рухів і процесів у масиві, що викликані техногенним впливом [34]. За таких умов постійне поповнення і збереження ресурсів метану в надрах завдяки формуванню в межах газувугільних родовищ нових чи поновлення наявних покладів можливе лише через приплив вуглеводнів з глибинних абіогенних джерел.

Наведені факти спростовують твердження про те, що метан у вугільних пластах і вуглеводневмісних породах має винятково біогенне походження, і, корегуючи та доповнюючи ці традиційні погляди, обґрунтовують безпосередній зв'язок метану з глибинними абіогенними

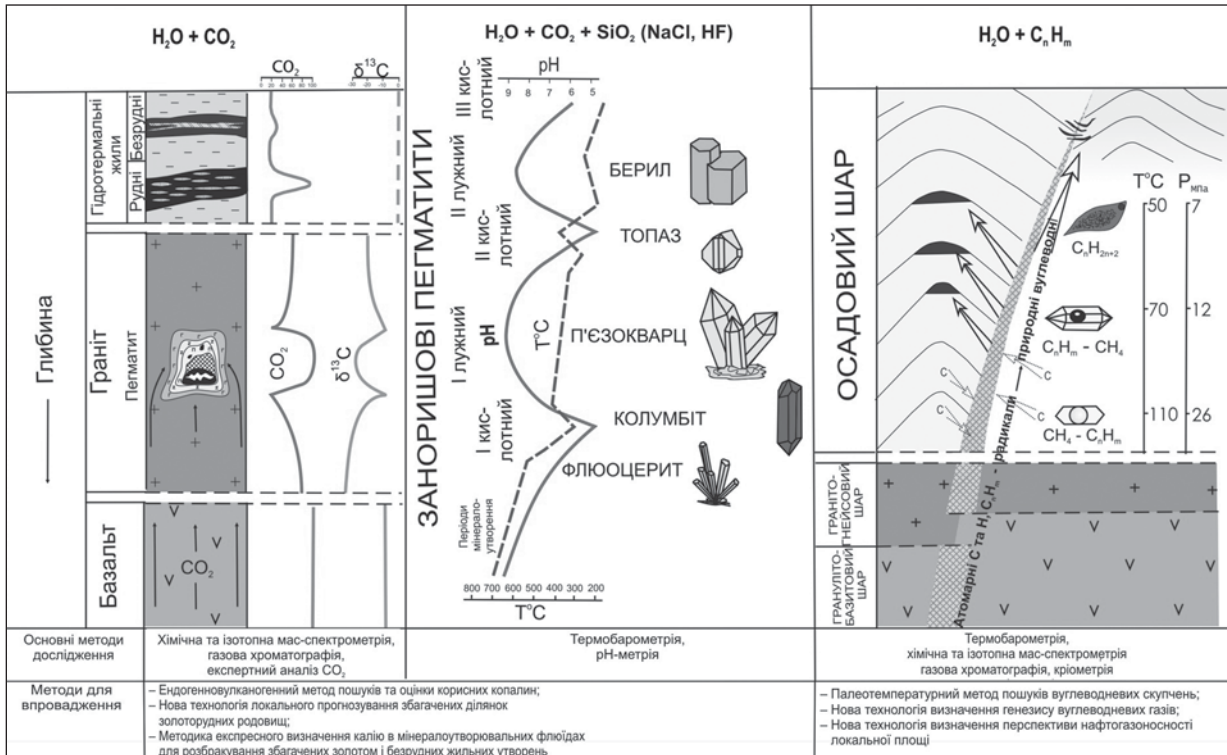


Рис. 3. Модель еволюції глибинних флюїдів (за включеннями у мінералах) [27]

процесами, які сприяють процесам міграції флюїдів і генеруванню вуглеводнів, зокрема й метану, і за іншими найновішими моделями, наприклад [35].

Отже, наші уявлення [36] принципово відрізняються як від панівних нині теорій: абіогенної (магматично-неорганічної), що передбачає міграцію готових (синтезованих) вуглеводнів з мантиї Землі у пастки – породи-колектори (М. Кудрявцев, П. Кропоткін, В. Порфир'єв, Г. Доленко, Е. Чекалюк); осадово-неорганічної – приплив у породи ювенільного водню та його взаємодія з осадовим (хемогенним чи навіть органогенним) вуглецем (І. Чебаненко); органічної (осадово-міграційної) – формування вуглеводнів у вигляді первинної нафти (протонафти, мікронафти) у нафтоматеринському шарі чи пласті-генераторі водню і пласті-носії вихідного (нафтоматеринського) вуглецю (М. Вассоевич, О. Трофимук), так і від інших концепцій генезису природних вуглеводнів та формування їх родовищ (по-

кладів) у земній корі, таких як рециклінгу (Х. Хедберг, О. Ушаков, В. Фединський, О. Сорохтін), геолого-геохімічна (Г. Доленко), гібридна (Л. Анісімов), геодинамічна (мікст-генетична, полігенна) (В. Гаврилов), геосинергетична концепція природних вуглеводнево-генерувальних систем (О. Лукін), полігенезу нафти і газу (А. Дмитрієвський) та ін.

Висновки

Матеріали цього огляду свідчать про те, що в сучасних умовах розвиток і стабільне функціонування паливно-енергетичного комплексу України нагально потребують забезпечення додатковими обсягами вуглеводневої сировини. Цьому, зокрема, може сприяти зростання видобутку метану з газувугільних родовищ, що стане гідним вагомим додатком до горючих корисних копалин – як традиційних вуглеводнів, так і газу центральнобасейнового типу, сланцевого газу, газу ущільнених колекторів тощо.

Саме комплексний підхід до метану вуглепородного масиву (вугільні пласти і вуглевмісні породи) як до потужного додаткового джерела вуглеводнів реалізує його переваги над іншими газоподібними горючими копалинами, бо за сучасних складних геополітичних передумов така стратегічна сировина, як викопне вугілля, у частині інтенсифікації видобутку, зниження собівартості та підвищення якості збагачення ще певний час переважатиме в Україні над іншими копалинами.

Висловлені міркування набувають особливої ваги при обґрунтуванні основ геотехнологій видобутку метану методом активного впливу на стан вуглепородних масивів способом швидкісного буріння свердловин з метою комплексного освоєння газовугільних родовищ України. Оскільки не існує альтернативи збільшенню власного вуглевидобутку, то немає альтернативи й видобутку метану, тому впровадження потокових технологій буріння свердловин, власне, якраз і передбачатиме ви-

користання метану вугільних пластів і вмісних порід при одночасному рентабельному видобутку вугілля й метану [2].

Комплексне освоєння власних газовугільних родовищ є тим напрямом, який дає потужний поштовх розвитку національної економіки і оперативно вирішує низку екологічних і соціальних проблем на державному рівні, а також сприяє різкому зменшенню імпортованих енергетичних ресурсів. За таких передумов видобуток шахтного метану планується здійснювати синхронно з інтенсивним відпрацюванням очисних вибоїв. Це забезпечить одночасний рентабельний видобуток метану і вугілля завдяки впровадженню потокових технологій буріння свердловин із земної поверхні без збільшення екологічних ризиків порівняно з уже наявними при вуглевидобутку і створить підґрунтя для енергетичної і, відповідно, економічної незалежності України, а відтак, сприятиме унезалеженню держави від закордонних енергоносіїв і стабілізації її паливно-енергетичної галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Булат А.Ф. О фундаментальных проблемах разработки угольных месторождений. *Уголь Украины*. 1997. № 1. С. 14–17.
2. Мойсичин В.М., Наумко І.М., Пилипець В.І. та ін. *Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин*. К.: Наук. думка, 2013.
3. Зейкан О., Гладун В., Чепіль П., Максимчук П. Перспективи нарощування геолого-розвідувальних робіт національною акціонерною компанією «Нафтогаз України» до 2015 року. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2011. № 1–2. С. 59–62.
4. Кабышев Ю., Вакарчук С., Стрыжак В. и др. Современное состояние исследований газа центральнобассейнового типа в Днепровско-Донецкой впадине. *Геолог України*. 2011. № 2. С. 120–124.
5. Ставицький Е.А., Голуб П.С. Результати комплексних досліджень та обґрунтування перспективних зон і полігонів для пошуків сланцевого газу. *Мінеральні ресурси України*. 2011. № 2. С. 4–12.
6. Лукин А.Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Ч. 1. *Геол. журн*. 2010. № 3. С. 17–32; Ч. 2. *Геол. журн*. 2010. № 4. С. 7–23.
7. Kurovets I., Drygant D., Naumko I., Kurovets S., Koltun Yu. Geological and physical-chemical characteristics of Lower Paleozoic deposits of Volhyno-Podillya, Western Ukraine. *Geological and hydrogeological studies of the Polish-Ukrainian borderland: Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, 2012. N 449. P. 119–130.
8. Poprava P. Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim. *Przegląd Geol.* 2009. 58(3): 226–249.
9. Наумко І.М., Куровець І.М., Куровець С.С., Сахно Б.Е., Чепусенко П.С. Леткі компоненти флюїдних включень у мінералах і закритих пор порід перспективно сланцевогазоносних комплексів палеозою Волино-Поділля. *Доп. НАН України*. 2013. № 11. С. 116–123.
10. Харкевич В., Місюра Я. Видобуток сланцевого газу на Олеській ділянці — загроза якості питних прісних і мінеральних підземних вод. *Вісн. Львів. ун-ту*. Сер. геол. 2011. Вип. 25. С. 88–104.
11. Назаревич Л.Є. Сейсмічність Олеської площі: екологічні аспекти. *Геодинаміка*. 2013. № 2. С. 250–252.

12. Філіпович В.Є., Кудряшов О.І. Сланцевый газ: уроки польского опыта и что необходимо учесть при помощи данных ДДЗ на Олеской площади в Западной Украине. *Нафта і газ України – 2013*: матер. ІХ міжнар. наук.-практ. конф. (4–6 вересня 2013, Яремча–Київ). Львів: Центр Європи, 2013. С. 172–174.
13. Шестопалов А.В. Стратегема или почему не у всех получается добывать метан и нефть из нетрадиционных источников. *Нетрадиционные ресурсы углеводородов: распространение, генезис, прогнозы, перспективы освоения*: матер. Всеросс. конф. с междунар. участием (12–14 ноября 2013, Москва). М.: ГЕОС, 2013. С. 285–289.
14. Куровець І.М., Крупський Ю.З., Наумо І.М., Чепіль П.М., Шлапінський В.Є. Перспективи пошуків покладів вуглеводнів у відкладах олігоцену зони Кросно (Українські Карпати). *Геодинаміка*. 2011. № 2. С. 144–146.
15. Узіюк В.І., Бик С.І., Гльчишин А.В. Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2001. № 2. С. 110–121.
16. Пудак В.В., Конарев В.В., Алексеев А.Д., Брижанев А.М. Исследование, разработка технологии и промышленное использование метана углегазовых месторождений Донбасса. *Уголь Украины*. 1996. № 10–11. С. 68–71.
17. Рудько Г., Ловинюков В., Григіль В. Перспективи видобутку вуглеводневої сировини нетрадиційного типу в Україні. *Геолог України*. 2013. № 3. С. 101–106.
18. Павлюк М., Наумо І., Рибчич І., Сморок В., Бик С., Зінчук І., Булат А., Баранов В., Лукінов В., Крамаренко А., Задара Г., Овчаренко В. Геолого-технологічні передумови виділення першочергових об'єктів з видобутку метану в межах північної зони дрібної складчастості Донбасу. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2006. № 3–4. С. 38–57.
19. Явний П., Бучинська І. Оцінка метаносності вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2012. № 3–4. С. 17–28.
20. Сокоренко С., Костик І., Узіюк В. Перспективи промислової газосності вуглевмісних порід Тягівського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2007. № 2. С. 34–45.
21. Костик І., Матрофайло М., Король М. Перспективи сучасної природної газосності вугільних пластів глибоких горизонтів Львівсько-Волинського басейну. *Геолог України*. 2013. № 3. С. 50–59.
22. Михайлов В.А., Зейкан О.Ю., Коваль А.М. та ін. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів України*. Кн. VII. Метан вугільних родовищ, газогідрати, імпакті структури і накладені западини Українського щита. К.: Ніка-Центр, 2013.
23. *Атлас родовищ нафти і газу України*: в 6 т. (за заг. ред. М.М. Іванюти, В.О. Федішина, Б.І. Денегі та ін.). Львів: Центр Європи, 1998.
24. Забигаїло В.Е., Широков А.З. *Проблеми геології газів угольних месторождений*. К.: Наук. думка, 1972.
25. Соколов В.А., Гусева А.Н. О возможной быстрой современной генерации нефти и газа. *Вестн. МГУ*. Сер. 4. Геология. 1993. № 3. С. 39–46.
26. Сворень Й.М., Наумо І.М. Нова теорія синтезу і генезису природних вуглеводнів: абіогенно-біогенний дуалізм. *Доп. НАН України*. 2006. № 2. С. 111–116.
27. Наумо І.М. *Флюїдний режим мінералогенезу породно-рудних комплексів України (за включеннями у мінералах типова паразенезисів)*: автореф. дис. ... д-ра геол. наук. Львів, 2006.
28. Svoren' Y. Nature of coal methane. In: Proc. 7th European Coal Conference (26–29 Aug. 2008, Lviv, Ukraine). P. 158–159.
29. Чекалюк Э.Б. Предельные давления генерации угольных газов в процессе метаморфизма углей. *Геология и геохимия горючих ископаемых*. 1990. Вып. 74. С. 1–4.
30. Сворень Й.М., Наумо І.М. Термобарометрія і геохімія газів прожилково-вкрапленої мінералізації у відкладах нафтогазоносних областей і металогенічних провінцій: фізико-хімічна модель формування вугільних пластів. *Доп. НАН України*. 2009. № 11. С. 116–120.
31. Павлюк М.І., Варичев С.А., Ризун Б.П. Новые представления о генезисе нефти и газа и формировании нефтегазоносных провинций. В кн.: *Генезис нефти и газа*. М.: ГЕОС, 2003. С. 441–442.
32. Сворень Й.М., Наумо І.М. Надра Землі – природний фізико-хімічний реактор. *Доп. НАН України*. 2009. № 9. С. 138–143.
33. Павлюк М.І., Наумо І.М. Флюїдопровідні розломні зони як показник міграційних процесів у вуглепородних масивах і нафтогазоносних верствах та їхня фіксація термобарично-геохімічними методами. *Наук. праці УкрНДМІ*. Донецьк: УкрНДМІ, 2009. № 5 (ч. II). С. 114–121.
34. Булат А.Ф., Лукинов В.В., Пимоненко Л.І. и др. *Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа*. Днепропетровск: Монолит, 2012.

35. Павлюк М., Наушко І., Макітра Р., Брик Д. Про ймовірну модель утворення природних вуглеводнів у літосфері Землі. *Геологія і геохімія горючих копалин*. 2012. № 1–2. С. 110–116.
36. Наушко І., Сворень Й. Новий підхід до вирішення проблеми синтезу і генезису метану газовугільних родовищ. *Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології*: матер. міжнар. наук. конф. (31 березня – 3 квітня 2014, Київ). К., 2014. Ч. I. С. 60–61.

Стаття надійшла 20.11.2014.

И.М. Наушко, М.И. Павлюк, И.М. Сворень, Н.И. Зубик

Институт геологии и геохимии горючих ископаемых НАН Украины
ул. Наукова, 3-а, Львов, 79060, Украина

МЕТАН ГАЗОУГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ – МОЩНЫЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК УГЛЕВОДОРОДОВ В УКРАИНЕ

Рассматривается значение метана угольных залежей в качестве мощного дополнительного источника энергии, его ключевая роль в наращивании топливно-энергетического потенциала Украины. На основе новой физико-химической модели глубинного минерало- и углеводородогенеза в литосфере Земли обоснован преимущественно абиогенный генезис метана, что указывает на практически неисчерпаемый источник этого вида углеводородного сырья. Это имеет особое значение в решении фундаментальных вопросов генезиса, миграции и локализации углеродсодержащих флюидов, в частности, при формировании газо(метано)угольных месторождений, комплексное освоение которых с синхронной рентабельной добычей метана и угля создает предпосылки для интенсивного развития метанодобывающей промышленности в Украине.

Ключевые слова: метан, угольные залежи, газо(метано)угольные месторождения, углеводородогенез, физико-химический реактор, литосфера.

I.M. Naumko, M.I. Pavlyuk, Yu.M. Svoren, M.I. Zubyk

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals
of National Academy of Science of Ukraine
3-a Naukova St., Lviv, 79060, Ukraine

METHANE OF GAS-COAL FIELDS – POWERFUL ADDITIONAL SOURCE OF HYDROCARBONS IN UKRAINE

In this paper we have demonstrated the important role of coalbed methane in stepping up the fuel-power potential of Ukraine. Its significance is considered at the present stage as a powerful additional source of energy side by side with hydrocarbons of conventional and unconventional (basin-centered tight gas, “shale” gas, tight gas etc.) sources that comes up, first of all, from uncertainty of the distribution and the correlation of all possible factors of the risk while extracting other fuel minerals and from the availability of considerable resources and reserves of methane in the gas-coal fields. On the basis of new physico-chemical model of the deep mineral- and hydrocarbon-genesis in the lithosphere of the Earth it was possible to substantiate mainly abiogenic genesis of methane that indicates practically inexhaustible source of this kind hydrocarbon raw material, because synthesis of hydrocarbons, methane in particular, in the bowels of the Earth, a high-power natural physico-chemical reactor, can occur in the geological chronology endlessly (!) that refuted the affirmation about only biogenic origin of coalbed methane and methane of coal-containing rocks which a priori foresees its exhaustion. That acquires great significance for solving basic problems of genesis, migration and localization of hydrocarbon-containing fluids, in particular while forming gas(methane)-coal fields, the complex development of which with a synchronous profitable methane and coal production will create prerequisite for the intensive development of the methane-mining industry in Ukraine.

Keywords: methane, coal deposits, gas(methane)-coal fields, hydrocarbon-genesis, physico-chemical reactor, lithosphere.



КРУТЬ

Олександр Анатолійович – доктор технічних наук, головний науковий співробітник Інституту вугільних енерготехнологій НАН України



ДУНАЄВСЬКА

Наталія Іванівна – кандидат технічних наук, в. о. директора Інституту вугільних енерготехнологій НАН України

УДК 656.50

ПРОБЛЕМИ СОЛОНОГО ВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ

На основі оцінки сучасних технологічних процесів гірничозбагачувального виробництва розглянуто шляхи розв'язання проблеми промислового використання солоного вугілля в теплоенергетиці України. На сьогодні впровадження запропонованого підходу є найбільш економічно доцільним порівняно з іншими технологіями з підготовки, перетворення і отримання кондиційного палива з такого вугілля.

Ключові слова: солоне вугілля, граничні умови, відсаджувальний процес, енергозабезпечення.

Вступ

У західній та північній частині Українського Донбасу (Дніпропетровська, Полтавська, Луганська області) розвідано значні вугільні родовища так званого солоного вугілля. Основні з них – Новомосковське, Петриківське, Богданівське, Старобільське, розвідані запаси яких становлять близько 12 млрд т високоякісного вугілля марок Д і Г. Загалом це приблизно 25% усіх запасів низькозольного, висококалорійного палива таких марок в Україні. Крім того, високий вихід летких речовин, низька вологість, невелика глибина залягання пластів роблять цей вид вугілля перспективним твердим паливним ресурсом для вітчизняних ТЕС. Однак це можливо лише за наявності промислових, економічно привабливих технологій енергетичного використання вугілля з таких родовищ. Причина одна – домінування у вугіллі шкідливої домішки – водорозчинної солі у вигляді галіту. Підвищений вміст натрію і хлору призводить не лише до ускладнення процесу спалювання вугілля в котлоагрегатах (шлакування поверхні нагріву, значна корозія), а й до негативних екологічних наслідків (виділення токсичних сполук аж до утворення діоксинів) [1].

Отже, незважаючи на те, що запаси солоного вугілля є на всіх континентах земної кулі, зазначені вище характеристики стримують його енергетичне використання у світі.

Розвиток і сучасний стан досліджень солоного вугілля

Вивчення солоного вугілля розпочав німецький учений Г. Леман у 50-х роках минулого століття. Над проблемою працювали у США (Г. Кроунголд), Австралії (Р. Дур'є), Великій Британії (Е. Скипси), Японії (Н. Кейо) та ін. У Росії в дослідженні цього виду вугілля задіяні колективи установ Далекосхідного відділення РАН, в Україні – Український державний інститут мінеральних ресурсів, Український державний хіміко-технологічний університет (Дніпропетровськ), Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, НВО «Хаймек» (УкрНДІгідровугілля), Донецький національний технічний університет, Інститут геологічних наук НАН України та ін.

Достатньо глибоко вивчено природу солоного вугілля українського походження, взаємозв'язок сполук Na і Cl з його інгредієнтами. З метою оцінки і вибору перспективного технологічного рішення промислового використання солоного вугілля було проведено експериментальні дослідження з вивчення процесів піролізу, газифікації, зрідження, коксування вугілля, виконано пошукові роботи щодо іонного обміну та зв'язування Na і Cl в різних розчинах. За цими напрямками отримано певні позитивні результати, зафіксовано кількісно-якісні характеристики продуктів переробки вугілля [2, 3].

Пошук шляхів прямого використання (спалювання) або збагачення солоного вугілля продовжується вже не одне десятиліття в різних країнах світу. Проте й донині це питання залишається невирішеним. Промислового, великотоннажного способу збагачення вугілля з високим вмістом лужних металів поки ще немає. Перспективні для впровадження технології мають бути ефективними й економічними, вирізнятися простотою і технологічністю. На сьогодні до них можна віднести надзвичайно вузьке коло технічних рішень. На нашу думку, це лише технології збіднення солоного вугілля вугіллям звичайної якості. Слід додати, що завдяки самій природі вугілля та різноманітності

його властивостей і характеристик усі вугільні технології, які потребують підвищення якості вугілля чи перетворення його на інші продукти, є досить складними, що гальмує їх застосування. Тому проблема впровадження солоного вугілля у промисловість та енергетику існує майже в усіх країнах, де є його запаси, в тому числі й в Україні.

Як показали дослідження, в українському вугіллі мінеральна компонента (NaCl) має адсорбційне походження, тобто мінерали проникли в уже сформовані вугільні пласти з розчинів, що містилися в гірничих породах, у процесі адсорбційних впливів. Такі мінерали, приурочені до тріщин і пор у вугіллі, утворюють гнізда та стягнення. Під час подрібнення вугілля відбувається розкриття цих мінералів, що уможлиблює їх ефективне вилучення. Таке походження мінеральної компоненти в українському вугіллі визначило один з основних шляхів можливого знесолювання вугілля – спосіб промивання водою [4]. Значний обсяг наукових досліджень у цьому напрямі було виконано в зазначених вище установах України.

Результати наукових досліджень

Вивчення солоного вугілля з метою його технологічного застосування в теплоенергетиці нині триває в Інституті вугільних енерготехнологій НАН України в рамках фундаментальних досліджень за темою «Наукові основи технологій очистки та термічної переробки засоленого вугілля Західного Донбасу». Під час виконання цієї роботи проведено теоретичні та прикладні дослідження зі встановлення залежності ступеня вилучення шкідливих домішок із солоного вугілля при промиванні водою від різних параметрів водовугільної суміші та фізико-технічних впливів на неї. У загальному вигляді залежність процесу знесолення від фізико-технічних властивостей солоного вугілля і водного середовища можна представити так:

$$t_{0,4} = f(B_{\text{вих}}, k_1 D_{\text{сеп}}, k_2 C, k_3 M, k_4 T, k_5 D_{\text{ін}}),$$

де $t_{0,4}$ — час контакту вугілля з водою до моменту, коли вміст NaCl у вугіллі досягне граничного рівня, прийнятого для безпосереднього спалювання в котлоагрегатах (вміст Na_2O в золі вугілля менш ніж 0,4%); $B_{\text{вих}}$ — вихідний вміст солі у вугіллі; $D_{\text{сер}}$ — середня крупність вугільних частинок; C — концентрація твердої фази у водовугільній суміші; M — мінералізація вихідної промивальної води відносно NaCl; T — температура водовугільної суміші; $D_{\text{ін}}$ — зміна інтенсивності турбулентного потоку водовугільної суміші (ефект перемішування); $k_1 \dots k_5$ — комплексні коефіцієнти, що залежать від природних властивостей і характеристик вугілля, а також від зміни вказаних функціональних параметрів.

Додатково було проведено оцінювання залежності ступеня видалення солі від фізико-хімічних властивостей вугілля та технічних вод вугільних підприємств. У загальному вигляді їй відповідає такий вираз:

$$t = f(a_1 \text{pH}, a_2 \text{O}, a_3 p_e),$$

де pH — водневий показник води; O — ступінь окиснення вугілля; p_e — ступінь забруднення води хімічними реагентами; a — коефіцієнти.

У цілому процес видалення солі з вугілля можна описати таким виразом:

$$y = [(y_{\text{вих}} - y_0) \exp(-t/b)] + y_0,$$

де y , $y_{\text{вих}}$, y_0 — вміст домішок солі у вугіллі; t — час контакту вугілля з водним середовищем; b — параметр, що характеризує якісні показники водовугільної суміші.

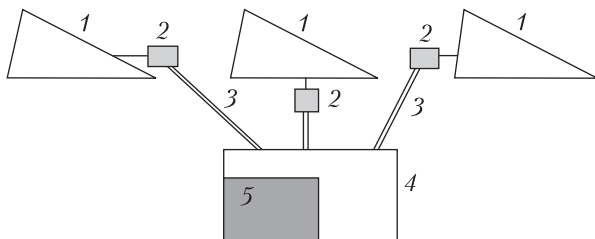
У результаті детального аналізу було з'ясовано, що технологія видалення солі на основі водного промивання має ряд жорстких вхідних граничних умов для досягнення кондиційності палива, а окремі співвідношення характеристик рядового вугілля й технічної води ускладнюють процес знесолення або роблять його взагалі неможливим. Наприклад, велика крупність вугілля збільшує необхідний час його контакту з водою, що спричинює економічну невідповідність технології. Відсутність турбулентності у водовугільному середовищі, якщо різниця між швидкостями переміщення вугільної частинки і води дуже мала, також збільшує тривалість знесолення. Водночас глибоке механічне зне-

воднення вугілля після промивання, навпаки, дає позитивні показники.

Ще важливіше враховувати, що за високої концентрації твердої фази (більш як 50%) і наявності у водовугільній суміші понад третини вугільних частинок мікронних класів (менш як 0,074 мм) можливий початок зворотного процесу адсорбції іонів Na і Cl. Крім того, зворотна адсорбція може пришвидшитися, якщо в технічній воді є такі групи реагентів, як поверхнево-активні, нафтово-масляні речовини, флокулянти тощо [5]. Тому було вивчено і вперше встановлено ряд вхідних граничних умов, а також необхідних операційних проце-

Окремі параметри і вхідні граничні умови знесолення вугілля

Параметри, процес	Граничні умови	Примітки
Клас вугілля	Рядове вугілля марки Д крупністю не більше 0–13 мм	Середня крупність вугільної частинки $D_{\text{сер}} \leq 3$ мм
Концентрація вугілля (C) у водовугільній суміші	$C \leq 50\%$	Найприйнятніше співвідношення твердої і рідкої фаз Т:Р = 1:2; $C \leq 33\%$
Вихідна мінералізація води	$< 10\text{--}12$ г/л за NaCl	—
Температура водовугільної суміші	Зумовлена стандартом для цехів підприємства	Прийнятно, якщо є можливість, задіяти скидне тепло підприємства
Активізація перемішування	Швидкість водного потоку більша за швидкість вугільної частинки $v_{\text{в.п.}} > v_{\text{в.ч.}}$	Наявність турбулентних потоків
Механічне зневоднення вугілля	Робоча вологість після зневоднення $W_{\text{в}}^{\text{р}} < 25\%$	—
Питомий вміст частинок вугілля класу 0,074 мм	Не більше 32–35% за концентрації твердої фази $C \geq 50\%$	Можливий початок процесів зворотної адсорбції



Принципова схема вугільного гідромеханізованого комплексу: 1 – шахта; 2 – вузол підготовки вугілля для гідротранспортування; 3 – вуглепровід; 4 – групова збагачувальна фабрика; 5 – цех відсаджувальних машин

сів, які дозволяють досягти позитивного ефекту знесолення соляного вугілля (див. табл.).

Аналіз сучасного збагачення руд і вугілля показав, що всі зазначені технологічні умови промивання вугілля водою можна забезпечити при традиційних технологіях збагачення вугілля на вуглезбагачувальних фабриках. Тому для концептуального оцінювання було вибрано два напрями технічних рішень одержання кондиційного палива:

1) традиційне збагачення рядового вугілля (зменшення зольності) – основний процес; знесолення рядового вугілля – основний процес;

2) знесолення рядового вугілля – основний процес; традиційне збагачування – додатковий процес.

Виходячи з цих напрямів було вивчено технічні характеристики, режими роботи й параметри різних збагачувальних апаратів і машин сучасних фабрик, де для збагачення використовується водне середовище.

Принципове технічне рішення отримання кондиційного палива

Пошук і аналіз режимно-технологічних процесів таких апаратів, як концентраційні столи, відсаджувальні машини, елеватори, гвинтові сепаратори, мийні жолоби, шнекові сепаратори тощо, показав [6], що відсаджувальна машина є найбільш придатним апаратом для реалізації способу промивання соляного вугілля. Простота конструкції, режими та параметри її

роботи цілком відповідають умовам видалення мінералів солі з вугілля, а саме:

- некласифіковане відсаджування рядового вугілля класу 0–13 мм і менше;
- співвідношення твердої фази (вугілля) і рідкої (води) $T:P = 1:2$ ($C \leq 33\%$);
- наявність турбулентних потоків;
- тривалість контакту вугілля з водою може сягати 300 с;
- обов'язкове зневоднення після відсаджувальної операції;
- за потреби можливий попутний процес знезолнення вугілля.

Широкий діапазон регулювання зазначених параметрів у відсаджувальних машинах, побудова ланцюга їх взаємодії, автоматизація процесу знесолення вугілля на основі наявних приладів – солевимірювачів, дають усі підстави стверджувати, що збагачення соляного вугілля у відсаджувальних машинах може бути впроваджено без великих додаткових капітальних витрат.

Для повного досягнення поставленої мети – отримання кондиційного палива способом промивання водою – потрібне проектування гідромеханізованого підприємства або комплексу підприємств. Дві-три шахти видобувають вугілля сучасними механізованими підземними комплексами. На поверхні вугілля надходить на вузол підготовки та змішування його з технічною (шахтною) водою з концентрацією 50% і далі транспортується гідравлічним трубопровідним транспортом до групової збагачувальної фабрики на відстань до 20 км (див. рис.).

Демінералізація соляного вугілля під час транспортування в гідравлічному трубопроводі є попутним процесом [7]. За умови достатньої тривалості контакту вугілля з водою у трубопроводі (до 1 години і більше) і досягнення норми вмісту NaCl у вугіллі гідросуміш надходить на лінію зневоднення або контрольну відсаджувальну операцію. За потреби здійснюється цикл традиційного збагачення високозольного вугілля.

Природним недоліком способу промивання соляного вугілля з використанням техноло-

гічного обладнання сучасних вуглезбагачувальних фабрик є необхідність додаткового очищення (знесолення) води разом зі звичайним очищенням оборотної води. Вирішення цієї проблеми лежить у площині проектування водно-шламової схеми циркуляції оборотної води, потреби в заборі свіжої води. З цих міркувань можлива побудова лише вузлового очисного демінералізаційного комплексу для води. Відомо, що найекономічнішим способом демінералізації води є зворотний осмос. Впровадження цієї технології у світі збільшується щороку на 12–18%. Наприклад, на хімічному заводі концерну «Стирол» (м. Горлівка) термін окупності цеху очищення технологічної води методом зворотного осмосу становив трохи більше 2 років. Іншим рішенням може бути зворотне закачування води в нижні горизонти. На окремих родовищах для цього є відповідні гірничо-геологічні умови.

Компенсувати зростання собівартості вугілля (через необхідність очищення води) можуть такі чинники, як неглибоке й полого залягання вугільних пластів, а також наявність нескладних гірничо-геологічних умов.

Висновки

За результатами досліджень з демінералізації солоного вугілля в стаціонарних умовах і гідротранспортування в трубопровідних системах запропоновано промислово технологію досягнення його кондиційних якостей. На сьогодні технологія промивання вугілля водою в сучасних збагачувальних апаратах, а саме у відсаджувальних машинах, є найбільш перспективною з огляду на її простоту, гнучкість та економічність.

За результатами досліджень фізико-технічних характеристик солоного вугілля й водного середовища, їх взаємозалежностей, а також завдяки визначенню окремих граничних умов ефективності знесолення вугілля знайдено принципове рішення, яке полягає в поєднанні в один (або в окремий) технологічний процес збагачення вугілля за сіллю і традиційного збагачення за зольністю. Такий підхід є цікавим з точки зору науково-технічного рішення і заслуговує на увагу як перспективний напрям щодо подальшого вивчення, деталізації операційних параметрів, режимів і характеристик збагачення солоного вугілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дунаєвська Н.І., Корчевой Ю.П., Майстренко О.Ю. Стан та перспективи використання українських покладів солоного вугілля в енергетиці. *Екотехнологии и ресурсосбережение*. 2002, 3: 29–33.
2. Белецкий В.С., Пожидаев С.Д., Кхелуфи А., Сергеев П.В. *Перспективы освоения соленых углей Украины*. Донецк: Донец. гос. техн. ун-т, 1998.
3. Шендрик Т.Г., Саранчук В.И. *Соленые угли*. Донецк: Східний видавничий дім, 2003.
4. Иванова А.В., Кривеча Т.А., Охотник А.К. Изучение процессов накопления щелочных металлов в углях Донбасса в связи с проблемой их промышленного использования. *Тез. VII Всесоюз. угольной конф.* Ростов-на-Дону, 1981: 380–382.
5. Круть А.А. Особенности деминерализации углей при гидротранспортировании. *Вісник інженерної академії наук України*. 2014, 2: 36–38.
6. Благов И.С., Коткин А.М., Зарубин Л.С. (ред.). *Справочник по обогащению углей*. М.: Недра, 1984.
7. Круть А.А., Свитлый Ю.Г. Исследование обессоливания угля в процессе гидротранспортирования. *Уголь Украины*. 1984, 1: 41.

Стаття надійшла 04.03.2015.

А.А. Круть, Н.И. Дунаевская

Институт угольных энерготехнологий Национальной академии наук Украины
ул. Андреевская, 19, Киев, 04070, Украина

ПРОБЛЕМЫ СОЛЕНОГО УГЛЯ УКРАИНЫ

На основе оценки современных технологических процессов горно-обогажительного производства рассмотрен путь решения проблемы производственного использования соленого угля в теплоэнергетике Украины. На сегодня внедрение предложенного подхода является наиболее экономически обоснованным по сравнению с другими технологиями по подготовке, преобразованию и получению кондиционного топлива из такого угля.

Ключевые слова: соленый уголь, граничные условия, отсадочный процесс, энергообеспечение.

O.A. Krut', N.I. Dunayevska

Coal Energy Technology Institute of National Academy of Sciences of Ukraine
19 Andriivska St., Kyiv, 04070, Ukraine

THE PROBLEMS OF HIGH CHLORINE COAL IN UKRAINE

Based on the analysis of modern technological processes of coal cleaning/washing the ways to solve the issues of industry usage of high chlorine coal in energy sector of Ukraine have been proposed. Accounting for the up-to-date developments in the above field, it is considered that proposed approach is the best economically feasible one compared to other technologies on coal handling, cleaning and production of proper coal product.

Keywords: high chlorine coal, boundary conditions, sedimentation, energy supply.



БАВОЛ
Андрій Васильович —
кандидат біологічних наук,
науковий співробітник відділу
генетичної інженерії Інституту
фізіології рослин і генетики
НАН України,
bavol1@rambler.ru

УДК 561.143.6; 581.143.6:58.085

РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ, СТІЙКИХ ДО СТРЕСОВИХ ЧИННИКІВ

За матеріалами наукового повідомлення
на засіданні Президії НАН України
11 березня 2015 року

У процесі досліджень експериментально обґрунтовано можливість отримання методом клітинної селекції рослин м'якої пшениці, стійких до комплексу стресових чинників, зокрема метаболітів збудника офіобольозної кореневої гнилі та модельованого водного дефіциту. Виявлено особливості мінливості геному пшениці за дії стресових чинників, що дозволяє з більшою ефективністю використовувати технологію клітинної селекції, соматоклональну мінливість та інші біотехнологічні підходи для вирішення генетико-селекційних завдань щодо цієї культури.

Ключові слова: пшениця, клітинна селекція, офіобольозна коренева гниль, водний дефіцит, комплексна стійкість, мінливість геному.

Вступ

Сучасні біотехнології — це потужний інноваційний інструмент і нова стадія розвитку науково обґрунтованої селекції сільськогосподарських культур. Досягнення останніх десятиліть у цій галузі зумовили появу нових методів селекційної роботи, що ґрунтуються на використанні клітинної селекції і спрямованої генно-інженерної модифікації рослин. Технології, основані на культивуванні клітин і тканин, істотно доповнюють та прискорюють процес створення нових високопродуктивних сортів, зокрема м'якої пшениці — найважливішої продовольчої культури України.

Одним із найперспективніших напрямів сучасної біотехнології, який уже широко застосовують на практиці, є клітинна селекція, як метод створення нових форм рослин шляхом виділення мутантних клітин і соматоклональних варіацій за селективних умов *in vitro* [1, 2]. Експериментально доведено, що стійкі до стресових чинників генотипи можна добирати в куль-

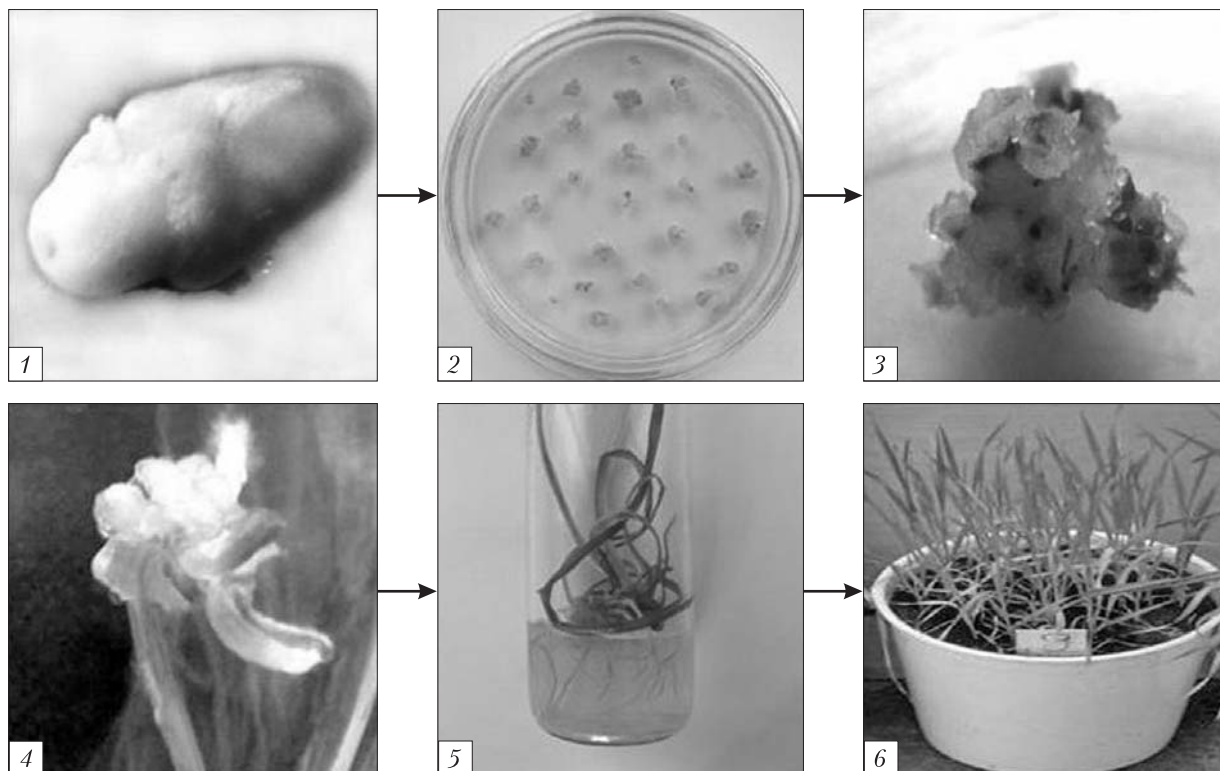


Рис. 1. Отримання рослин-регенерантів пшениці в культурі апікальних меристем тридобових стерильних проростків: 1 – апікальна меристема пагона; 2 – первинний калюс; 3 – морфогенний калюс; 4 – регенерація пагонів; 5 – укорінення регенерантів; 6 – переведення рослин в умови *in vivo*

турі *in vitro* і залучати їх до селекційного процесу [3–6]. Проте на сьогодні біотехнологічні підходи отримання рослин пшениці, стійких до абіотичних і біотичних стресових чинників, розроблено ще недостатньо. У багатьох країнах світу застосування цих технологій стає невід’ємною частиною селекційного процесу, однак в Україні їх розроблення та впровадження тільки започатковується, що зумовлює актуальність і практичну значущість пропонованих досліджень. Отже, метою нашої роботи було розроблення ефективної біотехнології отримання рослин пшениці, стійких до стресових чинників довкілля.

Результати досліджень

Для проведення робіт з отримання стійких до стресових чинників рослин біотехнологічними методами потрібно мати ефектив-

ну систему розмноження рослин *in vitro*, яка ґрунтується на використанні певного типу експланта. Незрілі зародки є традиційним експлантом для пшениці, проте їх застосування має деякі обмеження: вони доступні тільки впродовж короткого проміжку часу за вегетаційний період, а калюсні культури, одержані з них, швидко втрачають регенераційний потенціал [7]. Тому останнім часом дослідники приділяють дедалі більше уваги пошуку альтернативних типів експлантів. Ми розробили комплекс біотехнологічних прийомів отримання рослин на основі використання нового для пшениці типу експланта – апікальних меристем пагонів 3-добових стерильних проростків [8] (рис. 1).

Перевагою цього типу експланта є можливість подолання генотипних особливостей форм, що характеризуються низьким регенераційним потенціалом, та можливість отри-

мання значної кількості вихідного матеріалу за короткий проміжок часу в будь-яку пору року.

Запропонована технологія захищена патентом України і дозволяє підвищити коефіцієнт розмноження в 2–3 рази та скоротити час одержання цінних форм. З використанням цієї біотехнологічної системи ми розробили й апробували оригінальні схеми селекції *in vitro* і методом прямого добору отримали рослини пшениці, стійкі до офіобольозної кореневої гнилі [9].

В умовах глобальних змін клімату, коли на рослинний організм діє сукупність біотичних і абіотичних факторів, значно підвищується попит на високопродуктивні пластичні сорти, стійкі одночасно до кількох стресових чинників. Проте сьогодні, на жаль, у селекції на стійкість пшениці до комплексу стресових чинників спостерігаються лише поодинокі успіхи, оскільки толерантність контролюється багатьма генами, а їх одночасний добір є складним завданням. Завдяки загальним неспецифічним механізмам стійкості резистентність до одного несприятливого чинника іноді приводить до підвищення стійкості й до іншого [10], унаслідок чого відібрані клітинні лінії та рослини-регенеранти можуть виявляти стійкість до двох і більшого числа типів стресу, інколи навіть не подібних за фізико-хімічною природою та мішенями дії. Ми розробили оригінальну схему ступінчастої клітинної селекції для одержання калюсних ліній м'якої пшениці, стійких до модельованого водного дефіциту, та індукції з них рослин-регенерантів [11]. На її основі вперше отримано рослини-регенеранти м'якої пшениці, стійкі до комплексу стресових чинників, зокрема метаболітів збудника офіобольозу та водного дефіциту (рис. 2).

Відомо, що частота регенерації зі стійких до різних стресових чинників калюсних ліній завжди низька, що й спостерігалось в наших дослідженнях. Для підвищення регенераційної здатності та збільшення кількості рослин-регенерантів ми розробили і запатентували середовище MC-3/CR [12], що дало змогу підвищити частоту регенерації у 2–3 рази.

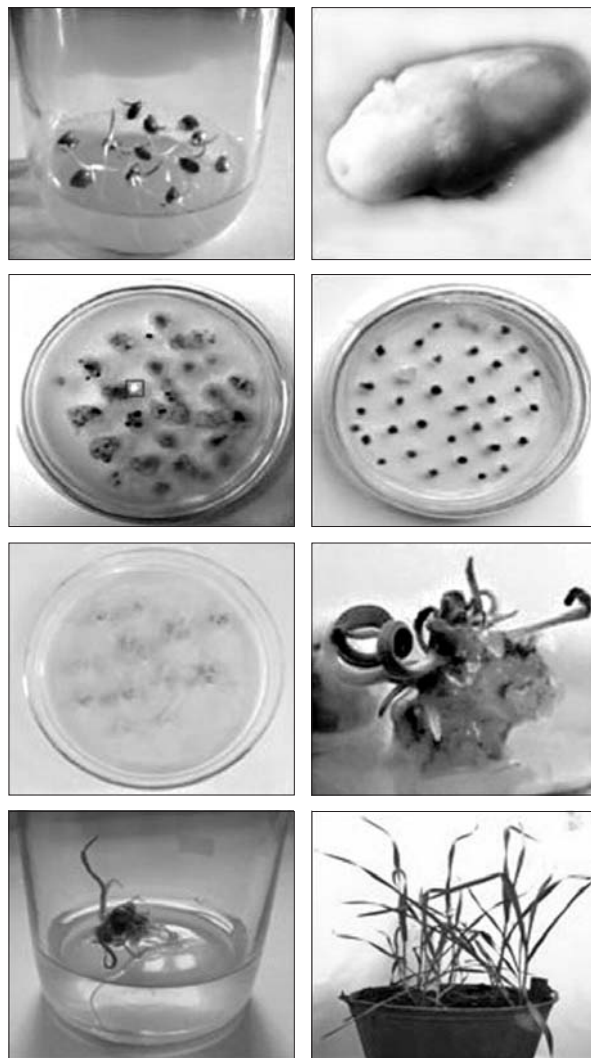


Рис. 2. Отримання рослин пшениці, стійких до комплексу стресових чинників, методом селекції *in vitro*

Невід'ємною частиною впровадження сучасних біотехнологій у селекційний процес є дослідження індукованої стресовими чинниками мінливості та пошук надійних молекулярних маркерів, які дозволяють прискорити і спростити процес добору резистентних генотипів.

За результатами цитогенетичних досліджень калюсних культур (рис. 3), стійких до метаболітів збудника офіобольозу за дії модельованого водного дефіциту, ми встановили, що резистентність до одного стресового чин-

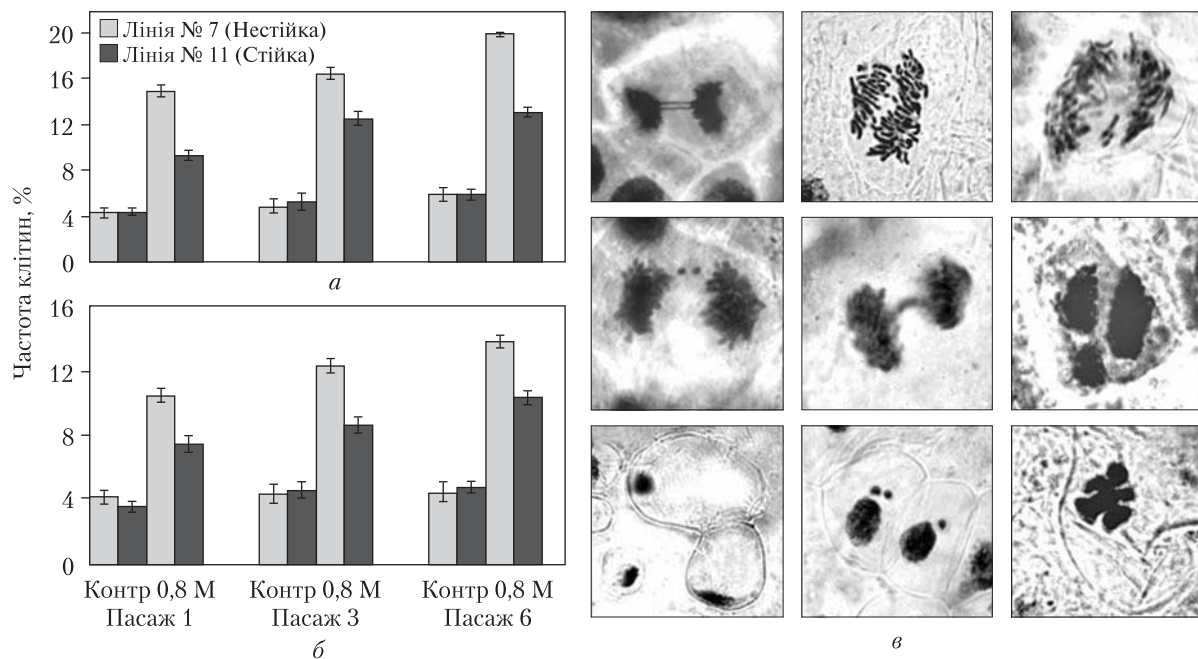


Рис. 3. Цитогенетичний аналіз калюсних культур за добору *in vitro*: *а* – частота хромосомних аберацій; *б* – частота виникнення турбогенних ефектів; *в* – порушення в клітинах калюсу пшениці

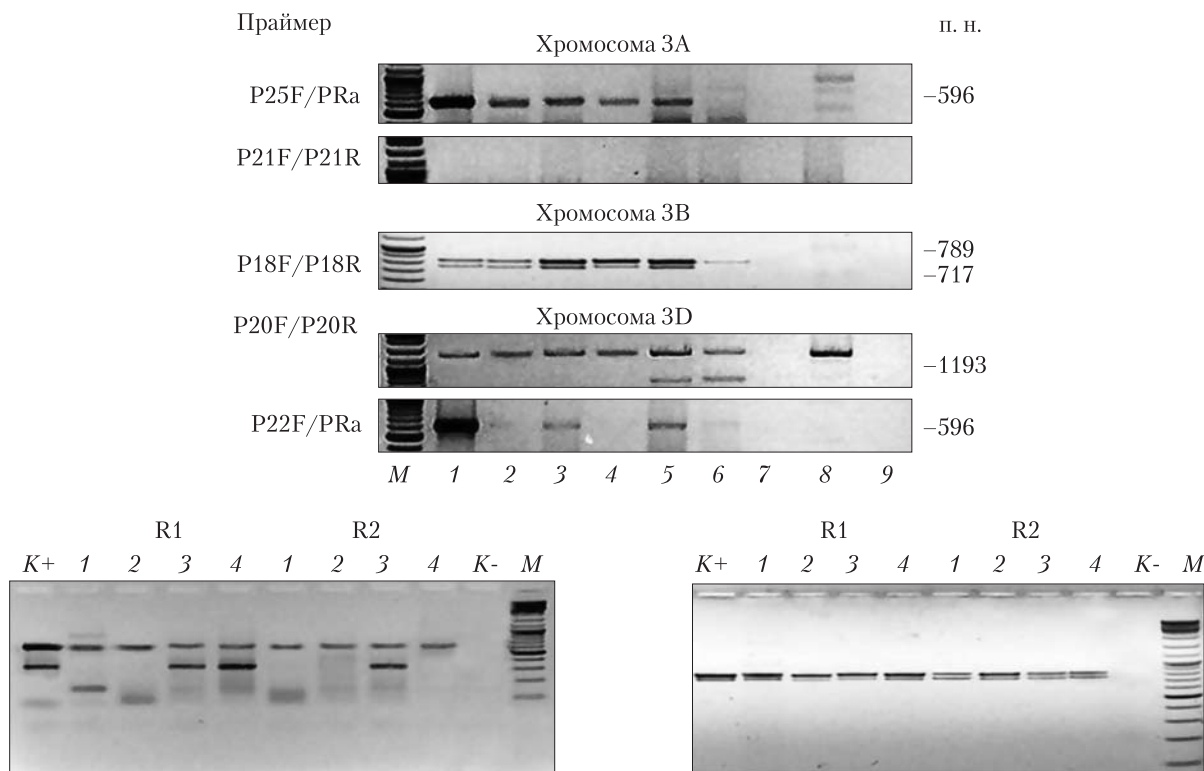


Рис. 4. Ідентифікації генів *Dreb1* у рослин пшениці: *а* – рослини-регенеранти; *б, в* – рослини R1 та R2

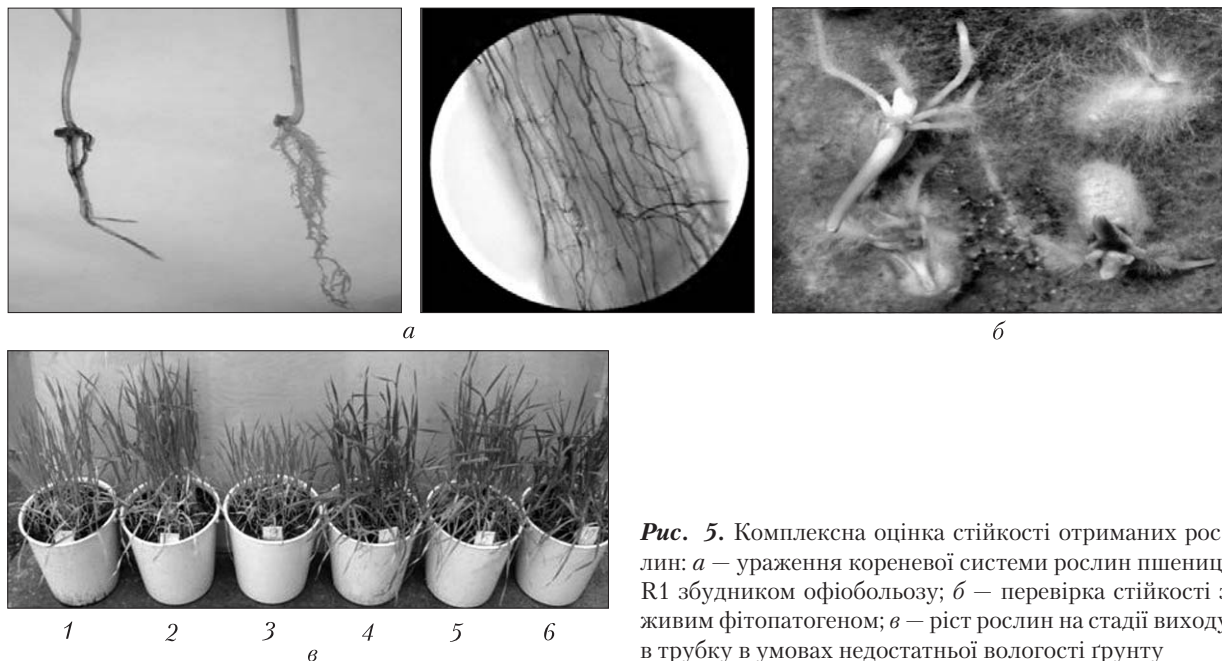


Рис. 5. Комплексна оцінка стійкості отриманих рослин: *a* – ураження кореневої системи рослин пшениці R1 збудником офіобользу; *б* – перевірка стійкості з живим фітопатогеном; *в* – ріст рослин на стадії виходу в трубку в умовах недостатньої вологості ґрунту

ника може зумовлювати підвищення стійкості до іншого фактора.

З метою виявлення специфічних змін у полінуклеотидних послідовностях ДНК та пошуку маркерів стійкості було проведено молекулярно-генетичний аналіз міжмікросателітних локусів у стійких і нестійких до офіобользу форм (ISSR-маркери). За результатами аналізу 227 локусів у спектрах продуктів ПЛР виявлено два унікальних локуси, характерних виключно для стійких форм. У подальшому саме ці локуси можна використовувати як маркери стійкості до офіобользу.

Відомо, що в процесах адаптації рослин до несприятливих факторів велике значення має активація генів, що кодують білки, які безпосередньо беруть участь у реакціях відповіді на стрес. Ключову роль в активації зазначених генів відіграють транскрипційні фактори. Саме тому ми провели ідентифікацію генів *Dreb1*, продукти яких винятково важливі для формування стійкості до посухи [13]. Фрагменти розміром 596 п.н. та 717 п.н. – продукти ампліфікації генів *Dreb A1* та *Dreb B1* відповідно – виявлено лише у стійких до водного дефіци-

ту регенерантів, у нестійких форм їх немає (рис. 4). Встановлено, що наявність цих генів є необхідною умовою формування стійкості до водного дефіциту. Аналіз насіння поколінь R1 та R2 підтверджує отримані дані.

Для підтвердження генетично зумовленої комплексної стійкості оцінювали регенеранти і рослини насінневих поколінь фітопатологічними, біохімічними, фізіологічними та генетичними методами (рис. 5). Усі проаналізовані рослини показали значно вищу толерантність до стресів порівняно з рослинами вихідного сорту, що свідчить про можливість утворення генного комплексу, відповідального за зменшення сприйнятливості до збудника офіобользу і підвищення стійкості до водного дефіциту.

Результатом проведених досліджень стала розроблена ефективна біотехнологія прискореного одержання нових форм пшениці з комплексною стійкістю до абіотичних і біотичних стресових чинників. Цю технологію можна застосовувати з метою створення нових та поліпшення вже наявних сортів м'якої пшениці, а також інших злакових культур.

Висновки

Розроблено комплекс біотехнологічних прийомів для отримання рослин м'якої пшениці в культурі апікальних меристем пагонів, що дає змогу підвищити коефіцієнт розмноження і скоротити час одержання цінних форм.

На клітинному рівні встановлено, що резистентність до одного стресового чинника може зумовлювати підвищення стійкості й до іншого, навіть якщо вони не подібні за фізико-хімічною природою і мішенями дії.

З використанням ISSR-аналізу виявлено специфічні амплікони, що можуть бути потенційними маркерами стійкості до офіобольозної кореневої гнилі.

У стійких до водного дефіциту рослин-регенерантів пшениці на хромосомах 3А та

3В виявлено специфічні алелі гена *Dreb1*, що дозволяє диференціювати стійкі до стресових чинників форми.

Уперше розроблено ефективну біотехнологію прискороного одержання нових форм пшениці з підвищеною стійкістю до офіобольозної кореневої гнилі і водного дефіциту.

Доповідач висловлює глибоку вдячність за допомогу в роботі й аналізі отриманих результатів директору Інституту фізіології рослин і генетики НАН України академіку НАН України Володимиру Васильовичу Моргуни, співробітникам відділу генетичної інженерії цієї установи та особисто д-ру біол. наук О.В. Дубровній, а також керівнику і співробітникам відділу молекулярної генетики Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України.

REFERENCES

1. Abdelsamad A., El-Sayed O.E., Hayam F.I. Development of drought tolerant double haploid wheat using biochemical genetic markers on in vitro culture. *Journal of Applied Sciences Research*. 2007. **3**: 1589–99.
2. El-Sayed O., Rizkalla A., Sabri S. In vitro mutagenesis for genetic improvement of salinity tolerance in wheat. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 2007. **4** (5): 377–83.
3. Slavov S. Phytotoxins and in vitro screening improved disease resistance plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2005. **19**: 48–55. <http://dx.doi.org/10.1080/13102818.2005.10817285>.
4. Lavrova N.V. *Ph.D. (Biotech.) thesis* (Moscow, 2006) (in Russian).
[Лаврова Н.В. Разработка и применение биотехнологий для получения устойчивых к фузариозу растений озимой пшеницы (гаплоидная) и огурца (меристемная, каллусная и микроспорогенная): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2006].
5. Aly M., Sabry S., Abd-elfatah O.M., Elgharbawy H. In vitro screening for the effect of sea water salinity stress on growth and biochemical characteristics of wheat *Triticum aestivum* L. *International Journal of Applied Agricultural Research*. 2007. **2** (1): 1–11.
6. Kalashnikova Ye.A. *Doklady TSKHA*. 2003. **275**: 110–12 (in Russian).
[Калашникова Е.А. Биологические основы клеточной селекции растений. *Доклады ТСХА*. 2003. 275. 110–112].
7. Hassan N.S., Shaaban L.D., Hashem E.A., Seleem E.E. In vitro selection for water stress tolerant callus line of *Helianthus annuus*. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2004. **1**: 13–18.
8. Baval A.V., Dubrovna O.V., Lyal'ko I.I. *Visnyk Ukrayinskoho tovarystva henetykiv i seleksioneriv*. 2007. **5** (1–2): 3–10 (in Ukrainian).
[Бавол А.В., Дубровна О.В., Лялько І.І. Регенерація рослин із експлантів верхівки пагона проростків пшениці. *Вісн. Укр. т-ва генетиків і селекціонерів*. 2007. 5 (1–2). 3–10].
9. Baval A.V., Dubrovna O.V., Lyal'ko I.I. *Fyzyolohyya i byokhymyya kul'turnykh rastenyy*. 2009. **41** (4): 314–320 (in Ukrainian).
[Бавол А.В., Дубровна О.В., Лялько І.І. Селекція in vitro м'якої пшениці на стійкість до *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. 41 (4). 314–320].
10. Rai M.K., Kalia R.K., Singh R., Gangolaa M.P., Dhawan A.K. Developing stress tolerant plants through in vitro selection – An overview of the recent progress. *Environmental and Experimental Botany*. 2010. **71** (1): 89–98.
11. Zinchenko M.O., Dubrovna O.V., Baval A.V. *Visnyk Ukrayinskoho tovarystva henetykiv i seleksioneriv*. 2012. **10** (1): 20–27 (in Ukrainian).

- [Зінченко М.О., Дубровна О.В., Бавол А.В. Селекція *in vitro* м'якої пшениці на комплексну стійкість до метаболітів збудника офіобольозу та водного дефіциту. *Вісн. Укр. т-ва генетиків і селекціонерів*. 2012. 10 (1). 20–27].
12. *Patent Ukraine № 81752*. Dubrovna O.V., Baval A.V., Zinchenko M.O. Method for raising regenerative ability of callus cultures of soft wheat resistant to metabolites of *Gaeumannomyces graminis var. tritici* and water deficit. 10.07.2013. [Дубровна О.В., Бавол А.В., Зінченко М.О. Патент України № 81752 (2013) А01Н4/00. Спосіб підвищення регенераційної здатності калусних культур м'якої пшениці, стійких до метаболітів *Gaeumannomyces graminis var. tritici* та водного дефіциту. 10.07.2013].
13. Wei B., Jing R., Wang Ch., Chen J., Mao X., Chang X., Jia J. Dreb1 genes in wheat (*Triticum aestivum* L.): development of functional markers and gene mapping based on SNPs. *Molecular Breeding*. 2009. **23**: 13–22.

A.B. Baval

Институт физиологии растений и генетики Национальной академии наук Украины
ул. Васильковская, 31/17, Киев, 03022, Украина

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ, УСТОЙЧИВЫХ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ

В процессе исследований экспериментально обоснована возможность получения методом клеточной селекции растений мягкой пшеницы, устойчивых к комплексу стрессовых факторов, в частности к метаболитам возбудителя офиоболезной корневой гнили и моделируемому водному дефициту. Выявленные особенности изменчивости генома пшеницы при действии стрессовых факторов позволяют с большей эффективностью использовать технологию клеточной селекции, соматоклональной изменчивости и другие биотехнологические подходы для решения генетико-селекционных задач данной культуры.

Ключевые слова: пшеница, клеточная селекция, офиоболезная корневая гниль, водный дефицит, комплексная устойчивость, изменчивость генома.

A.V. Baval

Institute of Plant Physiology and Genetics of National Academy of Sciences of Ukraine
31/17 Vasylykivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

DEVELOPMENT OF BIOTECHNOLOGY OF PLANTS PRODUCTION, RESISTANT TO STRESSORS

The work is devoted to development of the *in vitro* technique for obtaining wheat plants, resistant to complex of stressors, in particular metabolites of pathogen, which caused by the take-all disease and water deficit. Some aspects of wheat genome variability under stress conditions allow us to use more effectively the *in vitro* selection technology, somaclonal variability and other biotechnological techniques for solving the genetic and breeding problems of this important crop.

Keywords: wheat, *in vitro* selection, take-all disease, water deficit, complex resistance, genome variability.



БІЛОУС

Максим Володимирович — кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, maksbilous@ukr.net

УДК 004.9; 519.8; 556.3

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВОЇ ДИНАМІКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД У ПРИРОДНО СКЛАДНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

За матеріалами наукового повідомлення
на засіданні Президії НАН України
11 березня 2015 року

В Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України спільно з Інститутом геологічних наук НАН України проводять роботи зі створення інформаційної технології моделювання просторових процесів фільтрації води в неоднорідних геологічних середовищах. Її особливостями є використання математичних моделей з розривними розв'язками у тривимірній постановці та застосування паралельних обчислень, що дозволяє розв'язувати задачі з великою кількістю невідомих. Розроблено архітектуру і виконано програмну реалізацію базових програмних модулів. Створене програмне забезпечення використовується для розв'язання задач з уточнення оцінки запасів підземних вод різних регіонів України, а обчислення виконуються на багатопроцесорних обчислювальних комплексах сімейства СКІТ в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

Ключові слова: фільтрація, підземні води, метод скінченних елементів, розривні розв'язки, чисельне моделювання, паралельні алгоритми.

Вступ

Підземні води є природним ресурсом, значущість якого сьогодні важко переоцінити. За даними Європейської комісії, 20% поверхневих вод на території ЄС серйозно забруднені і близько 70% населення залежить від підземних вод як джерела питної води. У США, за даними Агентства із захисту навколишнього середовища, понад 140 млн чол. використовують підземні води як питні (95% сільського населення і 35% міського). У Канаді, за даними урядових сайтів, від використання підземних вод залежить 30% населення. В Україні показник залежності населення від використання підземних вод як питних також

оцінюють на рівні 30%. Крім того, підземні води є джерелом технічних промислових вод і використовуються для зрошення. При цьому потреби у водних ресурсах часто перевищують обсяги, які можна видобувати без негативних наслідків для водоносних горизонтів. Так, за даними Європейської комісії, 60% європейських міст надмірно експлуатують свої ресурси підземних вод.

Інтенсивне використання підземних вод часто призводить до виснаження водоносних горизонтів, що в свою чергу спричинює екологічні катастрофи. Слід зазначити, що зміни у структурі гірських порід, зумовлені виснаженням водоносних горизонтів, є незворотними. Як приклад таких негативних наслідків можна навести опускання земної поверхні, викликане ущільненням порід через їх зневоднення. Так, за даними Американської геологічної служби, внаслідок інтенсивного відкачування підземних вод для потреб зрошення за період з 1925 по 1977 р. неподалік долини Сан-Хоакін у Каліфорнії сталося опускання земної поверхні на 9 м. Іншим наслідком надмірного відкачування підземних вод і спричиненого ним зниження рівня ґрунтових вод (підземних вод верхнього водоносного горизонту) є зневоднення верхнього шару ґрунтів, істотне зменшення рослинності та зникнення води в колодязях. Не менш актуальною проблемою є забруднення підземних вод промисловими стоками, витоками відходів з підземних сховищ тощо.

Наведені приклади демонструють важливі особливості режиму фільтрації підземних вод та його зміння внаслідок їх інтенсивного використання. По-перше, це великі території, на яких проявляється негативний ефект тривалого навантаження. Родовища підземних вод мають площу в десятки тисяч квадратних кілометрів і є складними системами, навантаження на окремі ділянки яких впливає на стан системи в цілому. По-друге, проміжок часу, впродовж якого триває постійне навантаження на водоносні горизонти, часто становить десятки років, і коли негативні зміни вже стали спостережуваними, виправити їх дуже складно або взагалі неможливо.

На етапі проектування промислових об'єктів чи міст, а також у процесі розроблення рішень з усунення наслідків згаданих негативних явищ зазвичай виконують інженерно-геологічні дослідження, що охоплюють як експериментальне обстеження геолого-гідрогеологічних умов території, так і математичне моделювання змін у геологічному середовищі, які може спричинити проєктований об'єкт. Зокрема, здійснюють математичне моделювання впливу проєктованого об'єкта на режим фільтрації підземних вод. Спеціалізоване програмне забезпечення, яке використовують у таких розрахунках, є програмною реалізацією обчислювальних схем дискретизації математичних моделей (систем диференціальних рівнянь у частинних похідних) за допомогою методу скінченних різниць (наприклад, MODFLOW) або методу скінченних елементів (наприклад, FEMWATER, FEFLOW). Перевага методу скінченних різниць полягає в легкості генерування розрахункової сітки, проте її розмірність істотно зростає в разі необхідності врахування неоднорідностей геологічного середовища, поверхневих водотоків, складних границь. Метод скінченних елементів дає змогу більш точно враховувати конфігурацію досліджуваного регіону та особливості перебігу досліджуваних процесів, однак алгоритми генерування розрахункових сіток є набагато складнішими.

Співробітники Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України спільно з колегами з Інституту геологічних наук НАН України виконали низку робіт зі створення інформаційної технології моделювання режиму фільтрації підземних вод у природно складних геологічних середовищах. Однією з її складових є скінченно-елементний розв'язувач Надра-3D. Серед особливостей задач, на розв'язання яких спрямоване це програмне забезпечення, слід відзначити такі.

1. Великі розміри модельованої території. Як уже зазначалося, розміри території родовищ підземних вод становлять десятки тисяч квадратних кілометрів. При цьому за наявності багатьох місць водозабору сумарний ефект навантаження проявлятиметься для всього ре-

гіону в цілому, а результати моделювання, виконаного для моделі, що описує все родовище, відрізняться від результатів моделювання для набору дрібніших моделей, які описують його окремі частини.

2. Тривимірність геометрії досліджуваного регіону. Важливим аспектом моделювання природних процесів є врахування їх просторовості та просторовості досліджуваних середовищ (особливо при моделюванні неоднорідних об'єктів значних розмірів). Одним із підходів є припущення щодо певної однорідності перебігу процесу в певному напрямку, що дає можливість замінити задачі в тривимірній постановці двовимірними задачами. У такий спосіб можна знизити вимоги до потужності обчислювальної техніки та можливостей програмного забезпечення і в разі правильного вибору моделі отримати розрахунки, адекватні досліджуваному процесу. Разом з тим, сучасний розвиток обчислювальної техніки (як персональних комп'ютерів, так і суперкомп'ютерів та багатопроцесорних обчислювальних комплексів промислового призначення) і ґрид-технологій дозволяє виконувати повномасштабне моделювання тривимірних задач великих розмірностей (десятки і сотні мільйонів невідомих).

3. Багатокомпонентність геологічного середовища. Як правило, геологічне середовище родовищ підземних вод є поверховою системою водоносних горизонтів, тобто водонапірні шари порід перемежуються зі слабопроникливими водотривами. Коефіцієнти фільтрації порід водотривів на кілька порядків менші, ніж коефіцієнти фільтрації порід водоносних шарів. При цьому кожен із пластів (і водоносних горизонтів, і водотривів) має багатокомпонентну структуру — складається з різних типів порід з різними коефіцієнтами фільтрації.

4. Наявність тріщин, тонких включень. Крім відмінностей у параметрах складових геологічного середовища, значний вплив на поведінку модельованого процесу можуть мати різноманітні тонкі включення, розміри яких значно менші за розміри компонент середовища. Як приклад можна навести тонкі прошарки глини, які внаслідок обводнення можуть відігравати

роль поверхні ковзання. Одна з найбільших аварій в історії гідротехнічного будівництва сталася на греблі на річці Вайонт (північ Італії, 1963 р.) через неврахування таких глиняних прошарків у складі обводнених порід, що спричинило зсув довжиною 2 км, який витіснив воду через гребінь дамби.

5. Необхідність урахування при моделюванні різноманітних чинників навантажень, таких як опади, водовідбори, розгалужена мережа поверхневих водойм. Детальне врахування цих факторів зумовлює адекватність моделі, а відповідно й адекватність отриманих результатів розрахунків.

Математичні моделі і метод скінченних елементів

Математичні моделі процесів фільтрації води в багатокомпонентних середовищах є початково-крайовими задачами для систем диференціальних рівнянь у частинних похідних. Вплив тонких включень та взаємодія двох складових середовища з різними коефіцієнтами фільтрації моделюються додаванням до базової системи диференціальних рівнянь умов спряження, визначених на поверхнях контакту. Такі задачі чисельно розв'язуються методом скінченних елементів (МСЕ).

Одним із напрямів розвитку МСЕ є розроблена академіками НАН України В.С. Дейнекою та І.В. Сергієнком методика використання класів розривних функцій для побудови математичних моделей складних процесів у багатокомпонентних суцільних середовищах та побудови обчислювальних схем підвищеного порядку точності їх чисельної дискретизації. В Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова виконано низку робіт з розвитку зазначеної методики та її застосування для побудови й обґрунтування математичних моделей (у площинних і просторових постановках) та обчислювальних схем для процесів різних типів. Зокрема, для стаціонарних і нестаціонарних процесів теплопереносу, фільтрації, зміни напружено-деформованого стану в областях з тонкими включеннями.

Послідовність моделювання певного процесу з використанням МСЕ має такий вигляд.

1. Побудова математичної моделі досліджуваного процесу у вигляді початково-крайової задачі для системи диференціальних рівнянь (з умовами спряження, з розривними розв'язками).

2. Побудова розрахункової схеми дискретизації математичної моделі за просторовими та часовими змінними, отримання оцінок збіжності.

3. Побудова розрахункової сітки.

4. Побудова для розрахункової сітки системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Взагалі побудована система може бути й нелінійною, і задачі, що зводяться саме до таких систем, становлять сьогодні практичний інтерес. У цьому випадку використовують чисельні методи розв'язання нелінійних систем рівнянь, одним з етапів яких є побудова та розв'язання СЛАР.

5. Знаходження розв'язків СЛАР.

6. Розрахунок на основі знайденого розв'язку та розрахункової сітки набору величин, що характеризують модельований процес.

7. Візуалізація розрахованих величин, підготовка звітів, аналіз отриманих результатів.

Етапи 1–2 належать до математичного етапу, що передуює розробленню програмного забезпечення. Користувач скінченно-елементного програмного забезпечення зазвичай обмежений вибором математичних моделей процесу, що його цікавить, з моделей та розрахункових схем, наданих розробниками.

Етап 3 є окремою великою задачею, що включає побудову геометрії модельованої області, прив'язку параметрів вибраної математичної моделі до елементів геометрії, розбиття побудованої моделі геометрії на сукупність скінченних елементів (триангуляцію). Роботи цього етапу виконуються інструментарієм препроцесора.

Етапи 4–6 виконуються скінченно-елементним розв'язувачем. При цьому більша частина часу моделювання витрачається на знаходження розв'язків СЛАР. Слід зазначити, що зазвичай моделювання передбачає багатократне розв'язання СЛАР, оскільки інтерес має динаміка досліджуваного процесу в часі, причому

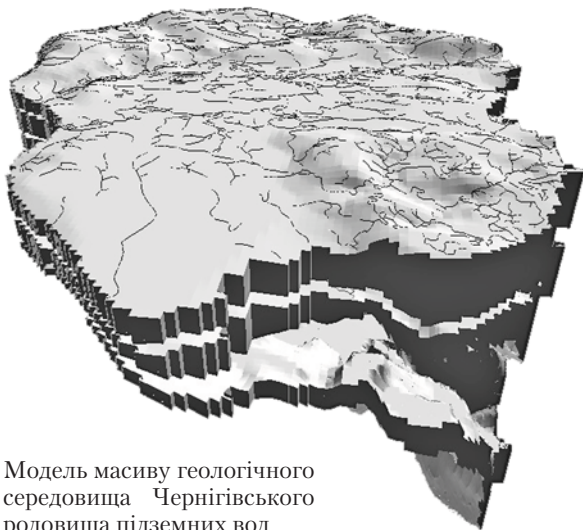
можуть знадобитися сотні й тисячі ітерацій. У разі нелінійних задач — це також багаторазова побудова та розв'язання СЛАР у межах однієї ітерації за часом.

Етап 7 виконується за допомогою інструментарію постпроцесора.

Як було зазначено, основною ідеєю МСЕ є зведення вихідної диференціальної задачі до побудови та розв'язання СЛАР, розв'язок якої визначає значення шуканої функції у вузлах розрахункової сітки. Значення розв'язку всередині елементів обчислюють на основі отриманих значень у вузлах сітки та вибраних базисних функцій. Це означає, що розмірність СЛАР пропорційна (не менша) кількості вузлів розрахункової сітки і для площ розмірами десятки тисяч квадратних кілометрів, як при моделюванні родовищ підземних вод, становить мільйони (або десятки мільйонів) невідомих. Для розв'язання таких задач за прийнятний час (тим більше, для багатократного розв'язання при моделюванні нестационарних процесів) можливостей персональних комп'ютерів і традиційних обчислювальних алгоритмів та програм недостатньо. Для цього використовують програмні реалізації паралельних алгоритмів, які функціонують на багатопроцесорних обчислювальних комплексах (у тому числі з гібридними обчислювальними вузлами на графічних прискорювачах). Прикладом є кластерні комплекси сімейства СКІТ Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова.

Скінченно-елементний розв'язувач Надра-3D

Програмні системи скінченно-елементного моделювання зазвичай складаються з двох компонент, які часто розвиваються окремо одна від одної, — пре/постпроцесора та скінченно-елементного розв'язувача (або декількох розв'язувачів). Завдання пре/постпроцесора — надання зручного інструментарію підготовки вхідних даних та побудови розрахункової сітки, а також інструментарію аналізу результатів. Завдання розв'язувача — побудова СЛАР та знаходження розв'язку у вузлах розрахункової



Модель масиву геологічного середовища Чернігівського родовища підземних вод

сітки. Саме розв'язувач і закладені в нього математичні моделі й алгоритми визначають застосовність системи для моделювання певного типу процесів, точність отриманого розв'язку та час його знаходження.

Створений в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова скінченно-елементний розв'язувач Надра-3D було спроектовано як програмний комплекс моделювання взаємопов'язаних просторових процесів у багатокомпонентних середовищах. У ньому передбачено можливості моделювання процесів теплопереносу, фільтрації та напружено-деформованого стану. Основною ідеєю при його проектуванні було максимальне відокремлення одна від одної підсистем формування та заповнення СЛАР МСЕ, підсистеми зберігання даних СЛАР в оперативній пам'яті та підсистеми розв'язання СЛАР. Такий підхід забезпечив гнучкість розширення програми і доповнення новими можливостями кожної із зазначених підсистем. Архітектуру програмного комплексу орієнтовано на розв'язання задач у дво- і тривимірних постановках з використанням лінійних або квадратичних базисних функцій МСЕ. При цьому передбачено його виконання на багатопроцесорних обчислювальних комплексах (розв'язувач реалізовано з використанням технології MPI).

На сьогодні основним напрямом розвитку програмного комплексу обрано моделюван-

ня процесів фільтрації підземних вод. Серед практичних завдань, для вирішення яких використовують результати такого моделювання, можна назвати задачі, що виникають під час інженерно-геологічних досліджень при проектуванні водозаборів і будівництва (моделювання взаємодії проєктованих споруд з геологічним середовищем, попереднє визначення зони зміни гідрогеологічних умов, розрахунок та оцінка стійкості зсувонебезпечних схилів, прогнозування зміни інженерно-геологічних умов після будівництва), та задачі моделювання регіональних режимів фільтрації підземних вод, результати яких використовують, зокрема, для оцінки запасів підземних вод.

Моделювання регіонального режиму фільтрації Чернігівського родовища підземних вод

Спільно з фахівцями Інституту геологічних наук НАН України виконується робота зі створення моделей фільтрації підземних вод різних регіонів України з метою уточнення оцінки їх запасів. Одним із завдань цієї роботи є моделювання режиму фільтрації Чернігівського родовища підземних вод.

У межах запропонованої фахівцями-геологами моделі масив геологічного середовища Чернігівського родовища підземних вод вважають таким, що складається з 5 шарів. При схематизації басейну в розрізі розглядають три водоносні горизонти (комплекси) зони інтенсивного та значного водообміну і два регіональні слабкопроникні шари між ними. Границі моделі задані з урахуванням отриманих на регіональній моделі Дніпровського артезіанського басейну положень рівнів підземних вод у природних, порушених техногенезом та прогнозних умовах.

Розміри моделі в площині ХУ становлять 184×222 км. При побудові тривимірної моделі геометрії геологічного середовища враховано просторову конфігурацію покривель/підшов шарів порід і просторовий розподіл різних типів порід у межах одного шару. При моделюванні режиму фільтрації враховано інфільтра-

цію на покрівлі, водозабори, вплив річкової системи. Особливістю побудованої моделі є набагато детальніше, ніж дозволяли скінченно-різницеві схеми, врахування геометрії розгалуженої річкової мережі регіону. Моделювання виконували для розрахункових сіток різної детальності (від 400 тис. до 1,5 млн невідомих) з використанням кластерних обчислювальних комплексів СКІТ Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова. Зараз триває аналіз отриманих результатів і калібрування моделі за даними натурних спостережень.

М.В. Белоус

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины
просп. Академика Глушкова, 40, Киев, 03680, Украина

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В ЕСТЕСТВЕННО СЛОЖНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины совместно с Институтом геологических наук НАН Украины ведут работы по созданию информационной технологии моделирования пространственных процессов фильтрации воды в неоднородных геологических средах. Ее особенностями являются использование математических моделей с разрывными решениями в трехмерной постановке и ориентированность на использование параллельных вычислений, что позволяет решать задачи с большим количеством неизвестных. Разработана архитектура и выполнена программная реализация базовых программных модулей. Созданное программное обеспечение используется при решении задач по уточнению оценки запасов подземных вод разных регионов Украины, а вычисления выполняются на многопроцессорных вычислительных комплексах семейства СКІТ в Институте кибернетики им. В.М. Глушкова.

Ключевые слова: фильтрация, подземные воды, метод конечных элементов, разрывные решения, численное моделирование, параллельные алгоритмы.

M.V. Bilous

Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine
40 Glushkov Ave., 03680, Kyiv, Ukraine

INFORMATION TECHNOLOGY FOR SIMULATION OF SPATIAL DYNAMICS OF GROUNDWATER IN NATURALLY COMPLEX GEOLOGICAL ENVIRONMENTS

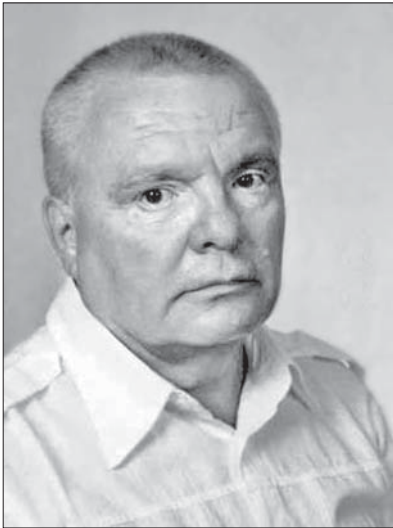
Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine in collaboration with Institute of Geological Sciences of NAS of Ukraine are developing an information technology for simulation of spatial processes of water filtration in heterogeneous geological environments. The peculiarities of this technology are mathematical models with discontinuous solutions in three-dimensional formulation and orientation on the use of parallel computing, which allows to solve problems with a large quantity of unknowns. The architecture was developed and basic software modules have been implemented. Developed software is used for solving of the problems of refinement of estimation of groundwater resources for various regions of Ukraine. The multiprocessor computer systems of SCIT family of Glushkov Institute of Cybernetics are used as computing resources.

Keywords: filtration, groundwater, finite element method, discontinuous solutions, numerical modeling, parallel algorithms.

Висновки

Розроблено інформаційну технологію скінченно-елементного моделювання просторових процесів фільтрації води, особливостями якої є математичні моделі з розривними розв'язками у тривимірній постановці та використання паралельних обчислень у програмній реалізації розроблених обчислювальних схем. Створене програмне забезпечення нині проходить апробацію з використанням у задачах оцінювання запасів підземних вод різних регіонів України.

НАУКОМЕТРІЯ І ВИДАВНИЧА СПРАВА



ГОРОВИЙ
Валерій Микитович —
доктор історичних наук,
професор, заступник
генерального директора
Національної бібліотеки
України ім. В.І. Вернадського

КРИТЕРІЇ ЯКОСТІ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЦІОНАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ

У статті розглянуто проблеми пошуку сучасних критеріїв визначення ефективності вітчизняних наукових досліджень з урахуванням інтересів національного розвитку в умовах зростаючих викликів глобалізації.

Ключові слова: критерії ефективності наукових досліджень, наукометрія, індекси цитування, індекс Хірша.

Посилення загального інтересу до проблеми визначення критеріїв ефективності наукових досліджень зумовлене розвитком інформаційного суспільства, зростанням суспільної затребуваності саме в якісному інформаційному виробництві, вищою формою якого є продукування наукової інформації. Розвиток наукових підходів до вирішення проблеми критеріїв якості наукової діяльності в наш час, як і в цілому в загальноінформаційному процесі, відбувається поряд із розглядом технократичних (кількісних) параметрів розроблення методик дослідження, а також змістових характеристик наукових здобутків, що, власне, і стосуються якості науки. Такий підхід у процесі інтеграції наукової діяльності у виробничу набуває особливої актуальності.

Проблема визначення сучасних критеріїв наукової діяльності знаходить своє відображення в розробках цілого ряду зарубіжних наукових центрів, зокрема спеціальних комітетів Ради Міжнародного математичного союзу, Міжнародної ради з промислової та прикладної математики (ICIAM), Інституту математичної статистики (ISM) у США, Королівської академії мистецтв і наук Нідерландів, Канадської федерації гуманітарних і соціальних наук та ін. Значний внесок у вирішення цієї проблеми зробили російські дослідники, серед яких П.Ю. Чеботарьов, О.І. Орлов, О.І. Новіков, а також низка вітчизняних наукових установ: Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України, відділ бібліометрії та наукометрії Національної бібліотеки України ім. В.І. Вер-

надського (НБУВ) під керівництвом лауреата Державної премії України Л.Й. Костенка та ін. Однак проблема визначення критеріїв ефективності сучасної наукової діяльності, особливо в контексті відображення інтересів національного розвитку, потребує подальшого аналізу.

Рівень інноваційного розвитку сучасної України, на жаль, наближається до тієї позначки, за якою про вітчизняну науку вже стає прийнятним говорити лише як про традиційний, хоча й малопридатний, атрибут суспільної структури сучасної України. У колах посадовців, орієнтованих виключно на зарубіжні інноваційні процеси, вже культивуються думки про непотрібність такого тягаря, як фінансування вітчизняної науки, для бюджету сучасної України. Усе частіше побутують байдужі до національних інтересів і разом з тим простодушно-наївні уявлення про те, що все, що нам потрібно, ми зможемо купувати на Заході. Поширення таких настроїв в управлінській сфері є шкідливим для українського суспільства не лише демонстрацією свого невігластва, а й тим, що воно провокує зміцнення нігілістичного ставлення до вітчизняної науки серед широких верст населення і привчає суспільство до думки про поступову ліквідацію цього виду діяльності. Україна ризикує поступово дійти до відмови від виробництва основного в наш час продукту — інформації (причому найвищої її форми — наукової) і через це втратити перспективу національного розвитку.

Водночас розвиток наукової інформації у структурі інформаційних ресурсів прямо пов'язаний з перетворюючою діяльністю суспільства і є важливим показником життєздатності нації й держави в інформаційному суспільстві. Внесок кожної нації, держави в загальноцивілізаційні інформаційні надбання визначатиме, і нині вже дедалі більше визначає, місце кожної з них у світовій суспільній ієрархії. З огляду на чіткий прояв такої тенденції, ставлення до вітчизняної науки визначає, на яке місце в новій світовій ієрархії інформаційного суспільства в недалекому май-

бутньому претендуватиме наша країна, наша нація. Ми можемо зекономити на вітчизняній науці, на розвитку вітчизняних технологій і повністю перетворитися на споживачів наданих нам передовими країнами інформаційних продуктів. Звичайно ж, на їхніх умовах і з урахуванням їхніх інтересів. У зв'язку з цим ми маємо бути готовими не лише до засилля уніфікації, згортання процесу самобутнього національно-культурного розвитку, а й до багатьох економічних, політичних та інших рішень держав — лідерів сучасного прогресу, що перекладають проблеми власного розвитку на плечі держав — суб'єктів глобального впливу. І навпаки, при забезпеченні розвитку вітчизняної наукової діяльності, інноваційного суспільства створюються можливості для достойної участі України в міжнародному розподілі праці, національний розвиток набуває нової перспективи, нових якісних здобутків.

При цьому теза про те, що розвиток інформаційного суспільства відбувається в напрямках найефективнішого використання інформаційних ресурсів, є особливо актуальною саме для наукової інформації, найбільш дієвої в процесі сучасного суспільного розвитку.

Розроблення новітніх методик вимірювання критеріїв ефективності науки є дуже важливою справою, оскільки забезпечує можливість вирішення досить складної для нашого суспільства проблеми дієвого адміністративного управління науковою діяльністю, що має ув'язувати інтереси суспільства з його науковою складовою. В оптимальному варіанті це управління має забезпечувати ефективний науковий супровід як національного, так і загальносуспільного розвитку, створюючи якомога менші перешкоди творчому пошуку і сприяючи продуктивному використанню його результатів. Про те, що ця проблема далеко ще не вирішена, свідчить досить популярна точка зору з коренями в традиційних підходах до наукової діяльності, пов'язана з висновком про непередбачуваність і слабку формалізованість заняття наукою як різновидом творчості. Як зауважується в передмові до збірника праць «Наукометрія і експертиза в управлінні на-

укою», ці обставини стають причиною того, що ставлення до наукової діяльності можна порівняти «з полем, у якому в землі дримає насіння, ... яке «поливати» потрібно рівномірно, оскільки апріорі не зрозуміло, де насіння є, а де немає, де воно корисне, а де бур'ян. Поки ж формальні оцінки взагалі і наукометричні зокрема допомагають боротися лише з явними «кущуватими» бур'янами, що вже виростили, або ж локалізувати явно пусті ділянки» [1].

Таке образне порівняння заслуговує на особливу увагу з огляду на те, що на нинішньому етапі взаємовідносин воно досить вичерпно характеризує стосунки адміністративних органів із науковою спільнотою в чималому числі країн, що не належать до лідерів інформаційного суспільства. Це порівняння можна застосувати і до українських реалій. Урожай (результати наукової діяльності) очікують, часто не засіваючи (не ставлячи конкретних суспільно значущих завдань), однаково поливаючи (фінансуючи) і корисну діяльність, і її імітацію, не вдаючись у зміст процесів, що відбуваються в науковому середовищі (де є насіння, а де немає). При цьому використовують лише поверхові здобутки технологій інформаційного суспільства (формальні оцінки взагалі і наукометричні зокрема) для боротьби з бур'янами, що вже виростили, або ж намагаються локалізувати явно пусті ділянки, підмінюючи таким формальним ставленням необхідне глибинне проникнення в проблеми реорганізації взаємовідносин науки і управління. Проте найгіршим є втрата деякими представниками управлінських структур взагалі будь-якого інтересу до результатів вітчизняної наукової діяльності (до врожаю на власному полі), перехід на використання «заморських продуктів», далеко не завжди корисних і якісних, але таких, що знімають усі турботи, затрати праці і потребу приймати рішення, завдавати собі клопоту необхідністю реформування власних суспільних відносин у сфері виробництва наукової інформації. При цьому поле національної наукової діяльності перетворюється на сяк-так оброблюваний лужок, по типу славнозвісного англійського, що може мати лише декоративне значення.

Отже, частково байдужість до долі вітчизняної науки, частково відсутність бажання, а то й змоги державних чиновників вирішувати стратегічні питання, занурюватися у складні проблеми взаємовідносин з наукою, проблеми, зумовлені характерною для нашого суспільства постійною політичною нестабільністю і, відповідно, ротацією керівних кадрів, підтримкою такої незацікавленості зарубіжними конкурентами у сфері інноваційних технологій, — усе це негативно позначається на долі української науки. Очевидно, що й популярність теми введення наукометричних показників для визначення ефективності наукових досліджень, схвалювана донедавна в управлінських структурах слідом за деякими експертами, також значною мірою спричинена, як це не парадоксально, не намаганням інтенсифікувати науковий процес, а, скоріше, бажанням перекласти клопіт з вивчення наявних проблем на аналіз формальних показників, заснованих на бібліометричній інформації і пов'язаних із розвитком електронних баз даних та можливостями автоматичного розрахунку відповідних індексів.

Популяризація індексу Хірша [2] у визначенні ефективності наукової діяльності стала, крім усього іншого, даниною особливостям початкового періоду розвитку інформаційного суспільства, для якого характерне різке збільшення обсягів інформаційного виробництва, в якому за технократичними параметрами інформаційних обмінів губиться змістовна якість. У науку, таким чином, фактично повернулося з минулого право визначення якості, істинності наукових здобутків більшістю формально належних до наукового співтовариства його членів (через цитування). Життєздатність цього методу визнання в науці зумовлюється прихильністю до нього середняків із числа наукового співтовариства, які оволоділи комп'ютерними технологіями і за їх допомогою тиражують у багатоваріантних оновленнях напрацьовану ідею, обмінюються посиланнями із собі подібними. При цьому якщо багатоваріантність оновлення є певною мірою корисною, оскільки підвищує ефективність використан-

ня нової наукової інформації, хоча і з певним повторенням, то «мафія» організованого цитування є фактом деструктивним, як і будь-яке інше «організоване» визнання.

Орієнтація при прийнятті управлінських рішень, пов'язаних з організацією наукової діяльності, виключно на індекси цитування є методологічно необґрунтованою і, як свідчать дослідники, може призводити до неефективних управлінських рішень [3].

Останнім часом панацеєю при визначенні дійсного наукового внеску дослідника в сучасну науку стає факт його публікації в рейтингових зарубіжних журналах, виступів на міжнародних конференціях з подальшою підготовкою монографічних досліджень та підручників. На такий напрям оцінювання наукової діяльності пропонується орієнтуватися і управлінським структурам. Якщо провести певну аналогію з розвитком загальноінформаційного процесу, такий підхід можна порівняти зі створенням пошукових систем, що є більш кваліфікованим рішенням щодо пошуку необхідної наукової інформації і визначення її значущості, на відміну від прикладного аматорства. У науці він дає можливість визначити рівень статей, орієнтуючись на рівень видань, у яких вони опубліковані, чи рівень наукової інформації в тезах, виходячи з рівня конференції.

Орієнтиром наукової значущості публікації також може бути розміщення її в наукометричних базах даних, що акумулюють статті журнального рівня подання матеріалу, наприклад Web of Science, Scopus, Google Scholar і т.д. Однак, орієнтуючись на цей критерій наукової ефективності, також стикаємося з певними проблемами. Так, Google Академія відображує всі публікації, розміщені в Інтернеті, не розрізняючи їх за якістю наукової інформації; Web of Science спеціалізується на наукових статтях, причому переважно англомовних, не охоплюючи своєю наукометриєю доповіді на конференціях і монографії; Scopus включає ці види наукової інформації, але явна перевага віддається англомовним текстам.

Слід зазначити, що мовна тенденційність у підходах до міжнародної наукометрії є не єди-

ною проблемою в оцінюванні наукової об'єктивності цих орієнтирів. Продукована в наш час наукова інформація підпорядковується загальним характеристикам розвитку глобального інформаційного простору. І в цьому просторі віддзеркалюються наукові та всі інші інтереси провідних країн-глобалізаторів. Поза всяким сумнівом, ці інтереси знаходять своє відображення і в спеціалізованих тематичних міжнародних виданнях, і в політиці формування наукометричних баз даних, і в інших міжнародних структурах, організованих для оцінювання ефективності наукової інформації. Цю обставину також слід врахувати при застосуванні міжнародних інструментів для управління вітчизняною наукою. До того ж, прагнення здобути серйозний науковий авторитет за допомогою цих інструментів обертається значною втратою часу, а це, у свою чергу, негативно позначається на процесі впровадження наукових результатів у практику.

Отже, підсумовуючи дискусію стосовно проблем управління наукою в сучасних умовах, дослідники справедливо приходять до висновку, що «лише професійна експертиза може дати всебічну об'єктивну оцінку наукових результатів і заслуг; наукометричні показники слугують інструментом підтримки прийняття рішень експертами» [4].

Широка міжнародна дискусія стосовно методик оцінювання ефективності сучасної наукової діяльності свідчить як про актуальність цього питання сьогодні, так і про необхідність відмовитися від пошуку універсальної методики такого оцінювання. Наявний досвід у цій справі вказує на корисність тих чи інших методик в одних випадках і невинуватість їх використання в інших. Так, скажімо, все більш критикований серед спеціалістів індекс Хірша, слабо відгукується на критерії корисності науковців з точки зору використання їх потенціалу для вирішення локальних науково-технічних проблем, що стоять перед конкретною країною, разом з тим може якісно проілюструвати спритність, енергійність дослідника в пропаганді тих чи інших ідей.

В основу визначення ефективності наукової діяльності має ставитися конкретно встановлена суспільно значуща мета, і відповідно розроблятися критерії оцінювання. Важливим питанням при цьому є забезпечення професійної, кваліфікованої експертизи. Очевидно, з огляду на зростаюче значення виробництва наукової інформації для суспільного розвитку, такого роду діяльність має здійснюватися колегіально, відображуючи у складі відповідних оцінних структур інтереси і замовника, і кваліфікованих наукових експертів, і представників сфери управління науковою діяльністю. Прикладом такої організації експертної діяльності може бути Німецька наукова рада, що консультує федеральний уряд з питань наукових досліджень та вищої освіти. Ця рада, одна з найвідоміших міжнародних структур, рекомендує орієнтацію на власні академічні системи оцінювання та ранжування результатів НДР на основі альтернативних веб-методик обчислення й індивідуальних систем індексування наукових публікацій у відкритих системах глобальної мережі Google з доопрацюванням методики колективами визнаних учених відповідно до специфіки галузі.

У Королівській академії мистецтв та наук Нідерландів також функціонує спеціальний комітет для визначення якісних критеріїв у соціальних (медичних та екологічних) гуманітарних дослідженнях для розуміння перспективного планування цих досліджень [5].

За даними члена-кореспондента НАН України Л.А. Дубровіної [6], на сьогодні міжнародною науковою спільнотою вже напрацьовано значний досвід розроблення методик оцінювання ефективності наукової діяльності, який можна використати з відповідною адаптацією в інтересах розвитку вітчизняної науки. Так, заслуговує на увагу тенденція до відходу від поняття ефективності в гуманітарних дослідженнях у її економічному значенні, рекомендовано заміну цього поняття орієнтацією на «результат» і «вплив», «практичний вихід», без обмежень кількості обчислених при цьому обсягів наукових праць. Важливим є також те, що науково-популярні роботи оцінюються і

враховуються як впровадження в духовну сферу, в суспільний обіг нових знань (див. аналітичний огляд праць та концептуальні погляди зарубіжних учених у [7]). Така позиція для нашої дійсності є особливо суттєвою, зважаючи на серйозні недоліки в цьому напрямі діяльності в інформаційному просторі України.

Л.А. Дубровіна звертає увагу також на те, що Американське товариство клітинної біології (American Society for Cell Biology) пропонує здійснювати комплексне оцінювання якості наукових статей передусім на основі аналізу тексту обґрунтування та інших документів, вивчення наукового змісту, викладеного заявником на папері, і лише як допоміжний матеріал використовувати метрику журналу, в якому вони публікувалися. Для оцінювання значення розробок слід розглянути як усі результати досліджень (у тому числі бази даних та програмне забезпечення), що мають додаватися до аналізу публікації, так і широкий спектр заходів впливу, включаючи його якісні показники, зокрема вплив на політику і суспільну практику [8].

У згаданому вище спеціальному комітеті Королівської академії мистецтв та наук Нідерландів піддано критиці той факт, що при використанні діючих методик ігнорується значна кількість наукової та науково-популярної продукції, що залишається за межами аналізу в індексах цитування, публікації наукових результатів в Інтернеті. Варто у зв'язку з цим зазначити, що питання про наукове значення інтернет-ресурсів є дуже своєчасним, може, навіть дещо запізним на нинішньому етапі розвитку інформаційного суспільства і потребує лише розвитку відповідних достовірних методик. Нинішній рівень розвитку електронних інформаційних технологій уже сьогодні може забезпечувати таку достовірність.

Вивчаючи удосконалення системи оцінювання ефективності наукових досліджень у США, Л.А. Дубровіна справедливо звернула увагу на досвід, що може бути особливо актуальним для розвитку інноваційної діяльності в Україні. Йдеться про застосування метричної системи Star metrics, що розробляється з кінця

2012 р. для вимірювання ефективності інноваційних досліджень, конкурентоспроможності науки США.

Дослідження, розпочате групою вчених з Мічиганського, Чиказького університетів та Університету Огайо, дало можливість проаналізувати ефективність проектів федеральних наукових агентств і дослідницьких інститутів з метою оцінити результати інвестування в громадські сектори економіки. Головні завдання проекту полягали у встановленні єдиних правил обчислення впливу федеральних наукових досліджень на зростання наукового знання, соціальні результати, якість робочої сили та економічне зростання; оцінюванні результатів наукових досліджень у сфері інновацій, конкурентоспроможності науки; відстеженні впливу федеральних науково-дослідних грантів і контрактів на результативність проведених досліджень [9–11].

Наведені приклади свідчать про фактичне посилення тенденції визначення цільових критеріїв, пов'язаних із задоволенням конкретних інтересів інноваційного розвитку, при визначенні ефективності наукової діяльності, про відмову від практики перекладання відповідальності за цей процес на редакції міжнародних рейтингових видань. Вони демонструють також зростаюче значення, яке надається сьогодні в наукових, управлінських колах різних країн світу уточненню критеріїв оцінювання наукової діяльності в умовах інформатизації і глобальних конкурентних викликів у всіх сферах суспільної діяльності. Якість наукового виробництва стала критерієм успішності в сучасному світі. І досвід удосконалення відповідних параметрів наукової діяльності, вироблення дієвих критеріїв ефективності в науці сьогодні заслуговує на особливу увагу. Узагальнення цього досвіду і вироблення сучасних, ефективних критеріїв оцінки дослідницької роботи в Україні має також стати тим важелем, за допомогою якого можна здійснити необхідну активацію в науковій сфері.

З погляду національних інтересів у сфері виробництва наукової інформації критерії

ефективності нової наукової інформації мають вдосконалюватися з урахуванням:

- ступеня відповідності наукових здобутків тактичним і стратегічним запитам національного розвитку, пов'язаного із зовнішніми і внутрішньосупільними викликами, необхідністю внутрішньої трансформації та адекватної дії для успішного реагування на них;
- оперативності одержання потрібних для національного розвитку наукових результатів, їх актуальності;
- доступного для національної економіки рівня затратності наукових досліджень і співвідношення цієї затратності з економічною ефективністю здобутих результатів.

До цих критеріїв приєднується також раніше мало враховувана трансформаційна особливість еволюції власне наукового процесу, пов'язана з:

- співвідношенням нового і традиційного в науковому процесі;
- використанням перевічених практикою наукових здобутків як критеріїв достовірності нових наукових результатів;
- забезпеченням підтвердження наукового прогресу в погодженні нових напрямів наукового пошуку з виробленою всіма попередніми поколіннями логікою пізнавальної діяльності нашого суспільства.

Визначивши оптимально можливі в умовах вітчизняних реалій критерії сучасного розвитку української науки, спираючись на здобутки вітчизняного наукового потенціалу, ми ще маємо можливість на рівноправних засадах взяти участь у міжнародному розподілі праці у сфері наукового суспільнозначущого інфотворення. За умов збільшення уваги до потреб вітчизняної науки, формування кваліфікованого суспільного запиту на вітчизняні наукові дослідження, унормування дуже важливого питання ефективного впровадження наукового доробку в практику суспільного життя українська наука може бути не лише рентабельною для державного бюджету, а й стати вагомим джерелом його наповнення, важливою підмогою національного розвитку на етапі глобальних перетворень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Новиков Д.А., Губко М.В. Наукометрия и экспертиза в управлении наукой: предисловие. *Управление большими системами*. Вып. 44. М.: ИПУ РАН, 2013. С. 13.
2. Hirsch J.E. An index to quantify an individual's scientific research output. *PNAS*. 2005. **102**(46): 16569–72.
3. Орлов А.И. Методологические ошибки ведут к неправильным управленческим решениям. *Управление большими системами*. Вып. 27. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 59–65.
4. Новиков Д.А. Дискуссия о проблемах оценки научных журналов: вводное слово главного редактора. *Управление большими системами*. Вып. 27. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 12.
5. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences: Quality indicators for research in the humanities (Interim report by the Committee on Quality Indicators in the Humanities, May 2011). <http://www.researchtrends.com/issue-32-march-2013/evaluating-the-humanities-vitalizing-the-forgotten-sciences/>.
6. Дубровіна Л.А. Матеріали щодо тенденцій світової науки в галузі оцінювання ефективності діяльності наукових інститутів, підрозділів, окремих учених і дискусії в гуманітарній науці. Аналітична доповідь. К.: НАН України, 2014.
7. Kenyon T. Defining and measuring research impact in the humanities, social sciences and creative arts in the digital age. *Knowl. Org.* 2014. **41**(3): 249–57.
8. Декларация Американского товарищества клеточной биологии від 16 грудня 2012 р. <http://www.ascb.org/dora-old/files/SFDeclarationFINAL.pdf>.
9. Science and Technology in America's Reinvestment – Measuring the Effects of Research on Innovation, Competitiveness and Science. <https://www.starmetrics.nih.gov>.
10. Weinberg B.A., Owen-Smith J., Rosen R.F., Schwarz L., McFadden Allen B., Weiss R.E., Lane J. Science Funding and Short-Term Economic Activity. *Science*. 2014. **344**(6179): 41–43.
11. Sarli C.C., Carpenter C.R. Measuring academic productivity and changing definitions of scientific impact. *Missouri Medicine*. 2014. **111**(5): 399–403.

В.Н. Горовой

Национальная библиотека Украины им. В.И. Вернадского
просп. 40-летия Октября, 3, Киев, 03039, Украина

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ

В статье рассматриваются проблемы поиска современных критериев определения эффективности отечественных научных исследований с учетом национального развития в условиях растущих вызовов глобализации.

Ключевые слова: критерии эффективности научных исследований, наукометрия, индексы цитирования, индекс Хирша.

V.M. Goroviy

Vernadskyi National Library of Ukraine
3 Sorokarichcha Zhovtynya Prospect, Kyiv, 03039, Ukraine

QUALITY CRITERIA FOR RESEARCH IN THE CONTEXT OF NATIONAL INTEREST

The article deals with the problem of finding modern criteria for determining the efficiency of domestic scientific research that takes in the account interests of national development in the growing challenges of globalization.

Keywords: performance criteria, scientometrics, citation index, Hirsch index.

До 135-річчя від дня народження
академіка О.Я. Орлова



КОРСУНЬ

Алла Олексіївна —
кандидат фізико-математичних
наук, старший науковий
співробітник Головної
астрономічної обсерваторії
НАН України

ВІКОВИЙ РУХ ГЕОГРАФІЧНОГО ПОЛЮСА ЗЕМЛІ

Пріоритет відкриття за астрономічними спостереженнями

Статтю присвячено відновленню пріоритету відомого астронома і геофізика, видатного гравіметриста, одного з творців геодинаміки академіка АН УРСР Олександра Яковича Орлова (1880–1954), який за даними астрономічних спостережень уперше визначив параметри такого глобального явища, як віковий рух географічного полюса Землі.

В історії науки належне місце завжди відводиться іменам тих учених, які першими відкрили, визначили або звернули увагу на раніше невідомі явища і закономірності природи. Метою цієї публікації є відновлення пріоритету відомого астронома і геофізика академіка АН УРСР Олександра Яковича Орлова (1880–1954), який у 1954 р. першим у світі визначив за даними астрономічних спостережень параметри такого глобального явища, як віковий рух географічного полюса Землі. Внесок ученого в розвиток астрономічної науки доречно згадати ще й тому, що в 2015 р. минає 135 років від дня народження Олександра Яковича.

Про академіка О.Я. Орлова, засновника Полтавської гравіметричної та Головної астрономічної обсерваторій, і його наукові здобутки вже йшлося і в статтях на сторінках журналу «Вісник НАН України» [1–4], і в інших публікаціях у різних виданнях. Проте на його роботу з визначення параметрів вікового руху полюса Землі за даними астрономічних спостережень особливої уваги не звертали. Слід зазначити, що й сам Орлов з обережністю ставився до отриманих ним оцінок, мабуть, тому, що точність широтних спостережень на зеніт-телескопах, використаних для обчислень з 1900 по 1950 р., була невисокою. Він писав: *«Однако международные наблюдения в настоящее время не дают никакого контроля полученного здесь результата, и наблюдений только на трех широтных станциях слишком недостаточно, чтобы иметь полную уверенность в правильности найденного решения. Нужны еще долгие наблюдения на*



Олександр Якович Орлов
(1880–1954)

гораздо больше, чем теперь, числе станций, расположенных хотя бы попарно на одной и той же параллели».

Однак тепер ці перші оцінки вікового руху полюса Землі, одержані О.Я. Орловим, підтверджено на основі майже столітніх даних астрономічних спостережень, проведених на різних астрономічних інструментах у багатьох обсерваторіях світу за допомогою різних сучасних методів, у тому числі й космічних.

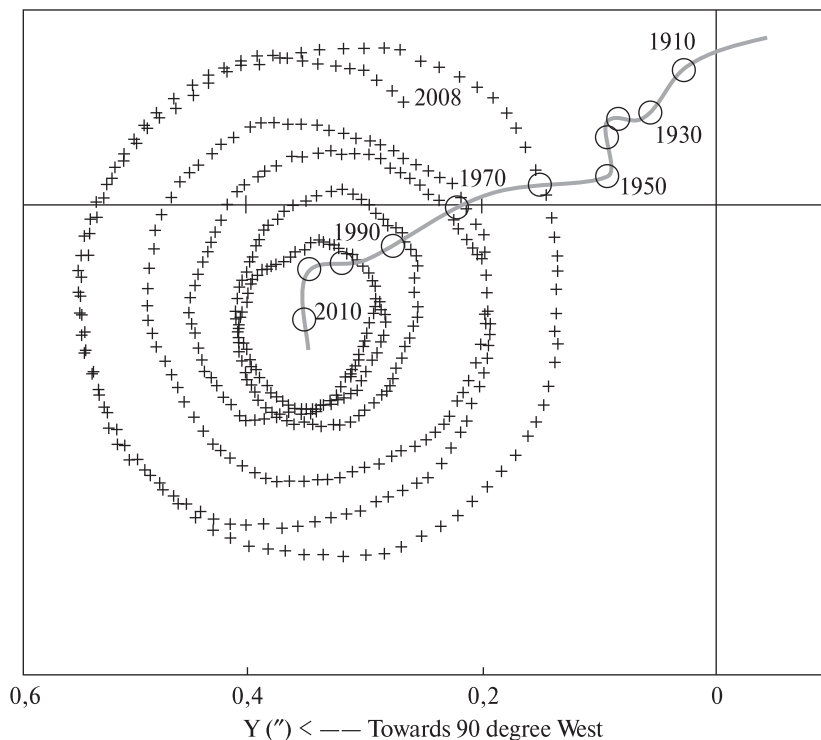
Питання про рух полюсів обертання Землі (географічних полюсів) по її поверхні здавна цікавило людство. Є думка, що в давні часи полюси знаходилися у сучасній екваторіальній зоні і, звісно, клімат на Землі був зовсім іншим. Донедавна вчені, що вивчають історію клімату, відтворювали схеми дрейфу полюсів по поверхні Землі на основі знахідок решток тропічної фауни і флори в сучасних холодних регіонах планети. Інших підтверджень дрейфу полюсів Землі до кінця XIX ст. не було.

Перші спроби виявити дрейф полюсів за астрономічними спостереженнями розпочалися в другій половині XIX ст. Для цього на різних обсерваторіях вивчали зміни широт і порівнювали нові спостереження з отриманими раніше, оскільки саме рух полюса Землі зумовлює змінення координат місць, на яких розта-

шовані обсерваторії, зокрема широт. Спостерігачі в багатьох обсерваторіях світу фіксували такі зміни. Проте академік О.Я. Орлов став першим, хто визначив швидкість руху полюса і його напрям. Результати своїх досліджень він узагальнив у статті «*О вековом движении полюса*» (Sur le mouvement des pôles), опублікованій у 1954 р. у науковому збірнику «*О задачах и программе наблюдений Международной службы широты*» (Sur le but et le programme d'observation du service international de latitude), що виходив двома мовами: російською і французькою. Подальші визначення вікового руху полюса, які проводили фахівці різних країн на основі нових, більш точних вимірювань і на більшому інтервалі часу, підтвердили перші оцінки Олександра Яковича Орлова.

Однак в Інтернеті на сайті Міжнародної служби обертання Землі та систем відліку (IERS – International Earth Rotation and Reference System Service) зазначено, що вперше про віковий тренд полюса за даними астрономічних спостережень зміни широти згадується в роботі Марковіца (W. Markowitz) 1960 р., а от про дослідження О.Я. Орлова, результати яких опубліковано в 1954 р., навіть не йдеться.

Як підкреслював сам О.Я. Орлов, аналізуючи спостереження зміни широти Пулковської обсерваторії, які здійснив М.О. Ньюрен у 1843–1872 рр., він звернув увагу на прогресивне зменшення широти. Подібні результати спостерігалися й на інших обсерваторіях, але вони не завжди підтверджували зроблені висновки щодо руху полюса. Тому стало очевидним, що без організації спеціальних астрономічних спостережень неможливо вивчити рух полюсів Землі, в тому числі й віковий. Так, у 1899 р. було створено Міжнародну службу широти (International Latitude Service), яка мала до 5 станцій (у різні роки їх кількість змінювалася) на так званій міжнародній паралелі 38°9'. Спостереження на цих станціях проводили за загальною програмою на однотипних зеніт-телескопах. Саме ці дані з 1900 по 1950 р. і використав О.Я. Орлов для визначення параметрів вікового руху полюса. Проте завдання виявилось не таким простим, як здавалося на



Рух полюса Землі: × — періодичний рух полюса у 2008–2011 рр.; суцільна крива — віковий рух полюса у 1910–2011 рр. (IERS Annual Report 2012)

Таблиця сучасних оцінок параметрів вікового руху полюса [5]

Дослідники	Інтервал спостережень	Швидкість руху (кутових мілісекунд/рік)	Напрямок руху (° до західної довготи)
Wilson and Vicente (1980)	1900–1977	3,4	66
Dickman (1981)	1900–1979	3,52	80,1
Gross (1982)	1899–1979	3,96	69,3
Chao (1983)	1900–1979	3,52	79,4
Okamoto and Kikuchi (1983)	1899–1979	3,46	80,6
Poma et al. (1991)	1900–1979	3,4	79
Vondrak et al. (1995)	1900–1990	3,31	78,1
MacCarthy and Luzum (1996)			
ILS + BIH + NEOS	1899–1994	3,33	75
NEOS	1976–1994	3,39	85,4
Gross (1998)			
ILS	1900–1979	3,8	75,5
Space96	1976–1997	4,123	73,9
HIPPARCOS	1899–1992	3,51	79,2
Vondrak (1999)	1899–1998	3,294	75,7
Schuh et al. (2001)	1899–1992	3,31	76,08

перший погляд. Ускладнювалося воно насамперед тим, що за цей період тричі змінювали програму широтних спостережень, а крім того, змінювалася також і кількість станцій спостережень. О.Я. Орлов вибрав станції, на яких спостереження проводили безперервно, дуже ретельно проаналізував програми спостережень, урахувавши всі зміни, і визначив єдину систему схилень зір широтних програм. У цій роботі він уперше ввів поняття середньої широти, тобто широти, звільненої від періодичних коливань (цей метод визначення середньої широти сьогодні називають методом Орлова). Для аналізу було обрано дані лише з трьох станцій: в Міздусаві (Японія), Карлофорте (Італія) та Юкайя (США) — всього 258 692 спостереження широти. Саме їх оброблення й дало змогу О.Я. Орлову визначити прогресивний (віковий) рух полюса Землі за період з 1900 по 1950 р. і отримати такі оцінки: швид-

кість полюса становила $0,004''$ на рік, напрям руху — 69° на захід від меридіана Гринвіча.

У таблиці, наведеній на сайті IERS [5], представлено оцінки вікового руху полюса за більш тривалий час. Їх визначили різні автори на основі сучасних методів оброблення астрономічних і космічних спостережень. Наведені дані підтверджують коректність перших результатів Олександра Яковича Орлова 1954 року.

Отже, знадобилося багато років, щоб підтвердити реальність вікового руху полюса на основі астрономічних спостережень і правдивість міркувань О.Я. Орлова відносно необхідності розширення мережі станцій і удосконалення методів астрономічних спостережень. Успішному вирішенню цього питання сприяв як подальший прогрес науки, так і зусилля багатьох поколінь дослідників різних країн, достойне місце серед яких належить О.Я. Орлову та його новаторським ідеям і працям.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Корсунь А.О. Вірність науці — вища за честь бути академіком. *Вісник НАН України*. 1999. № 6. С. 34—38.
2. Корсунь А.О. Наукова школа дослідників глобальної геодинаміки. *Вісник НАН України*. 2001. № 1. С. 56—63.
3. Корсунь А.О. Перший академік-астроном Української академії наук (до 130-річчя від дня народження О.Я. Орлова). *Вісник НАН України*. 2010. № 4. С. 53—56.
4. Корсунь А.О. Зустріч нового 1940 р. в обсерваторії на горі Піп Іван (про мужність академіка О.Я. Орлова). *Вісник НАН України*. 2012. № 12. С. 76—84.
5. IERS EOP PC. Secular variation of a polar motion. http://hpiers.obspm.fr/eop-pc/index.php?index=PM_secular_tab&lang=ru&change_lang=true.

ТАНЬШИНА

Алла Владимировна –

кандидат педагогических наук

ЭНДШПИЛЬ: НИЛЬС БОР & ЛЕВ ЛАНДАУ

К 130-летию со дня рождения лауреата Нобелевской премии Нильса Бора

Приятно вспомнить тот исключительный факт, что в мае 1934 г. Нильс Бор специально приезжал в Харьков. Партнерский визит в УФТИ лауреата Нобелевской премии, корифея теоретической ядерной физики, был а priori авторитетнейшей суперподдержкой и его гениальному ученику Льву Ландау, и вновь организуемому Украинскому физико-техническому институту.

Ландау считал Бора своим единственным учителем в теоретической физике... Искренняя и теплая дружба с Бором и со всей его семьей сохранилась у Ландау на всю жизнь. Он ездил в Копенгаген в 1933 и 1934 гг., он много времени проводил с Бором, когда тот посещал Советский Союз в 1934, 1937 и 1961 гг.

*Лауреат Нобелевской премии
П.Л. КАПИЦА*

Да, поистине судьбоносным для УФТИ стало приглашение¹ Льва Давидовича Ландау на должность руководителя отдела теоретической физики, поскольку именно он сумел заложить краеугольный камень в основание харьковской школы теоретической физики.

И хотя на момент переезда в Харьков Ландау едва исполнилось 24 года, он уже был именитым ученым, в активе которого были весьма серьезные работы. В этой связи показателен отзыв за подписью известного физика-теоретика В.А. Фока:

«Работы Л.Д. Ландау пользуются большой известностью как у нас в Союзе, так и за границей. Так, в посвященном квантовой механике XXIV томе (часть 1) известной германской энциклопедии физики «Handbuch der Physik» имя Ландау цитируется 11 раз.

¹ NB: «Его [Л.Д. Ландау] отношения с Иоффе обострились настолько, что Лев Давидович вынужден был уйти из института. Поскольку характеристики его оказались резко негативными, то к моменту, когда Обреимов пригласил Ландау в Харьков, он уже около года мыкался в Ленинграде без работы» [1, с. 238].



Нильс Хенрик Давид Бор
(1885–1962)



Семинар в Институте Нильса Бора; в первом ряду: О. Клайн, Н. Бор, В. Гейзенберг, В. Паули, Г. Гамов, Л. Ландау, Г. Крамерс. 1930 г.

Нужно заметить, что этот том издан в 1933 г., а большинство работ Ландау относится к периоду после 1933 г.» [2, с. 415].

Но самое главное — это то, что он был в курсе современных веяний теоретической физики, так как ранее прошел стажировку в ведущих научных центрах мира. По этому поводу стоит процитировать «Отчет о научной заграничной командировке в Данию, Швейцарию и Германию в 1929—1931 гг.», составленный Л.Д. Ландау по возвращении в Ленинград:

«С октября 1929 г. до апреля 1930 г. я находился в заграничной командировке² за счет НКП, а затем до марта 1931 г. по рокфеллеровской стипендии.

² Post factum (со слов Л.Д. Ландау): «В течение полутора лет был за границей. Я был в Германии, Швейцарии, Дании, Англии, осмотрел Бельгию и Голландию. В Дании был трижды. Это путешествие имело громадное значение для меня, я перевидал всех великих физиков. Не виделся только, и теперь уже не увижусь, с Э. Ферми. Со всеми, кого я видел, было приятно разговаривать. Ни в ком из них не было и намека на кичливость, важность и зазнайство. В. Паули и В. Гейзенберга хорошо знал. Встречался с П. Дираком... Своим учителем считаю датского физика Нильса Бора» [3, с. 313].

За это время я имел возможность работать в контакте с наиболее выдающимися современными теоретиками, из которых наибольшее влияние на мою работу оказали N. Bohr (Копенгаген), W. Pauli (Цюрих) и W. Heisenberg (Лейпциг)» [4, с. 233].

Не лишним будет взять на заметку и тот факт, что и Нильс Бор специально приезжал в Харьков. Не вдаваясь в подробности, лаконичное свидетельство тому — сохранившийся до наших дней его доброжелательный отзыв об УФТИ [5]:

«Я рад возможности выразить свои чувства величайшего восхищения и удовольствия, с которыми я осмотрел прекрасный новый Физико-технический институт в Харькове, где отличные условия для экспериментальной работы во всех областях современной физики используются с величайшим энтузиазмом и успехом под выдающимся руководством и в теснейшем сотрудничестве с блестящим физиком-теоретиком.

*22-5-1934.
Нильс Бор».*

И надо признать, что лауреат Нобелевской премии не погрешил против истины: именно

Лев Давидович Ландау сумел заложить краеугольный камень в основание харьковской школы теоретической физики.

Много лет спустя академик Александр Ильич Ахиезер, один из первых харьковских учеников Л.Д. Ландау, не без гордости резюмировал (и не без оснований):

«В мае 1934 года в Харькове состоялась Всесоюзная конференция по теоретической физике. На конференцию приехали крупнейшие физики-теоретики, в том числе и Нильс Бор. На ней присутствовали В.А. Фок, Я.И. Френкель, И.Е. Тамм и другие ученые.

Конференция была организована в Харькове, чтобы подчеркнуть значение недавно организованного Физико-технического института и признанную во всем мире роль Ландау в теоретической физике.

Л.Д. Ландау тогда много общался с Н. Бором, своим учителем, проявлявшим большой интерес к его работам в течение всей своей жизни.

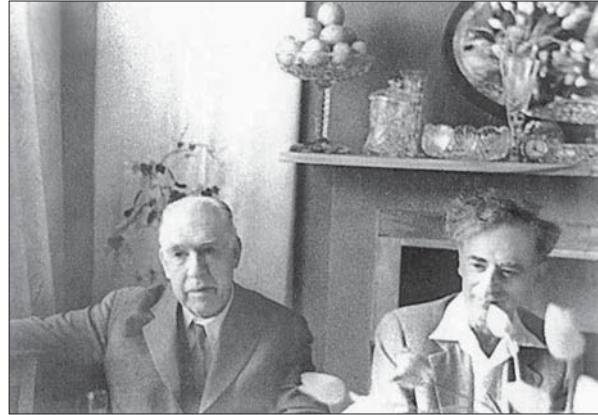
На конференции присутствовал молодой физик-теоретик из Венгрии Л. Тисса, которому так понравилась обстановка в УФТИ, что он решил остаться в Харькове. Он был принят в теоретический отдел Ландау, и нас стало уже восемь — Е.М. Лифшиц, А.С. Компанеев, А.И. Ахиезер, И.Я. Померанчук, Л.М. Пятигорский, М.А. Корец, Л. Тисса и аспирант Б. Подольского В.М. Коновалов...

В УФТИ сравнительно долго работал известный физик-теоретик Г. Плачек, приехавший из Копенгагена. Им вместе с Ландау была выполнена важная работа о рассеянии света молекулами жидкости или газа. Она была опубликована в журнале «*Physikalische Zeitschrift der Sowjet Union*»...

Что касается Плачека, то он впоследствии, работая в США, опубликовал очень важную работу о рассеянии нейтронов, в которой довольно лестно отозвался о наших с Померанчуком работах по рассеянию нейтронов в кристаллах.

Тисса также выехал из СССР в 1937 году и в дальнейшем работал в США» [6, с. 75–76].

Научному престижу способствовал и тот уникальный факт, что почетным членом тог-



Н. Бор и Л. Ландау. Москва. 1961 г.

дашнего ученого совета УФТИ был лауреат Нобелевской премии П.А.М. Дирак, а научными консультантами института согласились стать П.С. Эренфест, П.Л. Капица и Г.А. Гамов.

Представляется весьма принципиальной и следующая *pacifici* инициатива: именно на базе УФТИ впервые в СССР начал издаваться (в 1932–1937 гг.) физический журнал на иностранных языках «*Physikalische Zeitschrift der Sowjet Union*». К тому же зачастую упускается из виду и тот исторический факт, что именно по инициативе и также на базе УФТИ были проведены первые в СССР — в 1929, 1931, 1934 гг. — конференции по теоретической физике.

Более того — уже в начале 30-х годов прошлого столетия Украинский физико-технический институт стал широко известен мировой научной общественности. УФТИнцы смогли за невероятно короткий период выйти на передовые научные позиции в немалой степени благодаря тому, что была серьезная ориентация на фундаментальные исследования.

Первый директор УФТИ академик Иван Васильевич Обреимов не преувеличивал, когда много лет спустя — на торжественном заседании ученого совета, посвященном 40-летию создания института, — с особой гордостью подчеркнул:

«Если у меня есть серьезная заслуга перед страной, которая приносила и будет прино-

сать плоды, — то эта заслуга одна: это то, что я культивировал теоретическую физику в Харькове и тем самым в СССР, как только получил такую возможность, и это оставило след в стране...

Было сделано так, что в Харькове у нас все время гостили приезжие ученые, так что получился центр теоретической мысли...

Начиная с весны 1930 года, когда мы уже въехали в свое здание, к нам приезжали: 3 раза (3 года) П.А.М. Дирак из Кембриджа, год работал теоретик Подольский из Принстона (США). Дважды приезжал П.С. Эренфест³ из Лейдена (на зимние каникулы)... Дважды приезжал Плачек...

Два раза приезжал Вайскопф. Один раз приезжал Пайерлс.

Все это превращало Харьков в столицу теоретической физики...

³ По авторитетному замечанию академика П.Л. Капицы, «в Лейдене Эренфест и его дом сделались одним из центров мировой теоретической физики. Основным качеством Эренфеста был необычайно четкий критический ум... Его критика считалась очень глубокой, и физики-теоретики, сделавшие крупную работу, неизменно ездили к Эренфесту, чтобы изложить ее... Критика эта была настолько серьезна и плодотворна, что к нему ездили Эйнштейн и Бор» [7, с. 40].

Важно было то, что теоретики приезжали не как гости, на несколько дней, а длительно работали в течение нескольких недель...

В 1934 году на три недели приезжал Нильс Бор и каждый день до обеда работал с теоретиками.

Этого нигде в СССР не было» [8, с. 23–24].

И это — не бравада. Ибо даже по прошествии более полувека огромная значимость стратегической концепции директора-организатора УФТИ по «культивированию теоретической физики в Харькове и тем самым в СССР» была специально подчеркнута на страницах «Вестника Российской академии наук»:

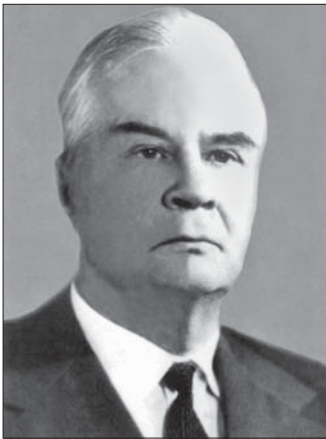
«Факт приглашения ведущих иностранных ученых в Харьков можно оценить, только если учесть, что из-за ограниченных, как всегда, валютных возможностей это приглашение конкурировало с альтернативой купить новый спектрограф или какой-нибудь другой прибор. По существу же проезд западных ученых оказал влияние на всю российскую науку того времени, поскольку в летний период в Харькове собирались и исследователи из других городов Советского Союза. Физики, несомненно, отмечают, что Иван Васильевич приглашал наиболее активно и плодотворно работавших специалистов того времени, иными словами, приглашал “кого надо”» [1, с. 239].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Быков В.П. В поиске научных истин и талантов: к 100-летию со дня рождения И.В. Обреимова. *Вестник РАН*. 1994. Т. 64, № 3. С. 236–243.
2. Френкель В.Я. (отв. ред.). *Физики о себе*. Л.: Наука, 1990.
3. Халатников И.М. (отв. ред.). *Воспоминания о Л.Д. Ландау*. М.: Наука, 1988.
4. Тучкевич В. (ред.). *Физика. Проблемы, история, люди*. Л.: Наука, 1986.
5. Усиков А.Я. *Мгновения жизни*. К.: Мыстэцтво, 1990.
6. Френкель В.Я. (сост.), Тучкевич В.М. (отв. ред.). *Чтения памяти А.Ф. Иоффе, 1990*. СПб.: Наука, 1993.
7. Капица П.Л. (ред.). *Резерфорд — ученый и учитель*. М.: Наука, 1973.
8. Обреимов И.В. *Развитие естествознания за пятьдесят лет* (доклад первого директора Харьковского физико-технического института Академии наук УССР на торжественном заседании Ученого совета, посвященном 40-летию создания института). Харьков, ФТИ АН УССР, 1977.

ШАТАЛОВ

Микола Микитович –
доктор геологічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту геологічних наук
НАН України



Володимир Гаврилович
Бондарчук (1905–1993)



Іван Ілліч Чебаненко
(1925–2012)

ТВОРЦІ ТЕКТООРОГЕНІЇ. УЧИТЕЛЬ І УЧЕНЬ

**До 110-річчя академіка В.Г. Бондарчука
і до 90-річчя академіка І.І. Чебаненка**

Статтю присвячено геніальному українському вченому-геологу, основоположнику нового наукового напрямку – тектоорогенії академіку Володимирі Гавриловичу Бондарчуку і його учневі, талановитому теоретику і практику, одному з найяскравіших представників знаменитої «бондарчуківської» тектонічної школи академіку Івану Іллічу Чебаненку.

Серед блискучої плеяди видатних геологів-тектоністів ім'я академіка Володимира Гавриловича Бондарчука посідає особливе місце. У масштабах і минулого, і нинішнього століття цей учений, без сумніву, є визначною особистістю. У багатьох галузях він залишив величезну наукову спадщину, яка увійшла до скарбниці світової геологічної науки. Бондарчук був географом і геоморфологом, палеонтологом і стратиграфом, геологом-картографом і рудним геологом, але передусім він – геолог-тектоніст, основоположник української тектонічної науки і патріарх великих геоморфологічної і геологічної шкіл.

Володимир Гаврилович народився 29 липня 1905 р. в селі Дениші Житомирської області в багатодітній сім'ї робітника залізоплавильного заводу. До школи пішов рано і після її закінчення вступив до Житомирського інституту народної освіти, який закінчив у 1924 р. Любов до геології прищепив йому відомий на той час професор С.В. Бельський. За матеріалами власних досліджень студент Бондарчук захистив дипломну роботу «Геологічний нарис с. Білки як матеріал для екскурсій», однак після закінчення інституту він два роки пропрацював шкільним учителем у тому самому селі Білка на Коростенщині.

У 1926 р. Бондарчук вступив до аспірантури Інституту геологічних наук АН УРСР і паралельно працював у Геологічному управлінні, де за його участю і під його керівництвом було складено 40 аркушів геологічної карти 1:200000 і оглядову геологічну карту УРСР масштабу 1:1000000. Після закінчення аспірантури в 1929 р. він захистив наукову роботу на тему «Каспійські



В.Г. Бондарчук — ректор Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка

відклади північно-східного узбережжя Азовського моря», одержавши звання наукового співробітника, і викладав спочатку в Гірничо-геологічному інституті, а потім очолював кафедру загальної геології, був заступником декана геолого-географічного факультету Київського державного університету. У березні 1938 р. його було заарештовано органами НКВС за звинуваченням у причетності до контрреволюційної діяльності, але через місяць справу закрили у зв'язку з відсутністю доказів. Того ж року Володимир Гаврилович успішно захистив кандидатську дисертацію «Четвертинні відклади УРСР». У лютому 1941 р. відбувся захист докторської дисертації В.Г. Бондарчука «Геологічний розвиток рельєфу УРСР». Пізніше на основі цієї роботи він опублікував підручники для студентів-геологів «Основи геоморфології» (1949) і «Геоморфологія УРСР» (1949). У цих роботах учений розвинув новий метод структурно-геоморфологічного аналізу, який представники класичної динамічної геоморфології спочатку не визнавали. Для осмислення його ідей і ґрунтового аналізу геологічного матеріалу та рельєфу потрібен був час. Першими оцінили значення методу Бондарчука китайські науковці — з усіх підручників з геоморфології вони віддали перевагу саме його «Основам геоморфології» і переклали цю книгу китайською. Новим поштовхом у розвитку методу стали широкомасштабні геолого-знімальні роботи в 50–60-х роках. Врешті-решт

ідей Бондарчука перемогли. Його структурно-геоморфологічний метод досі широко використовують при проведенні геологічних досліджень у різних частинах Європи та Азії.

На початку війни Бондарчука відрядили до Середньої Азії, де він керував відділом рудних корисних копалин у Геологічному інституті Узбецької філії АН СРСР у Ташкенті. Там він вивчав велике родовище золота Нура-Тай і родовища рідкісних металів, а також брав участь у геологічному обґрунтуванні Північно-Ташкентського каналу і Фархад ГЕС. У цей період він читав лекції з геології студентам Ташкентського політехнічного інституту.

У 1944 р. Бондарчука відкликають з Узбекистану і призначають проректором, а з вересня 1944 р. — ректором Київського університету. Першочерговим завданням на цьому етапі для нового керівника було відновлення зруйнованих університетських корпусів і лабораторій. Це завдання він виконав з честю — до 1950 р. в університеті діяло вже 12 факультетів.

У 1951 р. В.Г. Бондарчука було обрано дійсним членом АН УРСР і призначено заступником Голови Ради Міністрів УРСР з питань освіти, науки і культури. Проте навіть у цей період роботи на державній посаді він невтомно працював над теоретичними дослідженнями зі своєї улюбленої науки — геології.

У 1953 р. В.Г. Бондарчук став директором Інституту геологічних наук АН УРСР (ІГН) і впродовж 10 років очолював цей великий, титулований науковий колектив. Під його керівництвом за багатьма геологічними напрямками ІГН досяг небувалих висот. Проте науково-організаційні успіхи Володимира Гавриловича і його слава вченого не давали спокою деяким партійним бонзам. Як завжди, причина знайшлася. Бондарчуку висунули сміховинну претензію — дав 10 рублів «чайових» кравцеві за пошиття шикарного костюма, і він змушений був подати у відставку. Моральне приниження призвело до тривалих тяжких хвороб.

Отже, почавши з четвертинної геології, палеонтології, стратиграфії та геоморфології, академік В.Г. Бондарчук зрештою перейшов до глобальних тектонічних узагальнень. У мо-

нографії «Тектоорогенія» (1946) він одним із перших у світі обґрунтував новий теоретичний напрям у геологічній науці — вчення про тектоносферу Землі. Запроваджуючи новий термін *тектоорогенія*, що поєднує два слова — *тектоніка* (структура, будова) і *оро* (гора, форма рельєфу), Бондарчук, безсумнівно, хотів підкреслити єдність різних глибинних геологічних структур (шарів, тіл) та їх зовнішніх форм (гір, рівнин), показати, що між цими двома типами геологічних утворень є тісний генетичний зв'язок. Разом з тим, між ними відбувається постійна складна еволюційна боротьба, причому її кінцевий результат полягає в тому, що геологічне тіло (утворення, структура) є стабільним (стійким до змін у навколишньому середовищі), якщо його зовнішня форма строго відповідає його внутрішньому вмісту (будові).

Виходячи з гіпотези академіка О.Ю. Шмідта про первинний склад планети, яка утворилася з пилоподібної хмари, і положень Ф. Енгельса, викладених у його роботі «Діалектика природи», про боротьбу двох сил — тяжіння і відштовхування, Бондарчук показав, що основні геологічні рушійні сили матеріальної системи Землі поділяються на дві групи: внутрішні і зовнішні. Серед зовнішніх головними є гравітаційні, магнітні, електромагнітні, теплові та інші впливи на Землю Сонця, планет і Місяця, серед внутрішніх — усі земні фізико-хімічні та механічні процеси. Між зовнішніми і внутрішніми силами постійно відбувається боротьба і взаємодія. Ці сили й визначають лик Землі, її речовинний склад, структуру внутрішніх оболонок літосфери і зовнішній вигляд як планети в цілому, так і окремих її частин. Отже, за Бондарчуком, загальна модель геодинаміки Землі має вигляд взаємодії двох протилежних сил — сил обертального руху Землі навколо своєї осі, які прагнуть розтягнути (розсіяти) речовину планети, і сил гравітації, які утримують речовинні маси від розтягування і розсіювання. Боротьба між ними особливо посилюється під час збільшення гравітаційного впливу на Землю космічних тіл, а також «випадкових» прискорень чи уповільнень її обертального руху навколо своєї осі.

Про вплив обертального руху Землі на внутрішні фізико-хімічні процеси було відомо й раніше, проте його роль і місце в загальній схемі планетарної геодинаміки Землі до появи робіт Бондарчука залишалися не визначеними. Вчений підкреслював, що не можна недооцінювати або переоцінювати роль обертальних рухів Землі в геотектонічних процесах. У монографії «Основні питання тектоорогенії» (1961) він обґрунтовував також думку про те, що не можна створити адекватну геотектонічну гіпотезу або загальну геологічну теорію Землі на основі лише окремо взятих геологічних процесів, таких як магматична диференціація внутрішньої речовини Землі; пульсація (періодичне розширення або стиснення внутрішніх мас) Землі; контракційне стиснення; розтягнення оболонок Землі; рух підкорових течій глибинних мас; врахування лише сил обертального руху Землі навколо її осі тощо. На думку Бондарчука, всі ці сили (процеси) завжди діють разом, тому й геологічна теорія про геодинаміку Землі має бути узагальненою.

Важливою складовою своєї теорії тектоорогенії Володимир Гаврилович вважав розроблену ним схему метаморфогенного утворення материків Землі або континентальної земної кори. Раніше вважалося, що материки утворилися в результаті диференціації первинних магматичних мас гірських порід ультрабазитового складу — дунітів, перидотитів, олівінітів, габро та ін., які під дією різних процесів поступово поділялися на легші (граніти, гранодіорити) і гравітаційно важчі (еклогіти, дуніти, олівініти та ін.) фракції. Більш легкий, гранітний матеріал утворював на планеті згустки, острівці, які плавали на поверхні ще гарячої планети, формуючи її первинний рельєф. Вперше у світовій геологічній літературі В.Г. Бондарчук здійснив наукове обґрунтування і дав пояснення причин того, чому земна кора, що підстеляє дно сучасних океанів, складається здебільшого з гірських порід основного складу на зразок базальтів, а під континентами до її складу переважно входять гранітоїдні породи. Породи океанічної кори іноді називають **сіма**, оскільки в них переважають хімічні елементи *силіцію*

і *магнію*, а континентальної кори — *сіаль*, у них найбільше *силіцію* й *алюмінію*. Океанічна кора — це залишки первинної речовини Землі, які не пройшли стадію диференціації, а на площах сучасних материків є ділянки, які зазнали процесів гравітаційно-ліквідаційного і осадово-метаморфогенного поділу, і, відповідно, за уявленнями вченого-тектоніста, сіаль має вторинну природу.

Третій основоположний висновок теорії тектоорогенії Бондарчука зводиться до того, що починаючи з пізнього архею, тобто з часу остигання первинного магматичного океану до умов появи на поверхні початкової літосфери на ній істотно змінилися як форми тектонічних рухів, так і типи деформацій і зовнішні види геологічних структур. До середини ХХ ст. в геотектоніці переважали уявлення про те, що основною тектонічною формою будови земної кори є її складчасто-хвильові рухи і деформації у вигляді безперервних рядів, а розривним деформаціям земної кори відводили другорядну роль. Розломи уявляли виключно як дрібні тріщини. Про широкий розвиток у літосфері Землі величезних глибинних розломів-тріщин, та ще й планетарних розмірів, тоді взагалі не йшлося. Вважалося, що головними силами формування структури Землі є «хвильові» вертикальні рухи земної кори, які відбуваються в двох основних формах: *епейрогенічні* тектонічні рухи — дуже вільні і широкоплощинні опускання/підняття, що утворюють рівнини і суходоли, і *орогенічні* тектонічні рухи — дуже швидкі і вузькоформні опускання/підняття, які формують гірські масиви.

Проти такого «неповноцінного» розуміння механізму тектонічних рухів земної кори В.Г. Бондарчук виступив ще в 1944 р. в статті «Геоморфологія геосинкліналей». Фактично вперше в СРСР він ясно і чітко поставив питання про співвідношення складчасто-пластичних і розривних механічних деформацій земної кори на різних етапах формування літосфери Землі. Учений вважав, що глибинні розломи мають планетарний характер і їх можна поділити на розломи, що розділяють: щити і западини; платформи і рухомі зони; материкову і океаніч-

ну кору. В окрему групу він виділив планетарні розломи, приховані під водами океанів, і рифти, що супроводжують підводні серединні хребти. Динамічну систему розломів діагональної системи (північно-західного і північно-східного напрямку) він пояснював обертанням Землі навколо своєї осі, при якому виникають полярне стиснення та екваторіальне розтягування. У монографії «Геологічна структура України» (1946) В.Г. Бондарчук дохідливо показав на прикладі геологічної будови території України, що в її основі лежить розломно-блокова, а не складчасто-хвильова структура кристалічного шару літосфери. Особливо виразно це проявляється на Дніпровсько-Донецькій западині (ДДЗ), яку слід вважати ділянкою, обмеженою глибокими розколами і провалами земної кори. З глибинними розломами ДДЗ пов'язані різкі опускання її крайових частин, особливості структури як опущеного давнього кристалічного фундаменту, так і осадового чохла, а також прояви різноманітних за складом та віком магматичних порід.

Ідея розломно-блокової будови земної кори Бондарчука підтвердилася в наступні роки. Зокрема, було встановлено не лише розломно-блоково-складчасту структуру Українського щита і ДДЗ, а й планетарну сітку глибинних розломів літосфери. Важливо підкреслити, що основні положення своєї теорії про єдиний процес розвитку структури і рельєфу Землі Володимир Гаврилович обґрунтовував ретельно і впродовж тривалого часу. Разом з тим він не вважав свою теорію тектоорогенії завершеною геологічною теорією Землі, він розглядав її, скоріше, як філософське узагальнення, ґносеологічний рецепт для тих, хто працює над створенням справжньої геодинамічної концепції планети Земля. Його перша стаття «Теорія тектоорогенії» була опублікована в московському журналі «Природа» в 1944 р. Потім з'явилися монографії «Тектоорогенія» (1946), «Основи тектоорогенії» (1961), «Структура земної кори» (1962), «Рух і структура тектоносфери» (1970), «Нариси з регіональної тектоорогенії» (1972). Уявлення про розломно-блокову тектоніку України пізніше розвивали його учні

І.І. Чебаненко, В.Б. Соллогуб, І.О. Майданович, А.Я. Радзивілл та багато інших геологів.

У 1955 р. до аспірантури Інституту геологічних наук АН УРСР за спеціальністю «геотектоніка» вступив молодий талановитий інженер-геолог з Ворошиловградського гірничого округу Іван Чебаненко. Науковим керівником його роботи було призначено В.Г. Бондарчука. Так перетнулися і надалі переплелися життєві шляхи двох видатних українських геологів-тектоністів.

Іван Ілліч Чебаненко народився 31 березня 1925 р. під Миколаєвом. Під час війни брав участь у форсуванні річки Дністер, у Яссько-Кишинівській операції, у звільненні Румунії та Болгарії. Після демобілізації з лав Радянської армії в 1948 р. вступив на геологічний факультет Одеського державного університету, а після його закінчення був направлений за розподілом до Луганська.

Познайомившись ближче з В.Г. Бондарчуком, Іван Ілліч захопився його науковою теорією тектоорогенії. У 1958 р. Чебаненко успішно захистив кандидатську дисертацію на тему «Тектоніка Лисичанського підняття північно-західної околиці Донецького кряжу». Підготовані ним структурно-літологічні карти кам'яновугільних осадів Лисичанського та інших районів Донбасу показали, що купольні складки мають конседиментаційне походження, що спростувало тогочасні уявлення про постседиментаційний характер структур Донецького синклінорію. Після захисту Чебаненко на два роки поїхав у відрядження до Чехословаччини, де в ранзі головного інженера експедиції здійснював пошуки родовищ урану. З жовтня 1960 р. і до кінця життя Іван Ілліч працював в ІГН.

У 1974 р. Чебаненко успішно захистив докторську дисертацію на тему «Регіональні розломи України, закономірності їх розташування та значення для пошуків родовищ корисних копалин», у якій, власне, продовжив і розвинув ідеї та наукові розробки з розломно-блокової тектоніки України свого вчителя академіка В.Г. Бондарчука. Як геолог-тектоніст Іван Ілліч був уже добре відомий у СРСР і за



Директор Інституту геологічних наук АН УРСР В.Г. Бондарчук

кордоном, особливо після опублікування серії монографій, присвячених питанням розломно-блокової тектоніки і планетарних деформацій земної кори, — «Основні закономірності розломної тектоніки земної кори» (1963), «Розломи Землі» (1969), «Теоретичні аспекти тектонічної подільності земної кори» (1977).

Дослідження Чебаненка не лише блискуче підтвердили геніальні ідеї основоположника тектоорогенії, а й стали певною несподіванкою як для творця теорії, так і для натхненного продовжувача. По-перше, виявилось, що земна кора повсюдно буквально прорізана гігантськими розломами-тріщинами, розміри яких сягають багатьох сотень і навіть тисяч кілометрів. По-друге, планетарні розломи Землі мають переважно прямолінійну форму, складалося враження, що якась велетенська сила порізала земну кору під лінійку. По-третє, з'ясувалося, що планетарні розломи-тріщини розповсюджені в літосфері не хаотично, а строго закономірно, утворюючи кілька переважних напрямків. Головними серед них є чотири: два так звані діагональних (північно-західного і північно-східного простягання) і два ортогональних (субмеридіональні і субширотні). Крім цих основних напрямків виокремлюються ще чотири системи, які проявляються значно

менше. По-четверте, виявилось, що планетарні розломи літосфери нашої планети розташовані строго симетрично щодо ліній географічних широт і меридіанів, тобто щодо положення осі обертального руху Землі. Цей факт дозволив Чебаненку зробити висновок, зумовлений теорією тектоорогенії, що сили ротаційної динаміки Землі активно впливають на геометрію і розташування в земній корі механічних напруг і викликаних ними тектонічних деформацій.

Виділені вченим у масштабі Землі два головних напрямки планетарних глибинних розломів (азимуту 305–310° і 35–40°) було підтверджено лабораторними моделями, які показали, що під впливом ротаційних напружень виникають дві системи розломів, орієнтовані за азимутами 40–45° і 315–320°. Крім механічних дроблень і розтирань переважно в центральних частинах зон планетарних розломів при цьому відбуваються інтенсивні фізико-хімічні процеси, які в геології називають процесами гідротермальної та іншої флюїдної діяльності (потoki гарячих і холодних вод), підняття з глибин Землі різноманітних газів, гарячих флюїдів і магматичних мас, розігрітих до температур понад 1000 °С. На думку Чебаненка, зони планетарних розломів земної кори — це гігантські «димарі», через які наша планета Земля «дихає». Разом з газами, різними флюїдами і магмами з глибин нашої планети в зонах розломів виходять різноманітні хімічні елементи, які, охолоджуючись, конденсуються і з'єднуються між собою і з гірськими породами, які їх вміщують, утворюють рудні і нафтогазові родовища.

Іван Ілліч склав карти розміщення найбільших розривних деформацій — зон розломів на площах усіх континентів, а також океанів, що дозволило йому побудувати загальну карту розломних зон для всієї земної кулі. Ці карти наочно показали, що планетарні розломи земної кори мають вигляд загальнопланетарної сітки, яка закономірно покриває всю поверхню Землі. Порівняльний аналіз сітки розломів нашої планети зі структурними лініями на поверхнях найближчих до нас планет — Місяця і Марса вказує на їх значні збіги, особливо щодо

так званих каналів на поверхні Марса. Для такого порівняння було використано наукові роботи О.В. Хабакова і Г.М. Каттерфельда.

Можна з певністю сказати, що Чебаненко стояв біля витоків нового напрямку в геотектоніці, його роботи мали новаторський характер і викликали гарячі дискусії. Більшість геологів зустріли їх захоплено, проте низка поважних учених дали негативні відгуки. Представлені результати були настільки несподіваними, що багато фахівців просто не хотіли повірити в існування загальнопланетарної сітки розломів. Деякі провідні тектоністи СРСР порівнювали роботи Чебаненка з «Пригодами Аліси в країні чудес», і лише згодом успіхи «космічної» геології засвідчили правильність теоретичних побудов Івана Ілліча. Зокрема, дані, отримані з космічних апаратів США і СРСР, підтвердили блискучі наукові ідеї В.Г. Бондарчука і І.І. Чебаненка. Знімки показали, що на Землі є планетарні розломи і тріщини, які тягнуться на тисячі кілометрів і утворюють сітку планетарних розломів ортогонального і діагонального орієнтування. Це був справжній триумф наукової ідеї, що сприяв розвитку нового напрямку в тектонічній науці — вчення про планетарні розломи Землі та інших планет Сонячної системи.

Слід окремо зупинитися на дуже важливій роботі І.І. Чебаненка «Розломна тектоніка України» (1966), оскільки саме в ній було закладено основи нової методики пошуку родовищ нафти і газу з позицій розломно-блокової тектоніки і концепції неорганічного походження нафти. У монографії він навів докази зв'язку родовищ нафти з глибинними розломами. Теорію неорганічного (глибинного) походження нафти в ІГН розвивали В.Б. Порфир'єв, В.О. Краюшкін, В.П. Ключко, її також активно підтримував президент української Академії наук Б.Є. Патон. У монографії було вміщено карту розташування нафтогазових родовищ на території України, накладену на карту регіональних глибинних розломів. У 60–80-х роках в ІГН було підготовлено цілу серію наукових рекомендацій, на основі яких у 1980–1989 рр. на площах Північного борту ДДЗ було від-

крито промислові родовища нафти і газу. З погляду органічної теорії походження нафти ці райони вважалися абсолютно безперспективними. Отже, проблема взаємозв'язку розломів і нафтогазоносних родовищ перейшла зі стадії обговорення теорії до практичних прогнозів.

Плідними виявилися також дослідження І.І. Чебаненка з проблеми взаємозв'язку землетрусів з глибинними розломами. Він вважав, що зони планетарних розломів літосфери Землі не лише мають значну протяжність, а й на сотні кілометрів опускаються в надра планети. Вивчення механізму дії землетрусів і внутрішньої будови зон глибинних розломів показало, що по розломах відбувається розрядження механічних напружень у формі порівняно дрібних розривних порушень, а не вибухів, як вважалося раніше. Епіцентри глибинних землетрусів було нанесено на карти розломів, і виявилось, що в більшості випадків вони відповідають зонам планетарних або регіональних розломів. Отже, цей напрям робіт крім наукового має важливе практичне значення для розроблення нових методик прогнозування сейсмічної активності тих чи інших територій Землі.

У монографії «Проблема складчастих поясів земної кори у світлі блокової тектоніки» (1964) Іван Ілліч розглянув розміщення планетарних складчастих геологічних структур, склав карти геологічних структур для різних регіонів, показав особливості «жорстких» і «м'яких» ділянок Землі, їх постійну «боротьбу» між собою, що приводить до зростання платформних консолидованих ділянок земної кори. Автор вважав, що більшість рифтогенних і геосинклінальних прогинів мають первинне походження, і їх закладення відбувалося між «жорсткими» бло-

ками. Ці ділянки вигнутих складчастих поясів можна уявити як просте обгортання зовнішніх контурів «жорстких» мегаблоків Землі.

Крім того, перу І.І. Чебаненка належить велика кількість монографій, присвячених теоретичним проблемам розломно-блокової будови літосфери України та її розвитку в геосторичному аспекті. Серія важливих, на наш погляд, наукових статей Івана Ілліча, опублікована в «Геологічному журналі» за 1985 р., відкрила дискусію з питань теорії та методології геологічної науки. У цих статтях учений чітко окреслив, що вже достеменно відомо про будову, динаміку і розвиток Землі та її кори, а що ще є спірним і недостатньо вивченим, сформулював основні теоретичні розбіжності в сучасній геотектоніці.

Один із найяскравіших представників «бондарчуківської» тектонічної школи, Іван Ілліч Чебаненко перейняв від свого Учителя, Володимира Гавриловича Бондарчука, не лише методологію та наукові підходи, а й безмежну любов до геології, енциклопедичні знання та ерудицію, безкомпромісність у відстоюванні своїх ідей і вірність у служінні Її Величності Науці. У 1969 р. на сторінках «Геологічного журналу» він сміливо виступив на захист концепції М.С. Шатського про наявність консидентаційної складчастості в Донбасі, а в 2000 р. опублікував у ЗМІ відкритий лист Президенту України на захист геологічної служби країни. Усім своїм життям, творчістю, своєю подвижницькою працею В.Г. Бондарчук і І.І. Чебаненко увійшли в історію геологічної науки, зробили вагомий внесок у розвиток фундаментальних напрямів світової геологічної науки, в пізнання надр нашої країни і планети в цілому.

СЕРГІЄНКО

Іван Васильович —
академік НАН України,
директор Інституту кібернетики
ім. В.М. Глушкова НАН України



Академік НАН України
Олександр Адольфович
Летичевський

ВІДДАНІСТЬ НАУЦІ

До 80-річчя академіка НАН України

О.А. Летичевського

3 травня 2015 р. виповнилося 80 років академіку НАН України Олександру Адольфовичу Летичевському. Свій поважний ювілей він зустрічає, зберігши творчу активність і відданість науці, на посаді завідувача відділу теорії цифрових автоматів Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

Олександр Адольфович Летичевський народився в Києві 3 травня 1935 р. у сім'ї акторів. Батько, Адольф Ісакович, працював у Театрі російської драми, а мати, Наталія Олександрівна Гебдовська, — на Київській кіностудії. У перші дні війни батько пішов добровольцем на фронт, а мати з дитиною в складі кіностудії була евакуйована до Ашхабада. З війни батько не повернувся. Формально він пропав без вісті в 1943 р., але деякі факти, отримані багато років потому, свідчать, що він міг загинути ще в 1941 р. Родина повернулася в Київ у 1944 р., і починаючи з 3-го класу Олександр навчався в 92-й школі імені Івана Франка, яка в той час розміщувалася в будинку колишньої колеги Павла Галагана (зараз там Літературний музей на вул. Б. Хмельницького, 11). Після закінчення школи у 1952 р. він вступив на механіко-математичний факультет Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

На старших курсах Олександр захопився програмуванням, новою наукою, про яку так яскраво розповідав його старший товариш Володимир Королюк, який щойно повернувся з Москви, де навчався в аспірантурі у знаменитого Колмогорова. У ті часи в нашій країні ще не було ні інформатики в сучасному розумінні, ні кібернетики (якщо не зважати на вкрай негативне ставлення до неї деяких філософів). Проте була вже обчислювальна техніка. У 1951 р. в Києві під керівництвом академіка С.О. Лебедева було створено «МЭСМ» — перший у континентальній Європі комп'ютер з нейманівською архітектурою. Після того, як С.О. Лебедев переїхав до Москви, лабораторію обчислювальної техніки перевели в Інститут математики. Молоді учні академіка Бориса Володимировича Гнеденка — В.С. Коро-

люк, К.Л. Рвачова і В.С. Михалевич — брали участь у розробленні наступного київського проекту — обчислювальної машини «Київ». Тож студенти, які слухали університетський спецкурс з програмування, мали змогу долучитися до цієї роботи. На захист диплому Олександр написав свою першу програму для перевірки правильності програми (перевірялося, чи відповідає програма заданій блок-схемі, представленій у матричному вигляді). Ще було далеко до справжньої технології верифікації програмного забезпечення, але в тій програмі вже у зародку були реалізовані ідеї, які згодом увійшли до відповідних розділів теоретичного програмування.

Наступна робота О.А. Летичевського, виконана у співавторстві з В.С. Королюком, була пов'язана з формальними перетвореннями адресних програм. Ідея операторних схем алгоритмів ішла від О.А. Ляпунова і вперше реалізована в дисертації його учня Ю.І. Янова. Адресну мову програмування винайшли В.С. Королюк і К.Л. Ющенко (Рвачова) у 1956 р., коли ще не було ані Фортрану, ані Алголу, і ця мова могла б стати першою символічною мовою програмування. Автори адресної мови правильно визначили основні принципи побудови алгоритмічних мов програмування: використання формул та оператора присвоєння. Крім того, за центральну ідею було взято явне розрізнення адреси та її вмісту. У сучасній термінології це техніка роботи з вказівниками, яка була освоєна й теоретично обґрунтована значно пізніше і сьогодні широко застосовується на практиці, наприклад у мові С. Отже, В.С. Королюк запропонував Олександру дослідити проблему формальних перетворень для адресних програм. Було обрано дуже обмежений клас програм, що складається з пересилань адрес. Як згадує О.А. Летичевський, значний вплив на цю роботу мав Л.А. Калужнін, який увів його у світ математичної логіки і допоміг багато чого зрозуміти в алгебрі. Задача набула чіткої логічної форми, було побудовано повну і несуперечливу систему перетворень.

Згодом О.А. Летичевський знову повернувся до проблем формальних перетворень програм,

розробляючи разом з В.М. Глушковим теорію дискретних перетворювачів, у якій проблема еквівалентності схем програм над пам'яттю стала однією з найважливіших.

Після закінчення Університету в 1957 р. Летичевський працював на заводі «Київприлад», але наприкінці року В.М. Глушков, який тоді шукав фахівців для Обчислювального центру АН УРСР, за рекомендацією Королюка взяв Олександра до себе. Восени 1958 р. було започатковано славнозвісний семінар Глушкова з теорії автоматів, ядро якого склали О.А. Летичевський, Ю.В. Капітонова і В.Г. Боднарчук. Згодом до них приєдналися й інші учні Глушкова, зокрема майбутні академіки П.І. Андон та В.Н. Редько.

Після завершення розробки машини «Київ» О.А. Летичевський реалізував на ній свої перші програми, які виявилися піонерними. Програма «Еволютор» моделювала світ, населений автоматами, що живуть, пересуваються, харчуються, відчувши голод, розмножуються, старіють і помирають. При розмноженні відбуваються мутації (випадкові зміни в таблиці переходів автоматів), і найбільш пристосовані особини виживають, даючи початок новим поколінням. Щоправда, цей світ був дуже простий, одновимірний, але його еволюцію можна було спостерігати на екрані телевізора, пристосованого як дисплей машини «Київ». Згодом ця програма, написана на Алголі, увійшла до знаменитої книги В.М. Глушкова «*Введение в кибернетику*». Сьогодні «еволюційне програмування» є досить поширеною технологією знаходження оптимальних програм для багатьох типів задач. Варто згадати також програму представлення сплетінь скінченних груп, розроблену спільно з Н.Н. Айзенбергом, чудовим алгебраїстом з Ужгорода, учнем Л.А. Калужніна. Пізніше в одному із зарубіжних оглядів з комп'ютерної алгебри цю програму було відзначено як першу роботу із застосування комп'ютерів у теорії груп.

Кандидатську дисертацію О.А. Летичевський захистив у 1963 р., і це була одна з перших робіт з алгебраїчної теорії автоматів. У ній було вирішено поставлену В.М. Глушковим

проблему композиційної повноти автоматів Мура і створено основи структурної теорії, подібної до теорії Крона—Родеса, яка з'явилася значно пізніше. Тільки в 1980-х роках у роботах угорських дослідників було встановлено зв'язок між цими двома відомими теоріями.

Уже на ранніх стадіях розвитку теорії автоматів колектив молодих учених під керівництвом В.М. Глушкова почав працювати над її застосуваннями. Усі основні алгоритми технології розроблення електронних схем на основі теорії скінченних автоматів було реалізовано на машині «Київ», і вони склали основу так званої малої системи автоматизації синтезу цифрових автоматів. Головну роль у розробленні цієї системи відіграли О.А. Летичевський і Ю.В. Капітонова. Це був початок їхньої творчої співдружності, яка тривала багато років. Пізніше за роботи в галузі автоматизації проектування обчислювальних машин вони одержали премію Ленінського комсомолу.

Наступним етапом застосування теорії автоматів мала стати серія малих обчислювальних машин «МИР» (рос. *Машина для Инженерных Расчетов*). Проект першої машини був унікальним за своєю суттю. В ньому поєднувалися кілька ідей, висунутих В.М. Глушковым, одна з яких полягала в тому, щоб синтезувати як цифровий автомат електронний калькулятор, що не лише виконує арифметичні дії, а й вміє обчислювати інтеграли, чисельно розв'язувати диференціальні рівняння. Після того, як стало зрозуміло, що потрібно робити машину з достатньо розвиненою вхідною мовою, цю ідею доповнили ідеєю апаратної інтерпретації мови високого рівня, вже випробуваною в попередньому проекті машини «Україна». При цьому розуміння апаратурою мови високого рівня розглядали як шлях до підвищення внутрішнього інтелекту обчислювальної машини.

О.А. Летичевський став основним розробником вхідних мов машин серії «МИР» та методів їх реалізації в багаторівневій мікропрограмній архітектурі, винайденій В.М. Глушковым. Вхідна мова перших машин була орієнтована на чисельні методи розв'язання науково-технічних задач і тому включала звичайні за-

соби імперативного програмування, типові для таких мов, як Алгол або Фортран, але водночас допускала використання в арифметичних виразах скінченних і нескінченних сум, добутків, а також виразів з інтегралами. Допускалися також рекурсивні функціональні визначення. Оскільки мова апаратно інтерпретувалася, то можна було застосовувати числа з довільною розрядністю, якою можна керувати. Передбачалися також інтерактивний режим роботи з використанням телевізійного монітора, що було новим для техніки того часу, зручні засоби візуалізації результатів обчислень у вигляді таблиць і графіків. За всіма своїми ознаками машини серії «МИР» були подібні до майбутніх персональних комп'ютерів.

Потім вхідні мови було збагачено можливістю працювати не лише з числами, а й з математичними виразами та формулами. Мова АНАЛІТИК, основні ідеї якої запропонував О.А. Летичевський, була однією з перших мов комп'ютерної алгебри. Крім розвиненого апарату маніпулювання символічною інформацією, в ній уперше було застосовано перетворення алгебраїчних виразів за допомогою систем переписуючих правил у семантично складній алгебрі, що містила фактично всі основні функції математичного аналізу аж до символічного інтегрування аналітичних виразів. Мова АНАЛІТИК була відома в зарубіжному науковому співтоваристві і мала вплив на подальший розвиток засобів комп'ютерної алгебри. У 1968 р. колектив розробників машин серії «МИР», до якого належав і О.А. Летичевський, було нагороджено Державною премією СРСР.

Незважаючи на те, що теоретико-автоматні методи були використані при проектуванні внутрішнього математичного забезпечення машини «МИР», початкову ідею В.М. Глушкова про представлення всього проекту як композиції невеликого числа скінченних автоматів та застосування до них формальних методів синтезу цілком реалізувати не вдалося. Річ у тому, що методи синтезу скінченних автоматів побудовано на алгоритмах, які потребують окремого розгляду кожного стану та кожного вхідного символу автомату. Водночас, коли у

складі пристрою є декілька регістрів, то кількість станів буде експонентою від розрядності, помноженої на кількість регістрів. Тому для алгоритмічної підтримки розроблення таких пристроїв потрібно було знайти інший підхід, що формалізував би блочний та алгоритмічний етапи проектування комп'ютерів.

Такий підхід було створено на основі теорії дискретних перетворювачів. У цій теорії В.М. Глушков представляв обчислювальну систему у вигляді двох автоматів, керуючого та операційного, а їх взаємодію визначав за допомогою нової алгебри, яку згодом назвали алгеброю алгоритмів. Теорія дискретних перетворювачів розвивалася у двох напрямках. Перший — дослідження абстрактно-алгебраїчних задач, таких як розпізнавання еквівалентності, оптимізація щодо часу роботи, вивчення напівгрупових співвідношень і т.ін. Другий — розроблення прикладних систем автоматизації проектування комп'ютерів, мов для описання алгоритмів функціонування пристроїв, методів та алгоритмів. У докторській дисертації, присвяченій першому напрямку теорії дискретних перетворювачів інформації, О.А. Летичевський започаткував новий підхід до вивчення проблеми еквівалентності алгоритмів. Зокрема, було встановлено зв'язки основних проблем теорії програмування з автоматними моделями алгоритмів. Найбільш відомі його результати з напівгрупової еквівалентності схем програм та дискретних перетворювачів, у тому числі теореми про алгоритмічно вирішувані випадки цієї еквівалентності.

У 1970-х роках було створено систему «ПРОЕКТ» автоматизації проектування комп'ютерів спільно з їх математичним (програмним) забезпеченням. У теоретичну основу цієї розробки покладено теорію дискретних перетворювачів, розвинуту О.А. Летичевським, та алгебру алгоритмів В.М. Глушкова.

Олександр Адольфович завжди з великим ентузіазмом брав участь у прикладних проектах свого вчителя В.М. Глушкова. Так, наприкінці 70-х років розпочалася робота зі створення нових архітектур багатопроекторних суперкомп'ютерів. Спочатку це була ідея рекурсивного комп'ютера, пов'язана з переглядом принци-

пів фон Неймана (доповідь В.М. Глушкова зі співавторами на Всесвітньому конгресі IFIP у Стокгольмі в 1974 р.), згодом вона трансформувалася у більш практичну ідею макроконвеєрної обчислювальної системи. Цю ідею було реалізовано у 80-х роках під керівництвом В.С. Михалевича вже після смерті В.М. Глушкова. Створені промислові зразки макроконвеєрної ЕОМ ЕС 2701 були першою багатопроекторною обчислювальною системою з розподіленою пам'яттю та високою ефективністю розпаралелювання процесів. За її допомогою було розв'язано велику кількість науково-технічних, економічних, оптимізаційних задач з найвищими тоді показниками ефективності та продуктивності. Швидкодія 500 Мфлопс, одержана на макроконвеєрному комплексі, була рекордною для суперкомп'ютерів на той час.

Успіх проекту був зумовлений тим, що для його виконання було зібрано потужний колектив, який складався зі спеціалістів різних профілів (інженерів, системних математиків, програмістів, фахівців з різних прикладних галузей). Багато учасників уже мали досвід співпраці за проектом машини «МИР». О.А. Летичевський узяв на себе керівництво розробленням системного математичного забезпечення макроконвеєра. Для цього в Інституті було сформовано новий відділ рекурсивних обчислювальних машин, який він і очолив.

У проекті макроконвеєра передусім потрібно було розробити теорію розв'язання задач на багатопроекторних системах з розподіленою пам'яттю та універсальною системою зв'язку, винайти нові методи і технології розпаралелювання задач на системі з новою архітектурою, що містила велику кількість процесорів і дозволяла працювати зі значними об'ємами розподілених даних. Цьому сприяла також плідна співпраця системних і прикладних математиків. Наприклад, аналіз реалізації на макроконвеєрі скінченно-елементної схеми розрахунку формування напружено-деформованого стану корпусу літака, запропонованої В.С. Дейнекою, сприяв винайденню нових схем організації обчислень та переміщення даних у розподіленій пам'яті. Великий вплив на теоретичні

засади макроконвеєрного програмування мали також нові схеми організації обчислень при розв'язанні задач дискретної оптимізації.

Значним кроком у розвитку технології паралельного програмування було створення системного математичного забезпечення макроконвеєрного обчислювального комплексу, який мав у своєму складі мову паралельного програмування МАЯК та операційну систему для багатопроцесорної системи з розподіленою пам'яттю. Теоретичну основу цієї розробки становили автоматно-алгебраїчні методи та моделі розподілених обчислень, завдяки яким було створено нові методи розпаралелювання алгоритмів та програм, закладено основи нової передової технології розв'язання задач. Конкретними результатами застосування цієї теорії стали методологія синтезу класів ефективних паралельних програм безпосередньо з функціональних специфікацій алгебри структур даних, побудова теорії макроконвеєрних обчислень функцій над структурами даних, а також побудова теорії та алгебри алгоритмів для динамічного розпаралелювання послідовних програм. На задачах теорії макроконвеєрних обчислень виростили нові учні О.А. Летичевського, остаточно сформувалася його школа прикладної теорії алгоритмів.

Підсумком досліджень 70–80-х років з розроблення автоматно-алгебраїчних моделей та їх застосувань до розв'язання актуальних проблем програмування і обчислювальної техніки була монографія Ю.В. Капітонової та О.А. Летичевського «*Математическая теория проектирования вычислительных систем*». Як основну модель обчислювальної системи було взято поняття дискретної динамічної системи, тобто системи з (нерозміченими) переходами, і показано, як шляхом деталізації та збагачення цієї моделі можна одержати основні поняття й результати абстрактної і структурної теорії автоматів, теорії схем програм, моделі багатопроцесорних систем та основні конструкції побудови паралельних програм, як переходити від специфікації систем до їх реалізації, як виконувати еквівалентні перетворення обчислювальних систем тощо.

Одночасно з розробленням макроконвеєрної системи О.А. Летичевський та його учні продо-

вжували дослідження автоматно-алгебраїчних методів у теорії програмування. Так, наприкінці 70-х років Олександр Адольфович відкрив новий підхід до аналізу програм, знайшов нові алгоритми пошуку інваріантів програм над різними алгебрами даних. Згодом, вже у 2000-х роках ці алгоритми лягли в основу сучасних засобів верифікації програмних систем, які розробляються в Інституті кібернетики.

У кінці 80-х років під керівництвом О.А. Летичевського розпочалося розроблення системи алгебраїчного програмування APS, яка продовжувала традиції алгебраїчного програмування машин серії «МИР», зокрема мови АНАЛІТИК, однак ґрунтувалася на більш сучасних технологіях переписування алгебраїчних виразів. У наступні роки систему алгебраїчного програмування використовували для розроблення прототипів програмних систем і проведення експериментів у галузі комп'ютерної алгебри, штучного інтелекту, моделювання паралельних обчислень.

У той час Олександр Адольфович брав активну участь у житті наукової спільноти, пов'язаної з комп'ютерною алгеброю. Він неодноразово виїжджав за кордон для участі в конференціях з комп'ютерної алгебри, керував робочою групою з комп'ютерної алгебри, а в 1993 р. став основним організатором міжнародної конференції ISSAC з комп'ютерної алгебри у Києві.

У 90-х роках О.А. Летичевський на запрошення Королівського наукового товариства кілька разів відвідував Університет Сіті у Лондоні для виконання спільних проектів. Там він зацікавився загальною теорією взаємодії в інформаційних системах. Разом зі своїм лондонським колегою Д. Гілбертом він розробив нову модель взаємодії агентів та середовищ, яка узагальнювала більшість моделей взаємодії, її можна було ефективно застосовувати для аналізу різних типів систем, зокрема систем логічного констрейнтного програмування. Ідеї моделі взаємодії агентів та середовищ лягли в основу інсерційного моделювання — нової парадигми в теорії взаємодії інформаційних систем, яку успішно розвивають О.А. Летичевський та його учні протягом останніх років.

На основі інсерційного моделювання створено ряд інструментальних засобів для верифікації і тестування розподілених та багатоагентних програмних систем. Зокрема, для компанії Motorola було розроблено систему VRS верифікації вимог до програмних систем, для американської компанії UniqueSoft — нові інструментальні засоби. У відділі, яким керує Олександр Адольфович, створено систему інсерційного моделювання IMS, що відкриває нові можливості розроблення надійних програмних систем у різних предметних сферах.

Інсерційне моделювання дає змогу повному подивитися на проблеми ефективної організації обчислень у потужних сучасних багатопроцесорних, багатоядерних та розподілених системах. Річ у тім, що в таких системах при розв'язанні задач надвеликої складності недостатньо виділити якомога більше паралельних гілок або процесів, слід ще організувати їх взаємодію так, щоб зменшити періоди чекання (латентність системи), ефективно використовувати ресурси, забезпечити ефективне переміщення даних у процесорах і т.ін. Для вирішення всього комплексу завдань, які тут виникають, потрібен аналіз на правильно вибраному рівні абстракції. Інсерційне моделювання розділяє структуру системи на багаторівневі середовища та агентів, занурених у ці середовища, допомагає вибрати необхідний рівень абстракції та забезпечує оптимізуючі перетворення багатоагентних алгоритмічних структур. Сфери застосування інсерційного моделювання охоплюють телекомунікаційні системи, системи автомобільної промисловості, гібридні системи, системи штучного інтелекту.

Починаючи з 1964 р. О.А. Летичевський викладає у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка. За ці роки він виховав декілька поколінь кваліфікованих фахівців у галузі комп'ютерної науки. Багато його студентів тепер успішно працюють у наукових центрах України та світу. Серед учнів Олександра Адольфовича більш ніж 40 кандидатів та докторів наук. У його науковому доробку понад 200 наукових статей і монографій.

Високий міжнародний рейтинг та науковий авторитет О.А. Летичевського сприяє його залученню до виконання міжнародних проєктів. Упродовж багатьох років він керує різними міжнародними проєктами за програмами INTAS, NATO і CRDF. Зараз відділ О.А. Летичевського працює над проєктом за програмою УНТЦ «Когнітивна архітектура для розуміння програм», у якому передбачається поєднати сучасні ідеї штучного інтелекту з новими технологіями програмування. Олександр Адольфович протягом 50 років є членом редколегії журналу «Кібернетика та системний аналіз», входить до складу редколегій таких журналів, як Theoretical Computer Science та Biologically Inspired Cognitive Architectures, багато спілкується з міжнародними науковими організаціями та зарубіжними колегами.

Видатний український учений, один із найяскравіших учнів В.М. Глушкова, доктор фізико-математичних наук (1971), професор (1982), член-кореспондент НАН України (1990), академік НАН України (2009), заслужений діяч науки і техніки України (2007), завідувач відділу рекурсивних обчислювальних машин (1981—2008), завідувач відділу теорії цифрових автоматів (з 2008) Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, лауреат Державної премії СРСР (1968), Державних премій України (1993, 2003), лауреат премії ім. В.М. Глушкова (1985) та премії ім. А.О. Дородніцина (2011) НАН України О.А. Летичевський активно працює на благо української науки, готує молоді наукові кадри.

Академік О.А. Летичевський — визнаний у світі авторитет у галузі теорії програмування і комп'ютерних технологій. Роботи Олександра Адольфовича і його учнів широко відомі у світі і, безсумнівно, багато в чому сприяють тому, що українську школу інформатики поважають і високо цінують у світі. Мені пощастило працювати разом з Олександром Адольфовичем Летичевським більш як півстоліття, і я можу напевне сказати, що це прекрасна людина і фахівець найвищого класу. Його життя і його шляхетна праця можуть бути взірцем для кожного, хто лише розпочинає сьогодні свій науковий шлях.

СКОПНЕНКО

Олександр Іванович — кандидат філологічних наук, старший науковий співробітник відділу загальнославистичної проблематики та східнослов'янських мов Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України



Академік НАН України
Григорій Петрович Півторака

ШЛЯХ І ПОКЛИКАННЯ

До 80-річчя академіка НАН України

Г.П. Півторака

14 червня 2015 р. виповнюється 80 років від дня народження видатного українського мовознавця, фахівця з історії та діалектології східнослов'янських мов, етногенезу східних слов'ян, академіка НАН України Григорія Петровича Півторака.

14 червня цього року святкує своє 80-річчя видатний український учений, заступник академіка-секретаря Відділення літератури, мови та мистецтвознавства НАН України, член комітету Міжнародної асоціації білорусистів, президент Української асоціації білорусистів, лауреат премії ім. І.Я. Франка НАН України, премії президентів академій наук України, Білорусі та Молдови, премії ім. О.О. Потебні НАН України, автор майже 300 праць з історії та діалектології східнослов'янських мов, етногенезу східних слов'ян, завідувач відділу загальнославистичної проблематики та східнослов'янських мов Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України, академік НАН України Григорій Петрович Півторака.

Праці Г.П. Півторака вивчають студенти-філологи вітчизняних університетів, ідеї мовознавця істотно впливають на загальний рівень світової славистики, змушуючи дослідників переглядати деякі глотогенетичні концепції, що панували до тепер. Про мову та лінгвістику, про свій шлях у науці Григорій Петрович розмірковує під час інтерв'ю.

— Григорію Петровичу, без Ваших праць не можна уявити ані вітчизняної україністики, ані славистики. Ваші монографії з глотогенезу українців, білорусів, росіян увійшли до національного філологічного фонду. Проте будь-яка велика річка починається з маленького струмка, а кожен поет родом із дитинства. Напевне, це доречно сказати й щодо науковців. Які джерела Вас живили? Як починався Ваш шлях у науку?

— Наукою я зацікавився ще в студентські роки. Навчаючись на історичному відділі історико-філологічного факультету

Полтавського педінституту ім. В.Г. Короленка, я прагнув долучитися до роботи в науковому студентському товаристві, проте декан нашого факультету вважав, що першочерговим завданням інституту є підготовка учителів середньої школи, а не вчених, тому наукова робота серед студентів ледве жеврїла. Нав'язана мені найперша робота «Використання місцевого матеріалу на уроках історії з теми “Револуційний рух на Полтавщині 1905–1917 рр.”» до науки не мала жодного стосунку. Справа зрушила з місця, коли на 3-му курсі внаслідок проведеної М.С. Хрущовим реформи вищої освіти нам розширили спеціалізацію і додали ще фах «учитель української мови та літератури». Молодий завідувач кафедри української мови П.С. Дудик¹ організував науковий мовознавчий гурток і викладав нам факультативно польську мову, поступово залучаючи до наукової роботи. Моя перша наукова праця «Фразеологія роману М. Стельмаха “Кров людська — не водиця”» дістала досить високу оцінку і разом з іншими найкращими студентськими працями (зокрема, з біології, фізики, математики) увійшла до збірника, розмноженого на ротаторі накладом 25 примірників на правах рукопису. Він не зберігся, бо я не вважав це видання вартим уваги. Загалом же мушу сказати, що мені як майбутньому філологу педагогічний інститут дав дуже мало, й довелося потім усе здобувати самоосвітою, особливо в аспірантурі в Білорусі.

— **Чи можете назвати людей, які найбільше вплинули на Ваше становлення як науковця?**

— На моє становлення як науковця протягом першого року навчання в аспірантурі Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні АН УРСР вплинув діалектолог Ф.Т. Жилко² (він мене

¹ Дудик Петро Семенович (1926–2013) – український мовознавець, автор праць із синтаксису сучасної української літературної мови, посібників для педагогічних вишів і підручників для середньої школи.

² Жилко Федот Трохимович (1918–1995) – відомий український діалектолог. Розробив концепцію та керував підготовкою «Атласу української мови», уклав карту українських говорів, підготував програму й

вразив тим, що під час першої зустрічі відразу визначив мою рідну говірку, точно назвавши не тільки область, район, а й декілька споріднених між собою сіл, одне з яких було моїм) і мій перший науковий керівник О.Б. Ткаченко³, а також І.Г. Матвіяс⁴, О.С. Мельничук⁵. Проте як науковець я остаточно сформувався в Білорусі протягом 1962–1964 рр. під час аспірантської підготовки й написання кандидатської дисертації під керівництвом А.Й. Журавського⁶. Найбільший вплив мали науковці сектору історії білоруської мови Інституту мовознавства ім. Якуба Коласа АН БРСР та колеги-аспіранти з Інституту літератури ім. Янки Купали АН БРСР.

— **Сфера Ваших наукових інтересів пов'язана як з українською, так і з білоруською мовою. Це випадковий збіг? Чи, може, тут спрацьовує якась логіка Вашої долі?**

— Моє зацікавлення білоруською мовою можна назвати випадковим, бо для мене воно було несподіваним (Інститут мовознавства

перший підручник з української діалектології для філологічних спеціальностей.

³ Ткаченко Орест Борисович (1925 р.н.) – визнаний фахівець у галузях українського, слов'янського, фіноугорського та загального мовознавства. Досліджує проблеми історичної типології мов, соціолінгвістики, інтерлінгвістики, мовних контактів, еколінгвістики. Автор численних наукових праць, присвячених проблемі мовної стійкості.

⁴ Матвіяс Іван Григорович (1925 р.н.) – український мовознавець, фахівець з граматики української мови, історії української літературної мови, українських діалектів. Автор багатьох наукових праць, співавтор і відповідальний редактор «Атласу української мови».

⁵ Мельничук Олександр Савич (1921–1997) – відомий український лінгвіст, член-кореспондент АН СРСР, академік НАН України, фахівець зі славістики, загального та порівняльно-історичного мовознавства. Створив київську етимологічну школу.

⁶ Журавський Аркадій Йосипович (1924–2009) – відомий білоруський мовознавець, член-кореспондент АН БРСР. Вивчав історію білоруської мови та білоруського мовознавства, питання нормалізації сучасної білоруської літературної мови, першим довів існування білоруського варіанта церковнослов'янської мови, досліджував мову видатних культурних діячів Білорусі XVI – початку XVII ст. (Ф. Скорини, С. Будного, В. Тяпинського та ін.).



Г.П. Півторак (крайній ліворуч у верхньому ряду) серед колег з відділу загального та слов'янського мовознавства Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні. У першому ряду другий справа — О.С. Мельничук, крайній праворуч у другому ряду — А.П. Непокупний, другий справа в другому ряду — В.Г. Скляренко, третій праворуч у верхньому ряду — О.Б. Ткаченко. Київ. 1982 р.

ім. О.О. Потебні АН УРСР потребував фахівця з білоруської мови, і тодішній заступник директора К.К. Цілуйко загітував мене вступати до аспірантури з цього фаху), але спрацювала, як Ви сказали, і якась логіка моєї долі. Річ у тім, що білоруська мова привертала мою увагу ще з раннього дитинства: майже щодня я вдома бачив на коробочці сірників під червоно-оранжевим зображенням сонця напис «БССР. Запалкавая фабрыка імя Кірава, г. Барысаў». Я здогадувався, що «запалкавая фабрыка» — це «сірникова фабрика», але чому саме так її називають, залишалося таємницею. Крім того, приблизно 9-річним школярем я якось слухав радіо у двоюрідної сестри — вчительки початкової школи, і вона, шукаючи для мене цікаву передачу, натрапила на Мінськ, де якраз звучали «апошнія паведамленні», тобто «останні вісті». Мене буквально ошелешила та мова — здалася якоюсь чудернацькою, навіть гумористичною, але цілком зрозумілою, дуже милозвучною й цікавою. Під час наступних відвідин я хотів слухати тільки білоруську мову. Відтоді я і полюбив її на все життя.

— *Як Ви оцінюєте сучасний стан української та білоруської мов? Що Вас тривожить і що тішить?*

— Сучасний стан української та білоруської мов оцінюю як незадовільний і не відповідний статусу державних мов наших суверенних держав. Звичайно, тішить те, що сфера використання цих мов значно розширилася порівняно з тим, що було в епоху тоталітаризму, і люди вже не соромляться розмовляти своєю рідною мовою. Тривожить те, що цей процес відбувається аж надто повільно. Хотілося б, щоб наші мови, крім гуманітарної сфери, поширилися на медицину, техніку, спорт, бізнес тощо. Тільки тоді вони стануть повноцінними державними мовами. Обурює те, що деякі наші недоброзичливці із сусідньої північно-східної держави (навіть високопосадовці!) уперто заперечують існування українців та, очевидно, й білорусів як окремих народів і їхніх мов, що на початку ХХІ ст. сприймається як вияв повного невігластва й політичного шарлатанства.

— *У якому стані перебуває зараз українська білорусистика? Як би Ви окреслили основні напрями її розвитку?*

— Сучасна українська білорусистика перебуває не в найкращому стані через брак достатньої кількості висококваліфікованих кадрів: більшість фахівців старшого покоління відійшли в інший світ, а повноцінної заміни поки що немає. Покладаю великі надії на молоді кадри, адже в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка вже впродовж п'яти років готують, серед багатьох інших, і фахівців з білоруської мови та літератури. Перспективними напрямками білорусистики на цьому етапі вважаю білорусько-українську лексикологію і лексикографію (насамперед білорусько-український фразеологічний словник) та історію білорусько-українських етномовних взаємозв'язків ХІV—ХVІІ ст.

— *Українці кажуть: «На віку — як на довгій ниві». Які події Вас найбільше вразили? Чи були якісь поворотні моменти у Вашому житті?*

— На моєму віку ще в дитинстві трапилися події, дуже протипоказані дитячій психіці. Це війна 1941—1945 рр. з усіма труднощами нацистського окупаційного режиму та Голодомор

1947 р. Вони закарбувалися в пам'яті назавжди. А поворотним моментом у своєму житті вважаю початок студентства — навчання в педагогічному інституті. На відміну від недавнього педучилища, де щодня треба було готуватися до 6–7 уроків з різних предметів, зокрема й до нелюбих мені фізико-математичного профілю, в інституті настало райське життя: було по три пари лише з трьох гуманітарних предметів, не опитували щодня й не ставили оцінок, на семінарських заняттях студенти виступали за власним бажанням. Усе це здавалося розкішшю, майже казкою, про яку й не мріялося.

— *Захисту Вашої докторської дисертації передував досить складний період у Вашому житті. Чи є у Вас бажання про нього згадувати?*

— Так, аж до горбачовської перебудови я мав досить складні стосунки з тодішнім тоталітарним режимом, хоча ніколи не був ні дисидентом, ні ворогом радянської влади. Проте ще з дитинства ми, сільські діти, бачили різючу відмінність між тим, що писали газети, говорили нам у школі про наше щасливе й заможне життя, і реальністю, у якій ми жили в злиднях. Крім того, батьки й односельчани відверто й детально розповідали нам про Голодомор 1932–1933 рр. та про репресії 1937–1938 рр. з відповідними коментарями й оцінками. І ми швидко зрозуміли жорстокість, брехливість, облудність і лицемірство тодішнього антинародного режиму на чолі з Й. Сталіним, служити якому я вважав аморальним. Тому ніколи не був членом партії, у своїй діяльності не підлаштовувався під віяння поточного моменту. Звичайно, режиму це не подобалося, і він, хоч і не переслідував мене відкрито, проте блокував шляхи до професійного зростання, забороняв викладацьку роботу в університеті, після захисту кандидатської дисертації аж 13 років тримав мене на посаді молодшого наукового співробітника. Однак дирекція Інституту й колеги завжди ставилися до мене прихильно й доброзичливо, за що я їм вельми вдячний. Згадувати той час не маю ані потреби, ані бажання, але я задоволений, що пройшов його



Г.П. Півторак на XII Міжнародному з'їзді славистів у Кракові. 1998 р.

гідно й безкомпромісно, не зрадивши ні друзів і колег, ні свою совість.

— *Вашу першу монографію присвячено історії східнослов'янського дієслова. Наскільки складно було працювати над «Морфологією інфінітива в східнослов'янських мовах»? Чи лишилися в пам'яті якісь особливі емоції, пов'язані з виходом у світ праць «Формування і діалектна диференціація давньоруської мови», «Українці: звідки ми і наша мова»? Яка з Ваших праць має найщасливішу долю?*

— Вихід нової книжки завжди викликає радість і задоволення. Але кожній монографії передувала щоденна праця для свого задоволення, причому поряд з виконанням планових завдань із зовсім іншої проблематики. Найщасливішу долю має, мабуть, моя науково-популярна книжка «Українці: звідки ми і наша мова» (1993). Вона готувалася до друку ще за тих часів, коли книгарні робили замовлення на нову літературу за наявними тематичними каталогами різних видавництв. Завдяки цьому моя книжка вийшла накладом 17 тисяч примірників і потрапила до майже всіх бібліотек країни, охопила широке коло читачів, через що має досить гучний резонанс, особливо серед викладачів і студентів гуманітарних факультетів.

— *Ви працюєте в галузі східнослов'янського глотогенезу. У цій царині в сучасно-*



Г.П. Півторак з дружиною, доктором мистецтвознавства, професором Л.П. Корній на XIV Міжнародному з'їзді славистів у м. Охридї (Македонія). 2008 р.

му мовознавстві співіснують кілька діаметрально різних концепцій, закорінених у різних традиціях. Крім того, тут циркулює дуже багато наукоподібних міфів. Академічній науці доводиться ставати на герць як зі скостенілими концепціями російської імперської науки, так і з дилетантськими «розвідками», що вкладають українську мову в уста прабатька Адама. Чи не було Вам страшно братися за таку тему?

— Братися за проблему східнослов'янського етно- і глотогенезу мені було не страшно, а дуже цікаво. Як історик і філолог, я міг легко відділити зерно від полови в різних, але, як правило, односторонніх і упереджених концепціях цієї проблеми й глибоко переконався в необхідності застосовувати при її дослідженні комплексний підхід, тобто залучати не лише мовознавчі, а й історичні, археологічні, антропологічні та інші матеріали. Наскільки переконливо мені це вдалося, нехай судять фахівці.

— Григорію Петровичу, який найголовніший висновок Ви зробили у своїх глотогенетичних дослідженнях?

— Якщо Ви маєте на увазі найголовніший висновок стосовно походження українців та української мови, то я можу сказати, що ми не кращі й не гірші від усіх інших слов'янських народів, бо є частиною всього слов'янства. Українці як окремий етнос і його мова почали

формуватися після розпаду праслов'янської етномовної спільності у V–VI ст. н.е. синхронно з іншими слов'янськими етносами та мовами задовго до виникнення державності й появи писемності. З плином часу наша мова змінювалася, поступово позбавляючись архаїчних рис та особливостей і набуваючи нових — так само, як і окрема людина, переживаючи різні періоди свого буття: немовля — дошкільний вік — підліток — юність — зрілість, при цьому залишається тією самою особистістю.

— Чи не складно було Вам поєднувати наукову й педагогічну діяльність?

— Ні, зовсім не складно. Навпаки, я мав якусь внутрішню потребу спілкуватися з молоддю, розуміти її, передавати їй свої знання, а на практичних заняттях вчити думати, аналізувати, робити узагальнення та висновки.

— Майже 20 років Ви очолюєте відділ загальнославистичної проблематики і східнослов'янських мов Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні НАН України, який свого часу перейняв естафету укладання «Етимологічного словника української мови» від колишнього відділу загального та слов'янського мовознавства. Ви починали працювати над Словником одразу після закінчення аспірантури в 1964 р. під керівництвом академіка НАН України О.С. Мельничука. Протягом 1983–2012 рр. у світ вийшло шість томів цієї фундаментальної праці, три вже після того, як О.С. Мельничук відійшов у вічність. Наступного року завершиться укладання сьомого (довідкового) тому. Багато хто з етимологів називає цей словник найкращим серед етимологічних словників слов'янських мов. Власне, майже вся Ваша наукова діяльність була пов'язана з цим Етимологічним словником. Чому взагалі етимологічні словники мають таку тривалу історію укладання і чому вони такі важливі для мовознавчої науки й національної гуманітаристики?

— Укладання етимологічних словників справді потребує тривалого часу й роботи не одного покоління лексикографів. Мало кому



Основні праці Григорія Петровича Півторака

зі слов'янських етимологів вдавалося довести розпочату справу до кінця. Це пояснюється надзвичайною складністю такої роботи. Адже укладачеві доводиться оперувати сотнями мов — споріднених і не споріднених, живих і мертвих, літературних і діалектів, а також використовувати величезний обсяг наукової літератури: словників (етимологічних, тлумачних, перекладних, термінологічних та ін.), монографій і статей, які розкривають етимологію, історію форми та розвиток семантики окремих слів чи їх груп протягом десятиліть і століть. За тривалим процесом підготовчої роботи й укладання тексту словника, який, як правило, розростається в кілька томів, багато часу й зусиль потребує його редагування, робота з видавництвом. На все це йдуть роки, а іноді й десятиліття. Важливість етимологічних словників визначається тим, що вони є не тільки лексикографічними довідниками, а й невичерпним джерелом для галузевих етимологічних словників (наприклад, діалектної, ботанічної, медичної, запозиченої лексики), а також діалектологічних, історичних, етнологічних та інших досліджень.

— *Ваші наукові праці широко відомі не лише в Україні, а й далеко за її межами. А чи підтримуєте Ви особисті контакти з провідними іноземними мовознавцями?*

— Так. Серед моїх добрих знайомих, наприклад, директор Інституту славистики Зальцбургського університету (Австрія) професор Герман Бідер, директор Українського наукового інституту Гарвардського університету (США) Майкл С. Флаєр, професор Ягеллонського університету (Краків), академік Польської академії наук Вітольд Маньчак, директор Інституту славистики філософського факультету Університету ім. Масарика у м. Брно (Чехія) Іво Поспішіль та ін., а також чимало славистів із Білорусі, Санкт-Петербурга, Москви.

— *Що Ви найбільше цінуєте і чого категорично не сприймаєте в людях?*

— Найбільше ціную компетентність, інтелегентність, професіоналізм, доброту й людську порядність. Категорично не сприймаю дурість, підлість, підступність, брехливість, зраду, надмірне грошолобство.

— *Щиро дякую, Григорію Петровичу, за інтерв'ю.*

Колектив Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні, колеги, учні та послідовники щиро вітають шановного ювіляра і зичать йому доброго здоров'я, натхнення та реалізації багатьох творчих планів. Нехай не буде у Вашому житті нездоланих наукових вершин, а тимчасово нездолані верховини завжди приваблюють і спонукають до пошуків!

Висловлювання дослідників про праці Г.П. Півторака

Г. Бідер, доктор філологічних наук, професор Зальцбурзького університету (Австрія): *«На відміну від багатьох інших славістів, у професора Півторака надзвичайно широкий науковий профіль, що охоплює всі східнослов'янські і частково навіть усі слов'янські мови. Численні праці професора Півторака з історичної граматики та зовнішньої історії східнослов'янських мов, їхньої історичної діалектології, історичної типології, етногенезу слов'ян, етимології української мови, а також з лексикографії, соціолінгвістики та стилістики належать до класичних праць європейської славистики, їх використовують і цінують експерти й студенти».*

В.М. Мокієнко, доктор філологічних наук, професор Санкт-Петербурзького державного університету (РФ), заслужений професор Грайсвальдського університету (Німеччина): *«Багато хто зі славістів нині дивиться на слов'янський етногенез очима професора Г.П. Півторака, у чому автор цих рядків мав нагоду пересвідчитися на XIV Міжнародному з'їзді славістів в Охридї (2008, Македонія)».*

М. Флаєр, професор, директор Українського наукового інституту Гарвардського університету (США): *«Визначальною рисою наукової діяльності Г.П. Півторака є об'єктивне і всебічне опрацювання ним конкретних проблем історичного розвитку слов'янських, зокрема східнослов'янських, мов. Особливо яскраво це виявилось в його фундаментальній монографії «Формування і діалектна диференціація давньоруської мови», а також у книжці «Українці: звідки ми і наша мова» — адресованому широкому читацькому загалові вступі до проблематики історії української мови та її діалектів».*

М. Алексієнко, доктор філологічних наук, професор, завідувач кафедри перекладознавства та зіставної лінгвістики Щецинського університету (Польща): *«Монографічні праці професора Г.П. Півторака рекомендуються*

студентам як обов'язкова література, вони становлять канон багатьох навчальних програм, зокрема курсу сучасної української літературної мови, історії української мови з елементами історичної граматики, порівняльної лексикології та фразеології польської, російської й української мов, порівняльно-історичної граматики слов'янських мов, лінгвокультурології, а також монографічних доповідей».

В. Маньчак, професор Ягеллонського університету (Польща), дійсний член Польської академії наук: *«Я завжди був дуже здивований великою ерудицією і багатогранною науковою діяльністю, яку протягом багатьох років проводить професор Григорій Петрович Півторак. З його книжок особливо ціную синтетичне опрацювання «Походження українців, росіян, білорусів та їхніх мов». Крім того, великої поваги заслуговує його співучасть у виданні «Етимологічного словника української мови».*

Г.К. Тичко, доктор філологічних наук, професор, завідувач кафедри білоруської філології та світової літератури Білоруського державного університету культури і мистецтв (Білорусь): *«У Білорусі добре знають Г.П. Півторака як видатного вченого й педагога. Його професійні й доброзичливі поради, зацікавлена підтримка сприяли становленню наукового пошуку багатьох білоруських науковців. У Білорусі також добре знають і всіляко вітають діяльність Г.П. Півторака, спрямовану на розвиток білорусознавчих досліджень в Україні».*

В.В. Лучик, доктор філологічних наук, професор, завідувач кафедри загального і слов'янського мовознавства Національного університету «Києво-Могилянська академія»: *«Григорій Петрович Півторак належить до кола провідних українських мовознавців, яких характеризує широкий діапазон філологічних знань. Його наукове надбання становлять численні праці з найрізноманітніших проблем української, білоруської та загальнославистичної проблематики. Вони отримали високу оцінку з боку вітчизняних і зарубіжних фахівців».*

ГРИГОРЧУК

Микола Іванович —
доктор фізико-математичних
наук, провідний науковий
співробітник Інституту
теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова
НАН України

ПОНЕЖА

Олена Олександрівна —
кандидат фізико-математичних
наук, науковий співробітник
Інституту теоретичної фізики
ім. М.М. Боголюбова
НАН України



Академік НАН України
Вадим Михайлович Локтев

ЛЮДИНА, ДАЛЕКА ВІД БАЙДУЖОСТІ

До 70-річчя академіка НАН України

В.М. Локтева

3 травня 2015 р. виповнилося 70 років відомому українському фізику-теоретику, члену Президії НАН України, доктору фізико-математичних наук, професору, академіку НАН України Вадиму Михайловичу Локтеву.

Есть личности — святая простота
играет их поступки, как по нотам.
Наивность — превосходная черта,
присущая творцам и идиотам¹.

И. ГУБЕРМАН

Вадим Михайлович Локтев народився 3 травня 1945 р. у Києві. Після закінчення школи вступив до Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка і ще у студентські роки, у 1967 р., почав працювати в Інституті теоретичної фізики АН УРСР (тепер — ІТФ ім. М.М. Боголюбова НАН України), у стінах якого й проходило все його подальше наукове життя. Нестандартний підхід до розв'язання задач, ентузіазм і активність молодого фізика привернули увагу корифея радянської теоретичної фізики академіка АН УРСР Олександра Сергійовича Давидова, який став його науковим керівником і вчителем.

Значною мірою на становлення В.М. Локтева як ученого вплинуло ще й те, що лекції йому читали такі видатні постаті української теоретичної фізики, як С.І. Пекар, М.Ф. Дейген, М.О. Кривоглаз, В.М. Ораєвський, В.Й. Сугаков, він мав можливість спілкуватися з найкращими київськими фізиками-експериментаторами А.Ф. Прихотько, С.М. Рябченком, М.С. Соскіним, а також зі своїми талановитими однолітками Ю.Б. Гайдідеем, О.О. Єремком, Е.Г. Петровим, О.О. Серіковим. Від своїх колег та друзів, і насамперед — від свого вчителя, Вадим Михайлович перейняв відчуття первинності фундамен-

¹ Цей «гарік» — один із найулюбленіших у ювіляра. Ми обрали його епіграфом тому, що він якнайкраще відображує вічно невгамовний і бендежний норів Вадима Михайловича.



За спинами метрів (справа наліво: О.С. Давидов, О.Г. Ситенко, О.С. Парасюк, В.М. Локтев, С.В. Пелетминський, Ю.Б. Гайдідей). 1970 р.

тальної науки, надзвичайно серйозне й сумлінне ставлення до творчої діяльності.

Найцінніше в роботах В.М. Локтева — це поєднання оригінальності ідей з націленістю отримуваних результатів на експериментальні дослідження, чого завжди вимагав від своїх учнів О.С. Давидов. Без перебільшення можна стверджувати, що досягнення ювіляра вплинули на розвиток цілої низки напрямів сучасної фізики: теорії магнітних явищ, фізики кріо-кристалів, теорії неідеальних кристалів, високотемпературної надпровідності. Він отримав також неординарні результати в галузі магнітострикції, бозе-ейнштейнівської конденсації квазічастинок, релятивістськоподібних конденсованих систем, спінтроніки.

Уже в одній із перших своїх робіт з теорії поглинання світла кристалом кисню в ділянці подвійних (бімолекулярних) переходів Вадим Михайлович висловив гіпотезу, що в цьому разі міжмолекулярну взаємодію слід розглядати як складову нульового наближення, а не враховувати її за теорією збурень. Це одразу ж пояснило відмінність між структурами різних смуг кисневого поглинання, яку спостерігали в експерименті. Згодом разом з Ю.Б. Гайдідеєм він передбачив нове оптичне явище — *біекситонне розщеплення* поляризованих ліній дублетів, які знаменують народження біекситонів малого радіуса. Це передбачення блискуче

підтвердилося у цілеспрямовано поставлених експериментах, виконаних під керівництвом академіка Антоніни Федорівни Прихотько.

В іншому циклі робіт, виконаному спільно з В.С. Островським і присвяченому розвитку квантової теорії магнітних кристалів з великою одноіонною анізотропією, було передбачено ще один фундаментальний ефект — *лінійну* залежність діагональних компонент тензора діелектричної проникності від зовнішнього магнітного поля, що тоді взагалі вважалося неможливим. Сьогодні цей результат увійшов до підручників, його багато цитують, часто використовують в інших дослідженнях магнітовпорядкованих середовищ. Суть явища полягає в тому, що в сильно анізотропних магнетиках величина спостережуваного магнітного моменту (спіну), локалізованого на іонах, не є заданою, а залежить від параметрів кристалічного поля і напрямку намагніченості відносно кристалічних осей. Тому до таких магнітних кристалів неможливо застосувати рівняння Ландау—Ліфшиця. Як альтернативу було розроблено так званий квантовий підхід, у якому рівняння Ландау—Ліфшиця відповідало лише граничному випадку малої анізотропії, а в решті випадків для аналізу й опису статичних і резонансних властивостей потрібно розв'язувати систему зв'язаних нелінійних рівнянь, у які роблять внесок і магнітні моменти більш високого порядку, ніж дипольні. Такий підхід увійшов до теоретичного вжитку і є єдино правильним, коли необхідно розраховувати спектри кристалів, де одноіонна анізотропія сумірна з обмінною взаємодією або навіть переважає її.

Разом із колегами М.О. Івановим і Ю.Г. Погореловим Вадим Михайлович сформулював загальну теорію неідеальних магнетиків з парамагнітними домішками в ситуації, коли енергетичний рівень останніх перебуває в безпосередній близькості до розташування основної зони, через що виникає домішковий стан з великим просторовим радіусом. Збільшення концентрації домішок зумовлює перетинання таких станів і як наслідок — *колективну перебування спектра*, причому в окремих випадках таку, що у невпорядкованому середовищі може

з'явитися смуга додаткових когерентних станів. Особливістю магнетиків є те, що в них на взаємне розташування різних енергетичних рівнів впливає магнітне поле, а отже, всю різноманітну картину колективної перебудови вдається спостерігати на обмеженій кількості зразків, де концентрація домішкових центрів фіксована. Отримані теоретичні результати, відомі як *теорія ІІІІ*, зазнали ретельної експериментальної перевірки в лабораторіях різних країн, у тому числі в Україні, і всюди вони були повністю відтворені.

Суттєвими для теорії і експерименту в галузі магнетизму стали піонерські дослідження В.М. Локтева, виконані разом із В.Г. Бар'яхтаром і С.М. Рябченком. У них уперше було доведено можливість існування в пластинах і стрижнях взаємодії між спіновими та згинними ступенями свободи і введено поняття про нові змішані квазічастинкові збудження магнітних середовищ — *магнітозгинні хвилі*.

Низку основоположних робіт В.М. Локтева було присвячено високотемпературним надпровідникам. Спільно з В.П. Гусиніним, Е.В. Горбаром і С.Г. Шарাপовим він запропонував теорію, що узагальнила теорію Бардіна—Купера—Шріфера—Боголюбова на випадок металів зі змінною концентрацією носіїв. Спираючись на неї, було вперше описано *кросовер* від надпровідності за сценарієм надплинності, коли конденсуються окремі бозе-пари, до надпровідності за звичайним сценарієм з конденсацією куперівських пар. Водночас вдалося обґрунтувати появу в електронному спектрі надпровідника так званої *псевдощільни*, яку нобелівський лауреат О.О. Абрикосов назвав найяскравішою особливістю, притаманною сполукам високотемпературних надпровідників.

Рамки цього нарису не дозволяють навіть просто назвати всі проблеми, в дослідження яких В.М. Локтев зробив помітний внесок.

Варто відзначити лише спільні з Ю.В. Скрипником результати з домішкових станів у графені, з його релятивістським квазічастинковим електронним спектром, які якісно відрізняються від таких у «класичних» кристалах; визначення разом з О.В. Гомонай умов утворення



Прийом «кандидатських іспитів» (справа наліво): В.М. Локтєв, В.Я. Антонченко, О.С. Давидов). 1974 р.

рівноважної доменної структури в антиферомагнетиках і дослідження ефектів, спричинених протіканням по них спін-поляризованого струму; нарешті, оригінальне доведення разом з О.О. Єремком існування спінтронних властивостей немагнітних систем, потенціалні поля яких мають гвинтову симетрію. Завдяки останньому результату вдалося кількісно описати нещодавно спостережені спін-селективні властивості молекул ДНК, через які проходить електричний струм, тобто було продемонстровано, що наявність намагніченості не є необхідною умовою спінтронних властивостей речовини. Подальша експериментальна перевірка запропонованої теорії має підтвердити чи спростувати існування деяких передбачених явищ, зокрема періодичності спінової селективності залежно від довжини спіральної структури молекул ДНК.

Найвищим науковим авторитетом для В.М. Локтева завжди був його вчитель О.С. Давидов. Вадим Михайлович органічно сприйняв його стиль роботи, який полягає в глибокому розумінні теоретичної фізики як єдиної світоглядної методології, намаганні знайти істинну простоту різноманітних явищ та конкретне формулювання проблем для їх розв'язання, нелюбов до різного роду загальних моделей і громіздких розрахунків. Пропонуючи нову



Слово вчителя в день його 70-річчя (справа наліво: О.С. Давидов, В.М. Локтев, О.О. Серіков, Н.О. Давидова, Л.С. Брижик). 1982 р.

ідею, він завжди намагається досягти повної концептуальної ясності та адекватності теоретичної техніки поставленій задачі. Найкращі його роботи, де розглядаються фундаментальні питання, завжди націлені і на експериментаторів, стимулюючи їх власні подальші дослідження.

Наукова і науково-організаційна діяльність В.М. Локтева здобула заслужене визнання — його було обрано членом-кореспондентом (1997) і дійсним членом (2003) НАН України, дійсним членом Європейської академії природничих і гуманітарних наук (2001). Його досягнення відзначено Державними преміями в галузі науки і техніки УРСР (1977 і 1990), преміями ім. К.Д. Синельникова АН УРСР (1985) та ім. М.М. Боголюбова НАН України (2006), державними нагородами, серед яких ордени Князя Ярослава Мудрого V (2005) і IV (2012) ступенів. А нещодавно його багатогранна праця на ниві науки дістала ще одне гідне підтвердження: В.М. Локтева було удостоєно Золотої медалі імені В.І. Вернадського — найвищої відзнаки НАН України.

У 1993 р. Вадим Михайлович став завідувачем відділу нелінійної фізики конденсованого стану ІТФ ім. М.М. Боголюбова, у 1997 р. організував роботу і до 2004 р. головував на

наукових сесіях Відділення фізики і астрономії НАН України, у 1998—2003 рр. очолював Міжвідомчу раду з проблеми «Високотемпературна надпровідність» НАН України, а в 2004 р. його обрано академіком-секретарем Відділення фізики і астрономії НАН України. Як керівнику йому притаманні непоказний демократизм, гарне почуття гумору, іронічне сприйняття власних успіхів, уважне і доброзичливе ставлення до колег і співробітників, але, разом з тим, безкомпромісність і принциповість в оцінюванні їхніх наукових результатів. При цьому він завжди щиро сприяє тому, щоб доробок інших учених, насамперед молодих, набував якомога більшої популярності і гідного визнання.

З 2013 р. В.М. Локтев є головним редактором «Великої української енциклопедії» і робить усе від нього залежне для успішного втілення цього багаторічного національного проекту. Він підтримує тісні особисті контакти з провідними українськими вченими, намагаючись долучити їх до цієї важливої для країни справи.

Незважаючи на досить значне адміністративне навантаження, головною справою життя Вадима Михайловича, безумовно, залишається його наукова діяльність. Він постійно обговорює з колегами як свої, так і їхні роботи, прагнучи досягти максимального розуміння будь-якої фізичної проблеми. До його думки, як правило, чіткої та ясно аргументованої, колеги завжди дослухаються і поважають її.

Багато сил і енергії віддає Вадим Михайлович вихованню молоді. І це не пусті слова з нагоди ювілею. Він завідує кафедрою загальної і теоретичної фізики на фізико-математичному факультеті Національного технічного університету України «КПІ». Зберігаючи традиції засновника факультету академіка В.Г. Бар'яхтара, він уважно стежить за науковим зростанням випускників факультету, які присвятили себе науковій роботі, охоче підтримує кожного молодого науковця. Зі своїми учнями він завжди працює особисто, ніколи не бере одночасно більш як одного аспіранта, бо твердо додержується думки, що гарний теоретик — це «штуч-



Засідання Відділення фізики і астрономії НАН України. 2006 р.

ний товар». Продовженням педагогічної діяльності можна вважати його редакторську роботу, вінцем якої стало видання у 2012 р. за його науковою редакцією українського перекладу одного з найкращих у світі підручників з предмета — «Квантової механіки» О.С. Давидова.

Окремо слід відзначити непересічний публіцистичний таланти цієї небагатої до всього, що відбувається в країні та Академії², людини. Через свою неспокійну вдачу Вадим Михайлович щиро відгукується на все, що так чи інакше несправедливо зачіпає академічну спільноту, не може змиритися з фактами неповаги або приниження науковців і освітян, намагається

² До речі, так само емоційно, швидко і майже «безінерційно» він реагує і на те, що відбувається у фізиці, принаймні у близькій йому фізиці твердого тіла, що вже неодноразово і часом небезуспішно дозволяло йому змінювати напрям своїх наукових досліджень.

подолати небезпечне нерозуміння первинної ролі науки, насамперед фундаментальної, у стабільному й успішному розвитку держави. Його численні, наповнені роздумами статті у ЗМІ та виступи з трибун найрізноманітніших зібрань піднімають актуальні проблеми розвитку та захисту науки і часто викликають неабиякий резонанс.

Свій ювілей він зустрічає в гарній у всіх смислах формі, повний задумів та прагнень. Колеги, друзі, учні Вадима Михайловича від усієї душі бажають нових успіхів у його натхненній праці на благо української науки³.

³ До цих побажань приєднується і редакція журналу «Вісник НАН України», а також із задоволенням зазначає, що ціла низка гострих статей ювіляра, в яких він торкається принципових питань дуже непростого сьогодення науково-освітянської сфери і її подальшої долі в нашій незалежній державі, вперше побачили світ на сторінках нашого часопису.



90-річчя академіка НАН України Ю.М. БЕРЕЗАНСЬКОГО

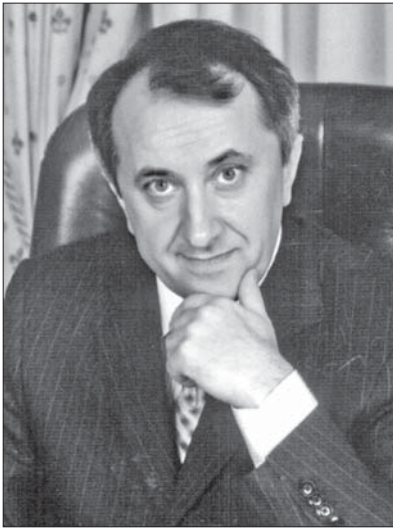
Видатний учений у галузі математики, вчитель кількох поколінь науковців, лауреат Державної премії України та численних премій НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, академік НАН України **Юрій Макарович Березанський** народився 8 травня 1925 р. в Києві. Після закінчення у 1948 р. Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка вступив до аспірантури Інституту математики АН УРСР, у якому незмінно працює донині, пройшовши шлях від молодшого наукового співробітника до завідувача відділу (1965–2001) і головного наукового співробітника (від 2001). Упродовж багатьох років Ю.М. Березанський викладав у вищій школі, підготував 14 докторів і 43 кандидати наук.

За 65 років наукової діяльності Ю.М. Березанський одержав цілу низку визначних результатів у функціональному аналізі, теорії операторів, теорії диференціальних рівнянь та математичній фізиці. Тематика його робіт (понад 260 статей і 6 монографій, перевиданих також англійською мовою) охоплює спектральну теорію самоспряжених операторів, зокрема диференціальних і різницевих, а також комутативних сімей операторів, узагальнені функції, гармонічний аналіз, граничні задачі для диференціальних і різницевих рівнянь, обернені задачі спектрального аналізу, нескінченновимірний аналіз, гіперкомплексні системи.

Двадцять років тому в Києві за ініціативою Ю.М. Березанського було створено англійськомовний міжнародний науковий журнал «Methods of Functional Analysis and Topology». Юрій Макарович є головним редактором цього журналу від дня його заснування.

Інтереси та діяльність Ю.М. Березанського ніколи не обмежувалися лише наукою і викладанням. Він – справжній патріот України, який навіть із ризиком для своєї кар'єри боровся з несправедливістю, підтримував демократичні перетворення, відродження української мови та культури.

Наукова громадськість, колеги та учні вітають Юрія Макаровича з ювілеєм, зичать йому довгих років життя і нових наукових здобутків.



50-річчя академіка НАН України Б.М. ДАНИЛИШИНА

Видатний учений-економіст, доктор економічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, академік НАН України **Богдан Михайлович Данилишин** народився 6 червня 1965 р. у с. Церківна Івано-Франківської області. У 1987 р. закінчив Тернопільський державний педагогічний інститут. З 1988 р. працював у Раді по вивченню продуктивних сил України НАН України, де пройшов шлях від аспіранта до завідувача відділу, заступника голови і голови Ради (2006–2009, 2011). Упродовж 2009–2011 рр. був міністром економіки України. З 2003 р. – член Бюро Відділення економіки НАН України.

У наукових працях Б.М. Данилишина досліджено, узагальнено і обґрунтовано шляхи вирішення структурно-динамічних проблем економіки на сучасному етапі; актуальних завдань з формування ефективної державної регіональної політики, економіки природокористування та розвитку продуктивних сил України в контексті нових економічних і політичних реалій. Важливим напрямом його діяльності є комплексне еколого-економічне, соціально-економічне і науково-технічне прогнозування розвитку національної економіки, наукове обґрунтування механізмів формування цілісної регіональної економічної політики держави, в тому числі – вирівнювання диспропорцій соціально-економічного розвитку регіонів, розвитку депресивних територій, малих монофункціональних міст тощо.

Б.М. Данилишин досяг вагомих результатів у вивченні шляхів забезпечення сталого еколого-економічного розвитку та підвищення ролі регіонів у структурі господарського комплексу держави. Під його науковим керівництвом розроблено концептуальні засади сталого розвитку України, Загальнодержавну програму розвитку малих міст України. Богдан Михайлович брав безпосередню участь у підготовці концепції та стратегії державної регіональної політики, генеральної схеми планування території України, низки нормативно-правових та законодавчих актів з питань розвитку регіонів і територіальних громад, місцевого самоврядування, екологічної політики та природно-техногенної безпеки.



80-річчя члена-кореспондента НАН України В.Г. КУЗНЕЦОВА

Відомий учений у галузі електроенергетики та електротехніки, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, заслужений діяч науки і техніки України, член-кореспондент НАН України **Володимир Григорович Кузнецов** народився 1 червня 1935 р. Після закінчення у 1958 р. Київського політехнічного інституту (КПІ) працював у проектному інституті Київського раднаргоспу і на кафедрі теоретичних основ електротехніки КПІ. З 1966 р. і понині він працює в Інституті електродинаміки НАН України, де обіймав посади завідувача відділу оптимізації систем електропостачання (1980–2007) і заступника директора з наукової роботи (1987–2003), а з 2007 р. є головним науковим співробітником.

Наукова діяльність В.Г. Кузнецова пов'язана з оптимальним управлінням електромагнітними процесами в багатофазних системах з джерелами несиметричних, нелінійних і швидкозмінних спотворень. У рамках цього напрямку виконано фундаментальні та прикладні дослідження з комплексного підвищення якості електроенергії в мережах різного ієрархічного рівня і зменшення її втрат; забезпечення електромагнітної сумісності споживачів у системах загального та автономного електропостачання; енергоощадного керування режимами електричних мереж; аналізу та обмеження сталих і квазістаціонарних резонансних, ферорезонансних і аномальних перенапруг в електричних мережах високої і надвисокої напруги. Запропоновані моделі, методи та пристрої одержали широке впровадження в Україні та інших країнах.

В.Г. Кузнецов є автором понад 430 публікацій, серед яких 10 монографій і 60 авторських свідоцтв та патентів (США, СРСР, Україна, Азербайджан). Серед його учнів 3 доктори і 27 кандидатів технічних наук.

За значний внесок у розвиток вітчизняної науки В.Г. Кузнецова нагороджено медалями та численними відзнаками, йому присуджено премії НАН України ім. Г.Ф. Проскури та ім. С.О. Лебедева, Міжнародну премію президентів НАН України, Білорусі та Молдови.



60-річчя члена-кореспондента НАН України М.Ю. КУЗНЕЦОВА

Відомий учений у галузі математичної теорії надійності складних систем, доктор технічних наук, член-кореспондент НАН України, лауреат Державної премії України та премії ім. В.М. Глушкова НАН України **Микола Юрійович Кузнецов** народився 30 травня 1955 р. у Києві. У 1976 р. закінчив Київський національний університет імені Тараса Шевченка. З 1979 р. працює в Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, пройшовши шлях від молодшого до провідного наукового співробітника.

М.Ю. Кузнецов запропонував принципово новий підхід до розв'язання комбінаторних задач великої розмірності, що мають широке коло застосувань при вирішенні проблем захисту інформації. Сумісне використання спеціальних методів прискореного моделювання і суперкомп'ютера СКІТ-4 дозволило знайти розв'язок деяких комбінаторних задач такої розмірності, для якої не існує жодних результатів у світовій науковій літературі. Сукупність запропонованих методів лежить в основі нового перспективного наукового напрямку дослідження комбінаторних задач великої розмірності.

Упродовж багатьох років Микола Юрійович займається створенням і впровадженням аналітико-статистичних методів аналізу надійності складних систем відповідального призначення (систем захисту ядерних реакторів, корабельних енергетичних установок, супутників тощо). Завдяки розробці і використанню в алгоритмах спеціальних аналітичних перетворень вдалося значно скоротити витрати часу на моделювання. Ці методи одержали практичне застосування під час дослідження надійності корабельних енергетичних систем та при оцінці ефективності функціонування супутника.

М.Ю. Кузнецов є автором понад 120 наукових праць, серед яких 7 монографій. У 1990 р. він отримав стипендію Фонду Олександра фон Гумбольдта (Німеччина), неодноразово здобував гранти від Royal Society (Велика Британія), працював у Ядерному центрі KFA (м. Юліх), науковому центрі GRS (м. Гархінг), дослідницькому центрі STORM (Університет Північного Лондона) та університеті ETH Zürich (Швейцарія).



50-річчя члена-кореспондента НАН України С.Я. КОЦЯ

Відомий учений у галузі фізіології рослин, біологічної фіксації азоту, генетичної інженерії азотфіксувальних мікроорганізмів, доктор біологічних наук, професор, лауреат Державної премії України і премій ім. М.Г. Холодного та ім. Д.К. Заболотного НАН України, член-кореспондент НАН України **Сергій Ярославович Коць** народився 14 травня 1965 р. на Львівщині. У 1987 р. закінчив Львівський сільськогосподарський інститут. З 1990 р. працює в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України, упродовж 1997–2002 рр. обіймав посаду вченого секретаря, а з 2002 р. і до сьогодні є заступником директора Інституту з наукової роботи і водночас очолює відділ симбіотичної азотфіксації.

Наукові інтереси С.Я. Коця зосереджені на з'ясуванні фізіолого-біохімічних і молекулярно-генетичних особливостей взаємодії азотфіксувальних мікроорганізмів із рослинами, створенні нових штамів методами генетичної інженерії та класичної селекції, а також на дослідженні еколого-генетичних основ конструювання ефективних рослинно-мікробних систем, розробленні заходів з оптимізації й активізації процесу біологічної фіксації азоту атмосфери з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур в умовах виробництва. Його наукові роботи істотно поглиблюють уявлення про роль лектинів у функціонуванні симбіотичних систем бобових рослин. Вагомі досягнення Сергія Ярославовича пов'язані з протеомними дослідженнями симбіотичних систем і білок-білкових взаємодій при формуванні та функціонуванні рослинно-мікробних угруповань, вивченням взаємозв'язку азотфіксації, фотосинтезу й дихання, впливу мінерального азотного живлення та регуляторів росту рослин на інтенсивність цих процесів у бобових культур.

С.Я. Коць є автором понад 400 наукових праць, серед яких 9 монографій, авторське свідоцтво та 16 патентів України на винаходи. Він – віце-президент Українського товариства фізіологів рослин, заступник головного редактора журналу «*Фізіологія рослин і генетика*». Під його керівництвом захищено 1 докторську і 9 кандидатських дисертацій.

CONTENTS

EVENTS

IX Ukrainian Festival of Science 3

OFFICIAL SECTION

From the Conference hall of Presidium of NAS of Ukraine (April 29, 2015) 6

SCIENTIFIC REPORTS

V.F. Chekhun. State and prospects of implementation of nanotechnology in biology and medicine (*information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, April 29, 2015*) 11

G.V. Lysychenko. Problems of chemical radiation safety of Ukraine (*information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, April 29, 2015*) 20

SCIENCE AND SOCIETY

O.V. Makarova. Housing conditions as a key aspect of quality of life in Ukraine 28

ARTICLES AND REVIEWS

Yu.V. Malyukin, S.L. Yefimova, T.N. Tkacheva, G.V. Grygorova. Ordered adsorption of organic molecules on inorganic nanoparticles 34

I.M. Naumko, M.I. Pavlyuk, Yo.M. Svoren, M.I. Zubyk. Methane of gas-coal fields — powerful additional source of hydrocarbons in Ukraine 43

O.A. Krut', N.I. Dunayevska. Problems of high chlorine coal in Ukraine 55

YOUNG RESEARCHERS

A.V. Baval. Development of production biotechnology of plants resistant to stressors (*information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, March 11, 2015*) 61

M.V. Bilous. Information technology for simulation of spatial dynamics of groundwater in naturally complex geological environments (*information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, March 11, 2015*) 68

SCIENTOMETRICS AND PUBLISHING

V.M. Goroviy. Quality criteria for research in the context of national interest 74

SCIENTIFIC HERITAGE

A.O. Korsun. Secular variation of polar motion (*to the 135th anniversary of Academician O.Ya. Orlov*) ... 81

A.V. Tanshina. Endgame: Niels Bohr & Lev Landau (*to the 130th anniversary of Nobel laureate Niels Bohr*) 85

SCIENTIFIC DIRECTIONS

M.M. Shatalov. Creators of tectoorogeny. The teacher and the student (*to the 110th anniversary of Academician V.G. Bondarchuk and the 90th anniversary of Academician I.I. Chebanenko*) 89

PEOPLE OF SCIENCE

I.V. Sergienko. Devotion to science (*to the 80th anniversary of Academician of NAS of Ukraine A.A. Letichevsky*) 96

O.I. Skopnenko. Path and vocation (*to the 80th anniversary of Academician of NAS of Ukraine G.P. Pivtorak*) 102

N.I. Grigorchuk, E.A. Ponezha. A man not indifferent (*to the 70th anniversary of Academician of NAS of Ukraine V.M. Loktev*) 109

CONGRATULATIONS

To the 90th anniversary of Academician of NAS of Ukraine Yu.M. Berezansky 114

To the 50th anniversary of Academician of NAS of Ukraine B.M. Danylyshyn 115

To the 80th anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine V.G. Kuznetsov 116

To the 60th anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine M.Yu. Kuznetsov 117

To the 50th anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine S.Ya. Kots 118

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

Видавець — Видавничий дім «Академперіодика» НАН України
вул. Терещенківська, 4, Київ, 01004, Україна

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

Редактори:

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: www.visnyk-nanu.org.ua

Технічний редактор *Т.М. Шендерович*
Комп'ютерне верстання *В.М. Каніщева*

Підписано до друку 10.06.2015. Формат 84 × 108/16. Гарн. Петербург.
Ум. друк. арк 12,39. Обл.-вид. арк. 13,01. Тираж 298 прим. Зам. 4247.

Видавець і виготовлювач Видавничий дім «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, 2015

© Академперіодика, 2015