

# 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

7  
2015

# ЗМІСТ

## ІНТЕРВ'Ю

Відсутність наукового обґрунтування — проблема законотворчого процесу в Україні (*інтерв'ю з академіком НАН України Ю.С. Шемшученком*) ..... 3

## ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (13 травня 2015 р.) ..... 8

## З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

**Гець В.М.** «Інноваційна Україна — 2020»: основні положення Національної доповіді (*стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 травня 2015 р.*) ..... 14

**Снежкін Ю.Ф.** Енергоощадні теплонасосні технології для систем теплопостачання житлово-комунального господарства і промисловості (*за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 травня 2015 р.*) ..... 23

## СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

**Дубина Д.В., Кордюм Є.Л.** Пластичність онтогенезу судинних рослин: молекулярні, клітинні, популяційні та ценотичні аспекти ..... 32

**Чекман І.С., Горчакова Н.О., Раслін К.Б.** Нанокарбон: фармакологічні та токсикологічні властивості ..... 41

**Горобець О.Ю.** Біомагнетизм і біогенні магнітні наночастинки ..... 53

## МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО

**Руденко Л.Г., Маруняк Є.О., Голубцов О.Г., Лісовський С.А., Чехній В.М., Фаріон Ю.М.** Європейські інноваційні проекти в Україні ..... 65

## НАУКОВІ ФОРУМИ

**Радченко А.І.** Наукова періодика: традиції та інновації (*V Науково-практична конференція*) ..... 75

## НАУКОМЕТРІЯ І ВИДАВНИЧА СПРАВА

**Пащенко В.М.** Термінологічні відмінності об'єктно-сутнісної та предметно-знаннєвої вербальних наукових субмов ..... 79

## РЕЦЕНЗІЇ

**Степовик Д.В.** Таємничий світ давньої української гравюри (*рецензія на книгу «Мідні гравірувальні дошки українських друкарень XVII—XIX століть у фондах Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського»*) ..... 87

## НАУКОВА СПАДЩИНА

**Таньшина А.В.** «Це у вас добрі новини» (до 90-річчя від дня народження академіка НАН України Д.В. Волкова) ..... 95

## ЛЮДИ НАУКИ

**Кунцевич В.М., Кривонос Ю.Г.** Все наше життя — динамічна гра (до 70-річчя члена-кореспондента НАН України А.О. Чикрія) ..... 101

Немає іншого місця, де б моя робота і моє хобі зустрілися і поєдналися так тісно... (до 60-річчя члена-кореспондента НАН України Т.І. Гундорової) ... 105

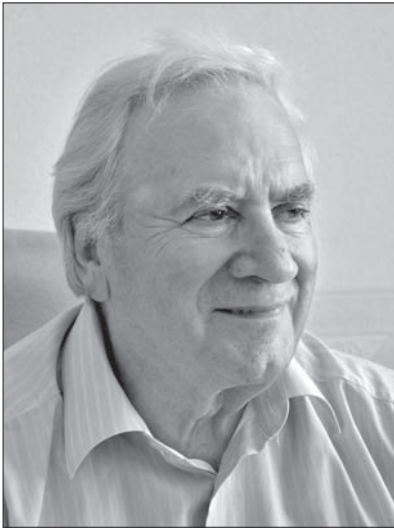
## ВІТАЄМО

70-річчя академіка НАН України О.О. Кришталя 111

70-річчя члена-кореспондента НАН України Ю.Г. Лисенка ..... 112

## НОВИНИ НАУКИ

Дані ДНК-досліджень висвітлюють таємниці бронзової доби ..... 113



## ВІДСУТНІСТЬ НАУКОВОГО ОБҐРУНТУВАННЯ – ПРОБЛЕМА ЗАКОНОТВОРЧОГО ПРОЦЕСУ В УКРАЇНІ

Інтерв'ю з академіком НАН України  
Ю.С. Шемшученком

*Про стан фундаментальних теоретико-методологічних та прикладних досліджень у галузі державно-правового будівництва в Україні, про проблеми законотворчого процесу в державі, про основні напрями розвитку правознавства в Україні ми говорили з директором Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України, видатним українським правознавцем, талановитим організатором юридичної науки і освіти, академіком Національної академії наук України та Національної академії правових наук України Юрієм Сергійовичем Шемшученком.*

**– Юрію Сергійовичу, Ви, як визнаний фахівець у галузі конституційного права, є активним учасником сучасного конституційного процесу в Україні. Ви входили до складу багатьох конституційних комісій та робочих груп з розроблення проекту Основного Закону та в подальшому з підготовки змін до чинної Конституції України і знаєте цей процес, так би мовити, зсередини. Чому, на Вашу думку, формування українського конституціоналізму відбувається так складно і повільно?**

– Так, я вже давно в конституційному процесі, брав участь у багатьох конституційних комісіях. Спостерігаючи за їх роботою, я дійшов висновку, що найголовнішою проблемою є відсутність загальної методології розроблення Основного Закону. Навіть на рівні робочих груп кожен тягне ковдру на себе, не кажучи вже про обговорення у Верховній Раді, де політичні мотиви і бажання домогтися якомога більших повноважень лише посилюються. А для ефективної роботи потрібна насамперед належна наукова основа. На мою думку, саме те, що у складі конституційних комісій було дуже мало або взагалі не було науковців і профільних фахівців, негативно позначалося на результатах їх діяльності.

У травні 2012 р. з метою проведення системної конституційної реформи було створено Конституційну Асамблею під головуванням першого Президента України Л.М. Кравчука. Чим вона відрізнялася від усіх попередніх конституційних комісій? Передусім тим, що основною її функцією була підготовка концепції і проекту Закону України «Про зміни до Конституції України» на *суто наукових засадах*. Такого унікального органу в нас ще не було. До складу Конституційної Асамблеї входили переважно фахівці-правознавці. Серед 100 її членів 20 були представниками НАН України, а от політиків майже зовсім не було. Уперше в Україні для розроблення змін до Основного Закону було так широко залучено наукову громадськість, і це дало змогу налагодити роботу максимально ефективно, прозоро і демократично, або, як нині прийнято говорити, на транспарентних засадах.

Високий науковий потенціал Конституційної Асамблеї дозволив за два роки виробити виважену і збалансовану концепцію оновлення Конституції. Взагалі, саме на таких принципах має розпочинатися робота над будь-яким законопроектом, не лише над Конституцією.

**— І як складається подальша доля цієї концепції?**

— Усі наші напрацювання ми передали до нинішньої Конституційної комісії. Однак її склад кардинально відрізняється від складу Конституційної Асамблеї. Прийшли нові, молоді, азартні люди, які хочуть працювати, хочуть зробити все якнайшвидше, але, на жаль, не мають належного досвіду. Звісно, мені б дуже хотілося, щоб наші напрацювання використовувалися якомога більше, тому що вони дійсно корисні й добре науково обґрунтовані. Найголовніше, що ця концепція вибудовувалася на комплексному підході, і нам вдалося пов'язати між собою всі розділи Основного Закону. А нинішня комісія має дещо інший підхід, заснований на точковому принципі, тобто її робота більшою мірою спрямована на зміни в окремих статтях.

Зараз виокремлено три групи питань, які потребують змін: 1) права людини; 2) децентралізація управління, насамперед місцевого; 3) судова влада. Усі ці питання, безумовно, важливі, але статті, які їх регулюють, мають безпосередні зв'язки з багатьма іншими розділами Конституції. Пропонуючи певні зміни, потрібно завжди мати на увазі, що вони повинні узгоджуватися із загальною структурою, інакше закон не буде гармонійним і не зможе ефективно працювати. І тоді через короткий час знову постане питання про необхідність внесення змін.

**— Чи не нагадує це ямковий ремонт наших автошляхів?**

— Так. Причому такі ситуації вже неодноразово виникали. Ось, наприклад, у 1996 р. Парламент прийняв Конституцію України. Наступного, 1997 року в нашому Інституті відбувся семінар щодо реалізації положень нової Конституції, на якому виступив Голова Верховної Ради того ж самого скликання, що ухвалювала Основний Закон, Олександр Олександрович Мороз. Він піддав нищівній критиці низку положень Конституції. Тобто ще й року не минуло від ухвалення Закону, а всім уже зрозуміло, що він не працює. Про що це говорить? Про недосконалість механізму розроблення законопроектів.

Сьогодні у всіх на вустах питання децентралізації влади. Я майже впевнений, що закони, які ми ще тільки маємо прийняти найближчим часом, невдовзі почнуть жорстко критикувати, оскільки ну ніяк не зможе централізована державна система нормально працювати в умовах децентралізації. Потрібна дуже тонка і виважена перебудова всього масиву законодавства, ми маємо знайти розумний баланс між централізацією і децентралізацією влади. До того ж добре відомо, що хороші закони нашвидкуруч не роблять.

Загалом системною проблемою законотворчого процесу в Україні є відсутність наукового обґрунтування і методології розроблення законопроектів. Звідси й тягнуться всі негаразди. У нас є закони, в які вже було внесено по

40–50 поправок, причому здебільшого зміни мають точковий, несистемний характер. А закон передусім має діяти стабільно.

**— Юрію Сергійовичу, а як складалася в Україні наукова школа з конституційного права?**

— Наукову школу в цій галузі започаткував видатний правознавець-конституціоналіст Анатолій Павлович Таранов. Він був визнаним лідером у конституційному праві, причому не лише в Україні. Учні Анатолія Павловича, Віктор Федорович Погорілко, Вадим Борисович Авер'янов та багато інших, його послідовники гідно продовжили його справу. Зараз відділ конституційного права та місцевого самоврядування нашого Інституту працює в усіх напрямках конституційного права, випускає велику кількість монографій, підручників, регулярно проводить наукові заходи. Так, до Дня Конституції ми плануємо конференцію, на якій, до речі, розглядатимемо чинну Конституцію і обговорюватимемо, чи така вже вона у нас погана.

**— Молодь йде до вас?**

— Ну, хоч з цим проблем немає. Ще в 1995 р. ми створили унікальний науково-навчальний заклад, підпорядкований НАН України, — Київський університет права (спочатку він називався Вища школа права при Інституті держави і права ім. В.М. Корецького НАН України). Зараз його очолює Юрій Ладиславович Бошицький. І це наша справжня кадрова скарбничка. Більшість викладачів Університету є співробітниками нашого Інституту, що дає змогу забезпечити навчальний процес на найвищому фаховому рівні. Багато студентів, завершуючи навчання, потім ідуть до нас в аспірантуру і залишаються працювати в Інституті.

20-річний досвід роботи Університету переконливо засвідчив, що така форма вищого навчального закладу виявилася дуже вдалою спробою поєднання науки і освіти. Тому і на Загальних зборах Академії, і на засіданнях Президії НАН України я неодноразово ставив питання про створення Гуманітарного універ-

ситету НАН України. Я переконаний, що це потрібно зробити, особливо з огляду на нинішні реалії. Саме у такий спосіб ми зможемо побудувати науково-освітній комплекс нового, європейського типу.

**— Юрію Сергійовичу, я знаю, що, захистивши кандидатську дисертацію із забезпечення законності в діяльності місцевих органів, Ви потім різко змінили проблематику своїх досліджень і зацікавилися екологічним правом. Чому так сталося?**

— Так, дійсно, майже 20 років на початку своєї наукової діяльності я присвятив екологічному праву. У 1970 р. я завершив навчання в аспірантурі й захистив кандидатську дисертацію під керівництвом Анатолія Павловича Таранова. Одного разу тодішньому директору Інституту Володимирі Михайловичу Корецькому зателефонував Борис Євгенович Патон і запропонував започаткувати дослідження з теорії природоохоронного права. Тоді в СРСР вже діяв Закон про охорону природи, але головну роль у ньому відігравав природоресурсний підхід, не було концепції охорони навколишнього середовища, не було взагалі сучасного розуміння екологічного права. Ініціатором розвитку цього напрямку юриспруденції був Василь Лук'янович Мунтян. І коли мені і Віктору Федоровичу Погорілку запропонували зосередитися на дослідженнях правових питань охорони природи, ми погодилися.

**— Не страшно було братися за нову, нерозроблену проблематику?**

— Ні, не страшно. Я розумів, що це набагато цікавіша тема, ніж прокурорський нагляд, і крім того, інтуїтивно відчував, що за цим напрямком майбутнє. В Інституті активно почали розвиватися дослідження з охорони навколишнього середовища, сформувалася наукова група, яка згодом виокремилася у самостійний відділ, і так поступово склалася потужна наукова школа, яку визнали навіть у Москві. Ми дійсно підготували усе перше покоління фахівців з екологічного права.

І зараз ця тематика залишається дуже «живою» гілкою права. Моя мета — домог-

тися прийняття двох нормативних актів. Це, по-перше, на національному рівні ухвалення Екологічного кодексу. Україна ще й досі живе за радянськими законами про охорону навколишнього середовища. Ми вже давно в нашому Інституті розробили проект такого кодексу, передали його до Верховної Ради, але він там лежить і донині. Лежить уже так довго, що за окремими пунктами той законопроект вже встиг застаріти, і багато в чому ми вже його переписали. Проте я не втрачаю надії, що Екологічний кодекс врешті-решт з'явиться в Україні.

Другий документ — це Екологічна конституція Землі, глобальний нормативний акт регуляції світового порядку. В основі цих двох актів лежить невід'ємне *право людини на безпечне довкілля*, і наше завдання полягає в тому, щоб створити дієві механізми забезпечення цього права. Проблему цю потрібно вирішувати комплексно, оскільки вона містить у собі дуже багато найрізноманітніших аспектів. Свого часу я виступав в ООН на засіданні Шостого комітету (Комітет з правових питань Генасамблеї ООН), яке було присвячене розгляду основних принципів Екологічної конституції Землі. Реакція представників різних країн майже однакова — всі кивають головами, ніби погоджуються, але ж я розумію, що у світі ще немає належного консенсусу щодо розв'язання цієї проблеми. Багаті країни не хочуть цим перейматися, оскільки цей акт регулює не лише природоохоронну діяльність, а й зачіпає сфери економічних інтересів. Бідним країнам взагалі не до екології, перед ними стоять більш насущні питання — як нагодувати населення і забезпечити його мінімальні потреби. Окремі екологічні питання глобального рівня все ж таки вдається поступово розв'язувати, але всі вони мають обмежений, точковий характер. Поки що у світі відсутній механізм нагляду за екологічною ситуацією. Створена з цією метою при ООН організація ЮНЕП не має відповідних повноважень і, найголовніше, належного фінансування. Отже, на сьогодні людство ще не готове витратити кошти на охорону довкілля. На міжнародному рівні ще немає повного ро-

зуміння самої сутності проблеми, не кажучи вже про шляхи її вирішення. Однак процес триває, і будемо сподіватися, що рано чи пізно він принесе свої плоди.

— ***Розкажіть, будь ласка, як проходило становлення космічного законодавства в Україні.***

— Після розпаду Радянського Союзу Україна позиціонувала себе як космічна держава, але для здійснення космічної діяльності нашою країною як самостійним суб'єктом міжнародного права належного правового підґрунтя не було взагалі. За часів СРСР все космічне законодавство було зосереджене на загальносоюзному рівні, тому після здобуття Україною незалежності у цій сфері одразу виникло безліч юридичних проблем. Найгірше, що ми не мали кваліфікованих кадрів космічно-правової спрямованості, у вищих навіть не було такої дисципліни. У 1998 р. ми створили в Інституті Міжнародний центр космічного права, який спрямував свою діяльність на вирішення фундаментальних і прикладних завдань розвитку й реалізації національного космічного права з метою забезпечення економічної ефективності вітчизняної космічної галузі, а також на підготовку фахівців з цього напрямку юриспруденції. Ми тісно співпрацюємо з Державним космічним агентством України, беремо безпосередню участь у розробленні та експертизі нормативно-правових актів у сфері космічної діяльності, готуємо підручники та навчальні посібники для вищої школи. Але проблем ще багато. Ми й досі не можемо домогтися, щоб космічне право стало ваківською спеціальністю. Чим далі розвивається людство, тим інтенсивніше освоюється близький і далекий космос, а ми вже почали сильно відставати в цій сфері...

— ***Юрію Сергійовичу, у Вашій багатогранній науковій діяльності не останнє місце посідають історико-правові дослідження. Це так?***

— У нашому Інституті традиційно так склалося, що історії правознавства завжди приділялося багато уваги. Засновника нашої уста-

нови Володимира Михайловича Корецького прийнято було позиціонувати як фахівця в галузі міжнародного права, однак сам він вважав себе передусім істориком юриспруденції. Зараз в Інституті працює досить потужний відділ історико-правових досліджень, першим керівником якого був Борис Мусійович Бабій. Ми пишаємося тим, що свого часу зробили велику справу, відновивши, так би мовити, чесне ім'я третього президента нашої Академії Миколи Прокоповича Василенка.

Ми підготували і опублікували 10-томну «Антологію української юридичної думки», яка увібрала в себе найкращі надбання вітчизняних правознавців за два з половиною століття. Побачила світ унікальна пам'ятка українського права першої половини XVIII ст. «Права, за якими судиться малоросійський народ». Ця збірка правових норм упродовж 15 років розроблялася спеціальною комісією, яка працювала у місті Глухові — столиці Гетьманщини. До речі, нещодавно, наприкінці травня, я в складі поважної делегації був у Глухівському національному педагогічному університеті імені Олександра Довженка, де ми відкрили музей історії українського козацького права XVII—XVIII ст. і створили науково-методичний Центр історії права Гетьманщини. Вважаю, що ця подія матиме велике регіональне значення. Взагалі мій досвід роботи над історичними правовими документами засвідчує, що знання про стан справ, наприклад, у судовій системі минулих століть — це надзвичайно корисні набутки для розвитку сучасного правознавства.

**— Юрію Сергійовичу, і на завершення нашої розмови скажіть, будь ласка, як Ви ставитесь до останнього проекту змін до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність»?**

— Я завжди був упевнений і продовжую наполягати на тому, що нам потрібно приймати закон про Національну академію наук України. Цю думку я відстоюю вже десять років поспіль, але, на жаль, бачу, що зараз ухвалення такого закону ще не на часі. І в державі, і в суспільстві в цьому питанні поки ще немає розуміння. За підсумками Парламентських слухань 2014 р. було рекомендовано підготувати окремий проект закону щодо діяльності НАН України, але в кінцевому підсумку все звелось до змін до Закону «Про наукову і науково-технічну діяльність». МОН України, який і розробляв останній проект змін, ясна річ, робив його під себе, щоб максимально сконцентрувати на собі повноваження щодо керування науковою діяльністю в державі.

Взагалі, я вважаю, що навіть якщо вдасться прийняти нову редакцію Закону «Про наукову і науково-технічну діяльність» з урахуванням усіх поправок, запропонованих Академією, це не вирішить до кінця всіх проблем, пов'язаних з регулюванням наукової діяльності. Через деякий час ми знову будемо змушені повертатися до цього питання. Потрібен закон про Національну академію наук України, тому ми й надалі наполегливо відстоюватимемо цю точку зору.

*Розмову вела  
Олена МЕЛЕЖИК*

- *Про Національну доповідь «Інноваційна Україна – 2020» (доповідач – академік НАН України В.М. Гець)*
- *Енергоощадні теплонасосні технології для систем теплопостачання житлово-комунального господарства і промисловості (доповідач – член-кореспондент НАН України Ю.Ф. Снежкін)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач – академік НАН України В.Л. Богданов)*
- *Кадрові та поточні питання*

## ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

13 травня 2015 року

---

Перед початком засідання Президії НАН України президент НАН України академік Б.Є. Патон вручив відзнаку Національної академії наук України «За підготовку наукової зміни» академіку НАН України В.М. Локтеву.

\* \* \*

На засіданні Президії НАН України 13 травня 2015 р. члени Президії НАН України та запрошені заслухали наукову доповідь академіка НАН України **Валерія Михайловича Гейця** про основні положення Національної доповіді «Інноваційна Україна – 2020» (докладніше див. с. 14).

У доповіді йшлося, що в останні десятиріччя проблеми формування та реалізації інноваційної політики актуалізуються дедалі більше, оскільки в сучасному світі саме інновації стають основою прискореного соціально-економічного розвитку. Сьогодні в найбільш розвинених країнах світу сформувалися і постійно удосконалюються механізми управління інноваційною та науково-технічною діяльністю, що забезпечують цим державам конкурентні переваги на світових ринках і сприяють вирішенню складних соціальних, екологічних та політичних проблем.

У цьому контексті ситуація в інноваційній сфері в Україні є вкрай небезпечною. У роки незалежності цілеспрямована інноваційна політика в країні практично не проводилася. Більше того, за цей період рівень інноваційної активності підприємств істотно знизився, держава втратила цілі сектори високотехнологічних виробництв, конкурентоспроможність більшості вітчизняних компаній є дуже невисокою. Витрати на наукові дослідження, як частка від ВВП, зменшилися за чверть століття приблизно в 4 рази, а з огляду на скорочення розмірів валового внутрішнього продукту реальні обсяги фінансування науки були ще меншими. Саме тому підготовка представленої доповіді була зумовлена потребою якнайшвидшої зміни засад еко-



номічного розвитку та необхідністю створення умов для активного використання можливостей вітчизняного науково-технічного та інноваційного потенціалу.

Нинішня криза продемонструвала всю небезпеку і безперспективність орієнтації на експортно-сировинну модель розвитку та використання переваг, пов'язаних із відносно низькою вартістю робочої сили. Терміни переходу на траєкторію стійкого зростання залежать від того, наскільки будуть задіяні можливості технологічної модернізації виробництва та широкого використання інновацій у всіх секторах національної економіки. Інноваційний тип розвитку вимагає суттєвих перетворень в інституційному середовищі ведення бізнесу в Україні, формування сприятливого інноваційного клімату, активізації наукових досліджень, здійснення прориву у сфері застосування сучасних інформаційних і комунікаційних технологій. Лише за умови підвищеної уваги до питань інноваційного розвитку Україна зможе подолати серйозне відставання від розвинених країн світу за рівнем інноваційної активності підприємств.

У підготовленій Національній доповіді дано оцінку стану інноваційної сфери в Україні, визначено основні проблеми і бар'єри, що гальмують інноваційну діяльність, обґрунтовано стратегічні напрями інноваційного розвитку держави, розроблено конкретні пропозиції щодо його стимулювання в умовах подальшої інтеграції України в європейський економічний і науково-технологічний простір.

У підготовці Національної доповіді взяли участь Державна установа «Інститут економіки та прогнозування НАН України», Інститут демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, а також фахівці Інституту молекулярної біології і генетики НАН України, Центру інтелектуальної власності і передачі технологій НАН України, міністерств освіти і науки та економічного розвитку і торгівлі України, Українського інституту науково-технічної та економічної інформації та ін. У до-



Виступ академіка НАН України  
Валерія Михайловича Гейця

повіді наведено узагальнені результати наукових досліджень, отримані під час виконання у 2014 р. дослідницьких проектів установ НАН України у галузі соціогуманітарних наук.

Вирішення завдань переходу на інноваційний шлях розвитку вимагає, зокрема від НАН України, здійснення системних аналітичних досліджень і відповідних прогнозних оцінок, особливо щодо виявлення можливостей і напрацювання пропозицій з ефективного використання та послідовного нарощування потенціалу національної інноваційної системи. Тематика, зміст і методичний інструментарій цих досліджень мають визначитися насамперед потребами суспільної практики і мати як суто науковий, так і практичний аспекти.

На реалізацію багатьох перелічених завдань спрямована Концепція розвитку Національної академії наук України на 2014–2023 рр. Особлива увага також має бути приділена виконанню завдань, покладених на НАН України дорученням Кабінету Міністрів України від 31.03.2015 № 7773/1/1-15 до Постанови Верховної Ради України від 11.02.2015 № 182-VIII «Про Рекомендації парламентських слухань на тему: «Про стан та законодавче забезпечення розвитку науки та науково-технічної сфери держави», зокрема в частині внесення змін до низки законодавчих актів, що регулюють науково-технічну та інноваційну діяльність, і розробленню пропозицій щодо посилення



Виступ члена-кореспондента НАН України  
Юрія Федоровича Снежкіна

інноваційної спрямованості економічної політики Уряду при підготовці Стратегії розвитку України на інноваційній основі на тривалу перспективу (понад 20 років).

Формування стратегії інноваційного розвитку передбачає радикальні зрушення у парадигмі розвитку і відповідає завданням євроінтеграції України. Складність і системний характер проблем інтенсифікації інноваційних процесів зумовлюють необхідність розроблення організаційно-економічного механізму формування інноваційної стратегії держави на основі використання потенціалу вітчизняної науки, зокрема академічної, створення умов для широкого застосування інновацій у різних секторах економіки.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, заступник голови Комітету Верховної Ради України з питань науки і освіти, голова Тимчасової спеціальної комісії Верховної Ради України з питань майбутнього О.О. Скрипник; президент Українського союзу промисловців і підприємців А.К. Кінах; голова Ради незалежної асоціації банків України Р.В. Шпек; директор департаменту інноваційної діяльності та трансферу технологій Міністерства освіти і науки України В.С. Шовкалюк; віце-президент НАН України, директор Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України академік

А.Г. Загородній; директор Головної астрономічної обсерваторії НАН України академік Я.С. Яцків, голова Північно-східного наукового центру НАН України та МОН України, голова ради директорів Науково-технологічного комплексу «Інститут монокристалів» НАН України академік В.П. Семиноженко, академік-секретар Відділення фізики і астрономії НАН України академік В.М. Локтєв.

Президія НАН України зазначила, що заслухана доповідь у черговий раз засвідчує, що зусиллями академічної науки можна створювати серйозні прогностичні і програмні документи, які глибоко і неупереджено розкривають загальну картину і окреслюють головні завдання, що стоять перед державою та суспільством. У цілому Президія НАН України схвалила підготовлену Секцією суспільних і гуманітарних наук НАН України Національну доповідь «Інноваційна Україна – 2020» та ухвалила відповідний проект постанови.

\* \* \*

Далі учасники засідання заслухали наукову доповідь заступника директора Інституту технічної теплофізики НАН України члена-кореспондента НАН України **Юрія Федоровича Снежкіна** на тему «**Енергоощадні теплонасосні технології для систем теплопостачання житлово-комунального господарства і промисловості**» (докладніше див. с. 23).

Використання при виробництві теплової енергії теплонасосних установок на основі зворотного термодинамічного циклу, які застосовують відновлювану теплову енергію з навколишнього середовища і вторинних енергоносіїв, дає змогу більш ніж утричі зменшити споживання первинної енергії порівняно з традиційним теплопостачанням.

Енергетичною стратегією України на період до 2030 року передбачено забезпечити виробництво у 2030 р. 13,9–38,7 млн Гкал тепла завдяки використанню теплонасосних установок. Загальний технічно досяжний потенціал енергозбереження в Україні від впровадження теплонасосних технологій становить 26 млн т умовного палива на рік.

Інститут технічної теплофізики НАН України розробив та апробував у промисловості і комунальному господарстві серію новітніх зразків енергоефективного обладнання для генерування, транспортування і використання теплової енергії. Зокрема, в м. Краматорськ Донецької області на підприємстві «Краматорськміжрай-тепломережа» вперше в Україні впроваджено теплонасосну систему гарячого водопостачання тепловою потужністю 1,4 МВт. У м. Ніжин на Державному підприємстві «НВК «Прогрес» розроблено та впроваджено тепловий насос потужністю 100 кВт для системи теплопостачання виробничих приміщень. У с. Соколівка в рамках виконання науково-технічного проекту НАН України створено дослідну лабораторію теплонасосного теплопостачання на базі школи підвищення кваліфікації наукових кадрів Інституту технічної теплофізики НАН України. Обладнання лабораторії використовується для опалення і гарячого водопостачання приміщень школи. На підприємствах України та В'єтнаму впроваджено розроблені й виготовлені в Інституті енергоефективні теплонасосні сушарки плодоовочевої сировини потужністю 0,3–0,7 кВт·год на 1 кг випаруваної вологи.

Фахівці Інституту взяли участь у розробленні затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 17.10.2013 № 948 Програми модернізації систем теплопостачання на 2014–2015 рр., одним із основних завдань якої є зниження використання природного газу та підтримка вітчизняного виробництва енергоефективного обладнання, в тому числі з використанням теплонасосних технологій. Проте зазначена Програма виконується не в повному обсязі через відсутність фінансування, у зв'язку з чим рівень застосування теплонасосного енергетичного обладнання в Україні залишається незадовільним. Для вирішення цієї проблеми Інститут налагоджує контакти з китайською компанією «Baolianhua Renewable Energy Co. Limited», яка є потенційним інвестором проектів з виробництва теплонасосних установок в Україні.

На початку 2015 р. за ініціативою Інституту було створено Національну асоціацію України

з теплових насосів з метою заохочення їх використання та сприяння впровадженню теплонасосних технологій в Україні.

Під час обговорення доповіді виступили академік НАН України Б.Є. Патон, заступник директора Інституту відновлюваної енергетики НАН України доктор технічних наук С.О. Кудря, заступник директора департаменту житлово-комунального господарства, енергетики та енергоефективності Рівненської облдержадміністрації В.П. Гуз, директор Інституту технічної теплофізики НАН України академік НАН України А.А. Долінський.

У виступах було відзначено важливість проблеми розвитку й застосування теплонасосних технологій. Рівень їх використання сьогодні в Україні дуже незначний, тоді як у багатьох країнах світу ця галузь розвивається надзвичайно стрімкими темпами. Так, у Швеції, згідно з оцінками Міністерства енергетики цієї країни, до 2020 р. використання вуглеводнів буде повністю виключено з процесів генерації теплової енергії. Значною мірою це планується здійснити за допомогою теплонасосних технологій.

Президія НАН України наголосила, що Академія має взяти активну участь у налагодженні вітчизняного промислового виробництва теплонасосного обладнання. Ці питання слід вирішувати із залученням іноземних партнерів та інвесторів, у тісній співпраці з Міненерговугілля України, Держенергоефективності України, а також із зацікавленими компаніями. Перші кроки в розв'язанні цієї важливої для держави проблеми вже зроблено. За результатами обговорення доповіді було ухвалено відповідний проект постанови.

\* \* \*

Президія НАН України заслухала також інформацію про:

- зауваження і пропозиції НАН України до проекту Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність»;
- підсумки конкурсу установ НАН України за досягнення кращих показників у винахідницькій роботі, створенні, охороні та використанні об'єктів інтелектуальної власності та за звання «Винахідник року Національної академії наук України» в 2014 році;

- зміну складу та діяльність Науково-видавничої ради Національної академії наук України;
- упорядкування виходу загальноакадемічного журналу «Доповіді Національної академії наук України».

\* \* \*

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

#### Затверджено:

- академіка НАН України **Палагіна Олександра Васильовича** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України;
- академіка НАН України **Кривоноса Юрія Георгійовича** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України;
- доктора юридичних наук **Устименка Володимира Анатолійовича** на посаді директора Інституту економіко-правових досліджень НАН України;
- кандидата біологічних наук **Гришка Віталія Миколайовича** на посаді заступника директора з наукової роботи Криворізького ботанічного саду НАН України;
- кандидата технічних наук **Куляса Анатолія Івановича** на посаді ученого секретаря Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України.

#### Призначено:

- члена-кореспондента НАН України **Євдокимова Віктора Федоровича** почесним директором Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України;
- доктора технічних наук **Мохора Володимира Володимировича** виконуючим обов'язки директора Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України.

#### Погоджено кандидатуру:

- доктора медичних наук **Досенка Віктора Євгеновича** на посаду завідувача відділу загальної та молекулярної патофізіології Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України;
- кандидата біологічних наук **Дойко Наталії Миколаївни** на посаду завідувача відділу збагачення дендрофлори Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України.

**Відзнакою НАН України «За сприяння розвитку науки» нагороджено:**

- народного депутата України, голову Комітету Верховної Ради України з питань науки і освіти кандидата педагогічних наук **Гриневич Лілію Михайлівну** за вагомий особистий внесок у вирішення проблем розвитку науки і освіти.

**Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:**

- заступника директора з наукової роботи Інституту фізіології рослин і генетики НАН України члена-кореспондента НАН України **Коця Сергія Ярославовича** за багатолітню плідну творчу працю та вагомий професійні здобутки в розвитку наукових досліджень у галузі фізіології азотфіксації, клітинної і генетичної інженерії азотфіксуючих мікроорганізмів;
- відповідального секретаря «Українського хімічного журналу» **Кулагіну Ларису Миколаївну** за багаторічну плідну високопрофесійну працю та вагомий особистий внесок в організацію підготовки, оформлення і випуску журналу.

**Відзнакою НАН України «Талант, натхнення, праця» нагороджено:**

- докторанта Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України кандидата технічних наук **Полішко Ганну Олексійову** за плідну наукову працю та особисті творчі здобутки у дослідженнях фізико-металургійних проблем електрошлакових технологій.

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

- старшого наукового співробітника Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України кандидата біологічних наук **Колдар Ларису Антонівну** за багаторічну сумлінну і плідну працю та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі інтродукції рослин;
- працівників Державної наукової установи «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України» — кандидата хімічних наук **Безкровну Ольгу Миколаївну**, кандидата фізико-математичних наук **Гриня Леоніда Олексійовича**, **Закоріну Валентину Олексійову**, **Коваленко Світлану Вікторівну**, **Свінтицьку Наталію Сергіївну**, кандидата фізико-математичних наук **Щербину Євгенію Володимирівну** — з нагоди 60-річчя від дня заснування установи та за багатолітню плідну працю і високі досягнення у роботі;
- працівників Державного підприємства «Завод хімічних реактивів» Державної наукової установи «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України» — **Дудку Ольгу Володимирівну**, **Сербіну Вікторію Олексіївну**, **Тарасову Тетяну Михайлівну**, **Толбасову Світлану Борисівну** — з нагоди 80-річчя від дня заснування заводу та за багатолітню сумлінну працю і вагомий професійні здобутки.

**Подякою НАН України відзначено:**

- провідного наукового співробітника Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України док-

тора технічних наук, професора **Лободюка Валентина Андрійовича** за багатолітню плідну наукову працю та вагомий творчий здобутки в галузі фізики металів;

- завідувача відділу Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Руденка Едуарда Михайловича** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю та вагомий особистий внесок у розвиток досліджень у галузі фізики високотемпературних надпровідників і надпровідникової електроніки;

- працівників Державної наукової установи «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України» — кандидата фізико-математичних наук **Коваленка Назара Олеговича**; доктора фізико-математичних наук, професора **Лисецького Лонгіна**

**Миколайовича; Теплицьку Тетяну Сергіївну**; доктора фізико-математичних наук **Ширан Наталію Володимирівну** — з нагоди 60-річчя від дня заснування установи та за багатолітню плідну працю і високі досягнення у роботі;

- працівників Державного підприємства «Завод хімічних реактивів» Державної наукової установи «Науково-технологічний комплекс «Інститут монокристалів» НАН України» — **Вакулович Вікторію Миколаївну, Калашнікову Олену Євгенівну, Проненко Вікторію Опанасівну** — з нагоди 80-річчя від дня заснування заводу та за багатолітню сумлінну працю і вагомий професійні здобутки.

*За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК*

# З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



## ГЕЄЦЬ

**Валерій Михайлович** — академік НАН України, директор Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

## «ІННОВАЦІЙНА УКРАЇНА — 2020»: ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ ДОПОВІДІ

### Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 травня 2015 року

---

Шановні члени Президії, шановні колеги!  
Шість років тому Секція суспільних і гуманітарних наук НАН України започаткувала практику підготовки національних доповідей. Попередні чотири доповіді викликали досить широкий резонанс у суспільстві. Особливістю цьогорічної Національної доповіді є те, що до її підготовки були залучені не лише установи нашої Секції, а й багато фахівців майже з усіх напрямів природничих наук.

Актуальність Національної доповіді «Інноваційна Україна — 2020» зумовлена необхідністю якнайшвидшого переведення вітчизняної економіки на рейки інноваційного розвитку. Це не єдиний ефективний засіб подолання наслідків фінансово-економічної кризи, яка вже продемонструвала всю небезпеку і безперспективність орієнтації на експортно-сировинну модель. Причому перехід до розвитку економіки на засадах інноваційності залежить від ефективності зусиль як держави, так і бізнесу.

У доповіді ми ставили собі за мету обґрунтувати основоположні складові інноваційного розвитку економіки і соціальної сфери України в умовах її подальшої інтеграції у світовий економічний та науково-технологічний простір на основі всебічного дослідження стану інноваційної сфери в країні та аналізу відповідних світових тенденцій. Особливу увагу було приділено проблемі підвищення ролі наукових досліджень та інноваційних розробок у процесах соціально-економічного розвитку України в контексті активізації міжнародної співпраці у цій сфері та формування засад для створення сучасної національної інноваційної системи, що є невідворотною ознакою сучасності.

Національна доповідь «Інноваційна Україна — 2020» складається з 8 розділів, і я коротко зупинюся на кожному з них.

**Розділ 1. Від відтворювального до інноваційного типу розвитку.** З позицій теорії відтворення було обґрунтовано та розвинуто наукове положення про те, що стрижневим процесом руху від *природничо-історичного* до *соціокультурного* типу розвитку є перехід від *індустріально-ринкової* до *інформаційно-мережевої* економіки. Виокремлено та узагальнено найважливіші характеристики обох типів розвитку з проекцією на активізацію інноваційної діяльності.

Показано роль національних інститутів розвитку в реалізації інноваційної політики в умовах нинішньої кризи. Розроблено пропозиції щодо посилення впливу інновацій на модернізацію національної економіки завдяки формуванню національних інститутів розвитку, діяльність яких має бути орієнтована на досягнення пріоритетів інноваційного оновлення економіки, зокрема у фінансовій сфері. Особливої значущості у цьому контексті набувають технопарки, промислові парки, бізнес-інкубатори, центри трансферу технологій тощо. Вони сприятимуть розвитку інноваційної інфраструктури за умови, якщо діятимуть переважно на засадах підприємницької діяльності і державно-приватного партнерства.

Розвиток України істотно відрізняється від загальних тенденцій сучасних трансформацій, притаманних високорозвиненим країнам, для яких характерні домінування процесів постіндустріалізації; креативність дій особистості на принципах самовираження і самореалізації; динаміка розвитку знань як визначального джерела зростання. Варто зазначити, що українська наука зберегла і продовжує накопичувати фундаментальні знання у галузях IV–VI і навіть VII технологічних укладів, проте їх використання є надто високовартісним для більшості вітчизняних виробництв. Водночас в Україні виокремлюється порівняно невелика частина постіндустріальних видів діяльності, які й надалі розвиватимуться і дедалі більше відриватимуться від решти за рівнем розвитку.

Ключовими компонентами сучасної інноваційно-промислової стратегії мають стати:

партнерство Уряду та промисловців як інституційний механізм інноваційних змін; визначення на основі аналізу проблемних питань середньо- та довгострокових цілей майбутнього розвитку; розроблення стратегій за видами діяльності; підтримка Урядом створення нових технологій, їх комерціалізації, а також промислових видів діяльності, що підвищують конкурентоспроможність економіки країни; інвестиції в інновації і підготовку кваліфікованої робочої сили на подальшу перспективу; підтримка бізнесу за всім політичним спектром проблем, зокрема співпраця з профспілками; створення та підтримка інститутів розвитку за пріоритетними видами діяльності; реалізація заходів з підвищення привабливості інновацій для бізнесу.

Отже, в першому розділі доповіді теоретично обґрунтовано потребу в узгоджених інституційних змінах у різних видах державної політики. Україні необхідна нова індустріальна політика ефективного управління процесами змін у соціальному капіталі, розроблення спеціальних програм адаптації різних груп працюючого населення до значних змін у характері економічної діяльності, оскільки завдяки використанню нових технологій найближчими роками очікується «вимивання» робочих місць для фахівців багатьох масових професій як у промисловості, так і у сфері послуг та збільшення соціального розшарування суспільства.

**Розділ 2. Потенціал і тенденції інноваційного розвитку високотехнологічних та традиційних секторів економіки України.**

У процесі підготовки доповіді з'ясувалося, що кожна з інноваційно привабливих сфер економіки на шляху до свого розвитку стикається з власними, характерними лише для неї, труднощами. Тому практично неможливо розробити набір якихось універсальних рішень, які б одночасно вирішили проблеми в різних видах діяльності, і для досягнення інноваційності має проводитися постійна копітка робота за кожним із напрямів.

Наприклад, у 2014 р. частка сектору інформаційно-комунікаційних технологій у ВВП України становила 1,42%, а обсяги експор-

ту — близько 2 млрд дол. США. Україна посідає 4-те місце у світі за кількістю сертифікованих ІТ-спеціалістів (після США, Індії та Росії), входить до топ-30 локацій замовлень на розроблення програмного забезпечення. За різними оцінками, понад 2/3 українських компаній користуються Інтернетом у своїй роботі. При цьому основними проблемами у сфері інформаційно-комунікаційних технологій є: тінізація ІТ-бізнесу, «сірі» схеми аутсорсингу (аутстафінгу); орієнтація не на кінцевий «інтегрований» продукт, а на виконання окремих завдань закордонних замовників; вплив за кордон фахівців, на підготовку яких держава витратила значні кошти.

Якщо ж ми розглянемо іншу галузь з великим інноваційним потенціалом — біотехнології, то помітимо тут зовсім інші особливості. За період 1995—2013 рр. кількість науковців, задіяних у цій сфері, постійно зростала, однак і досі їх частка у загальній кількості дослідників є досить невисокою — лише 5,8%. Головні проблеми розвитку біотехнологій в Україні пов'язані з великим розривом між досить високим рівнем науково-дослідних розробок та імплементацією їх у практичні сфери діяльності суспільства; з відсутністю державної політики щодо розвитку біотехнологій та біоекономіки; з фактичною відсутністю потужної бази для виробництва вітчизняних медичних препаратів: антибіотиків нового покоління, сучасних вакцин, генних діагностиків, моноклональних антитіл тощо.

Що стосується сфери нанотехнологій і наноматеріалів, то в Україні є низка відповідних державних програм. Крім того, лише з 2008 по 2012 р. академічні установи отримали понад 150 міжнародних грантів, більшість проектів виконувалася спільно з країнами — членами ЄС. Проте однією з основних проблем цього виду діяльності є недостатній рівень фінансування. Участь приватного сектору в розбудові наноіндустрії залишається вельми обмеженою. Можна констатувати суттєве відставання України від провідних країн світу як за обсягами фінансування, так і за кількістю підприємств, задіяних у нанотехнологічній діяльнос-

ті. Слід відзначити також наявність кадрової проблеми: підготовка вітчизняних фахівців у сфері нанотехнологій проводиться практично за тими ж напрямками, що й у провідних навчальних закладах світу, однак де-факто підготовка магістрів здійснюється лише за однією спеціальністю «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої».

Зовсім інша ситуація складається із впровадженням інновацій в агросекторі. Наукові дослідження в інтересах сільського господарства в Україні більш-менш фінансувалися, і ми маємо багато розробок, запропонованих для використання, але виявляється, що українські аграрії, особливо великі агрофірми, майже повністю зорієнтовані на застосування зарубіжних інновацій. Це формує серйозну зовнішню залежність України у цій стратегічній ресурсній сфері, яка до того ж має великий експортний потенціал.

Значний негативний вплив на динаміку інноваційної активності у промисловості мають структурні зміни, зумовлені різким скороченням частки секторів машинобудівного комплексу та зростанням питомої ваги чорної металургії, енергетики, базової хімії та інших галузей з відносно низьким рівнем перероблення сировини, а отже, і відносно малою доданою вартістю. У Доповіді показано, що періоди підвищення рівня фінансового забезпечення інноваційної діяльності були пов'язані не з якісними змінами в економіці, а, скоріше, з певними кон'юнктурними причинами. Так, передкризовий 2007 р. характеризувався зростанням загального рівня кредитування підприємств, а 2011—2012 рр. — реалізацією програми розвитку сонячної енергетики і відповідною закупівлею нового обладнання, що згідно з міжнародними стандартами розглядається як один із видів інноваційної діяльності.

Загалом у другому розділі розкрито роль і можливості української науки в інноваційних процесах, проаналізовано стан та перспективи інноваційного розвитку в найважливіших секторах економіки, певну увагу приділено модернізації «традиційних» галузей промисловості на інноваційній основі.



**Розділ 3. Пріоритети і програми науково-технічного та інноваційного розвитку України.** На жаль, за всі роки незалежності України визначені пріоритетні напрями розвитку вітчизняної науки і техніки жодним урядом нашої держави як пріоритети його діяльності не сприймалися. Зараз потрібно вдосконалити структуру пріоритетних напрямів науково-технічного розвитку, зробивши її ієрархічною (аналогічною до структури пріоритетних напрямів інноваційної діяльності), тобто визначити стратегічні національні пріоритети (строком на 20 років) та середньострокові пріоритети загальнодержавного, галузевого і регіонального рівнів, упорядкувавши систему органів управління державними цільовими науково-технічними та інноваційними програмами.

**Розділ 4. Організаційно-технологічні форми інноваційної діяльності.** Одним із головних світових трендів останніх десятиліть у розвитку інноваційної діяльності став перехід від *лінійної* моделі управління інноваційним циклом до *кооперативної*, або так званої моделі *потрійної спіралі*. Така трансформація допоможе докорінно змінити роль, форми і методи взаємодії інститутів науки, освіти та бізнесу в інноваційному процесі відповідно до логіки, прийнятої у світовій практиці.

Розвиток *інноваційних мереж* в Україні поки що можна охарактеризувати як фрагментарний. На національному рівні розгорнута або перебуває на початковому етапі низка мережевих організацій, окремі мережеві елементи створено на рівні регіонів. У 2011 р. в Україні засновано перший консорціум «ЕЕН-Україна» (на зразок подібних консорціумів у країнах ЄС), до якого увійшли представники бізнесу, державних установ, а також наукові організації. Діяльність у цьому напрямі має бути прискорена.

В Україні історично склалася система з шести академій наук, центральне місце серед яких посідає Національна академія наук України. Навіть в умовах низької сприйнятливості вітчизняного виробництва до науково-технічних інновацій протягом 2009—2014 рр. в економіку України впроваджено близько 10 тис. новітніх

розробок установ НАН України. За цей період установами НАН України виконано близько 20 тис. господарських договорів і контрактів з вітчизняними замовниками та зарубіжними партнерами. У Доповіді наведено узагальненя досягнень НАН України за різними видами діяльності і на цій основі обґрунтовано необхідність збереження та розвитку НАН України як комплексної наукової організації міждисциплінарного профілю, орієнтованої на наукове забезпечення вирішення найактуальніших проблем держави.

Щодо ролі університетів у національній інноваційній системі, то в них працює 68% докторів і 73% кандидатів наук, але в 2000—2014 рр. на університети припадало лише 6—10% виконаних досліджень і розробок (за вартістю). Україні необхідно формувати спеціальне законодавче забезпечення для формування *кооперативної* моделі інноваційного циклу. У цьому контексті нового змісту набуває проблема більшої автономності університетів, яка, зокрема, розширить їх можливості у здійсненні інноваційної діяльності з метою диверсифікації джерел власного фінансування, дозволить їм ставати більш гнучкими та мобільними до змін зовнішнього ринкового середовища.

У Доповіді сформульовано пропозиції щодо організаційних змін, викладено рекомендації стосовно забезпечення переходу до *кооперативної* моделі взаємодії, створення підприємницьких університетів з певними можливостями щодо комерціалізації наукових результатів. Запропоновано створення спеціалізованих технологічних платформ та використання принципів «розумної» спеціалізації при проведенні структурних змін у промисловості країни. Виокремлено ефективні організаційні форми підтримки інноваційної діяльності в українській економіці, до яких належать (з певними застереженнями) технопарки та окремі державні науково-технічні програми. Обґрунтовано необхідність застосування спеціальних інструментів фінансування інноваційних проєктів (венчурних фондів, спільного державно-приватного фінансування окремих суспільно значущих проєктів, запровадження так звано-

го «інноваційного» (податкового) кредитування та ін.).

**Розділ 5. Фінансове забезпечення інноваційного розвитку.** При формуванні системи фінансування інноваційної діяльності необхідно брати до уваги об'єктивні труднощі переходу України до інноваційної моделі економічного розвитку, зумовлені дефіцитом інвестиційних ресурсів і високими макроекономічними ризиками інвестування. У середньостроковій перспективі (2015–2020 рр.) на ринкові форми фінансування інноваційної діяльності в Україні впливатиме обмеженість фінансових джерел, спричинена як об'єктивними чинниками, так і перешкодами, свідомо створюваними конкурентами (ТНК, урядами зарубіжних країн-конкурентів), а також дефіцитом довгих грошей у банківській системі й низьким рівнем рентабельності підприємств реального сектору. Це зумовлює доцільність застосування проактивної державної інноваційної політики.

Оскільки інноваційний процес може спиратися лише на конкурентне ринкове середовище, держава має забезпечити фінансову підтримку підприємств, які взяли на себе тягар інноваційної ініціативи. Вибір джерел і форм фінансування залежить від певних етапів інноваційного процесу, причому з наближенням до завершальної стадії зростає роль приватного сектору. Отже, в системі фінансового забезпечення інновацій слід дотримуватися принципу концентрації державної підтримки на фінансуванні інноваційної діяльності підприємств на початкових етапах інноваційного процесу та на впровадженні технологій V і VI технологічних укладів.

**Розділ 6. Законодавче забезпечення науково-технічної та інноваційної діяльності.** Незважаючи на наявність в Україні цілового ряду концепцій і програм щодо розвитку науки та інновацій, а також на періодичне обговорення проблем інноваційної та науково-технічної діяльності на парламентському рівні, прийняті рекомендації здебільшого не реалізуються, фінансові, кредитні, податкові, митні та інші важелі забезпечення розвитку інноваційної діяльності не працюють. Це і є основною причи-

ною гальмування процесу передачі результатів досліджень з наукових установ та вищих навчальних закладів до промисловості. В Україні практично немає поширених у розвинених країнах механізмів підтримки трансферу результатів досліджень.

Набуття чинності Угодою про асоціацію з ЄС вимагає внесення змін до законів, що регулюють питання науково-технічної діяльності та її результатів, зокрема законів України «Про наукову і науково-технічну діяльність», «Про наукову і науково-технічну експертизу», «Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків», «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Потребують розроблення правові механізми набуття результатами наукової діяльності придатності до ринкового обігу, зміни правового режиму майна наукових організацій, порядку здійснення ними комерційної діяльності. Крім того, мають бути внесені зміни до законів «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», «Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій» щодо вдосконалення регулювання інноваційної діяльності, а також до законів, що регулюють питання інфраструктури інноваційної діяльності, зокрема про спеціальні економічні зони і технологічні парки, зони спеціальних режимів.

У Доповіді запропоновано конкретні рекомендації щодо гармонізації законодавства та проведення необхідних змін, у тому числі механізми, які унеможливили б скасування чи ігнорування законодавчих норм у сфері науково-технічного та інноваційного розвитку, як це регулярно відбувається впродовж останніх двох десятиліть з ухваленням кожного чергового бюджету.

**Розділ 7. Інновації та розвиток суспільства.** Інноваційні технології в соціальній сфері мають становити основу сучасної соціальної політики, яку умовно можна поділити на дві основні складові: перша — пов'язана із захистом людини у сфері праці, друга — із соціальною підтримкою вразливих верств населення та спрямуванням їхньої діяльності на іннова-

ційну активність. Отже, саме ці дві сфери потребують чіткого окреслення перспективних шляхів застосування інновацій, розроблення конкретних заходів з їх практичного впровадження на основі формування методології їх оцінювання в умовах орієнтації на соціогуманітарний розвиток глобального середовища. У країнах, які дотримуються інноваційно-технологічного напрямку розвитку, знання стають головним нематеріальним активом, капіталом, що дає змогу забезпечувати зростання обсягів виробництва, підвищувати якість послуг, забезпечувати конкурентоспроможність країни та прискорювати соціальний прогрес у суспільстві.

У Доповіді виокремлено п'ять напрямів соціальних інновацій, спрямованих на прискорення процесу переходу економіки України на інноваційні рейки.

**1. Реалізація освітньо-кваліфікаційних чинників інноваційної діяльності в Україні.** У межах цього напрямку слід забезпечити відповідність якості освіти вимогам інноваційної економіки завдяки посиленню взаємодії між університетським, академічним і галузевим секторами науки (спільні дослідницькі проекти, магістерські, PhD програми). Потребує збалансування система підготовки кадрів. Необхідно також сприяти розвитку системи безперервної освіти та посилення інноваційної активності як роботодавців, так і працівників.

Для цього доцільно на основі рішення Уряду про створення Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти якнайшвидше розпочати розроблення вимог до якості вищої освіти; активізувати процес запровадження інноваційних технологій і форм організації процесу навчання; залучати соціальних партнерів до оснащення шкіл комп'ютерами та високошвидкісним доступом до Інтернету; забезпечити реструктуризацію системи підготовки кадрів у регіональному розрізі, координуючи діяльність вищої та професійної освіти з бізнесом; заохочувати бізнес-середовище до створення стипендіальних фондів для талановитої молоді.

**2. Інноваційні напрями політики доходів.** Основна ідея цього напрямку полягає у врів-

новаженні соціальної та інноваційної функцій політики доходів. Досягти її можна стимулюванням інноваційної діяльності через податкові механізми та скасування обмежень заробітної плати «зверху». Це у свою чергу приведе до диференціації доходів, запустить механізм «соціальних ліфтів», підвищить соціальну мобільність населення, знизить економічно неоправдану нерівність у доходах і таким чином посилює соціальну функцію політики доходів з одночасним стимулюванням інноваційного розвитку.

**3. Політика забезпечення використання результатів міграції в інтересах інноваційного розвитку.** Основними складовими цієї політики є:

1) запобігання виїзду науковців та заохочення української молоді, яка здобуває освіту за кордоном, до повернення на батьківщину. Досягти цієї мети можна залученням вітчизняних науковців до виконання міжнародних проектів без виїзду за кордон; розширенням системи грантів для обдарованої молоді, рекрутуванням вихідців з України з відповідною кваліфікацією; спрощенням процедури нострифікації іноземних дипломів про науковий ступінь або кваліфікацію;

2) заохочення іноземних студентів залишатися в країні після завершення навчання. Досягається спрощенням процедури отримання громадянства України для іноземців, які здобули освіту в українських ВНЗ;

3) сприяння реалізації потенціалу трудових мігрантів, які повертаються до України, іммігрантів та внутрішньопереміщених осіб. Досягається впровадженням спеціальної програми стимулювання самозайнятості та мікропідприємництва для осіб, які повертаються після трудової діяльності за кордоном; встановленням спеціального режиму розвитку підприємництва у звільнених районах Донецької та Луганської областей; спрощенням доступу іммігрантів до працевлаштування, послуг охорони здоров'я та освіти; проведенням інформаційної кампанії серед населення щодо неупередженого і толерантного ставлення до внутрішньопереміщених осіб та іммігрантів; посиленням ін-

формування іммігрантів стосовно державних програм інтеграції та механізмів захисту від дискримінації.

**4. Інновації на ринку праці та національна політика зайнятості.** Основними чинниками інноваційної трансформації зайнятості є багаторівнева конкуренція робочої сили, роботодавців та організаційно-правових форм їх взаємодії; конструктивний рівень довіри між соціальними партнерами; поглиблення розподілу праці на старі й нові технології; спеціалізація науково-інженерно-технологічного потенціалу з доступом до відповідних глобальних систем атестації персоналу; оптимізація фінансових механізмів залучення до винахідництва і раціоналізаторства; ефективна підтримка підприємницьких новацій; власна активність суб'єктів соціальної інноватики; національна модель державної політики інноваційної трансформації зайнятості; зняття бар'єрів інвестиційної привабливості розвитку людського капіталу та нових форм його реалізації у сфері зайнятості.

Передбачається, що найімовірнішими соціальними новаціями у сфері зайнятості в перспективі стануть:

- публічно-приватне партнерство щодо створення робочих місць;
- інноваційні форми забезпечення гнучкості зайнятості в поєднанні з соціальними технологіями нагляду, фіксації та реєстрації стану, умов і безпеки зайнятості;
- поширення аутсорсингу, аутстафінгу та лізингу працівників;
- модернізація соціального діалогу від класичної формули «держава — бізнес — профспілки» до більш широкого формату «держава — бізнес — суспільство, громада»;
- перехід від політики соціальної підтримки у сфері зайнятості до політики активного гнучкого захисту зайнятості;
- комплексна наскрізна програма професійної орієнтації;
- інноваційні технології транзиту молоді на ринок праці;
- технології сприяння зайнятості та соціально-професійній реабілітації безробітних;

- програми активного залучення економічно неактивного населення;

- ваучерні технології у професійному навчанні;

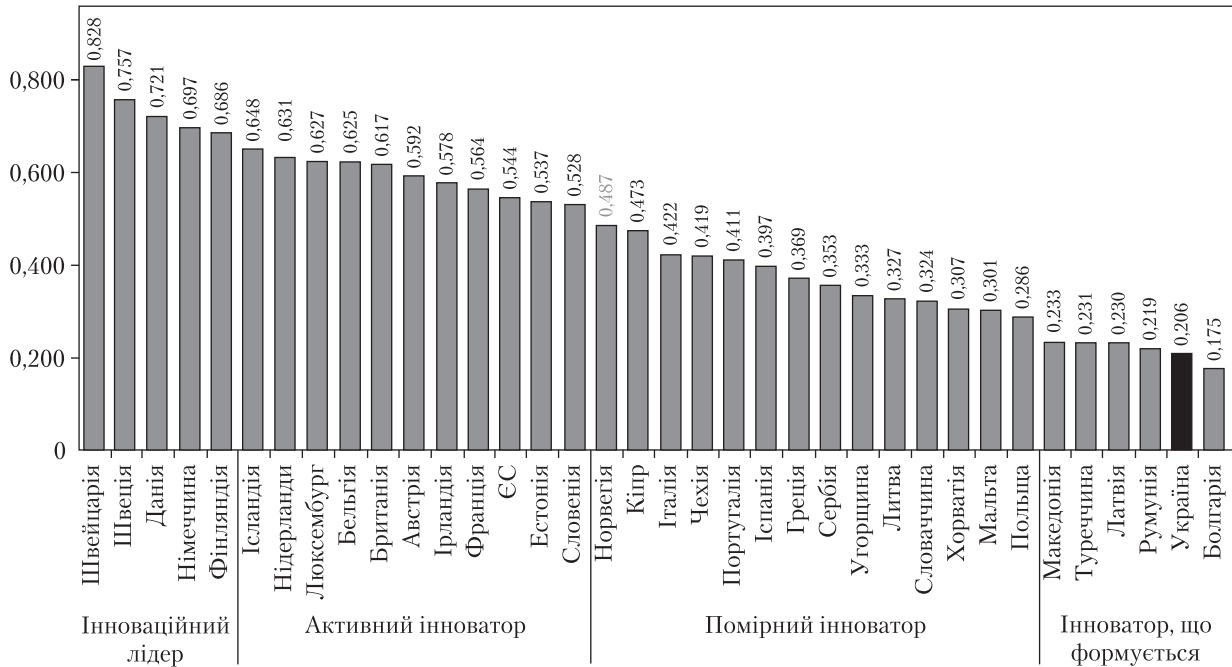
- стимулювання професійної та територіальної мобільності;

- нові форми маятникової та вахтової трудової міграції;

- інноваційні робочі місця — телеробота на засадах онлайн-комунікацій, модернізована надомна робота, коворкінг.

**5. Інноваційний розвиток соціальних послуг.** Цей напрям має три основні складові. По-перше, організація і фінансування інноваційного розвитку соціальних послуг передбачає інтеграцію всіх видів соціальної підтримки в єдину комплексну систему; перехід від фінансування установ до фінансування послуг; поширення практики соціального замовлення; запровадження механізмів державно-приватного партнерства; розширення автономії органів місцевого самоврядування з надання соціальних послуг; створення правових та економічних умов для розвитку ринку соціальних послуг. По-друге, єдиним принципом надання соціальної підтримки та послуг є реальні потреби клієнта, а не його належність до певної категорії; пріоритет мають ті види підтримки, які сприяють використанню наявного потенціалу клієнта і спрямовані на соціальне залучення та реалізацію його економічної активності; стандарти послуг мають розроблятися на основі найкращого світового досвіду, з урахуванням потреб клієнтів. По-третє, інноваційний розвиток соціальних послуг має ґрунтуватися на інформаційно-комунікаційних технологіях, ефективній системі обміну інформацією, передових технологіях оцінювання, на засадах створення в офісах з обслуговування клієнтів «дружньої інфраструктури» для осіб з обмеженими можливостями.

**Розділ 8. Інноваційний та науково-технічний розвиток України в контексті євроінтеграційних процесів.** У Доповіді висвітлено важливу роль міжнародних науково-технічних програм, програм ЄС, зокрема програми «Горизонт-2020», у стимулюванні процесів



Зведені індекси інноваційної діяльності для європейських країн, розраховані за методикою ЄС

комерціалізації результатів досліджень та подальшому розвитку науково-технічної та інноваційної діяльності в Україні. Розроблено пропозиції щодо формування основних пріоритетів, напрямів та механізмів реалізації інноваційної політики на період до 2020 р. Наприклад, запропоновано виокремити обмежену кількість напрямів досліджень, які мають високий пріоритет як для ЄС, так і для України, і для їх реалізації створити спільні організаційні структури (лабораторії, консорціуми тощо).

Проведено розрахунки зведеного індексу інноваційної діяльності для України за методикою ЄС. Отримані дані свідчать про те, що Україна, на жаль, посідає передостанню позицію серед країн Європи і належить до категорії «інноватор, що формується». Наведене на рисунку порівняння індексів інноваційної діяльності для європейських країн ще раз підтверджує нагальну потребу в активізації інноваційної діяльності в Україні.

На завершення дуже коротко зупинюся на додаткових можливостях, які відкриваються після набуття Україною асоційованого член-

ства в європейській програмі «Горизонт-2020». Тепер ми можемо:

- разом із делегаціями країн — членів ЄС та інших асоційованих країн брати участь у визначенні пріоритетів Європейського Союзу в науково-технологічній сфері;
- призначати національних експертів у Генеральному директораті з досліджень та в інших директоратах;
- брати участь у всіх заходах і тематичних пріоритетах, оскільки дослідницькі установи асоційованих країн завжди становлять мінімальну кількість необхідних учасників проєктів; інакше кажучи, Україна має можливість, як асоційована країна, не лише входити до складу мінімуму, а й виступати координуючою стороною проєктів;
- діставати фінансування за рахунок Єврокомісії на тих самих умовах, що й установи країн — членів ЄС;
- брати участь у внутрішніх програмах Співдружності програми ім. Марії Кюрі, яких набагато більше, ніж доступних для не асоційованих країн;

- мати повний доступ до програми «Ідеї», призначеної для розвитку фундаментальних досліджень;

- брати участь у всіх програмних комітетах Рамкової програми ЄС, у Комітеті з науки та технологій країн – членів ЄС (CREST), в Об'єднаному дослідницькому центрі (JRC), у групах радників та інших експертних групах.

Підсумовуючи викладене вище, варто зазначити, що стан інноваційної діяльності в Україні важко вважати задовільним. Незважаючи на наявність досить потужного наукового потенціалу та багаторічний досвід створення технологічно складної продукції, країна поступово втрачає свої позиції на ринках високотехнологічних товарів і послуг. Ідею економіки, заснованої на знаннях, рушійною силою якої є інновації, значною мірою було дискредитовано в українському суспільстві через неефективні й непослідовні дії та анонсування заходів, які так і не було втілено в життя.

Сучасні тенденції в інноваційній сфері не дають підстав для оптимізму, а подолання всіх накопичених проблем можливе лише за умови формування стратегії інноваційного розвитку, що передбачає радикальні зрушення, передусім у моделі економічного розвитку України. Необхідною передумовою для цього є розроблення відповідної державної стратегії, яку підтримають усі зацікавлені сторони в суспільстві. Така стратегія, в разі її схвалення Верховною Радою, дасть змогу створити децентралізовані структури прийняття рішень, які працюватимуть на досягнення спільної мети.

Є також нагальна потреба в тому, щоб переорієнтувати пріоритети політики від визначення вузькоспеціалізованих програм до формування гнучкої і динамічної стратегії з набагато ширшими завданнями. Слід упорядкувати систему органів, що регулюють державні цільові науково-технологічні та інноваційні програми, диференціювати їх стратегічні, тактичні

та оперативні функції, а також функції науково-методичного забезпечення розроблення і реалізації програм.

У сучасному глобальному середовищі гонку озброєнь часто розглядають як реальну форму та дієвий фактор інноваційного розвитку. Це справедливо як для окремої країни, так і для світу в цілому. З огляду на ситуацію, що склалася сьогодні в Україні, орієнтація на створення і виробництво різних видів військової техніки та озброєння певною мірою може прискорити розвиток інноваційних процесів у вітчизняній економіці. Разом з тим, для успішності такої стратегії надзвичайно важливо мати на увазі, що реалізовувати її потрібно виключно з перспективою виходу готової продукції на зовнішні ринки, оскільки замикання лише на внутрішнє споживання призводить, як правило, до нерационального використання коштів і, що найгірше, до макроекономічної нестабільності. Про це переконливо свідчить негативний досвід країн, які свого часу обрали шлях виготовлення військової зброї і техніки переважно для внутрішнього ринку. Крім того, слід зважати на те, що налагодження виробництва військової техніки та озброєння насамперед має бути зорієнтованим на застосування інноваційних розробок, в основу яких покладено результати вітчизняних наукових досліджень і конструкторських робіт.

Лише в такому разі ми маємо шанс уникнути технологічної залежності країни та ефективно підтримувати сприятливе макроекономічне середовище.

В обговорюваній Доповіді ми не вдавалися в деталі розроблення зазначеного напряму, оскільки для цього потрібні відповідний доступ до закритих джерел інформації і співпраця з фахівцями ВПК, проте це може стати предметом окремих досліджень у рамках відповідної академічної програми.

Дякую за увагу.

*За матеріалами засідання  
підготувала О.О. МЕЛЕЖИК*



**СНЕЖКІН**

**Юрій Федорович** — член-кореспондент НАН України, доктор технічних наук, професор, заступник директора Інституту технічної теплофізики НАН України

## ЕНЕРГООЩАДНІ ТЕПЛОАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА І ПРОМИСЛОВОСТІ

За матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 травня 2015 року

*Розглянуто проблеми розвитку і застосування теплоасосних технологій в Україні. Наведено приклади впровадження новітніх зразків енергоефективного теплоасосного обладнання, розробленого фахівцями Інституту технічної теплофізики НАН України.*

**Ключові слова:** теплоасосні установки, заміщення природного газу, відновлювані джерела енергії, енергоефективність.

### Вступ

Теплоасосні установки, основані на зворотному термодинамічному циклі, використовують відновлювану низькопотенційну теплову енергію навколишнього середовища та вторинних енергоносіїв, підвищуючи її потенціал до рівня, необхідного для теплопостачання. Теплоасоси споживають у 3–4 рази менше первинної енергії, ніж системи традиційного теплопостачання, тому їх застосування сприяє захисту навколишнього середовища завдяки зниженню рівня теплового забруднення та скороченню викидів шкідливих продуктів згорання.

Основним показником, за яким зазвичай порівнюють енергетичну ефективність різних типів теплогенеруючого обладнання, є питоме споживання первинного палива. Якщо прийняти за 100% первинну енергію (органічне паливо), яка споживається в теплохолодозабезпеченні (рис. 1), то виявляється, що в електричному бойлері вона використовується на 30%, у котельні, що працює на газі чи твердому паливі, — в середньому на 80–90%, і тільки тепловий насос дозволяє підвищити цей показник до 110–185%.

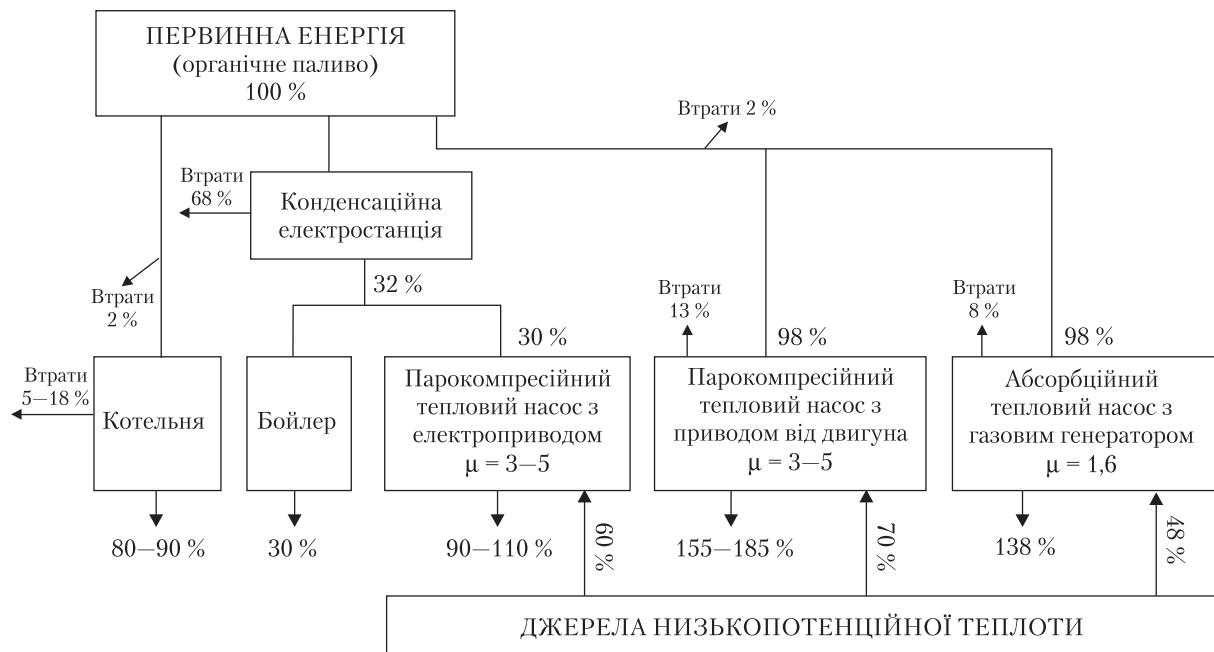


Рис. 1. Ефективність використання первинної енергії при теплопостачанні

Джерелами низькопотенційної теплоти можуть бути різні види відновлюваної енергії — тепло відкритих водойм, геотермальна енергія, верхній шар ґрунту, стічні та шахтні води, навколишнє повітря та ін. Потенціал відновлюваної енергії перевищує енергію розвіданих традиційних енергоносіїв у 80 разів [1]. У зв'язку з цим постає питання: який же з цих видів енергії вигідніше використовувати?

### Розвиток теплонасосних технологій у країнах Європи

Орієнтиром для оцінки перспектив упровадження теплонасосних установок в Україні є зарубіжний досвід їх масового застосування. У різних країнах цей досвід різний і залежить від кліматичних, географічних особливостей, рівня розвитку економіки, паливно-енергетичного балансу, співвідношення цін на основні види палива і електроенергію.

Найбільшого поширення у світі набули повітряно-повітряні реверсивні теплонасосні установки, призначені для опалювання та літнього кондиціювання повітря. У Німеччині

найбільш затребуваними виявилися теплові насоси, що використовують теплоту навколишнього повітря і ґрунту. У Нідерландах, Данії та деяких інших країнах, де найдоступнішим видом палива є газ, активно розвиваються теплонасосні установки з приводом від газового двигуна, а також абсорбційні теплові насоси. У скандинавських країнах наявність дешевої електроенергії і значне поширення систем центрального теплопостачання зумовили розвиток великих теплонасосних установок.

Наприклад, у Швеції за допомогою теплових насосів виробляється більш як 50 % тепла для потреб опалення і гарячого водопостачання, причому собівартість такої теплоти на 20 % нижча, ніж у разі її виробництва в традиційних газових котельнях. За прогнозами Світового енергетичного комітету, до 2020 р. частка теплонасосних установок у теплопостачанні зросте до 75%. Найбільшою теплонасосною системою теплопостачання є Стокгольмська установка потужністю 320 МВт. Вона розміщена на причалених до берега баржах і використовує як низькотемпературне джерело воду Балтійського моря температурою 2–4 °С.



## Потенціал різних джерел низькопотенційної теплоти в Україні

Які ж джерела низькопотенційної енергії можуть бути перспективними для України? На наш погляд, майже всі. Однак у великих містах найбільш ефективним є використання теплоти стічних вод. Економічно доцільний потенціал теплоти стічних вод в Україні становить понад 1,5 млн т умовного палива (у.п.) на рік. За нашими оцінками, при такому використанні теплових насосів можна виробляти теплової енергії більш як 2 млн т у.п. на рік, що дозволить замінити 2,2 млрд м<sup>3</sup> газу.

Інститут технічної теплофізики НАН України вперше в Україні розробив і впровадив у м. Краматорську теплонасосну систему гарячого водопостачання потужністю 1,5 МВт, у якій джерелом низькопотенційної енергії є неочищені каналізаційні стічні води (рис. 2). Ця теплонасосна установка забезпечує гарячою водою 4400 споживачів і дає змогу економити 1,56 млн м<sup>3</sup> газу на рік.

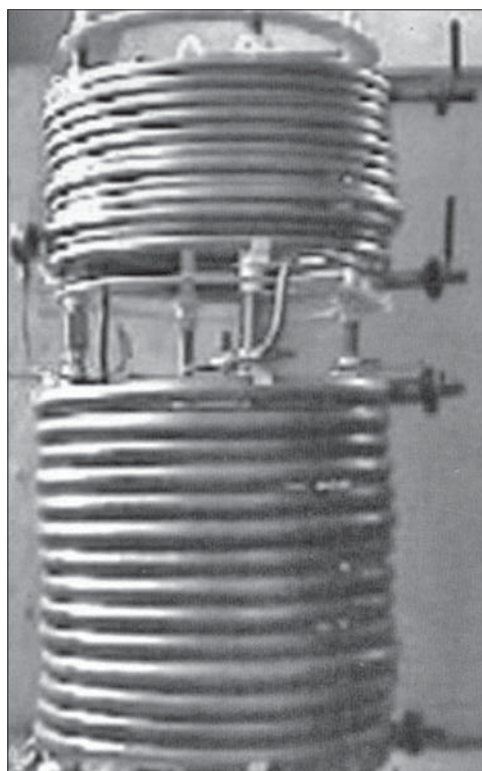
Однак парадокс полягає в тому, що в умовах чинних пільгових тарифів на теплову енергію для населення розрахунковий термін окупності такої теплонасосної системи становить 19,5 років, а з урахуванням ринкової ціни зекономленого газу — 2,5 роки.

Економічно доцільний енергетичний потенціал ґрунту і ґрунтових вод в Україні оцінюється у понад 1,2 млн т у.п. на рік [2]. Технічно можливі обсяги використання цієї енергії для теплозабезпечення за допомогою теплових насосів досягають 1,75 млн т у.п. на рік, що дозволить заощадити близько 2 млрд м<sup>3</sup> газу. Інститут розробив компресійний тепловий насос типу «вода-вода» потужністю 50 і 100 кВт. Цю розробку впроваджено на ДП НВК «Прогрес» у м. Ніжин, де використовується низькопотенційна теплота артезіанської води (рис. 3).

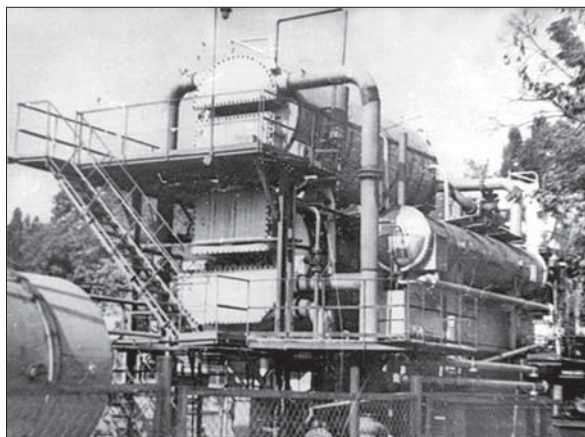
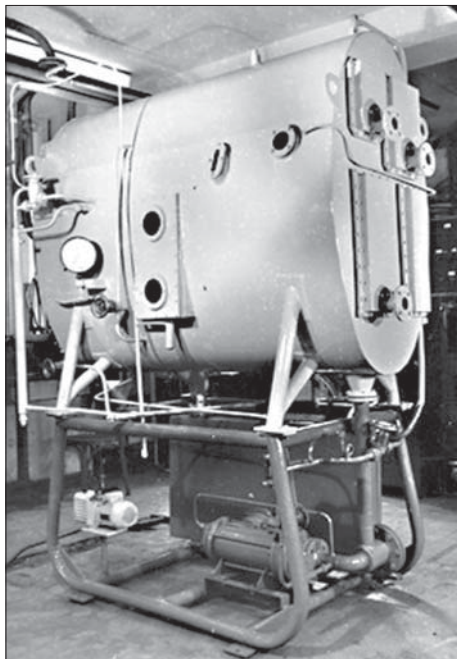
Для систем теплохолодопостачання в 70–80-х роках минулого століття Інститут уперше в СРСР розробив двоступеневі абсорбційні бромистолітєві термотрансформатори, що працюють як у режимі теплового насоса, так і в режимі холодильної машини [3]. Серійне ви-



**Рис. 2.** Теплонасосна система гарячого водопостачання потужністю 1,5 МВт (м. Краматорськ), що працює з використанням теплоти каналізаційних стічних вод



**Рис. 3.** Загальний вигляд теплового насоса потужністю 50 кВт (м. Ніжин), що працює з використанням теплоти артезіанської води



**Рис. 4.** Абсорбційні термотрансформатори для теплохолодопостачання комунальних і промислових об'єктів

робництво абсорбційних агрегатів потужністю 2,5 МВт здійснювалося на заводі «Пензхім-маш» (рис. 4).

У рамках науково-технічного проекту НАН України Інститут створив дослідну лабораторію теплонасосного теплопостачання на базі школи підвищення кваліфікації наукових кадрів ІТТФ НАН України в с. Соколівка Чернігівської області. Теплонасос «вода-вода» потужністю 10,2 кВт забезпечує кілька будівель бази опаленням, гарячим водопостачанням та кондиціонуванням. У процесі виконання цього проекту досліджується ефективність використання теплоти відкритих водойм та вплив теплонасосної установки на температурні й екологічні зміни в замкнених водоймах.

Крім того, з метою використання теплоти відкритих водойм було розроблено проект і техніко-економічне обґрунтування теплонасосної установки гарячого водопостачання потужністю 55 МВт у м. Севастополь. Особливістю цього проекту є когенераційна установка для електроживлення теплонасоса. Застосування комбінованих когенераційно-теплонасосних установок забезпечує не лише економію при-

родного газу на 50–60 %, а й зниження викидів  $\text{CO}_2$  і  $\text{NO}_2$ , зменшення теплового забруднення атмосфери на 30–50 %. Основним джерелом економії газу в таких установках є використання низькопотенційної енергії (в цьому випадку – моря) і утилізація скидної теплоти двигунів. При цьому собівартість 1 Гкал теплоти знижується на 30–40 %. Однак зараз цей проект відкладено на невизначений термін.

Технічно доцільний енергетичний потенціал повітря становить в Україні близько 3,5 млн т у.п. на рік [2]. На сьогодні це найефективніше джерело низькопотенційної енергії. За даними Європейської асоціації теплових насосів (ЕНРА), у 2008 р. частка теплонасосів типу «повітря-вода» для опалення в загальному обсязі продажів у 8 європейських країнах (Австрія, Італія, Німеччина, Норвегія, Фінляндія, Франція, Швейцарія, Швеція) становила 34,9 %, що майже в 4 рази перевищує продажі ґрунтових теплонасосів. Це пояснюється насамперед тим, що технічні характеристики насосів «повітря-вода» досить високі (шведські теплонасоси фірми «Octopus» гарантовано працюють навіть за  $-40^\circ\text{C}$ ), а капітальні витра-

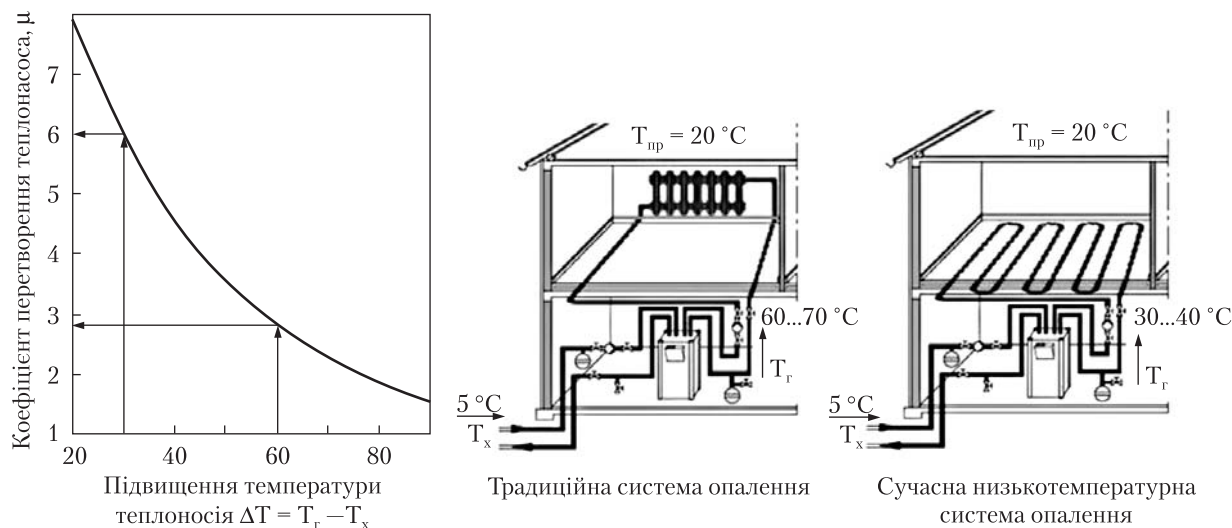


Рис. 5. Ефективність теплових насосів у різних системах опалення

ти на їх впровадження значно менші порівняно з ґрунтовими.

В останні роки Інститут впровадив 4 теплонасосні установки потужністю від 0,6 до 55 МВт, розробив 17 техніко-економічних обґрунтувань на опалення та гаряче водопостачання різного роду приміщень і будівель. Термін окупності об'єктів, якщо розраховувати його за економією природного газу, становить 2–4 роки.

Ефективність використання теплових насосів у різних системах опалення наведено на рис. 5. У будівлях з традиційними батареями коефіцієнт перетворення теплонасоса не перевищує 3,0, а в разі використання низькотемпературної системи опалення «тепла підлога» коефіцієнт перетворення зростає більш як удвічі.

Для широкого впровадження теплонасосних установок необхідне державне стимулювання. Так, у країнах ЄС за останні роки прийнято цілу низку законів, що сприяють розвитку цього напрямку [4]. До них належать:

1. Диференціація субсидій за такими критеріями: нова чи стара будівля; житлові чи нежитлові приміщення; ґрунтовий чи повітряний теплонасос; величина коефіцієнта перетворення.

2. Закон щодо нових будинків про обов'язкове забезпечення 50 % потреб у тепловій енергії альтернативними джерелами (Німеччина).

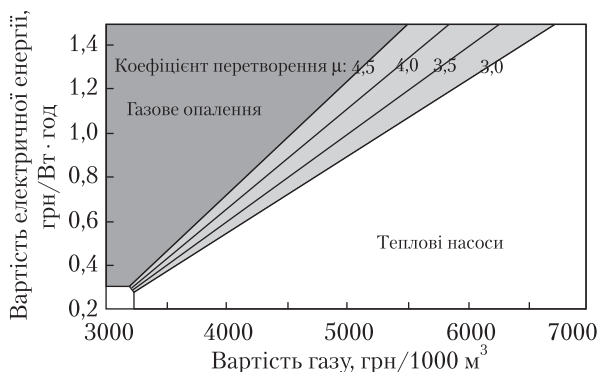
3. Надання субсидії при встановленні теплонасоса: в новому будинку – 10 € на 1 м<sup>2</sup> житлової площі (максимум 2000 €), відшкодування 10% інвестиційних витрат; у будинку після реконструкції – 30 € на 1 м<sup>2</sup> житлової площі (максимум 3000 €), відшкодування до 15% інвестиційних витрат (Німеччина).

4. Субсидія в розмірі 30% витрат на встановлення (постачання і монтаж) теплового насоса (максимум 3300 €) за умови, що споживання електроенергії зростає не більш як на 35% (Швеція).

5. У новобудовах надання субсидії 2200 €, якщо сезонний коефіцієнт перетворення  $\mu \geq 4,5$  (4,3 з підігріванням води), і 1500 €, якщо  $\mu \geq 3,8$  (3,6 з підігріванням води). У будівлях після реконструкції субсидія збільшується на 220 €, але лише в разі заміни котлів віком понад 15 років (Австрія).

6. Податкові пільги у розмірі 25–50% при встановленні теплонасосів (Франція).

Ефективність використання теплових насосів великою мірою залежить від співвідношення цін на електричну і теплову енергію. Порівняння вартості енергетичної складової



**Рис. 6.** Порівняльна вартість енергетичної складової теплоти, виробленої за допомогою компресійного теплового насоса та при спалюванні газу в котельні

теплоти, виробленої за допомогою компресійної теплонасосної установки з коефіцієнтом перетворення 3,0–4,5 та при спалюванні газу в традиційній котельні, показує, що в разі ціни на газ понад 5 тис. грн за 1 тис. м<sup>3</sup>, а на електроенергію 1,0–1,22 грн за кВт·год альтернативи використанню теплонасосів немає (рис. 6).

З огляду на перспективи впровадження теплових насосів у системах теплозабезпечення та гарячого водопостачання, ми провели розрахунки, які свідчать, що технічно досяжний потенціал енергозбереження дає економію 26,5 млн т у.п. на рік, що дасть змогу заощадити до 20 млрд м<sup>3</sup> газу.

Як відомо, для одержання 1 кВт теплової енергії за допомогою теплонасоса потрібно витратити 0,3–0,4 кВт електричної енергії. Виходить, що для отримання теплоти, еквівалентної 20 млрд м<sup>3</sup> газу (148,8 млрд кВт·год в електричному еквіваленті), необхідно витратити 51,3 млрд кВт·год електричної енергії, що становить 26,5% електроенергії, виробленої в Україні в 2013 р. Населення й комунально-побутові об'єкти в 2013 р. спожили 40,7% від усієї виробленої електроенергії. Отже, використання цього потенціалу в повному обсязі в Україні теоретично можливе, а практично — на сьогодні навряд чи.

Як же вирішити цю проблему? Одним зі шляхів може бути вирівнювання нічного «провалу» в електрозабезпеченні для виробництва

й акумулювання теплової енергії з її використанням у денний час за допомогою теплонасосних установок (8000 МВт за добу взимку і 5000 МВт — влітку). Найефективніше теплонасоси працюють з акумуляторами теплоти й двотарифними лічильниками, використовуючи електроенергію в період нічного «провалу» добового графіка електронавантаження в системі. При цьому є вигода як для користувачів теплоти від теплонасосів через зниження плати за електроенергію за нічним тарифом, так і для енергосистеми. Завдяки акумулюванню теплоти собівартість 1 Гкал теплоти знижується на 15–20%.

Крім того, Україна має резерв потужностей з виробництва електроенергії. За розрахунками фахівців ІТТФ НАН України, за допомогою вдосконалення роботи енергосистеми України і «форсування» атомної і теплової енергії можна додатково отримати 21,6 млрд кВт·год електроенергії, що еквівалентно 2,9 млрд м<sup>3</sup> газу. Якщо половину цієї електроенергії використати на привод теплонасосів, то ми одержимо 31,3 млрд кВт·год теплоти, що відповідає заміщенню 4,2 млрд м<sup>3</sup> газу.

У 2013 р. Кабінет Міністрів України прийняв Державну програму модернізації систем теплопостачання на 2014–2015 рр., головною метою якої є зниження обсягів використання природного газу. Програма має два напрями: модернізація обладнання і застосування альтернативних видів палива та відновлюваних джерел енергії. Аналіз цієї Програми показує, що найефективнішим засобом зменшення обсягів споживання газу є теплонасосні установки. Їх використання дозволить заощадити 930 млн м<sup>3</sup> газу на рік. Кошти на виконання Програми планується на 80% залучити від інвесторів.

В Україні немає промислового виробництва теплонасосних установок. Тому Інститут співпрацює з китайськими партнерами, які випускають промислові теплонасоси продуктивністю від 0,5 до 8 МВт з температурою теплоносія +70–85 °С. Питома вартість таких установок — 180 \$ за 1 кВт встановленої теплової потужності.

Програмою передбачено впровадження в Україні 3000 теплонасосних установок. У разі використання китайських теплонасосів тільки для опалення можна виробити кількість теплоти, достатню для заміщення 1,35 млрд м<sup>3</sup> газу за ціною 250 \$ за 1000 м<sup>3</sup> або 2,65 млрд м<sup>3</sup> газу за ціною 127 \$ за 1000 м<sup>3</sup> (тільки гаряче водопостачання). Необхідна при цьому потужність електроенергії не перевищить 6 млрд кВт·год на рік.

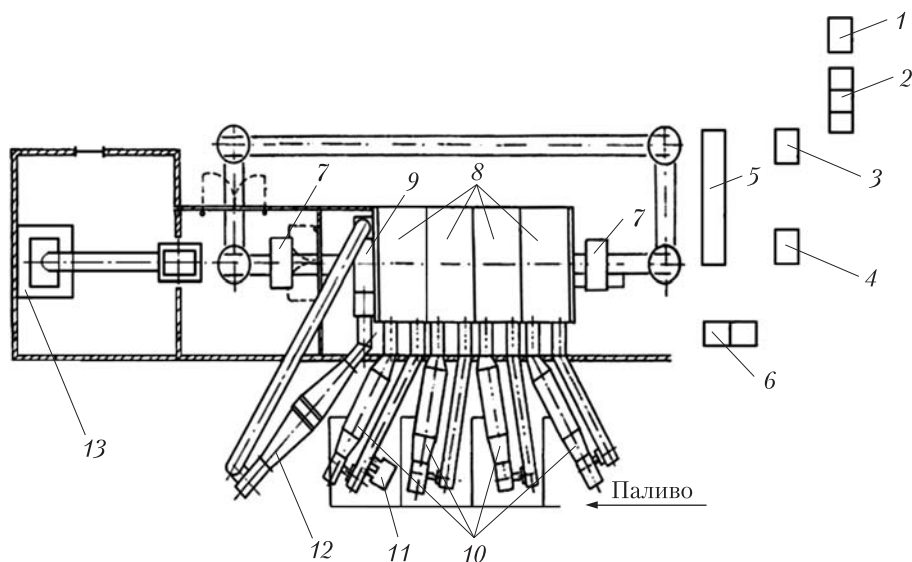
У березні цього року китайські колеги вже підписали міжнародний меморандум на впровадження в ТОВ «Рівнетеплоенерго» теплонасосної установки потужністю 18 МВт. Очікується, що це дасть змогу зменшити використання природного газу на 15 млн м<sup>3</sup> на рік.

### Використання теплонасосів у процесах сушіння

Сьогодні у світі 8–10% виробленої енергії витрачається на процеси сушіння, під час яких випарується понад 25 млн т вологи, яка на-

лежить до парникових газів. Застосування теплонасосів у процесах сушіння є досить ефективним. Як уже зазначалося, при використанні теплонасосів для опалення чи гарячого водопостачання необхідно знайти джерело низькопотенційної енергії. У процесах сушіння воно є в самій сушарці — це відпрацьований теплоносії. Тобто застосування теплонасосних установок у процесах сушіння — майже ідеальний варіант їх використання.

Теплоносії, проходячи через сушарку, знижує свою температуру і збільшує вміст вологи. Відпрацьований теплоносії надходить у випарник, при цьому його температура знижується, волога конденсується на поверхні випарника, віддаючи енергію робочому тілу, а сам теплоносії осушується. Проходячи через конденсатор, сухий теплоносії підвищує свою температуру і знову надходить у сушарку. При цьому волога не потрапляє в навколишнє середовище, а витрати енергії на процес сушіння в кілька разів нижчі, ніж у традиційних сушарках. У деяких випадках вони навіть менші за



**Рис. 7.** Схема технологічної лінії виробництва харчових порошків з тропічних фруктів: 1 — змішувач; 2 — мийний комплекс; 3 — машина для нарізання; 4 — гранулятор; 5 — стрічковий транспортер; 6 — пульт керування; 7 — візок; 8 — універсальна модульна сушильна установка; 9 — зона охолодження; 10 — теплогенератор з вентилятором; 11 — теплонасосна установка; 12 — установка охолодження повітря; 13 — установка диспергування, сепарації й пакування

теоретичні витрати енергії на випаровування вологи з відкритої поверхні.

Уперше в Україні в ІТТФ НАН України розроблено зерносушарку для насіннєвого зерна. Витрати енергії на випаровування вологи становлять у ній 0,6–0,8 кВт·год/л. Схожість зерна після сушіння – 100%. Сушарку впроваджено в МТС у Вінницькій області.

Інститут також розробив і впровадив у В'єтнамі технологічну лінію виробництва харчових порошоків з тропічних фруктів (рис. 7). У цій лінії використано чотиризонну тунельну сушарку з теплонасосною установкою. Це дозволило вперше у світі отримати натуральні харчові порошки з бананів та ананасів в умовах високої вологості тропічного клімату.

Створена в Інституті камерна теплонасосна сушарка для зневоднення харчових продуктів дає змогу отримувати високоякісну термолабільну харчову сировину. За допомогою цієї сушарки фахівці ІТТФ НАН України розробили близько 30 видів сухих пайків для гарячого харчування військовослужбовців, які було успішно апробовано в бойових умовах АТО.

Потенціал енергозбереження в процесах сушіння в різних галузях промисловості України оцінюється в 1,6–2,1 млн т у.п. на рік. Найбільшим він є під час сушіння будівельних матеріалів, вугілля, зерна і пиломатеріалів. Використання теплонасосів у цих процесах може заощадити майже 1 млрд м<sup>3</sup> газу.

## Висновки

Економічно доцільний потенціал енергозбереження в Україні від впровадження теплових насосів становить понад 26 млн т у.п. на рік, що дозволяє зекономити близько 20 млрд м<sup>3</sup> газу. Для його реалізації потрібно активізувати фундаментальні та прикладні дослідження в галузі розроблення теплових насосів, передусім високотемпературних.

Для стимулювання широкого впровадження енергоощадних теплонасосних технологій слід оцінювати їх ефективність не за штучно заниженими тарифами на теплову енергію, а за обсягами економії природного газу. Варто надавати преференції покупцям теплових насосів (часткова грошова компенсація державою до 20–30% вартості теплонасоса, пільговий кредит, відшкодування процентної ставки за кредитом тощо). Потрібно також вирішити питання державних гарантій для отримання іноземних кредитів під великі інвестиційні проекти з впровадження теплонасосних технологій для теплозабезпечення та гарячого водопостачання.

Крім того, доцільно розробити програму організації виробництва вітчизняних теплових насосів із залученням профільних організацій (ІТТФ НАН України, Національна асоціація України з теплових насосів, ВАТ «Коростеньхіммаш», ВАТ «Рефма», ВАТ «ВНДІкомпресормаш» та ін.).

## REFERENCES

1. *Energy efficiency as a resource for innovative development*. [http://esco.co.ua/journal/2012\\_6/art356.pdf](http://esco.co.ua/journal/2012_6/art356.pdf). [Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2008 році. К.: НАЕР, 2009].
2. *Atlas of the Energy Potential of Renewable and Alternative Sources*. (Kyiv, 2005). [http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas\\_alten\\_UA.htm](http://www.intelcenter.com.ua/rus/library/atlas_alten_UA.htm). [Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел. К., 2005].
3. Snezhkin Yu.F., Ulanov N.M., Chalayev D.M. *Promyshlennaya teplotekhnika (Industrial Heat Engineering)*. 2013. **35** (7): 16–22. [Снежкин Ю.Ф., Уланов Н.М., Чалаєв Д.М. Теплонасосні технології – ефективний шлях енергозбереження. *Промышленная теплотехника*. 2013. Т. 35, № 7. С. 16–22].
4. Heat pumps market in the EU. *Kholod*. 2010. **2**: 14–19. [Ринок теплових насосів у ЄС. *Холод*. 2010. № 2. С. 14–19].

*Ю.Ф. Снежкин*

Институт технической теплофизики НАН Украины  
ул. Желябова, 2а, Киев, 03057, Украина

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕПЛОНАСОСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

По материалам научного доклада на заседании Президиума НАН Украины 13 мая 2015 года

Рассмотрены проблемы развития и применения теплонасосных технологий в Украине. Приведены примеры внедрения новейших образцов энергоэффективного теплонасосного оборудования, разработанного специалистами Института технической теплофизики НАН Украины.

**Ключевые слова:** теплонасосные установки, замещение природного газа, возобновляемые источники энергии, энергоэффективность.

*Yu.F. Snezhkin*

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine  
2a Zhelyabova St., Kyiv, 03057, Ukraine

ENERGY-SAVING HEAT PUMP TECHNOLOGY FOR HEAT SUPPLY SYSTEM  
OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES AND INDUSTRY

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine May 13, 2015

The problems of development and application of heat pump technology in Ukraine are considered. Examples of the introduction of new energy-efficient heat pump equipment designs are presented. They are developed by specialists of Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine.

**Keywords:** heat pump systems, substitution of natural gas, renewable energy sources, energy efficiency.



## ДУБИНА

Дмитро Васильович – доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України



## КОРДІУМ

Єлизавета Львівна – член-кореспондент НАН України, завідувач відділу Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

УДК 575.21/ .16:582.35/.99:576.3

## ПЛАСТИЧНІСТЬ ОНТОГЕНЕЗУ СУДИННИХ РОСЛИН: МОЛЕКУЛЯРНІ, КЛІТИННІ, ПОПУЛЯЦІЙНІ ТА ЦЕНОТИЧНІ АСПЕКТИ

Однією з парадигм сучасної науки є положення, що стабільність системи визначається лабільністю її складових. У статті подано критичний аналіз класифікації типів стратегій адаптації видів судинних рослин до варіабельного зовнішнього середовища і розглянуто сучасні уявлення щодо фенотипічної пластичності рослин та її екологічного значення. Висунуто положення, що основною формою складних ценобіотичних взаємовідносин рослин є не конкуренція, а співіснування, що зумовлено екологічною і біологічною своєрідністю видів (тривалість онтогенезу, системи розмноження, послідовність сезонного розвитку) та рівнем фенотипічної пластичності за певних умов інтенсивності й спектра світла, водозабезпечення, типу ґрунту. Саме співіснування видів, різних за біологією та екологією, забезпечує стабільність біоценозу, а отже, стабільність рослинного покриву, без якої життя на планеті Земля неможливе.

**Ключові слова:** адаптація, конкуренція, пластичність, рослина, співіснування, стабільність, фенотипічна варіація.

### Вступ

З огляду на сучасний антропогенний пресинг на біосферу і прогнози глобальних змін клімату, однією з першочергових проблем теоретичної та експериментальної біології є проблема пізнання механізмів формування функціональних взаємовідносин рослин із зовнішнім середовищем, що забезпечує їх ріст, розвиток, репродукцію та поширення в найрізноманітніших умовах. Чільне місце в цій проблемі посідають питання стабільності та пластичності (фенотипічної й генетичної) онтогенезу і життєвої стратегії рослин в історичному (еволюційному) та індивідуальному розвитку в аспекті взаємовідносин видів у ценозі. Досліджуючи впродовж двох десятиліть реакції рослин на організменому, клітинному та молекулярному рівнях на не-



сприятливі зміни екологічних факторів у природі та в експерименті на прикладі видів вищої водної рослинності й модельного об'єкта *Arabidopsis thaliana*, ми дійшли певних висновків щодо ролі фенотипічної пластичності в індивідуальному розвитку рослин, їхньої адаптації до зовнішніх умов та екологічної взаємодії. У статті подано короткий огляд власних і наведених у літературі уявлень з цих питань.

### Фенотипічна пластичність

Однією з парадигм сучасної науки є положення, що стабільність системи визначається лабільністю її складових. У біології — це явище фенотипічної пластичності, тобто здатність генотипу змінювати свою експресію та реалізуватися в різних фенотипах у відповідь на різноманітні зовнішні впливи, завдяки чому організми можуть пристосовуватися до часових і просторових варіацій навколишнього середовища. Не викликає сумнівів положення про те, що стабільність, тобто реалізація генетично детермінованої програми онтогенезу, імперативом якої є збереження виду та залишення нащадків, перебуває під генетичним контролем. Проте виживання організмів, зокрема рослинних, у гетерогенному навколишньому середовищі зумовлене певною пластичністю їхньої організації у відповідь на зміни екологічних чинників, яка має пристосувальний характер і спрямована проти порушень в онтогенезі — генетичних чи спричинених зовнішнім середовищем. Таке положення ґрунтується на концепції еволюції онтогенезу І.І. Шмальгаузена. Її основою є уявлення про підвищення стійкості процесів індивідуального розвитку в еволюції та домінантності норми, що гарантує стабільність нормального формотворення за наявності мутацій, складної взаємодії процесів стабілізації та еволюції онтогенезу, які відбуваються на фоні його мінливості. Учений писав: «Ми дійшли висновку, здавалося б, парадоксального, що механізми індивідуального розвитку забезпечують у вищих тварин через систему кореляцій певну стійкість організації, а апарат спадковості

(з його мутаціями), тобто структура геному, гарантує достатню її пластичність у процесі еволюції» [1].

Фенотипічний прояв змін у генній експресії визначається вже на рівні транскрипції, а також процесингу РНК та трансляції і охоплює надзвичайно широке коло екологічно важливих ознак — фізіолого-біохімічних, анатомічних та морфологічних, особливості біології розвитку, час переходу до репродуктивної фази, системи розмноження та розвиток нащадків [2–8]. Запропоновано модулярну концепцію фенотипічної пластичності, за якою зміни в експресії ознак, що виникають у процесі росту і розвитку, а також під впливом зовнішнього середовища, відбуваються на рівні модулів [9]. Пластичність цілісного організму є проявом усіх відповідей окремих модулів і взаємодії між ними. Доведено, що фенотипічна пластичність здійснюється в межах норми реакції на основі метаболічної та гормональної регуляції генної експресії. Останнім часом вважається, що ключем до пластичності реакцій рослин на сигнали зовнішнього середовища має бути епігенетична система як частина передачі сприйнятого зовнішнього сигналу до змін у генній експресії, що має потенціал зберігати стійку пам'ять через численні клітинні покоління. Епігенетична система набуває особливого значення у рослин, що зумовлено значним поширенням серед них вегетативного способу розмноження [7, 10–14].

Сьогодні тривають активні теоретичні та експериментальні дослідження фенотипічної пластичності на популяційному, міжпопуляційному та міжвидовому рівнях з метою з'ясування її значення в еволюції, спеціалізації, динаміці популяцій і стратегії виживання в гетерогенному середовищі. Вивчення пластичності також поглиблює розуміння причин варіацій росту і розвитку організмів. Уявлення про пластичність як загальне біологічне явище потребує особливої уваги до її екологічних аспектів, оскільки припускається істотний вплив пластичності організмів на стабільність і локальне різноманіття популяцій та угруповань завдяки дії на перенос енергії, вуглецеві

цикли, число трофічних рівнів, кругообіг поживних речовин та первинну продуктивність [6, 15, 16]. Підкреслюється перспективність досліджень пластичності в екологічному аспекті для подальшого розуміння як механізмів відповідей організмів на чинники абіотичного та біотичного довкілля, так і впливу цих відповідей на взаємовідносини організмів з їхнім оточенням. Дослідження в цьому аспекті безпосередньо пов'язані з існуючими уявленнями щодо життєвої стратегії організмів.

### Типи життєвої стратегії

Серед численних біологічних класифікацій об'єктів рослинного світу найпоширенішими, на думку Б.М. Міркіна [17], є дві: класифікація життєвих форм і класифікація типів стратегій, які він називає еколого-ценотичними стратегіями (ЕЦС), враховуючи подвійну аут- і синекологічну природу адаптацій для виживання, як вираження засобів виживання рослин у різних екологічних і ценотичних умовах. Тип стратегії відображує деяку тріаду «виживаємості» — здатність популяції протистояти конкуренції та захоплювати той чи інший об'єм гіперпростору ніш; переживати стреси, спричинені біотичними чи абіотичними чинниками; відновлюватися після порушень. Уперше ценотичні типи серед рослин одного ценозу виділив Л.Г. Раменський [18–20]. У цих і в попередніх працях автор закладав підґрунтя для майбутніх визначень типів стратегій видів. Зокрема, він увів поняття екологічної індивідуальності, згідно з яким кожен рослинний організм своєрідно розподілений за факторами середовища, входячи до певних угруповань разом з іншими видами, і водночас ці угруповання, що становлять рослинний покрив, є неперервними. Тобто рослинний покрив, за Л.Г. Раменським, є багатовимірним, екологічно індивідуальним і, як уже зазначалося, неперервним. Л.Г. Раменський виділив три типи життєвих стратегій:

1) *леви* (віоленти, силовики) — мають найвищий конкурентний потенціал у оволодінні території завдяки енергії росту, міцності та

стійкості пагонів, масово ростуть в умовах, наближених до певного оптимального для них рівня;

2) *верблюди* (патієнти, витривалі) — ростуть у різних, не оптимальних для них оселищах завдяки своїй витривалості до різноманітних несприятливих умов;

3) *шакали* (експлеренти) — швидко займають площі, що тимчасово звільнилися, але не надовго, поступаючись іншим, більш конкурентоспроможним рослинам.

Основними формами складних ценотичних відносин рослин в одному оселищі Л.Г. Раменський вважає конкуренцію, взаємне екологічне доповнення та використання. Процеси конкуренції в ценотізі зумовлюють певну будову біоценозів і послідовність їх сезонного розвитку.

Майже 40 років потому Дж.П. Грайм [21, 22] запропонував три, по суті ідентичні виділенням Л.Г. Раменським, ценотичні типи, які було розвинуто в процесі історичного шляху, і ввів для їх визначення термін *стратегія*. Саме цей термін у подальшому набув широкого використання. Сучасна модель трьох стратегій (CSR), ґрунтуючись на ідеях Л.Г. Раменського та Дж.П. Грайма, включає три первинні адаптивні стратегії рослин:

1) *конкуренти* (С), визначальною ознакою яких є здатність швидко монополізувати захоплення ресурсів шляхом просторово-динамічного добування коренями та стеблами;

2) *стрес-толеранти* (S), які вирізняються здатністю довгофункціонуючих тканин протистояти траводним тваринам і впливам зовнішнього стресу в умовах, коли ріст суворо обмежений низьким постачанням мінеральних поживних речовин;

3) *рудерали* (R), що характеризуються коротким життям і тенденцією до швидкого використання засвоєних ресурсів для продукції потомства.

Визначення С-, S- та R-стратегій не виключає можливості численних проявів додаткової екологічної варіації всередині кожної з трьох категорій. На думку Дж.П. Грайма, модель CSR є необхідною теоретичною основою, яка

оцінює існування універсальних обмежень в еволюційній спеціалізації, результатом чого є значне поширення повторень адаптивних стратегій, які можна передбачити і пояснити надзвичайною важливістю продуктивності оселища та частотою і жорсткістю деструкції біомаси (порушенням) в еволюції та сучасній екології. Тобто модель CSR створює альтернативний базис для передбачення та з'ясування екологічних явищ.

Б.М. Міркін, об'єднавши систему Раменського — Грайма з ідеями Т.А. Работнова [25] та Р. Уїттекера [26], ускладнив її п'ятьма синтетичними типами — K, S, SK, R, RK.

Тип ЕЦС-стратегії за своїм змістом — поняття насамперед фенотипічне і являє собою адапційний комплекс, який формується геномом популяції, оскільки зі зміною умов середовища вид може змінювати свої координати в просторі типів ЕЦС. Перехідні типи представляють фенотипічні варіації [17].

На думку Ю.Е. Романовського [27], ключовою проблемою, що завжди постає при виділенні та класифікації стратегій, є ідентифікація факторів середовища, під впливом яких і формується та чи інша стратегія життя. Від кількості та можливих поєднань таких факторів — детермінантів стратегій природного добору залежить, скільки основних первинних стратегій життя можна виділити при аналізі природних популяцій. У зв'язку з цим слід згадати систему Е.Р. Піанки, яка включає два типи стратегій, сформованих під тиском K- і R-добору. За R-добором, селективну перевагу здобувають популяції, які швидко ростуть, вкладають максимум енергії в розмноження і продукують велику кількість «малоцінних» потомків. Цей добір діє в системах, де конкурентний тиск через різні причини тимчасово слабшає і відбувається вивільнення лімітуючих ресурсів. За K-добором, селективну перевагу мають особини з більшою масою тіла і тривалістю життя. K-стратегі приурочені до більш або менш стабільних умов середовища, вони є урівноваженими популяціями, де смертність регулюється щільністю, і пристосовані до умов гострої конкуренції. Як правило, вони — полікарпіки

з повільним розвитком і життєвими формами від трав до дерев. У сукцесійних серіях ці види збільшують свою участь у міру наближення сукцесійної стадії до клімаксу. R-стратегі, навпаки, віддають перевагу нестабільним оселищам, характеризуються неврівноваженими популяціями, смертність яких не залежить (або мало залежить) від щільності. Конкуренція між такими рослинами слабка, це однорічники, монокарпіки, найчастіше трави, рідше чагарники. У сукцесійному ряду вони пов'язані з піонерними стадіями і не відіграють істотної ролі в зрілих угрупованнях перед клімаксом [28]. Отже, основним фактором, що визначає місце популяції на осі R—K-стратегій, є напруження міжвидової конкуренції та пов'язаний з нею ступінь доступності лімітуючого ресурсу [27].

В основу системи Р. Уїттекера [26], яка включає три типи стратегій — K, R і L, покладено закономірності коливання чисельності популяцій між двома межами: K — верхньою, що відповідає максимальній щільності насичення, та L — нижньою, що означає певний «популяційний нуль», який відповідає чисельності, не здатній забезпечити виживання популяції. За Дж.П. Граймом, у формуванні стратегій беруть участь два незалежних зовнішніх фактори — стрес і порушення. Стрес обмежує чисельність і продукцію популяцій унаслідок обмеження ресурсів або впливу субоптимальних фізичних факторів. Порушення пов'язані зі споживанням біомаси популяції або загибеллю від екстремальних фізичних факторів. Ю.Е. Романовський, аналізуючи спроби знайти зв'язок стратегій з будь-якими зовнішніми чинниками або їх поєднаннями, вважає, що лише доступність ресурсу може реально впливати на перерозподіл енергобюджету особини та популяції [27], і приходять до висновку, що питання про фактори — детермінанти стратегій та кількість первинних стратегій залишається відкритим. На думку Б.М. Міркіна, поняття «тип стратегії» залишається безрозмірним, оскільки всі види, популяції і навіть особини однієї популяції різняться за стратегією [17]. Деякі дослідники заперечують використання терміна «стратегія» стосовно рослин через його антропоморф-

ність. Т.А. Работнов пропонує не відмовлятися від цього терміна, пояснюючи це тим, що у фітоценології давно застосовується не менш антропоморфний термін «конкуренція». Крім того, термін «стратегія» відповідає сутності боротьби за існування у розумінні Ч. Дарвіна, тому слід лише чіткіше визначити зміст цього поняття. Під стратегією виду доцільно розуміти «сукупність пристосувань, що забезпечують виду можливість зростати спільно з іншими організмами та займати певне місце у відповідних біоценозах» [29]. У роботі [30] стратегію визначено як сукупність взаємоадаптованих ознак (характеристик), що виникли внаслідок природного добору і є адаптацією до певних екологічних умов. Таке формулювання стратегії, на нашу думку, цілком відповідає поняттю «адаптація» при аналізі стану сучасних особин, популяцій або виду в цілому. Ми вважаємо, що поняття адаптації на всіх рівнях організації біологічних об'єктів — від клітини до організму та популяції — визначається як сукупність різноманітних особливостей їх просторово-часової організації, яка забезпечує життєздатність та специфічний спосіб існування в певних умовах навколишнього середовища, була набута в процесі історичного розвитку (філогенезу) і реалізується в процесі індивідуального розвитку (онтогенезу) [31].

Розглядаючи віоленти, патієнти та експлеренти як ценотичні типи, Т.А. Работнов [29] визначає їх властивості так: віолентність пов'язана з міцно розвинутою системою органів, що забезпечує особливо повне використання ресурсів; патієнтність — здатність рослин задовольнятися обмеженою кількістю ресурсів і бути стійкими до екстремальних умов середовища; експлерентність — система пристосувань, що дозволяє швидко займати місця після порушення фітоценозів завдяки наявності життєздатного насіння в ґрунті та швидкому вегетативному розмноженню. Підкреслюється універсальність такої властивості рослин як патієнтність та існування багатьох перехідних груп між трьома типами. Досить часто види, здатні бути віолентами, більшу частину екологічного ареалу займають як паті-

єнти, навіть у межах однієї популяції можливе диференціювання на віолентних і патієнтних особин.

Б.М. Міркін зазначає, що всі дослідники підкреслюють надзвичайно рідкісну вираженість чистих типів, які Дж.П. Грайм назвав первинними. Стратегія кожного виду індивідуальна і включає у різних співвідношеннях ознаки різних типів, причому роль кожного з них змінюється залежно від екологічної ситуації, тому часто на практиці оцінити тип ЕЦС дуже важко, значною мірою такі оцінки будуть суб'єктивними [17]. Встановлено, що набір диференціальних ознак первинних типів стратегій змінюється залежно від умов зростання та форм впливу на популяції [32, 33]. Як приклади фенотипічної пластичності наводяться дані щодо *Phragmites australis*, який є потужним віолентом у дельті Волги і патієнтом на засолених луках у Волго-Ахтубінській заплаві в межах свого ареалу, а також ефемерних осок, які в пустелі в період фізіологічного піку — віоленти, а в другій половині вегетаційного сезону — патієнти [25]. На думку Б.М. Міркіна, яскравим прикладом може бути *Pinus sylvestris*, що є К-стратегом в умовах екологічного процвітання, а на сфагнових болотах формує за рахунок низки особливих форм ряд патієнтності аж до чахлих низькорослих чагарників-карликів. *Allium victorialis* у заповідних умовах характеризується диференціальними ознаками конкурентного типу стратегії. Зі зміною умов зростання, зокрема скошування, спорадичного випасання худоби та ущільнення ґрунту, популяція набуває стрес-толерантних ознак. Підкреслюється, що незалежно від типу стратегії зміна низки параметрів або якогось одного з них під дією певного зовнішнього чинника може бути однотипною [32].

Особливий інтерес становить зміна поведінки видів у ценозах у різних умовах природного середовища. Доведено, що на протигагу неперервній мінливості кількісних показників угруповань їх видовий склад є відносно стійким [20]. Лише в разі його порушення з'являються нові для цього ценозу види. Вони, звичайно, не є випадковими і цілком відповіда-

ють змінам умов, що склалися. Найцікавішим при цьому є те, що за постійного і тривалого впливу, наприклад у трав'янистих угрупованнях, віоленти переходять у ранг патієнтів, а в разі відновлення умов займають свої попередні позиції. Ця поведінка видів більш глибоко виявляє ценобіотичні відносини видів, ніж інші, зокрема зумовлені їхніми морфологічними особливостями.

Підбиваючи підсумки опису сучасного стану концепції стратегії життєвого циклу, Ю.Е. Романовський зазначає, що її подальший розвиток тісно пов'язаний з розвитком теорії конкуренції, хоча дослідження конкурентного витиснення та співіснування при коливанні ресурсу перебувають у зачатковому стані. Лише на основі цієї концепції із залученням теорії конкуренції можна досягти іншого рівня розуміння організації біологічних угруповань. Стратегія життєвого циклу, на його думку, як результат природного добору, — це поєднання абсолютних і відносних витрат енергії, яка надходить, у процесах виживання та розмноження популяцій або частини їх особин, що дає максимум ефективності споживання лімітуючого ресурсу за певного режиму флуктуації його достатку.

### **Адаптивна роль інтегративної пластичності ознак**

Як свідчить аналіз літератури з питань класифікацій та спрямованості адаптацій компонентів ценозу — ценобіотичних типів (за Л.Г. Раменським), типів стратегій (за Дж.П. Граймом) і еколого-ценобіотичних стратегій (за Б.М. Міркіним), виділення типів компонентів ценозу ґрунтується насамперед на таких особливостях біології рослин, як тривалість індивідуального розвитку (одно-, дво-, багаторічники), система розмноження (статеве, вегетативне та їх співвідношення), час переходу до репродуктивної фази онтогенезу, габітус рослин, а також беруться до уваги їхні екологічні ознаки. Тому, на нашу думку, запропоновані ЕЦС можуть давати певне уявлення щодо складу окремих сучасних ценозів, однак самі по собі

не розкривають суті процесу адаптації, оскільки всі постійні компоненти кожного сучасного ценозу адаптовані до певних умов існування. Зі зміною зовнішніх факторів природного або антропогенного походження рослини різних ЕЦС у процесі адаптації до нових умов виявляють пластичність ознак на структурному, фізіолого-біохімічному та молекулярному рівнях, що зумовлює появу численних фенотипічних варіацій. Саме така ситуація створює, на думку Б.М. Міркіна [17], значні труднощі для оцінювання на практиці типів ЕЦС. Щодо факторів середовища, під впливом яких формуються компоненти біоценозу (стратегії життя), то ми вважаємо, що для автотрофних рослин світло і вода ( $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  містяться в атмосфері) є первинними критичними чинниками для їх існування в природних біоценозах, наступний чинник — мінеральне живлення — посідає чільне, але другорядне місце. Такі фактори, як порушення, хижацтво, витоштування, руйнівні впливи сільського господарства, є вторинними.

Під стратегією життя (життєвого циклу) ми розуміємо іманентну здатність усього живого до розмноження, тобто виконання репродуктивного імперативу — залишення нащадків і збереження виду. Тому універсальною реакцією рослин різної біології та екології на несприятливі впливи є скорочення онтогенезу, тобто прискорення переходу від вегетативної фази до генеративної (*Alisma plantago-aquatica*, *Sisymbrium altissimum*, *Chamerion angustifolium*, *Berteroa incana*, *Ambrosia artemisiifolia* та багато ін.). Звичайно, однорічні рослини, які розмножуються лише статевим шляхом, утворюють велику кількість насіння (залишення нащадків), що може зберігатися у ґрунті впродовж сотні років. Адаптивні відповіді виду на клітинному та молекулярному рівні певним чином варіюють залежно від екологічних особливостей і генетично детермінованої норми реакції (генетична варіабельність) його популяцій. Ми поділяємо погляди ряду дослідників щодо недоцільності використання терміна «стратегія» через його антропоморфність для визначення особливостей біології та екології

видів сучасного біоценозу, хоча певною мірою він може характеризувати ту чи іншу спрямованість добору.

### Конкуренція чи співіснування

Як впливає з огляду літератури, основним фактором формування стратегії життєвого циклу вважається конкуренція за ресурси, хоча в працях Л.Г. Раменського можна знайти, що «рослини з різними вимогами до середовища зростають спільно у певних середніх умовах ніби у порядку *компромісу*. Таке тлумачення єдності рослинних угруповань і біоценозів загалом, що виходить із розуміння екологічної своєрідності кожного організму, є єдино правильним» [18]. Ми дійшли висновку, що основною формою складних ценобіотичних відносин рослин, які ведуть нерухомий спосіб життя і характеризуються автотрофним типом

живлення, є співіснування, що зумовлюється особливостями їхньої біології та екології (тривалість онтогенезу, системи розмноження, послідовність сезонного розвитку) і рівнем фенотипічної пластичності у певних умовах інтенсивності й спектра світла, водозабезпечення, типу ґрунту. У цих змінах відображується екологічна і біологічна своєрідність видів, що складають біоценози, їх різна реакція на умови середовища, їх взаємовідносини, їх динаміка чи інертність. Саме співіснування видів, різних за біологією та екологією, забезпечує стабільність біоценозу, а отже, стабільність рослинного покриву, без чого життя на планеті Земля неможливе.

Схему аут- та синекологічної стабільності біорізноманіття можна представити так: пластичність особини → пластичність популяції → стабільність ценозу → стабільність рослинного покриву.

### REFERENCES

- Schmalhausen I.I. *Path and Regularities of Evolution*. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1940 (in Russian). [Шмальгаузен И.И. *Пути и закономерности эволюционного процесса*. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1940].
- Bradshaw A.D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Adv. Genet.* 1965. **13**: 115–55.
- Kuiper P.J.C. Adaptation mechanisms of green plants to environmental stress. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1998. **851**: 209–15.
- Schlichting C.D., Smith H. Phenotypic plasticity: linking molecular mechanisms with evolutionary outcomes. *Evol. Ecol.* 2002. **16**: 189–211.
- Pigliucci M. Evolution of phenotypic plasticity: where are we going now? *Trends Ecol. Evol.* 2005. **20**: 481–86.
- Aubin-North N., Renn S.C.P. Genomic reaction norms: using integrative biology to understand molecular mechanisms of phenotypic plasticity. *Mol. Ecol.* 2009. DOI: 10.1111/j.1365-294X.2009.04313.x.
- Kordyum E.L. *Ukrayinskyi botanichnyi zhurnal (Ukrainian Botanical Journal)*. 2012. **69**(2) (in Ukrainian). [http://www.botany.kiev.ua/content\\_ubj\\_12.htm#u2\\_12](http://www.botany.kiev.ua/content_ubj_12.htm#u2_12). [Кордюм Є.Л. Фенотипічна пластичність і епігенетика. *Укр. ботан. журн.* 2012. Т. 69, № 2. С. 163–77].
- Kelly S.A., Panhuis T.M., Stoehr A.M. Phenotypic plasticity: molecular mechanisms and adaptive significance. *Comprehensive Physiology*. 2012. **2**: 1417–39.
- Kroon H., Huber H., Stuefer J.F., van Groenendael J.M. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist*. 2005. **166**: 73–82.
- Scott D. Description of the relationships between plants and environment. In: *Vegetation and Environment*. Handbook of Vegetation Science. Pt. 6. (Eds. Billings W.D., Strain B.R.). Hague: Dr. W. Junk, 1974. P. 49–69.
- Whitham T.G., DiFazio S.P., Schweitzer J.A., Shuster S.M., Allan G.J., Bailey J.K., Woolbright S.A. Extending genomics to natural communities and ecosystems. *Science*. 2008. **320**: 492–93.
- Zhang X. The epigenetic landscape of plants. *Science*. 2008. **320**: 489.
- Chinnusamy V., Zhu J.-K. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009. **12**: 1–7.
- Bossdorf O., Richards C.L., Pigliucci M. Epigenetics for ecologists. *Ecol. Lett.* 2008. **11**: 106–15.

15. Sultan S.E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends Plant Sci.* 2000. **12**: 537–42.
16. Miner B.G., Sultan S.E., Morgan S.G., Padilla D.K., Relyea R.A. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends Ecol. Evol.* 2005. **20**: 686–92.
17. Mirkin V.M. *Zhurnal Obshchei Biologii (Journal of General Biology)*. 1983. **64**: 603–13 (in Russian).  
[Миркин В.М. О типах эколого-ценотических стратегий у растений. *Журнал общей биологии*. 1983. Т. 64. С. 603–13].
18. Ramenskiy L.G. *Sovetskaya Botanika*. 1935. **4**: 25–42 (in Russian).  
[Раменский Л.Г. О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной технологии земель, геоботаники и экологии. *Советская ботаника*. 1935. Т. 4. С. 25–42].
19. Ramenskiy L.G. *Introduction to the complex soil-botanical research of lands*. Moscow: Selkhozgiz, 1938 (in Russian).  
[Раменский Л.Г. Введение в комплексное почвенно-ботаническое исследование земель. М.: Сельхозгиз, 1938].
20. Ramenskiy L.G. *Selectas*. Leningrad: Nauka, 1971 (in Russian).  
[Раменский Л.Г. *Избранные работы*. Л.: Наука, 1971].
21. Grime J.P. Vegetation classification by reference to strategies. *Nature*. 1974. **250**: 26–31.
22. Grime J.P. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*. 1977. **111**: 1169–94.
23. Grime J.P. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. John Wiley & Sons, 2006.
24. Grime J.P., Pierce S. *The Evolutionary Strategies that Shape Ecosystems*. John Wiley & Sons, 2012.
25. Rabotnov T.A. *Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series*. 1981. **86**(3): 68 (in Russian).  
[Работнов Т.А. Жизнеспособные семена в составе ценотических популяций как показатель стратегии жизни видов растений. *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1981. Т. 86, № 3. С. 68].
26. Whittaker R.H. *Communities and Ecosystems*. Macmillan, 1975.  
[Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс, 1980].
27. Romanovskiy Yu.E. *Biologicheskie nauki (Biosciences)*. 1989. **11**: 18–31 (in Russian).  
[Романовский Ю.Э. Современное состояние концепции стратегии жизненного цикла. *Биологические науки*. 1989. Т. 11. С. 18–31].
28. Pianka E.R. On r- and K-selection. *Am. Naturalist*. 1970. **104**: 592–97.
29. Rabotnov T.A. *Ekologiya (Ecology)*. 1985. **3**: 3–12 (in Russian).  
[Работнов Т.А. О типах стратегии растений. *Экология*. 1985. Т. 3. С. 3–12].
30. Stearns S.C. Life-history tactics: a review of the ideas. *Quart. Rev. Biol.* 1976. **51**: 3–47.
31. Kordyum E.L. In: *Botany and mycology on a way to the third millennium*. (Ed. Vasser S.P.). (Kyiv: Naukova dumka, 1996). P. 245–55 (in Russian).  
[Кордюм Е.Л. Современные проблемы клеточной биологии растений. В кн.: *Ботаника и микология на пути в третье тысячелетие* (под ред. С.П. Вассера). К.: Наук. думка, 1996. С. 245–55].
32. Tsaryk Y.V. *Ukrayinskuu botanichnuu zhurnal (Ukrainian Botanical Journal)*. 1994. **51**: 5–10 (in Ukrainian).  
[Царик Й.В. Деякі уявлення про стратегію популяцій рослин. *Укр. ботан. журн.* 1994. Т. 51. С. 5–10].
33. Tsaryk Y., Holubets M. (eds.). *Strategy populations of plants in natural and anthropogenically modified ecosystems Carpathians* (Lviv: Evrosvit, 2001) (in Ukrainian).  
[Стратегія популяцій рослин у природних і антропогенно змінених екосистемах Карпат (за ред. М. Голубця, Й. Царика). Львів: Євросвіт, 2001].

Стаття надійшла 21.04.2015.

*Д.В. Дубыта, Е.Л. Кордюм*

Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины  
ул. Терещенковская, 2, Киев, 01601, Украина

#### ПЛАСТИЧНОСТЬ ОНТОГЕНЕЗА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ: МОЛЕКУЛЯРНЫЕ, КЛЕТОЧНЫЕ, ПОПУЛЯЦИОННЫЕ И ЦЕНОТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Одной из парадигм современной науки является положение, что стабильность системы определяется лабильностью ее составляющих. В свете этой парадигмы проведен критический анализ классификаций типов стратегий адаптации видов сосудистых растений к вариабельной внешней среде и рассмотрены современные представления о фенотипической пластичности растений и ее экологическом значении. При изменении внешних факторов естественного или антропогенного происхождения растения проявляют пластичность признаков на различных уровнях своей организации, что ведет к появлению многочисленных фенотипических вариаций. Выдвинуто положение, что основной формой сложных ценобиотических взаимоотношений растений, которые ведут неподвижный образ жизни и отличаются автотрофным типом питания, является не конкуренция, а сосуществование, которое обуславливается экологическим и биологическим своеобразием видов (продолжительность онтогенеза, системы размножения, последовательность сезонного развития) и уровнем фенотипической пластичности в определенных условиях интенсивности и спектра света, водообеспечения, типа почвы. Именно сосуществование видов различной биологии и экологии обеспечивает стабильность биоценоза и, таким образом, стабильность растительного покрова, без которой жизнь на планете Земля невозможна.

**Ключевые слова:** адаптация, конкуренция, пластичность, растение, сосуществование, стабильность, фенотипическая вариация.

*D.V. Dubyna, E.L. Kordyum*

Kholodny Institute of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine  
2 Tereshchenkivska St., Kyiv, 01601, Ukraine

#### ONTOGENESIS PLASTICITY OF VASCULAR PLANTS: MOLECULAR, CELLULAR, POPULATION AND CENOTIC ASPECTS

An idea of the system stability determined by lability of its components is one of modern scientific paradigms. In the light of this paradigm, a critical analysis of the classifications of adaptation strategy types of vascular plants is presented and current concepts on phenotypic plasticity in plants and its ecological significance are considered. Under the natural or anthropogenic environmental changes, plants display plasticity at the different levels of their organization that leads to the appearance of numerous phenotypic variations. It is advanced the main mode of complicated cenobiotic interrelationships of plants, which are immobile and autotrophic, is coexistence, not competition, that is grounded on both the species biological and ecological specificity (ontogenesis duration, reproduction systems, succession of season development) and the level of phenotypic plasticity in the certain conditions of light intensity and spectrum, water supply, as well as by the soil type. Namely, coexistence of species different on biology and ecology provides stability of biocenosis and, thus, stability of the plant cover, without which life of the planet Earth is impossible.

**Keywords:** adaptation, competition, plasticity, plant, coexistence, stability, phenotypic variation.



**ЧЕКМАН**

**Іван Сергійович** – член-кореспондент НАН України та НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

**ГОРЧАКОВА**

**Надія Олександрівна** – доктор медичних наук, професор кафедри фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

**РАСПІН**

**Костянтин Борисович** – студент фармацевтичного факультету Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

УДК 539.2

## **НАНОКАРБОН: ФАРМАКОЛОГІЧНІ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**

*У статті наведено перелік деяких різновидів алотропних модифікацій вуглецю, проаналізовано їх характеристики і властивості. Узагальнено відомості про раціональне використання нанокарбонових структур у науці й техніці. Викладено історію їх відкриття і перспективні шляхи подальшого розвитку. Особливу увагу приділено біомедичному застосуванню нанокарбонових сполук та обґрунтовано необхідність евалюації їх токсичного впливу на живі системи.*

**Ключові слова:** нанокарбон, графен, фулерени, карбонові нанотрубки, на-нокомпозити карбону з металами, токсичність нанокарбонових сполук.

**Вступ**

Наприкінці ХХ ст. у світі розпочалося інтенсивне вивчення структур органічного й неорганічного походження, розмір яких хоча б в одному вимірі менший за 100 нм. Об'єктами досліджень учених стали наноструктурні матеріали, нанокластери, нанокристали, нанотрубки, наносистеми, на-нокомпозити, на-нопористі матеріали, нанопорошки, наносуспензії, наноемульсії, нанометали. Сьогодні майже в усіх країнах світу проводять теоретичні та практичні дослідження в галузі нанонауки, розробляють нові нанотехнології, впроваджують їх у різні сфери діяльності людини. Зацікавленість учених у вивченні наноматеріалів зумовлена тим, що зменшення розмірів системи спричинює зміни механічних, фізичних, хімічних, біологічних, фармакологічних властивостей наноматеріалів [1, 2].

На кафедрі фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця спільно з інститутами НАН України, НАМН України, а також кафедрами медичних вузів проводяться дослідження з вивчення фармакологічних і токсикологічних властивостей нанорозмірних матеріалів органічного й неорганічного походження [3–5]. У плані продовження досліджень з нанофармакології та наномедицини доцільним є вивчення властивостей нанокарбону.

Тривалий час карбон (вуглець) був відомий як основний хімічний компонент різних біологічних, хімічних та фізичних систем. Його сполуки становлять основу всіх живих організмів. Карбон утворює ковалентні зв'язки, його атоми в одній і тій самій сполуці можуть виконувати роль і акцептора, і донора електронів. З біохімічної точки зору важливо те, що хімічні зв'язки, які утворює карбон, достатньо міцні і разом з тим здатні легко розриватися під час біохімічних реакцій. Карбон входить до складу всіх тканин і клітин живих організмів у вигляді біологічно важливих сполук: білків, вітамінів, гормонів, ферментів тощо [5, 6].

Серед досягнень у виявленні властивостей сполук вуглецю одним із найвизначніших було відкриття нанорозмірних карбонових структур, таких як графен, фулерени, вуглецеві нанотрубки та інші споріднені матеріали. Завдяки впровадженню трансмісійної електронної мікроскопії з високою роздільною здатністю виникла можливість вивчати ці структури з високою точністю [7].

## Графен

Графен — одна з алотропних модифікацій карбону, одноатомний шар атомів вуглецю з гексагональною будовою. Графен, отриманий у 2004 р. Андрієм Геймом та Костянтином Новосьоловим, схожий за своєю будовою на окремий атомний шар у структурі графіту — атоми вуглецю утворюють плоску структуру з міжатомною відстанню 0,142 нм. Без опори графен має тенденцію згортатися, але може бути стійким на підкладці. Однак графен вдалося отримати і без підкладки, у вільному підвішеному стані, розтягнутий на опорах [8].

Графенові плівки вирощують на поверхні карбиду кремнію. При взаємодії графітоподібних вуглецевих шарів з твердими підтримуючими основами одержують структури типу карбон—метал. На відміну від структур графен—SiC, продукція яких не викликає жодних проблем, синтез структур карбон—метал пов'язаний з певними труднощами внаслідок того, що вуглець легко розчиняється в рідких

металах, утворюючи тверді сплави або в разі більших концентрацій — карбіди металів [9].

Графен, як винятково тонкий двовимірний матеріал, має велику рухливість носіїв, високу електро- і теплопровідність, що в комбінації з гнучкістю й прозорістю забезпечує величезний потенціал для прикладного використання [2, 10]. Синтезовано також мультиграфен, який налічує до 10–20 шарів графену, завтовшки менш як 10 нм. Мультиграфен має всі якості графену, крім лінійної дисперсії, а також додаткові можливості для його функціоналізації, що розширює спектр його застосування [11, 12]. Фторграфен є хімічно і термічно стабільним діелектриком ( $R \sim 10^{12}$  Ом/с) з відносно широкою забороненою зоною (~3 eV) [8, 13].

Завдяки своїм унікальним властивостям графен приваблює науковців усього світу, але в біомедицині його використовують порівняно рідко. Цей матеріал можна застосовувати для цільової доставки ліків, генів у терапії онкозахворювань, у виробництві біосенсорів. Однією з переваг графену є низька реакційна здатність по відношенню до органічних молекул, що відкриває перспективу його використання там, де потрібна висока біосумісність (наприклад, в імплантатах) [14].

Одним із недавніх проривів у галузі фармакологічних досліджень, спрямованих на оптимізацію терапії раку, стало використання новітніх систем доставки ліків, а також застосування моноклональних антитіл і олігонуклеотидів. Функціоналізований нанорозмірний графен використовують для внутрішньоклітинної *in vitro* доставки протипухлинних хімотерапевтичних засобів. Встановлено, що нанографен з біосумісним поліетиленгліколевим (ПЕГ) покриттям захоплюється пухлинами і тому може використовуватися для ефективної фототермічної візуалізації пухлин передміхурової залози у мишей [8]. Розроблено також біосенсиори на основі графену для виявлення різних біомолекул, задіяних у багатьох біомеханізмах [12].

Крім того, графен, оксид графену (GO) і відновлений оксид графену (rGO) завдяки своїм унікальним характеристикам є перспективни-

ми матеріалами для застосування в наноелектроніці, сенсорах, нонокомпозитах, енергоощадних технологіях тощо [2, 15].

Графен можна використовувати для виробництва бронезилетів, бронешитів та іншого захисного спорядження. Раніше механічні властивості графену вивчали в статичних умовах, однак команда дослідників під керівництвом професора Джей-Хванг Лі з Массачусетського університету (США) вирішила розглянути поведінку цього матеріалу в динамічних умовах. Вони опублікували дослідження, в якому на специфічному балістичному тесті було продемонстровано високу ударостійкість графену. Вчені використовували лазерний імпульс, за допомогою якого розігрівали золоті нитки, атоми з яких, подібно кулям, зі швидкістю близько 1000 м/с спрямовувалися на матеріал з багат шарового (до 100 листів) графену товщиною від 10 до 100 нм. Дослідники виявили, що графенові листи розсіювали кінетичну енергію атомів золота. Деформації в графені мали вигляд конуса, від якого радіально розходилися тріщини в напрямках, що приблизно відповідали кристалографічним напрямкам. Фахівці з'ясували, що питома енергія, необхідна для проникнення всередину багат шарового графену, в 10 разів вища, ніж для макроскопічних сталевих листів за швидкості 600 м/с. Інакше кажучи, графен приблизно в 10 разів міцніший за сталь і вдвічі міцніший за кевлар [6].

Нанонаука — відносно молода галузь, і оскільки вплив наноматеріалів на організм ссавців до кінця ще не встановлено, зростає стурбованість з приводу того, що наночастинки можуть мати негативну дію, потрапляючи в організм людини, і створювати проблеми для навколишнього середовища. Повна перевірка нового матеріалу чи лікарського препарату потребує багато часу, від винаходу до застосування в практичній діяльності може минути 20—30 років [16]. Серед науковців не вщухають дебати щодо токсичності нанополук карбону взагалі і графену зокрема. Дослідники з Індії довели, що при смаженні м'яса на відкритому вогні (шашлики, барбекю) утворюється оксид графену та інші вуглецеві наноматеріали. Вче-

ні припустили, що, оскільки людство ще з часів оволодіння вогнем споживає з їжею ці наноматеріали, вони безпечні для людей [17]. Як зазначає Сабіясахі Саркар (Sabyasachi Sarkar) з індійського Інституту інженерії і технології Західного Бенгалу, наноматеріали на основі вуглецю споживаються людиною протягом усього часу розвитку цивілізації, тому можна вважати, що ці матеріали витримали перевірку часом [18]. Оксид графену може утворюватися і в процесі коксування рослинного матеріалу. Попіл рослин є компонентом багатьох рецептів народної медицини, наприклад кропової води, за допомогою якої лікують розлади травлення у дітей, а також активованого вугілля, сфери застосування якого добре відомі. Сабіясахі Саркар з колегами підтвердили наявність оксиду графену в кроповій воді [17]. Проте наведену аргументацію аж ніяк не можна трактувати так, що всі вуглецеві наносистеми не є токсичними, і моніторинг вмісту наночастинки у навколишньому середовищі, безумовно, необхідний.

## Фулерени

Іншим різновидом вуглецю є фулерени — замкнені багатогранні молекули чистого карбону, що мають п'яти- і шестикутні грані. Відкриття молекули фулерену  $C_{60}$  (бакмінстерфулерену, бакіболу), яка нагадує футбольний м'яч (футболен), певною мірою було випадковим, але стало своєрідним «золотим ключиком» у новий чарівний світ нанометрових структур з чистого вуглецю [3]. Ці дивовижні структури назвали на честь американського архітектора, математика, картографа, філософа і поета Річарда Бакмінстера Фуллера, який свого часу дійшов надзвичайно цікавого і важливого висновку: природа за мільйони років еволюції розробила економний принцип векторної системи побудови біологічних структур, що забезпечує оптимальне, ефективне і найдоцільніше співвідношення у конструюванні атомів, молекул, клітин, органів, мікро- та макроорганізмів, а отже, і міцність, силу, стійкість, можливість взаємодії з іншими об'єктами, по-

стійне функціонування величезної кількості не лише органічних, а й неорганічних структур. Р.Б. Фуллер запропонував впровадити у будівельні технології векторну геометрію, яку назвав енергетично-синергетичною (energetic-synergetic geometry) [4, 19].

Система міжатомних зв'язків у фулеренах і графені дуже схожа, тому їх розглядають як сферичну форму останнього. Найменшим за розміром у цій групі сполук є  $C_{20}$ , найбільшими —  $C_{1500}$ ,  $C_{2160}$  та ін. [7, 19]. Геометрія і стабільність фулеренів здебільшого визначаються правилом ізольованих п'ятикутників, за яким у стабільних фулеренах п'ятикутники оточені п'ятьма шестикутниками і як результат — ізольовані один від одного. Тільки фулерен  $C_{60}$  та члени групи не менші за  $C_{70}$  можуть задовольнити це правило. Для різних ізомерів однієї молекули, які не відповідають цьому правилу, відносна стабільність обернено пропорційна кількості суміжних п'ятикутників, тобто ізомер з найменшою кількістю суміжних п'ятикутників має найсприятливіший енергетичний стан [20, 21]. Фулерени є діелектриками і діаманетиками. У різних умовах такі структури набувають властивостей напівпровідника, феромагнетика, магнетика тощо [3].

Учені з Китаю та США спрогнозували існування стабільної фулереноподібної сполуки, що складається з 40 атомів бору [22]. Геометричні елементи, які формують об'ємну структуру такої молекули, — це трикутники, шестикутники і семикутники. До свого відкриття науковці прийшли, розглядаючи графеноподібні модифікації сполук бору. Їм вдалося отримати дві стійкі форми: одну, майже плоску, схожу на графен, а іншу — кулясту і порожнисту всередині, що нагадує будовою молекулу фулерену. Раніше вже було отримано фулереноподібні структури з кремнію та урану з додаванням атомів металів для забезпечення стійкості конструкції молекули. У таблиці Менделєєва бор є близьким до вуглецю хімічним елементом — їхні атомні числа відрізняються на одиницю. Учені вважають, що структури бору здатні найповніше відтворити основні властивості фулерену [4, 22]. Взагалі молекула фулере-

ну — це алотропна модифікація карбону, але на сьогодні ще немає спільної думки про те, чи можна називати фулеренами тільки сполуки вуглецю. Автори [22] вважають, що отримані ними фулереноподібні структури бору, зважаючи на хімічні властивості цього елемента, здатні взаємодіяти з воднем, і не виключають можливість використання нового матеріалу як конструктивного елемента електричних ланцюгів.

Фулерени мають біологічну активність, виявляючи, зокрема, антиоксидантні властивості, їх вважають перспективними потенційними носіями лікарських засобів. Фулерени малотоксичні, мають усередині молекули порожнину, в яку можна поміщати лікарські засоби, радіоактивні частинки, маленькі сенсори тощо [23]. Властивість фулеренів пригнічувати ВІЛ-1 протеази та ВІЛ-оборотні транскриптази зумовлює використання цих наночастинок для лікування ВІЛ/СНІДу, в тому числі і в разі хронічно інфікованих клітин. При застосуванні композиту  $C_{60}$  з полівінілпіролідом у хворих на грип виявлено інгібування реплікації вірусу [24]. Антиоксидантні властивості фулеренів застосовують у терапії нейродегенеративних захворювань — хвороб Альцгеймера, Паркінсона, аміотрофічного латерального склерозу, оскільки вони можуть захоплювати електрони активних форм кисню, тим самим інактивуючи їх. Це зменшує оксидантний стрес, перекисне окиснення ліпідів та деструкцію мембрани нейронів [23].

За результатами проведеного дослідження з токсичності фулеренів міжнародна група під керівництвом професора Паризького університету Фаті Муси (Fathi Moussa) припустила, що токсичний ефект молекул фулеренів виникає в полярних органічних розчинниках [25]. У цій роботі фулерени були модифіковані в такий спосіб, щоб вони могли розчинятися у воді без використання полярних органічних розчинників. Спочатку вчені дослідили поведінку отриманих «карбоксильованих» молекул  $C_{60}$  на лабораторних тваринах. Експеримент показав, що хоча фулерени і накопичувалися в печінці, вони не спричиняли токсичного

ефекту, як це було в попередніх дослідженнях. Натхнені цими результатами, дослідники вирішили перевірити гіпотезу про те, що фулерени є антиоксидантами, які захищають печінку від хімічного впливу. У новому експерименті мишей спочатку піддавали впливу молекул  $C_{60}$ , а потім — чотирихлористого вуглецю, який, як відомо, руйнує гепатоцити. Як і очікувалося, тварини, що зазнали впливу фулеренів, не мали ушкоджень печінки від  $CCl_4$ , на відміну від контрольної групи тварин. Однак максимальний захисний ефект проявлявся зовсім не тоді, коли кількість  $C_{60}$  в печінці була найбільшою. На думку вчених, можливим поясненням такої невідповідності є те, що фулерени здатні «злипатися» в печінці, що впливає на їх протиокисні властивості. Проте інші дослідники запропонували альтернативну гіпотезу, засновану на огляді наукової літератури. На їхню думку, справа не в антиоксидантній дії фулеренів, а в тому, що вони руйнують у печінці клітини Купфера (Kupffer cells), які, як вважається, відповідають за токсичний ефект  $CCl_4$ . Отже, незважаючи на оптимістичні заяви про те, що результати, отримані командою Фаті Муси [25], поставили остаточну крапку в дискусії про токсичність фулеренів, необхідні подальші дослідження, які мають довести, що молекула  $C_{60}$  не ушкоджує клітини Купфера, оскільки ці клітини відіграють важливу роль у боротьбі з інфекціями [26].

## Вуглецеві нанотрубки

До різновидів нанокарбону належать вуглецеві нанотрубки. Історія їх відкриття пов'язана з роботами японського дослідника Суміо Іджіма (Sumio Iijima), який вивчав осад, що утворюється на катоді при розпиленні графіту в електричній дузі. Його увагу привернула незвичайна структура цього осаду, який складається з мікроскопічних ниток і волокон. Вимірювання, виконані за допомогою електронного мікроскопа, показали, що діаметр таких ниток не перевищує кількох нанометрів, а їх довжина коливається від одного до кількох мікронів. Розрізавши тонку трубочку по поздовжній осі,

вчені виявили, що вона складається з одного або декількох шарів, кожен з яких є гексагональною сіткою графіту [4, 5].

Отже, нанотрубки — це протяжні структури, що складаються зі скручених гексагональних сіток з атомами вуглецю у вузлах. На сьогодні найпоширенішим способом їх отримання є метод термічного розпилення графітових електродів у плазмі дугового розряду. Синтез здійснюють у камері, заповненій гелієм, під тиском близько 500 мм рт. ст. При горінні плазми відбувається інтенсивне термічне випаровування анода, при цьому на торцевій поверхні катода утворюється осад, у якому формуються нанотрубки вуглецю. Найбільша їх кількість утворюється за мінімального току плазми густиною близько 100 А/см<sup>2</sup>. Отримані нанотрубки мають довжину порядку 40 мкм [5].

Ідеальна нанотрубка — це циліндр, отриманий при скручуванні плоскої гексагональної сітки графіту без швів [27]. Є дві основні форми вуглецевих нанотрубок — одностінні (одношарові), циліндрична стінка яких формується за типом графітового шару з одинарною сіткою атомів карбону, та багатостінні (багатошарові), що складаються з кількох одностінних нанотрубок, вставлених одна в одну. Багатошарові нанотрубки можуть мати структуру типу російської матрьошки, шестигранної призми та сувою. Особливості будови нанотрубок поєднують структурні елементи фулеренів і графіту [28].

Нанотрубки не розчиняються у воді. Насправді, гідрофобність є одним із головних їхніх недоліків [29]. Для його подолання нанотрубки намагаються різними способами перевести з гідрофобних у гідрофільні структури, наприклад хімічним, електрохімічним, термальним методом та окисненням [30]. Щоб можна було скористатися біомедичним потенціалом нанотрубок, їх поверхню функціоналізують або покривають амфіфільними молекулами, такими як поліетиленгліколь (ПЕГ), фосфоліпіди, полімери [31].

Спектр практичного застосування нанотрубок у біомедицині та біотехнологіях охоплює їх використання як каналів для біосенсорів, сис-

тем для доставки ліків, оболонок для ензимів і ДНК-трансфекторів [14]. Оскільки нанотрубки мають внутрішню та зовнішню поверхні, є можливість розміщувати всередині цих наноструктур, скажімо, лікарські засоби, а їх відкриті кінці можуть бути воротами для входу та виходу цих препаратів, що зумовлює їх потенційне використання для цільової доставки препаратів до вогнища патологічного процесу. Завдяки своїй полімерній і катіонній природі розчинні функціоналізовані нанотрубки можуть проходити через клітину, не змінюючи її форму та структуру [32, 33]. Цільова доставка ліків поліпшує терапевтичну ефективність і зменшує системну токсичність. Фактично, про нанотрубки можна говорити як про системи доставки ліків нового покоління завдяки їх водорозчинності, високостабільній дисперсії, відсутній або дуже незначній алергогенності, значній переносній здатності [34]. Розширення використання нанотрубок зумовлює збільшення виробництва устаткування для клітинної і тканинної інженерії, сенсорів для спостереження та перевірки здоров'я людини [27].

Нанотрубки значно краще проводять електричний струм, ніж алюміній, мідь, сталь. Електропровідність цих структур є ключовим параметром, від величини якого залежить використання його в різних сферах діяльності людини. Для нанотрубок характерні також емісійні властивості — здатність інтенсивно випромінювати електрони в холодному стані, тобто без затрат додаткової теплової енергії [35]. Властивості цих структур добре переносити електрони і проводити електричний струм роблять їх невід'ємною складовою майбутньої наноелектроніки. Крім того, нанотрубки вже почали використовувати для пошиття надлегкого і надміцного одягу, мініатюризації електроніки, конструювання оптичних пристроїв, створення датчиків для різних приладів [27].

### Наноструктуровані композити

Молекулярні наноструктури карбону (нанотрубки, графен, фулерени) мають унікальні

оптичні та електричні властивості, які можуть бути модифіковані введенням атомів металів [35]. Далеко не останнє місце в практиці посідають наноструктуровані композити на основі наночастинок металів, вміщених в інертну оболонку (матрицю). Отримання нанорозмірних металів, їх оксидів і гідроксидів у різних органічних і неорганічних матрицях, дослідження їх фізико-хімічних властивостей є актуальним завданням сучасного матеріалознавства. Завдяки сукупності унікальних каталітичних, магнітних та електронних характеристик наноструктуровані композити перевершують індивідуальні порошки металів та їх сполук. Це пов'язано з синергетичним ефектом між активною речовиною і субстратом, що підсилює функціональні властивості речовини. Використання носія дозволяє також уникнути високої (сильної) агломерації та контролює зростання фази активної речовини [3, с. 187]. Композити на основі перехідних металів, їх оксидів або гідроксидів широко застосовують як каталізатори [5], у пристроях для запису і зберігання інформації [3], як електроди для суперконденсаторів [10]. Основною проблемою в цій галузі є пошук технологічно простішого, дешевшого та екологічно чистішого способу отримання наноструктурованих композитів з високими експлуатаційними характеристиками. Для досягнення цієї мети як субстрат використовують різні вуглецеві матеріали (нанотрубки, нановолокна, графен, аморфний вуглець тощо). Властивості отриманих композитів багато в чому залежать від властивостей використовуваної матриці, тому вкрай важливо вивчати механізми утворення фази активної речовини на різних за морфологією і складом носіях [36].

Є багато різних методик синтезу нанокарбонікапсульованих наночастинок: дуговий розряд карбонової плазми, високотемпературний відпал сумішей карбону та металевих порошків, піроліз органометалічних сполук, процес каталітичної карбонізації [29], піроліз, індукований лазером [37], і нарешті високотемпературний синтез (combustion synthesis) [38], який на сьогодні вважається найперспектив-

нішим методом. У сучасних публікаціях стверджується, що саме цей швидкий, ефективний і легковідтворюваний спосіб здатен забезпечити необхідні обсяги масового виробництва. Потенційно ця методика дозволяє отримувати продукти майже без домішок, оскільки всі побічні продукти є високореакційними іонними сполуками, і їх легко можна видалити протравлюванням у кислотах з подальшим промиванням дистильованою водою. А хімічна чистота особливо важлива у медицині.

Нанокompозити утворюють матеріали нового типу, які поєднують фізичні властивості металів з хімічною стійкістю карбону [9]. Наночастинки металів, поміщені в інертні матриці, широко використовують як магнітні матеріали, зокрема в медицині, наприклад як засоби лікування раку чи магнітні біомаркери [4].

Матеріали з магнітними наночастинками, інкапсульованими в структури нанокорбону, спричинили новий виток розвитку нанотехнологій. Те, що починалося виключно як сфера дослідження нанокорбонівих сполук, переросло у більш витончений дизайн — комбінацію металу й карбону. Зараз у науковій літературі широко обговорюється використання нанокompозитів типу карбон+метал у медичних цілях. Змінюючи розміри, форму, склад і будову наночастинок, можна в певних межах керувати магнітними характеристиками композитів.

Розроблення магнітокерованих фармацевтичних препаратів потребує вирішення низки завдань, пов'язаних із синтезом ефективних нанорозмірних носіїв (графіту, нанотрубок тощо), модифікуванням їхньої поверхні, іммобілізацією лікарських препаратів, капсулюванням і т.ін., а також із теоретичним оцінюванням умов транспорту і розрахунку параметрів носіїв з метою їх оптимізації. Так, при модифікуванні поверхні носіїв біосумісними полімерами, в основі яких лежить карбон, необхідно оптимізувати функції полімерної складової. Полімерні молекули можуть відігравати роль утримувача терапевтичного або діагностичного препарату і визначати важливі характеристики ліків: розчинність, біодоступність, пролонгованість дії завдяки повільній десорбції

лікарських препаратів з полімерної матриці, термін зберігання та ін. Способи закріплення фармакологічно активних речовин на поверхні полімеру також можуть бути різними, що визначається призначенням ліків і клінічною патологією, в умовах якої їх застосовують [39].

Зараз великий інтерес викликають такі напрями використання магнітних наночастинок, інкапсульованих у карбон, як контраст у магнітно-резонансній томографії (МРТ) [39] та адресне ініціювання контрольованого теплового ефекту (гіпертермії) з метою впливу на уражену ділянку організму, наприклад злоякісну пухлину [40]. Ідея полягає у введенні в потрібну ділянку магнітних наночастинок з певною коерцитивною силою і подальшим впливом змінного магнітного поля певної частоти, що спричинює їх розігрів, який або знищує шкідливі клітини, або, за меншого ступеня нагрівання, посилює ефективність хіміо- чи радіотерапії і зменшує шкоду для організму від традиційних методів лікування. Саме інкапсуляція наночастинок у нанокорбон відкриває широкі можливості в цьому аспекті [41].

Іншим напрямом застосування магнітних наночастинок є адресна доставка ліків і генів [42]. Завдання з реалізації цільової доставки і депонування лікарських препаратів у клітинах та органах-мішенях за допомогою медико-біологічних магніточутливих нанокompозитів (нанороботів) полягає у створенні у відповідному місці організму необхідної для терапевтичного ефекту концентрації лікарського препарату та пролонгації його дії. Способом розв'язання цієї проблеми може бути магнітокерована адресна доставка, і тому останніми роками вивченню можливості використання магнітних носіїв як засобів транспорту лікарських препаратів приділяється значна увага. Передусім це пов'язано з очікуваним істотним розширенням сфер застосування хіміотерапії, зокрема завдяки зведенню до мінімуму небажаних токсикоалергічних ефектів. Оскільки магнітокерована терапія здійснюється в локалізованій ділянці організму, загальна доза препарату при цьому може бути мінімальною, а зовнішнє статичне магнітне поле, впливаючи

на рух частинок, може запобігати вимиванню носіїв з органу-мішені. Однак цей метод поки що не набув широкого застосування через труднощі, що виникають при його практичній реалізації [43]. Експерименти на мишах з використанням наночастинок оксиду заліза діаметром ~20 нм, вкритих полімерною карбоновою оболонкою, показали їх хорошу біосумісність, а результати модельних експериментів, близьких до умов людського організму, свідчать, що такі носії здатні до 3 днів підтримувати подачу лікарських засобів у ділянки ушкодженого спинного мозку [44].

Одним із цікавих напрямів застосування магнітокерованих наноконструкцій є розроблення адсорбентів для очистки крові від вірусів, онкоклітин, при імуноаналізі, сепарації клітин. Магнітні наноконструкції в парі із селективними абсорбентами (силікагелями, оксидами алюмінію, цеолітами) здатні забезпечити сепарацію біологічних об'єктів (вірусів, бактерій тощо) або речовин, що забруднюють навколишнє середовище [28]. Застосовуючи відповідну попередню підготовку поверхні магнітних носіїв з метою збільшення їх сорбційної місткості (наприклад, модифікуванням  $\text{SiO}_2$ ), можна збирати продукти клітинного розкладу і виводити їх з організму за допомогою магнітного поля. Порівняно з традиційними адсорбентами ці матеріали мають такі переваги, як швидке осадження в магнітному полі частинок наноконструкцій з іммобілізованим на поверхні адсорбатом, а також можливість спрямованого транспорту лікарського препарату в задане місце живого організму [3].

Карбонова інкапсуляція надає наночастинкам металів стабільності, стійкості та робить їх значно безпечнішими у застосуванні. Металеві наночастинки зберігають свої унікальні властивості протягом дуже тривалого часу, навіть у надзвичайно жорстких умовах, за високих температур. У поєднанні малих розмірів і можливості контролю за допомогою магнітного поля відкривається перспектива застосування цих наноконструкцій у магнітних пристроях для збереження даних, ксерографії, в електроніці, магнітно-резонансній томографії, каталізі. Не

останню роль, як уже зазначалося, ці сполуки відіграють у наномедицині для транспорту протипухлинних лікарських засобів, при проведенні найскладніших хірургічних операцій з використанням мікроскопічної техніки [9]. Однак реалізація медичного потенціалу нанокарбонових структур стикається з цілою низкою ще не вирішених питань, які пов'язані насамперед з проблемами біосумісності та евалюації їх токсичності перед введенням у біологічні субстрати [34].

### Завдання нанотоксикології

У ХХІ ст. контакт людини з наночастинками стає дедалі помітнішим [45], а нестача знань щодо безпеки і токсичності наноматеріалів може коштувати людству надзвичайно дорого. Показано, що наночастинки не розпізнаються захисними системами організму, що призводить до їх накопичення в рослинах і організмах тварин, а отже, збільшується потенційна можливість їх надходження в організм людини, при цьому негативний вплив може мати і відстрочений характер [46]. Перш ніж впроваджувати наночастинки в практику, необхідно прорахувати всі можливі ризики. Ці завдання має вирішувати новий напрям у токсикології – нанотоксикологія.

Важливим, але й досі відкритим питанням є оцінка ступеня мутагенності нанотрубок. Так, у ряді публікацій зазначається, що «... без сумнівів, наночастинки взаємодіють з ДНК і таким чином втручаються в генетичні процеси організму» [47]. При біотестуванні вуглецевого наноматеріалу «Таун» (багатошарові нанотрубки) з використанням бактерій і гідробіонтів з'ясувалося, що за прийнятою в екоотоксикології шкалою матеріал можна віднести до 3–4 класу небезпеки [48]. Проте інше джерело стверджує, що матеріал належить до помірно небезпечних речовин, але все ж підкреслюється, що прямий контакт з нанотрубками може призвести до пошкодження клітинних мембран і викликати загибель бактерій *E. coli* [49].

У токсикологічному плані найбільш імовірними і найчастішими шляхами потрапляння



наночастинок в організм людини є інгаляційний і через шлунково-кишковий тракт [50]. Наприклад, автори дослідження [51] наводять цікаві висновки щодо впливу наночастинок на організм при інгаляційному способі надходження. Так, після інгаляції вуглецеві наночастинки в крові піддослідних тварин визначалися вже через 1 хв, спричиняючи агрегацію тромбоцитів, стимулюючи судинний тромбоз у коронарних артеріях. Крім того, одностінні вуглецеві нанотрубки здатні викликати збільшення атеросклеротичних бляшок у великих судинах. Результати досліджень указують також на високий рівень затримки наночастинок у легенях і можливість їх проникнення через аерогематичний бар'єр [52], хоча інші автори описують, що в крові добровольців, які вдихали наноаерозоль протягом 6 год, вуглецеві нанотрубки не виявлено [53]. Деякі автори висловлюють гіпотезу про етіологію хвороби Крона і неспецифічного виразкового коліту, зокрема пов'язуючи її з потраплянням карбонових наночастинок у кишечник людини [50].

Отже, на сьогодні є багато наукових праць, які підтверджують, що нанокарбонові сполуки можна використовувати як системи доставки ліків, антигенів, генів у клітини без найменших слідів цитотоксичності [27, 54]. Однак питання про їх потенційну токсичність залишається недостатньо вивченим. Результати досліджень *in vitro* та *in vivo*, які ми маємо сьогодні, не є переконливими через суперечливість даних [55]. Основні труднощі пов'язані з різноманітністю поверхневих і фізіологічних властивостей вуглецевих нанооб'єктів, їх розмірів, великою кількістю приєднаних лігандів, біоаккумуляцією наночастинок після доставки в клітини, а також з можливими реакціями гіперчутливості. Ризики для здоров'я можуть бути зумовлені також наявністю металевих компонентів або каталізаторів, які використовували при синтезі нанокарбонових сполук [34]. Насправді,

вільне залізо чи нікель, так само як і перехідні комплекси з металами, є каталізаторами вільнорадикальних реакцій, що є небезпечним для живих систем [20, 54].

Однак, спираючись на велику кількість даних, можна стверджувати, що новітні типи структурних нанорозмірних матеріалів завдяки своїм унікальним властивостям відкривають нові горизонти для застосування їх у різних галузях промисловості, в медицині та інших сферах людської діяльності [27].

## Висновки

Сьогодні в усіх країнах світу проводяться інтенсивні дослідження зі створення нових магнітних супрамолекулярних композитів і карбонових наноструктурних матеріалів з ієрархічною архітектурою, різноманітним дизайном поверхні. Комплекс поліфункціональних властивостей таких матеріалів зумовлює перспективність їх практичного застосування в мікроелектроніці, сенсорних системах, каталізі, біології, медицині та фармакології. Вітчизняні й зарубіжні вчені активно вивчають фізико-хімічні, біологічні, біохімічні, фармакологічні, токсикологічні механізми дії нанорозмірних структур, що сприяє синтезу нових нанопрепаратів для профілактики, діагностики і лікування різних захворювань, а також розробленню сучасних економічно вигідних та екологічно безпечних технологій одержання наноструктур.

Особливої уваги потребують дослідження з усебічного вивчення токсичності наноматеріалів. У різних галузях науки перед ученими стоїть важливе наукове і соціальне завдання — ґрунтовне вивчення можливого токсичного впливу наноструктур на живі клітини і довкілля, а також розроблення ефективних методів зменшення їх негативної дії та заходів щодо безпеки використання наноматеріалів.

## REFERENCES

1. Chekman I.S., Ulberg Z.R., Malanchuk V.O. *Nanoscience, Nanobiology, Nanopharmacy*. Kyiv, Poligraf+, 2012 (in Ukrainian).  
[Чекман І.С., Ульберг З.Р., Маланчук В.О. *Нанонаука, нанобіологія, нанофармація*. К.: Поліграф плюс, 2012].
2. Nebogatikova N.A., Antonova I.V., Prinz V.Ya., Volodin V.A., Zatsepina D.A., Kurmaev E.Z., Zhidkov I.S., Cholakh S.O. *Nanotechnologies in Russia*. 2014. **9**(1–2): 51–59.  
[Небогатикова Н.А., Антонова І.В., Принц В.Я. і др. Функціоналізація плінок графена і мультиграфена в водному розстворі плавикової кислоти. *Російські нанотехнології*. 2014. Т. 9, № 1–2. С. 42–48].
3. Shpak A.P., Chekhun V.F. (eds.). *Nanomaterials and Nanocomposites in Medicine, Biology, Ecology*. Kyiv: Naukova dumka, 2011 (in Russian).  
[Наноматеріали і наноккомпозити в медицині, біології, екології (под ред. А.П. Шпака, В.Ф. Чехуна). К.: Наук. думка, 2011].
4. Chekman I.S., Malanchuk V.O., Rybachuk A.V. *Basic Nanomedicine*. Kyiv: Logos, 2011 (in Ukrainian).  
[Чекман І.С., Маланчук В.О., Рибачук А.В. *Основи наномедицини*. К.: Логос, 2011].
5. Chesnokov V.V., Буянов Р.А. *Membrany*. 2005. **4**: 75–79 (in Russian).  
[Чесноков В.В., Буянов Р.А. Особенности механизма образования углеродных нанонитей с различной кристаллографической структурой из углеводов на катализаторах, содержащих металлы подгруппы железа. *Мембраны*. 2005. № 4. С. 75–79].
6. Lee J.H., Loya P.E., Lou J., Thomas E.L. Dynamic mechanical behavior of multilayer graphene via supersonic projectile penetration. *Science*. 2014. **346**(6213): 1092–96.
7. Novoselov K.S., Falco V.I., Colombo L., Gellert P.R., Schwab M.G., Kim K. A roadmap for graphene. *Nature*. 2012. **490**(192): 192–200.
8. Nair R.R., Ren W., Jalil R., Riaz I., Kravets V.G., Britnell L., Blake P., Schedin F., Mayorov A.S., Yuan S., Katsnelson M.I., Cheng H.M., Strupinski W., Bulusheva L.G., Okotrub A.V., Grigorieva I.V., Grigorenko A.N., Novoselov K.S., Geim A.K. Fluorographene: A two-dimensional counterpart of teflon. *Small*. 2010. **6**(24): 2877–84.
9. Bendjemil B., Lankar A., Messadi D., Vrel D. Pharmacological molecule based on nanocarbon container encapsulated ferromagnet by combustion synthesis for cancer therapy. *Univ. J. Chem.* 2014. **2**(3): 30–39.
10. Chen S., Zhu J.W., Wang X. One-step synthesis of graphene-cobalt hydroxide nanocomposites and their electrochemical properties. *J. Phys. Chem. C*. 2010. **114**: 11829–34.
11. Antonova I.V., Mutilin S.V., Seleznev V.A., Soots R.A., Volodin V.A., Prinz V.Y. Extremely high response of electrostatically exfoliated few layer graphene to ammonia adsorption. *Nanotechnology*. 2011. **22**(28): 285502.
12. Baby T.T., Aravind S.S.J., Arockiadoss T., Rakhi R.B., Ramaprabhu S. Metal decorated graphene nanosheets as immobilization matrix for amperometric glucose biosensor. *Sens. Actuators B*. 2010. **145**: 71–77.
13. Cheng S.-H., Zou K., Okino F., Gutierrez H.R., Gupta A., Shen N., Eklund P.C., Sofo J.O., Zhu J. Reversible fluorination of graphene: evidence of a two-dimensional wide bandgap semiconductor. *J. Phys. Rev. B*. 2010. **81**: 205435.
14. Tyagi M.G., Albert A.P., Tyagi V., Hema R. Graphene nanomaterials and applications in bio-medical sciences. *World J. Pharm. Pharm. Sci.* 2013. **3**(1): 339–45.
15. Li D., Muller M.B., Gilje S., Kaner R.B., Wallace G.G. Processable aqueous dispersions of graphene nanosheets. *Nat. Nanotechnol.* 2008. **3**: 101–105.
16. Chng E.L.K., Pumer M. Toxicity of graphene related materials and transition metal dichalcogenides. *RSC Advances*. 2015. **5**(4): 3074–80.
17. Saxena M., Sarkar S. Involuntary graphene intake with food and medicine. *The Royal Society of Chemistry*. 2014. **4**: 30162–67.
18. Saxena M., Maitya S., Sarkar S. Carbon nanoparticles in 'biochar' boost wheat (*Triticum aestivum*) plant growth. *RSC Advances*. 2014. **4**(75): 39948–54.
19. Chekman I.S. *Nanopharmacology*. Kyiv: Zadruga, 2011 (in Ukrainian).  
[Чекман І.С. *Нанофармакологія*. К.: Задруга, 2011].
20. Donaldson K., Aitken R., Tran L. Carbon nanotubes: a review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. *Toxicol. Sci.* 2006. **92**(1): 5–22.
21. Guldi D.M., Prato M. Excited-state properties of C<sub>60</sub> fullerene derivatives. *Acc. Chem. Res.* 2000. **33**(10): 695–703.
22. Zhai H.J., Zhao Y.F., Li W.L., Chen Q., Bai H., Hu H.-S., Piazza Z.A., Tian W.-J., Lu H.-G., Wu Y.-B., Mu Y.-W., Wei G.-F., Liu Z.-P., Li J., Li S.-D., Wang L.-S. Observation of an all-boron fullerene. *Nature Chemistry*. 2014. **6**: 727–31.
23. Satoh M., Takayanagi I. Pharmacological studies on fullerene [C<sub>60</sub>], a novel carbon allotrope and its derivatives. *J. Pharmacol. Sci.* 2006. **100**(5): 513–18.

24. Nakamura F., Isebe H. Functionalized fullerenes in water. The first 10 years of their chemistry, biology, and nanoscience. *Acc. Chem. Res.* 2003. **3**(11): 807–15.
25. Gharbi N., Pressac M., Hadchouel M., Szwarc H., Wilson S.R., Moussa F. [60] Fullerene is a powerful antioxidant in vivo with no acute or subacute toxicity. *Nano Lett.* 2005. **5**(12): 2578–85.
26. Manzetti S., Behzadi H., Andersen O., van der Spoe D. Fullerenes toxicity and electronic properties. *Environ. Chem. Lett.* 2013. **11**: 105–18.
27. Simate G.S., Yah C.S. The use of carbon nanotubes in medical applications — is it a success story? *Occup. Med. Health.* 2014. **2**(1): 146–47.
28. Lacerda L., Bianco A., Prato M. Carbon nanotubes as nanomedicines: from toxicology to pharmacology. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2006. **58**(14): 1460–70.
29. Bendjemil B. Electronic and optical properties of the express purified SWCNTs produced by HiPCO process. *Int. J. Nanoelectr. Mater. Sci.* 2009. **2**: 173–82.
30. Banerjee S., Khan M.G., Wong S.S. Rational chemical strategies for carbon nanotube functionalization. *Chem. Eur. J.* 2003. **9**(9): 1898–908.
31. Kam N.W., Liu Z., Dai H. Functionalization of carbon nanotubes via cleavable disulfide bonds for efficient intracellular delivery of siRNA and potent gene silencing. *J. Am. Chem. Soc.* 2005. **127**: 12492–93.
32. Hillebrenner H., Buyukserin F., Stewart J.D., Martin C.R. Template synthesized nanotubes for biomedical delivery applications. *Nanomedicine.* 2006. **1**(1): 39–50.
33. Jain K.K. Nanomedicine: application of nanobiotechnology in medical practice. *Med. Princ. Pract.* 2008. **17**(2): 89–101.
34. Pastorin G., Kostarelos K., Prato M., Bianco A. Functionalized carbon nanotubes: towards the delivery of therapeutic molecules. *J. Biomed. Nanotechnol.* 2005. **1**: 1–10.
35. Charlier J.C., Blasé X., Roche S. Electronic and transport properties of nanotubes. *Rev. Modern Phys.* 2007. **79**(2): 677–732.
36. Qiang Y., Antony J., Sharma A., Nutting J., Sikes D., Meyer D. Iron/iron oxide core-shell nanoclusters for biomedical applications. *J. Nanoparticle Res.* 2006. **8**: 489–96.
37. Dąbrowska A., Huczko A., Soszyński M., Bendjemil B., Micciulla F., Sacco I., Coderoni L., Bellucci S. Ultra-fast efficient synthesis of one-dimensional nanostructures. *Phys. Status Solidi B.* 2011. **248**(11): 2704–07.
38. Wen W., Wu J. Nanomaterials via solution combustion synthesis: a step nearer to controllability. *RSC Advances.* 2014. **4**(101): 58090–100.
39. Chekhun V., Gorobets S., Gorobets O., Demyanenko I. Magnetic nanostructures in neoplasm cells. *Herald of the National Academy of Sciences of Ukraine.* 2011. **11**: 13–20 (in Ukrainian).  
[Чехун В., Горобець С., Горобець О., Дем'яненко І. Магнітні наноструктури в пухлинних клітинах. *Вісн. НАН України.* 2011. № 11. С. 13–20].
40. Chen S., Li Y., Guo C., Wang J., Ma J., Liang X., Yang L.R., Liu H.Z. Temperature-Responsive Magnetite / PEO–PPO–PEO block copolymer nanoparticles for controlled drug targeting delivery. *Langmuir.* 2007. **23**: 12669–76.
41. Shin T.H., Choi Y., Kim S., Cheon J. Recent advances in magnetic nanoparticles-based multi-modal imaging. *Chem. Soc. Rev.* 2015. **10**: 315–56.
42. Madani S.Y., Naderi N., Dissanayake O., Tan A., Seifalian A.M. A new era of cancer treatment: carbon nanotubes as drug delivery tools. *Int. J. Nanomedicine.* 2011. **6**: 2963–79.
43. Al Faraj A., Shaik A.P., Shaik A.S. Magnetic single-walled carbon nanotubes as efficient drug delivery nanocarriers in breast cancer murine model: noninvasive monitoring using diffusion-weighted magnetic resonance imaging as sensitive imaging biomarker. *Int. J. Nanomedicine.* 2015. **10**: 157–68.
44. Drake P., Cho H.J., Shih P.S. Gd-doped iron-oxide nanoparticles for tumor therapy via magnetic field hyperthermia. *J. Mater. Chem.* 2007. **17**: 4914–18.
45. Abaeva L.F., Shumskiy V.I., Petritskaya E.N. *Almanakh klinicheskoy meditsiny (Medical Almanac).* 2010. **22**: 10 (in Russian).  
[Абаева Л.Ф., Шумский В.И., Петрицкая Е.Н. и др. Наночастицы и нанотехнологии в медицине сегодня и завтра. *Альманах клинической медицины.* 2010. № 22. С. 10–16].
46. Latyshevskaya N.I., Strekalova A.S. *Vestnik Volgogradskogo Universiteta.* Ser. 3. 2011. **3**(1): 224 (in Russian).  
[Латышевская Н.И., Стрекалова А.С. Экологические проблемы развития нанотехнологий. *Вестн. Волгоград. гос. ун-та.* Серия 3. 2011. Т. 3, № 1. С. 224–30].
47. Karkishchenko N.N. *Biomeditsina (Biomedicine).* 2009. **1**(1): 5 (in Russian).  
[Каркищенко Н.Н. Нанобезопасность: новые подходы к оценке рисков и токсичности наноматериалов. *Биомедицина.* 2009. Т. 1, № 1. С. 5–27].

48. Rybalkin S.P., Mikhina L.V., Onatskiy N.M. *Prikladnaya toksikologiya*. 2013. 4(1): 32 (in Russian). [Рыбалкин С.П., Михина Л.В., Онацкий Н.М. и др. Изучение токсичности наноструктурированного углерода в форме одностенных углеродных нанотрубок и укороченных одностенных углеродных нанотрубок при ингаляционном пути поступления крысам. *Прикладная токсикология*. 2013. Т. 4, № 1. С. 32–39].
49. Gusev A.A., Rodayev V.V., Vasyukova I.A. *Vestnik Tambovskogo Universiteta*. 2013. 18(1): 299 (in Russian). [Гусев А.А., Родаев В.В., Васюкова И.А. и др. Исследование содержания аэрозольных наночастиц в воздухе рабочей зоны нанотехнологического производства и оценка воздействия наноматериала на бактерии на примере углеродного наноматериала «ТАУНИТ». *Вестн. Тамбовского ун-та*. 2013. Т. 18, № 1. С. 299–303].
50. Ziganshin A.U., Ziganshina L.E. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2008. 89(1): 1 (in Russian). [Зиганшин А.У., Зиганшина Л.Е. Наночастицы: фармакологические надежды и токсикологические проблемы. *Казанский мед. журн.* 2008. Т. 89, № 1. С. 1–7].
51. Fatkhutdinova L.M., Zalyalov R.R., Osloпов V.N. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2009. 90(4): 578 (in Russian). [Фатхутдинова Л.М., Залялов Р.Р., Ослопов В.Н. Токсичность искусственных наночастиц. *Казанский мед. журн.* 2009. Т. 90, № 4. С. 578–84].
52. Velichkovskiy V.T. *Bull. VSNC SO RAMN*. 2009. 4: 72 (in Russian). [Величковский В.Т. Об экспресс-методе прогнозирования возможного патологического влияния наночастиц на организм. *Бюл. ВСНЦ СО РАМН*. 2009. № 4. С. 72–76].
53. Khaliullin T.O., Kisin Ye.R., Zalyalov R.R. *Toksikologicheskii vestnik*. 2013. 4: 17 (in Russian). [Халиуллин Т.О., Кисин Е.Р., Залялов Р.Р. и др. Биологические эффекты многослойных углеродных нанотрубок при легочной экспозиции in vivo. *Токсикологич. вестн.* 2013. № 4. С. 17–21].
54. Galano A. Carbon nanotubes: promising agents against free radicals. *Nanoscale*. 2010. 2: 373–80.
55. Erdely A., Dahm M., Chen B.T. et al. Carbon nanotube dosimetry: from workplace exposure assessment to inhalation toxicology. *Particle and Fibre Toxicology*. 2013. 10: 53.

Стаття надійшла 09.04.2015.

*И.С. Чекман, Н.А. Горчакова, К.В. Раслин*

Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца  
проспект Победы, 34, Киев, 03151, Украина

#### НАНОКАРБОН: ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В статье приведен перечень некоторых разновидностей аллотропных модификаций углерода, проанализированы их характеристики и свойства. Обобщены сведения о рациональном использовании нанокарбоновых структур в науке и технике. Особое внимание уделяется биомедицинскому применению нанокарбоновых соединений. Изложена история их открытия и перспективные пути дальнейшего развития, обоснована необходимость эвалюации их токсического воздействия на живые системы.

**Ключевые слова:** нанокарбон, графен, фуллерены, карбоновые нанотрубки, наноконпозиты карбона с металлами, токсичность нанокарбоновых соединений.

*I.S. Chekman, N.A. Gorchakova, K.V. Raslin*

Bogomolets National Medical University  
34 Peremohy Ave., Kyiv, 03151, Ukraine

#### NANOCARBON: PHARMACOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL PROPERTIES

This article lists some of the allotropes of carbon, presents their descriptions and analyzes their properties. The data about the rational use of nanocarbon in scientific and technical applications is summarized. Special attention is paid to the aspects of biomedical use of the nanocarbon compounds. The history of their discovery and the ways of further development are also presented. The article also touches upon the issue of the necessity of the evaluation of the nanocarbon compounds toxicity for living systems.

**Keywords:** nanocarbon, graphene, fullerenes, carbon nanotubes, nanocomposites of carbon with metals, toxicity of the nanocarbon compounds.



**ГОРОБЕЦЬ**  
**Оксана Юріївна** —  
 доктор фізико-математичних  
 наук, професор, старший  
 науковий співробітник  
 Інституту магнетизму  
 НАН України та МОН України

УДК 537.6, 577

## БІОМАГНЕТИЗМ І БІОГЕННІ МАГНІТНІ НАНОЧАСТИНКИ

*У статті проаналізовано єдиний генетичний механізм біомінералізації біогенних магнітних наночастинок (нанокристалів магнетиту, маггеміту та грейгіту) в одно- та багатоклітинних організмах і обговорено їх функції як природних сильних магнітів.*

**Ключові слова:** градієнтна магнітна сила, ефективна магнітна сприйнятливність, магнітне захоплення, генетичний механізм біомінералізації.

### Вступ

У 1791 р. Луїджі Гальвані відкрив, що м'язові скорочення кінцівок препарованої жаби можуть спричинятися електричним імпульсом. Це відкриття було першим поштовхом до виникнення сучасних уявлень про живі організми як біоелектричні системи, в яких електричні поля і електричні сили використовуються на всіх рівнях їх організації та функціонування — молекулярному, клітинному, на рівні організму в цілому, наприклад, при взаємодії заряджених біомолекул, при виникненні біоелектричних потенціалів у тканинах та клітинах, при передаванні нервових імпульсів тощо. У зв'язку з цим виник термін — *біоелектрика*, який охоплює широке різноманіття електричних явищ у живих організмах. Очевидно, що біоелектричні явища генетично запрограмовані, з'явилися одночасно із зародженням життя і є невід'ємною складовою процесів метаболізму.

Разом з тим, магнітні поля, що супроводжують електричні процеси в організмах, надзвичайно малі, навіть порівняно з величиною магнітного поля Землі. Тому біомагнітні явища, пов'язані з власними магнітними полями живих організмів, на відміну від біоелектричних, розглядали переважно у зв'язку з розробленням засобів діагностики, а не для дослідження їх впливу на метаболізм. Такий погляд на біомагнітні явища виник унаслідок як зазначеної вище малої величини власних магнітних полів під час перебігу біоелектричних явищ в організмах, так і дуже слабкого відгуку тканин і організмів у цілому на магнітні поля [1, 2]. Цей стереотип зберігався впродовж чотирьох

десятиліть, навіть після відкриття Р. Блекмором у 1975 р. в бактеріях сильних природних внутрішньоклітинних нанорозмірних магнітів (біогенних магнітних наночастинок), синтез яких, як виявилось, генетично запрограмований і здійснюється самими мікроорганізмами. Бактерії, які синтезують ланцюжки біогенних магнітних наночастинок (БМН), було названо магнітотаксисними бактеріями, з огляду на можливе функціональне призначення таких природних магнітів — таксис, тобто орієнтування руху бактерій у напрямку силових ліній геомагнітного поля, аналогічно стрілці компаса. Ідея про магнітотаксис була дуже прогресивною і сприяла тому, що в багатьох наукових центрах світу розпочалися інтенсивні дослідження цього явища в різних мікроорганізмах, дослідження власне самого процесу створення таких природних магнітів, у тому числі і на генетичному рівні.

Численні публікації [3–15] засвідчили, що БМН є нанокристалами феритів, а саме: магнетиту, маггеміту, грейгіту. Оскільки ферити — це мінерали, тобто неорганічні речовини з кристалічною структурою, то контрольований на генетичному рівні біосинтез цих сполук назвали *біомінералізацією* БМН. У магнітотаксисних бактеріях БМН утворюються всередині ліпідного бішару — так званої магнітосомної везикули [16, 17], хоча пізніше було знайдено штами немагнітотаксисних бактерій, здатних до біомінералізації внутрішньоклітинних магнетитових БМН, не покритих ліпідною мембраною [18, 19]. На сьогодні БМН виявлено у представників усіх трьох царств живих організмів: бактерії [3, 9, 10, 20], археї [18], еукаріоти [4, 5, 7, 8, 11, 21–34]. Більшість філогенетичних груп тварин, які належать до царства багатоклітинних еукаріотичних організмів, здатні до біомінералізації БМН [12, 35], зокрема гриби [22], комахи [21], черв'яки [29], молюски [7], риби [4, 23], птахи [5, 11], ссавці [27, 28]. Біогенні магнітні наночастинки знайдено також у нормальних тканинах мозку [36], печінки, серця, селезінки [24, 25], надниркових залоз [30], решіткової кістки [8], у пухлинних тканинах [26] і атеросклеротичних бляшках [31] люди-

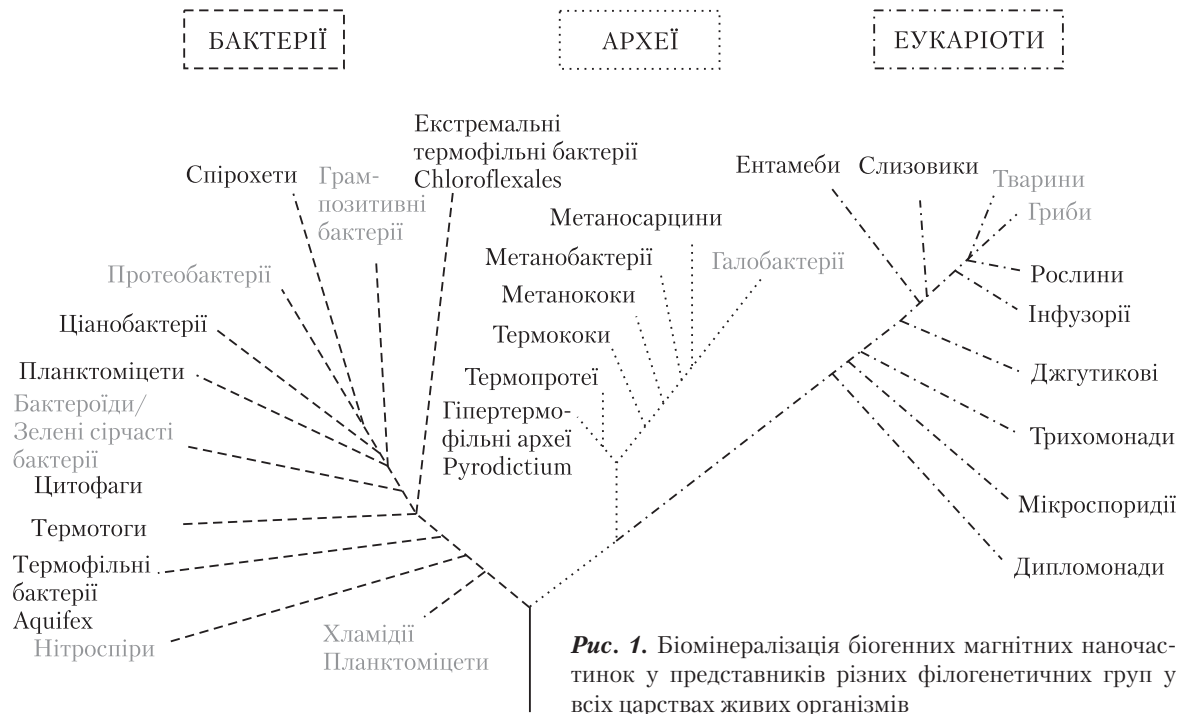
ни. Крім того, БМН виявлено, наприклад, у сенсорних органах кажана [32], у нюховому епітелії форелі [33], в антенах мурах [34].

У переважній більшості організмів, зокрема й у людини, БМН з'єднані в довгі ланцюжки, які містять від десятків до сотень частинок [9, 10, 20, 23, 35] і міцно прикріплені до мембрани клітини [9, 10, 20, 33]. Після того, як БМН було виявлено в багатоклітинних організмах, ідею про магнітотаксис як основну їх функцію було трансформовано в ідею про важливу роль БМН у магніторецепції (відчутті організмами магнітних полів, у тому числі магнітного поля Землі). Ідею магніторецепції глибоко вивчали і продовжують вивчати, але однозначного експериментального підтвердження знайдено не було, навіть у дослідженні орієнтації перелітних птахів у геомагнітному полі [5], не кажучи вже про людину.

Генетичну регуляцію синтезу БМН детально вивчено у магнітотаксисних бактерій [16, 17, 37]. У них виявлено так звані гени магнітосомного острівця [37]; побудовано філогенетичне дерево для бактерій, які синтезують грейгітові і магнетитові БМН [38]; доведено [38], що обидва типи цих магнітотаксисних бактерій мають спільного предка, однак невідомо, який тип магнітних наночастинок був первинним.

У дослідженнях [39, 40] зі з'ясування ролі БМН в організмі вперше було використано притаманну ним як сильним природним магнітам властивість створювати в своєму околі магнітні поля, майже в 10 тис. разів більші, ніж магнітне поле Землі. Це дозволило обґрунтувати механізм впливу власного магнітного поля БМН на біохімічні процеси в клітинах і виявити генетичний механізм, який керує процесом біомінералізації БМН [40]. Цей генетичний апарат, єдиний для представників усіх царств живих організмів, оснований на генах, які походять від спільного предка на зорі еволюції, ще до появи багатоклітинних організмів [40, 41], тому він належить до ключових механізмів, що становлять основу функціонування всього живого.

Згідно з цією концепцією [40, 41], альтернативною до гіпотези про магнітотаксис та



**Рис. 1.** Біомінералізація біогенних магнітних наночастинок у представників різних філогенетичних груп у всіх царствах живих організмів

магніторецепцію, біомагнітні явища, як і біоелектричні, є важливою складовою функціонування живих організмів. Це пояснює, зокрема, відомі дані про підвищену кількість БМН при нейродегенеративних, онкологічних захворюваннях та атеросклерозі. Тому подальші дослідження в цьому напрямі є перспективними для діагностики і лікування цих та низки інших хвороб.

Така концепція формує новий погляд на БМН та біомагнетизм з точки зору існування єдиного генетичного механізму їх біомінералізації і відповідно важливих функцій БМН, що ґрунтуються на впливі власних магнітних полів БМН на біохімічні процеси, мембранний транспорт та клітин-клітинну взаємодію у представників усіх царств живих організмів.

### Єдиний генетичний механізм біомінералізації біогенних магнітних наночастинок

У роботах [39–41] методами біоінформатики виявлено гомологи білків магнітосомного

острівця магнітотаксисних бактерій у людини. У зв'язку з цим обговорюється наявність єдиного генетичного механізму біомінералізації БМН у прокариотів та еукаріотів, заснованого на наборі гомологів білків магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій, без яких біомінералізація БМН у цих бактеріях є неможливою. Цей основний набір містить такі білки магнітотаксисних бактерій, як *mamA*, *mamB*, *mamM*, *mamE*, *mamO*, *mamN* [17, 43–47], серед яких *mamB* і *mamM* є транспортерами (переносниками) іонів двовалентних металів  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  та ін. Наприклад, методи порівняльної геноміки показали [41], що всі білки цього основного набору мають гомологи серед протеїнів практично всіх комах, черв'яків, риб, птахів, повні геноми яких є в біоінформаційних базах даних (рис. 1). Це узгоджується з експериментальним виявленням БМН у фенотипі цих організмів [4, 5, 11, 21, 23] (на рис. 1 назви філогенетичних груп наведено світло-сірим кольором). Білки магнітосомного острівця не мають гомологів серед білків організмів з блакитною кров'ю, що також узгоджується з від-

повідними експериментальними даними [35], та серед білків більшості рослин, крім низки модельних [41].

Решту білків магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій — *mamK*, *mamZ*, *mamQ*, *mamL*, *mamI*, *mamJ*, *mamD*, *mamC*, *mamG*, *mamX*, *mamY*, *mamP*, *mamT*, *mamR*, *mamS*, *mamH*, *mamF* — відносять до набору регуляторних білків, які регулюють такі властивості БМН, як їх форма, розміри, кількість у клітині, утворення магнітосомних везикул та формування ланцюжків БМН [17, 43, 45, 48, 49]. Регуляторні білки магнітосомного острівця не є незамінними для здійснення процесу біомінералізації БМН у магнітотаксисних бактеріях. Переважна їх більшість (*mamL*, *mamI*, *mamJ*, *mamD*, *mamC*, *mamG*, *mamX*, *mamY*, *mamP*, *mamT*, *mamR*, *mamS*, *mamH*, *mamF*) не мають гомологів у археїв та еукаріотів. Звідси випливають дві гіпотези: або ця частина регуляторних білків була набута магнітотаксисними бактеріями в ході еволюції і не походить від загального предка всіх організмів, або вона була втрачена на дуже ранньому етапі, коли відбулася дивергенція археїв і еукаріотів від бактерій. Втрата цих регуляторних генів, наприклад у сучасних мутантних бактеріях, супроводжується зміною властивостей БМН — з наночастинок однакової форми і розмірів на наночастинок з широким діапазоном форм і розмірів [17, 43, 45, 48, 49], що, зокрема, характерно для фенотипу БМН у людини [24–26, 36]. Однак за певних умов навіть у магнітотаксисних бактерій наявність магнітосомних везикул і генетична регуляція таких властивостей магнітосом, як розміри і форма магнітних кристалів, їх кількість у ланцюжку, не є обов'язковими для процесу біомінералізації БМН [13, 50–52]. Дослідження показали [53], що набір гомологів білків магнітосомного острівця у людини найбільш подібний до набору гомологів цих білків у немагнітотаксисних бактерій, які здатні до біомінералізації внутрішньоклітинних наночастинок магнетиту, зокрема у бактерій *Acidithiobacillus ferrooxidans* ATCC 23270 [54]. У зв'язку з цим найбільш імовірно, що людина успадкувала первинний механізм біомінералі-

зації БМН, який мало змінився у більшості організмів, за винятком магнітотаксисних бактерій, у яких структура ланцюжків БМН є більш досконалою.

Водночас відомо, що гени магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій пов'язані з метаболічними шляхами анаеробного дихання [46]. При цьому методами радіоактивних міток доведено, що до складу магнетитових БМН входить кисень, який походить виключно з води, а не з розчиненого повітря [14]. Це додатково підтверджує давнє походження єдиного генетичного механізму біомінералізації БМН, оскільки, найімовірніше, виникнення життя відбувалося за відсутності кисню в атмосфері Землі [55].

Важливо, що цей первинний генетичний механізм біомінералізації БМН як у прокариотах, так і в еукаріотах не пов'язаний з наявністю феритину та феритинподібних білків [56], хоча протягом кількох десятиліть у багатьох роботах молекулу феритину розглядали як потенційного попередника БМН в організмі людини [57–59]. Оскільки магнітотаксисні бактерії виробляють некристалічний феригідрит на ранній стадії росту в магнітосомній везикулі, а потім він перетворюється на магнетит, то виникла гіпотеза, що феригідрит у ядрі молекули феритину є попередником магнетиту, тобто попередником БМН, що передбачало можливість формування магнетиту з феритину [58]. Однак у роботі [56] методами порівняльної геноміки виявлено магнітотаксисні бактерії *Magnetospirillum gryphiswaldense* та *Magnetococcus marinus* MC-1, які мають гомологи основного набору білків магнітосомного острівця, але не мають у своєму повному геномі генів, що кодують феритин чи феритинподібні білки. Отже, з цього випливає, що в загальному випадку механізм біомінералізації БМН не має відношення до феритину.

### Можливі метаболічні функції біогенних магнітних наночастинок

Як уже зазначалося, точкою опори принципово нового методу пошуку функцій БМН є



врахування експериментального факту, що БМН — досконалий наномагніт [60]. Згідно з концепцією про єдиний генетичний механізм біомінералізації БМН, у представників усіх царств живих організмів є функції БМН [39, 42], які ґрунтуються на впливі власних магнітних полів розсіювання на біохімічні процеси, мембранний транспорт та клітин-клітинну взаємодію. З цього погляду функціями БМН є:

1. Магнітодипольна взаємодія клітин з БМН з клітинами, тканинами та органами, що також містять БМН (або магніточутливі структури [18, 19]), як різновид специфічної взаємодії або адгезії [50]. Наприклад, магніточутливі штами симбіонтів людини [18, 19] можуть взаємодіяти за допомогою магнітних сил з пухлинними клітинами, що містять БМН [51, 61, 62]. Також завдяки магнітодипольній взаємодії штучні біосумісні суперпарамагнітні наночастинки магнетиту можуть при введенні в кровотік накопичуватися в органах і тканинах людини, де відбувається біомінералізація БМН [62] (у мозку, печінці, серці, селезінці, надниркових залозах, решітковій кістці, пухлинних тканинах, атеросклеротичних бляшках), і змінювати в них метаболічні процеси, посилюючи дію магнітних полів БМН, яку буде описано нижче. Магнітодипольну взаємодію слід враховувати також при розробленні магнітокерованих векторів (магнітоліпосом) для цільової доставки лікарських препаратів у клітини та організми, здатні до біомінералізації БМН (пухлинні клітини [62], атеросклеротичні бляшки [31] та ін.).

2. Вплив магнітного захоплення та накопичення ефективно парамагнітних внутрішньо- і зовнішньоклітинних кластерних компонент (гранул, везикул, вакуолей, мікро- та нанобульбашок тощо) [40, 41, 45] у власному неоднорідному магнітному полі БМН на біохімічні процеси та мембранний транспорт. Незважаючи на те, що масова частка БМН у тканинах становить кілька нг/г тканини [63], магнітостатичні поля розсіювання, створені ланцюжками десятків БМН, не такі вже й малі практично по всьому об'єму клітини, що експериментально доведено методами електронної голографії в роботах



**Рис. 2.** Приклад впливу магнітостатичних полів розсіювання намагніченої в зовнішньому магнітному полі сталевій кулі на перебіг електрохімічної реакції цементацийного осадження міді з водного розчину  $\text{CuSO}_4$  на її поверхні

[15, 64]. Особливо помітно магнітне накопичення ефективно парамагнітних кластерних компонент впливає на мембранний транспорт, з огляду на міцну прив'язку ланцюжків БМН до мембрани, в околі якої напруженість їх магнітостатичних полів є максимальною і де відбувається магнітне концентрування ефективно парамагнітних кластерів біологічно активних речовин. Наприклад, магнітне концентрування може бути задіяне при функціонуванні імунної, транспортної, сенсорної систем. Крім накопичення і виникнення неоднорідного розподілу концентрації парамагнітних і ефективно парамагнітних компонент кластерного типу [39, 65], під впливом неоднорідних магнітних полів в околі частинок, які мають магнітний момент, виникає також магнітогідродинамічний рух реагентів і продуктів хімічних реакцій [39, 66]. Неоднорідний розподіл концентрації заряджених ефективно парамагнітних компонент в околі намагніченої частинки є також джерелом різниці електричних потенціалів [39, 65, 67–72].

На рис. 2 наведено приклад магнітного захоплення нанорозмірних кластерних продуктів електрохімічних реакцій, яке спостерігається в модельних експериментах у магнітному полі

розсіювання намагніченої мезомасштабної ферромагнітної кулі навіть при значно меншому градієнті магнітного поля, ніж значення градієнта магнітного поля в околі БМН (схематично зображено напрямки магнітогідродинамічного переміщення реагентів і продуктів електрохімічних реакцій). Магнітне поле  $\vec{H}$  прикладене горизонтально, як вказано стрілкою. Спостерігається формування квазістаціонарного гетерогенного стану електроліту при магнітному захопленні нанорозмірних кластерів — продуктів електрохімічної реакції поблизу магнітних полюсів сталеві кулі та магнітогідродинамічний рух електроліту, схему якого зображено стрілками на магнітному екваторі та поблизу магнітних полюсів ферромагнітної кулі [68].

Зазначимо, що в мезомасштабних модельних експериментах [65, 67–72] результатом магнітного захоплення є фазова сепарація типу «рідина-рідина», причому поблизу магнітних полюсів намагніченої ферромагнітної кулі утворюється макроскопічна фаза з підвищеною концентрацією ефективно парамагнітних кластерів [65]. У живих організмах поблизу БМН та їх ланцюжків з огляду на мікромасштабність зони дії неоднорідних магнітних полів цих природних магнітів можуть концентруватися лише окремі ефективно парамагнітні нанорозмірні кластери, хоча магнітне захоплення кластерів поблизу БМН забезпечує магнітна сила тієї самої природи, що і в модельних експериментах, але на кілька порядків більшої величини. Тому власні неоднорідні магнітні поля БМН істотно впливатимуть на швидкість біохімічних реакцій, найповільнішою стадією яких є транспорт реагентів чи продуктів реакції (дифузійна або змішана кінетика) [65, 67–72].

Отже, БМН являють собою внутрішньоклітинну магнітну наномашину для управління транспортними процесами та біохімічними реакціями за наявності парамагнітних або ефективно парамагнітних реагентів і продуктів біохімічних реакцій кластерного типу. Завдяки своїм малим розмірам ця наномашина має «спрацьовувати» на магнітне захоплення навіть одиночних ефективно парамагнітних

кластерів і тому є високочутливою. Так, у низці робіт відзначається накопичення внутрішньоклітинних компонент кластерного типу (гранули, везикули, вакуолі) в околі БМН у магнітотаксисних бактеріях. Гранули (везикули), збагачені киснем і фосфором, знайдено експериментально поблизу кінців ланцюжків БМН у магнітотаксисних бактеріях [73–75], а така їх просторова локалізація є характерною для магнітного захоплення парамагнітних або ефективно парамагнітних компонент у діаманітному середовищі [76]. Крім того, в роботі [77] експериментально виявлено газові вакуолі, які є ефективно парамагнітними і розташовані на поверхні БМН у магнітотаксисних бактеріях переважно поблизу точок контакту магнітних наночастинок, де напруженість власного магнітного поля БМН є максимальною. Оцінимо відношення енергії такої кластерної компоненти в магнітному полі БМН до середньої кінетичної енергії її теплового руху [40, 41]:

$$\zeta = \frac{\chi \vec{H}^2}{2k_B T} \cdot V,$$

де  $\chi$  і  $V$  — ефективна магнітна сприйнятливості кластерної компоненти і її об'єм відповідно,  $\vec{H}$  — напруженість магнітного поля, створеного БМН,  $k_B$  — константа Больцмана,  $T$  — абсолютна температура. Характерний радіус внутрішньоклітинних кластерних компонент в околі БМН становить кілька сотень нанометрів [73–75]. Для парамагнітної компоненти такого розміру з характерною магнітною сприйнятливостю  $\chi = 10^{-5} - 10^{-4}$  [1, 78] відношення енергії в магнітному полі БМН до енергії теплового руху є величиною порядку  $\zeta = 10^2 - 10^3$ . Якщо ж кластерна компонента є діаманітною, але має ефективну парамагнітну сприйнятливості  $\chi = 0,5 \cdot 10^{-6}$  [1, 78], то  $\zeta = 10$ . Тобто навіть у випадку ефективного парамагнетизму тепловий рух не перешкоджає магнітному захопленню кластерних компонент з такими чи більшими характерними розмірами [73–75]. Накопичення кластерів саме таких характерних розмірів (кілька сотень нм) з підвищеною концентрацією кисню і фосфору, кисню і заліза, а також

сірки виявлено поблизу магнетитових і грейгітових БМН у роботах [6, 79], що підтверджує концепцію про магнітне захоплення кластерів біологічно активних речовин як одну з важливих функцій БМН.

При збільшенні магнітної сприйнятливості цитозолу ефективна магнітна сприйнятливості кластерних компонент може змінюватися в бік діамagnetизму, і притягання до БМН ефективно парамагнітних кластерних компонент може змінитися на відштовхування. Тому зміна концентрації парамагнітних іонів або молекул у цитозолі впливатиме на ефективну магнітну сприйнятливості кластерних компонент і, відповідно, на функціонування БМН як наномашини. З цієї точки зору зрозуміло, що регуляція експресії генів магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій керується, зокрема, концентрацією кисню та іонів заліза, які роблять парамагнітний внесок у сприйнятливості цитозолу і зменшують ефективний парамагнетизм кластерних компонент клітини [17, 78].

Оскільки вищеописана наномашина розташована на внутрішній мембрані клітини, то завдяки магнітному захопленню ефективно парамагнітних кластерів біологічно активних речовин вона може керувати такими метаболічними процесами, як проникнення в клітину речовин кластерного типу для виконання специфічних функцій клітини, забезпечення міжклітинних контактів, передавання клітинних сигналів, сприйняття біологічно активних речовин (гранул гормонів тощо) [4, 5, 80, 81]. Порушення механізмів функціонування такої наномашини може спричинити розвиток патологічних станів.

Дослідження метаболічних функцій БМН та врахування єдиного генетичного механізму їх біомінералізації є перспективними для з'ясування нових механізмів впливу зовнішніх постійних і змінних магнітних полів на живі організми. Дійсно, згідно зі статистичними даними, зовнішні магнітні поля можуть підвищувати ймовірність раку мозку, нейродегенеративних і серцево-судинних захворювань [82]. При цьому магнітотаксисні бак-

терії є зручним модельним об'єктом для експериментального вивчення впливу зовнішніх магнітних полів на клітини, що містять БМН. Так, для магнітотаксисних бактерій залежно від величини і тривалості прикладання зовнішнього магнітного поля виявлено ефекти зміни форми ланцюжка і розташування БМН за рахунок суто механічного переміщення магнітних наночастинок під впливом зовнішнього магнітного поля [83], а також істотне підвищення кількості БМН, зміну їх форми, розмірів та розташування внаслідок збільшення експресії генів магнітосомного острівця при тривалому культивуванні магнітотаксисних бактерій у зовнішньому магнітному полі [84]. Існування єдиного генетичного механізму біомінералізації БМН відкриває перспективи дослідження впливу зовнішніх магнітних полів не лише на механічне переміщення ланцюжків БМН у клітинах, а й на сам процес біомінералізації, тобто на рівень експресії генів, що кодують гомологи білків магнітосомного острівця в конкретних організмах. У цьому зв'язку зовнішні магнітні поля помірної напруженості (порядку кЕ) впливатимуть на силу магнітної взаємодії парамагнітних або ефективно парамагнітних кластерних компонент з БМН [76] і, як наслідок, на вищеперелічені процеси в тканинах, що містять БМН. У таких полях може також порушуватися наноструктурна локалізація БМН у клітинах магнітотаксисних бактерій [84, 85] та еукаріотів, при цьому змінюватиметься розподіл їх власних магнітостатичних полів. Тривалість прикладання зовнішніх магнітних полів є важливим параметром при вивченні їх дії на живі організми через вплив на процес біомінералізації БМН. Для спостереження значних ефектів тривалість дії зовнішнього магнітного поля має бути співрозмірною або більшою за характерний час експресії генів, що кодують гомологи білків магнітосомного острівця магнітотаксисних бактерій, та зіставною з характерним часом метаболічних і транспортних процесів, а також процесів клітин-клітинної взаємодії, на які впливають власні магнітостатичні поля розсіювання БМН.

## Висновки

Магнітні поля, створені БМН як природними нанорозмірними магнітами, мають достатню величину напруженості (близько 4 кЕ) і масштаб неоднорідності для впливу на біохімічні реакції, мембранний транспорт та інші процеси поблизу мембрани клітини завдяки магнітному захопленню ефективно парамагнітних компонент з характерними розмірами порядку 100 нм, а також для забезпечення взаємодії клітин і тканин, у яких відбувається біомінералізація БМН. Оскільки ланцюжки БМН приєднані до мембрани клітини, то магнітне концентрування ефективно парамагнітних кластерів у її околі впливатиме на мембранний транспорт. Це можна розглядати як основні метаболічні функції БМН. Наявність спільних функцій БМН і єдиного генетичного механізму їх біомінералізації у представників усіх царств живих організмів виокремлює біомагнетизм як науковий напрям дослідження впливу власних магнітних полів БМН в організмі на функціонування його систем і метаболізм на рівні з біоелектрикою.

Розкриття генетичного механізму біомінералізації БМН має велике значення для медицини, для розширення перспектив використання мікроорганізмів, здатних до генетично запрограмованої біомінералізації БМН та магніточутливих структур, як векторів цільо-

вої доставки лікарських препаратів [86]. Відповідь на питання про фізіологічне походження БМН в організмі людини дасть новий поштовх у діагностиці і лікуванні захворювань, що характеризуються підвищеним вмістом БМН в уражених зонах, зокрема нейродегенеративних, онкологічних захворювань та атеросклерозу. Крім того, магнітотаксисні бактерії використовуються в біометалургії [87] для вилучення дорогоцінних металів із середовища, оскільки вони здатні до біосинтезу внутрішньоклітинних наночастинок, що є сполуками інших металів, крім заліза. Це пов'язано зі здатністю білків *mamB* та *mamM* магнітотаксисних бактерій здійснювати транспорт широкого спектру двовалентних іонів металів. Імовірно, гомологи цих білків накопичують цинк та мідь, що експериментально спостерігається при нейродегенеративних захворюваннях у тканинах, які характеризуються підвищеним вмістом БМН [88].

Слід також відзначити, що напрям дослідження біогенних магнітних наночастинок та біомагнітних ефектів, зумовлених їх власними магнітними полями, є міждисциплінарним, оскільки крім фундаментального та медико-біологічного спрямування стосується також наноелектроніки, де магнітотаксисні бактерії використовуються як продуценти магнітних наночастинок з контрольованими морфологічними та фізико-хімічними властивостями [89].

## REFERENCES

1. Pavlovich N.V. *Magnitnaya vospriimchivost' organizmov*. (Minsk: Nauka i tekhnika, 1985). P. 111. [Павлович Н.В. *Магнитная восприимчивость организмов*. Минск: Наука и техника, 1985. С. 111].
2. Gorobets Y.I., Gorobets O.Y. Statistical characteristics of trajectories of diamagnetic unicellular organisms in a magnetic field. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 2015. **117**(1): 125–28.
3. Sakaguchi T., Burgess J.G., Matsunaga T. Magnetite formation by a sulphate-reducing bacterium. *Nature*. 1993. **365**: 47–49.
4. Diebel C.E., Proksch R., Green C.R. Magnetite defines a vertebrate magnetoreceptor. *Nature*. 2000. **406**: 299–302.
5. Ritz T., Thalau P., Phillips J.B. Resonance effects indicate a radical-pair mechanism for avian magnetic compass. *Nature*. 2004. **429**: 177–79.
6. Mann S., Sparks N.H.C., Frankel R.B. Biomineralization of ferromagnetic greigite ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ) and pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) in a magnetotactic bacterium. *Nature*. 1990. **343**(18): 258–61.
7. Gordon L.M., Joester D. Nanoscale chemical tomography of buried organic-inorganic interfaces in the chiton tooth. *Nature*. 2011. **469**: 194–97.
8. Baker R.R., Mather J.G., Kennaugh J.H. Magnetic bones in human sinuses. *Nature*. 1983. **301**: 78–80.
9. Blakemore R.P. Magnetotactic bacteria. *Science*. 1975. **190**: 377–79.

10. Frankel R., Blakemore R.P., Wolfe R.S. Magnetite in freshwater magnetotactic bacteria. *Science*. 1979. **203**: 1355–56.
11. Walcott C., Gould J.L., Kirschvink J.L. Pigeons have magnets. *Science*. 1979. **184**: 180–82.
12. Zoeger J., Dunn J.R., Fuller M. Magnetic material in the head of the common Pacific dolphin. *Science*. 1981. **213**(4510): 892–94.
13. Chan C.S., De Stasio G., Welch S.A. Microbial polysaccharides template assembly of nanocrystal fibers. *Science*. 2004. **303**: 1656–58.
14. Mandernack K.W., Bazylinski D.A., Shanks W.C. Oxygen and iron isotope studies of magnetite produced by magnetotactic bacteria. *Science*. 1999. **285**: 1892–96.
15. Dunin-Borkowski R.E., McCartney M.R., Frankel R.B., Bazylinski D.A., Posfai M., Buseck P.R. Magnetic Microstructure of Magnetotactic Bacteria by Electron Holography. *Science*. 1998. **282**(5395): 1868–70.
16. Richter M., Kube M., Bazylinski D.A. Comparative Genome Analysis of Four Magnetotactic Bacteria Reveals a Complex Set of Group-Specific Genes Implicated in Magnetosome Biomineralization and Function. *J. Bacteriol.* 2007. **189**(13): 4899–910.
17. Schübbe S., Würdemann C., Peplies J. Transcriptional Organization and Regulation of Magnetosome Operons in *Magnetospirillum gryphiswaldense*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2006. **72**(9): 5757–65.
18. Vainshtein M., Suzina N., Kudryashova E., Ariskina E. New magnet-sensitive structures in bacterial and archaeal cells. *Biology of the Cell*. 2002. **94**: 29–35.
19. Vainshtein M.B., Suzina N.E., Sorokin V.V. A new type of magnet-sensitive inclusions in cells of photosynthetic purple bacteria. *System. Appl. Microbiol.* 1997. **20**: 182–86.
20. Bazylinski D.A., Frankel R.B. Magnetosome formation in prokaryotes. *Nat. Rev. Microbiol.* 2004. **2**: 217–30.
21. Kuterbach D.A., Walcott B. Iron-containing cells in the honey-bee (*Apis mellifera*). I. Adult morphology and physiology. *J. Exp. Biol.* 1986. **126**: 375–87.
22. Bharde A., Rautaray D., Sarkar I., Sastry M. Extracellular biosynthesis of magnetite using fungi. *Small*. 2006. **2**: 135–41.
23. Mann S., Sparks N.H.C., Walker M.M. Ultrastructure, morphology and organization of biogenic magnetite from sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*: Implications for magnetoreception. *J. Exp. Biol.* 1988. **140**: 35–49.
24. Grassi-Schultheiss P.P., Heller F., Dobson J. Analysis of magnetic material in the human heart, spleen and liver. *Bio-Metals*. 1997. **10**: 351–55.
25. Kirschvink J.L., Kobayashi-Kirschvink A., Woodford B.J. Magnetite biomineralization in the human brain. *PNAS*. 1992. **89**: 7683–87.
26. Brem F., Hirt A.M., Winklhofer M. Magnetic iron compounds in the human brain: a comparison of tumor and hippocampal tissue. *J. R. Soc. Interface*. 2006. **3**: 833–41.
27. Kirschvink J.L. Magnetite Biomineralization and Geomagnetic Sensitivity in Higher Animals: An Update and Recommendations for Future Study. *Bioelectromagnetics*. 1989. **10**(3): 239–59.
28. Ritz T., Dommer D.H., Phillips J.B. Shedding Light on Vertebrate Magnetoreception. *Neuron*. 2002. **34**: 503–06.
29. Cranfield C.G., Dawe A., Karloukovski V., Dunin-Borkowski R.E., de Pomerai D., Dobson J. Biogenic magnetite in the nematode *Caenorhabditis elegans*. *Proc. R. Soc. Lond. B*. 2004. **271**(6): 436–39.
30. Kirschvink J.L. Ferromagnetic crystals (magnetite?) in human tissue. *J. Exp. Biol.* 1981. **92**(1): 333–35.
31. Alekseeva T.A., Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Demyanenko I.V., Lazarenko O.M. *Medychni perspektyvy*. 2014. **19**(1): 4–10 (in Ukrainian).  
[Алексеева Т.А., Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дем'яненко І.В., Лазаренко О.М. Магнітна силова мікроскопія атеросклеротичних бляшок. *Медичні перспективи*. 2014. Т. 19(1). С. 4–10].
32. Holland R.A., Kirschvink J.L., Doak T.G., Wikelski M. Bats Use Magnetite to Detect the Earth's Magnetic Field. *PLoS ONE*. 2008. DOI: 10.1371/journal.pone.0001676.
33. Eder S.H.K., Cadiou H., Muhamad A., McNaughton P.A., Kirschvink J.L., Winklhofer M. Magnetic characterization of isolated candidate vertebrate magnetoreceptor cells. *PNAS*. 2012. **109**(30): 12022–27.
34. de Oliveira J.F., Wajnberg E., Esquivel D.M., Weinkauff S., Winklhofer M., Hanzlik M. Ant antennae: are they sites for magnetoreception. *J. R. Soc. Interface*. 2010. **7**: 143–52.
35. Kirschvink J.L., Jones D.S., MacFadden B.J. *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms: a new biomagnetism*. (Plenum Publishing Corporation, 1985). P. 682.
36. Schultheiss-Grassi P.P., Dobson J. Magnetic analysis of human brain tissue. *BioMetals*. 1999. **12**: 67–72.
37. Ullrich S., Kube M., Schübbe S. Hypervariable 130-Kilobase Genomic Region of *Magnetospirillum gryphiswaldense* Comprises a Magnetosome Island Which Undergoes Frequent Rearrangements during Stationary Growth. *J. Bacteriol.* 2005. **187**(21): 7176–84.

38. Abreu F., Cantão M.E., Nicolás M.F. Common ancestry of iron oxide- and iron-sulfide-based biomineralization in magnetotactic bacteria. *ISME Journal*. 2011. **5**: 1634–40.
39. Gorobets Yu.I., Gorobets S.V. Stationary flows of electrolytes in the vicinity of ferromagnetic particles in a constant magnetic field. *Bulletin of Kherson State Technical University*. 2000. **3**(9): 276–81.
40. Gorobets O.Yu., Gorobets S.V., Gorobets Yu.I. Biogenic magnetic nanoparticles: Biomineralization in prokaryotes and eukaryotes. In: *Dekker Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology* (3<sup>rd</sup> Edition). (New York: CRC Press, 2014). P. 300–308.
41. Gorobets O.Yu., Gorobets S.V., Gorobets Yu.I. *Naukovi visti NTUU «KPI»*. 2013. **3**: 28–33 (in Ukrainian). [Горобець О.Ю., Горобець С.В., Горобець Ю.І. Біомінералізація внутрішньоклітинних біогенних магнітних наночастинок та їх можливі функції. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2013. № 3. С. 28–33].
42. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu. Functions of biogenic magnetic nanoparticles in organisms. *Functional Materials*. 2012. **19**: 18–26.
43. Ullrich S., Katzmann E., Borg S. Functional Analysis of the Magnetosome Island in *Magnetospirillum gryphiswaldense*: The mamAB Operon Is Sufficient for Magnetite Biomineralization. *PLoS ONE*. 2011. **6**(10).
44. Komeili A., Vali H., Beveridge T.J. Magnetosome vesicles are present before magnetite formation, and MamA is required for their activation. *PNAS*. 2004. **101**(11): 3839–44.
45. Murat D., Quinlan A., Vali H. Comprehensive genetic dissection of the magnetosome gene island reveals the step-wise assembly of a prokaryotic organelle. *PNAS*. 2010. **107**: 5593–98.
46. Nakazawa H., Arakaki A., Narita-Yamada S. Whole genome sequence of *Desulfovibrio magneticus* strain RS-1 revealed common gene clusters in magnetotactic bacteria. *Genome Res*. 2009. **19**: 1801–08.
47. Sakaguchi T., Arakaki A., Matsunaga T. *Desulfovibrio magneticus* sp. nov., a novel sulfate-reducing bacterium that produces intracellular single-domain-sized magnetite particles. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 2002. **52**: 215–21.
48. Rioux J.-B., Philippe N., Pereira S. Second Actin-Like MamK Protein in *Magnetospirillum magneticum* AMB-1 Encoded Outside the Genomic Magnetosome Island. *PLoS ONE*. 2010. **5**(2): 151–60.
49. Scheffel A., Gärdes A., Grünberg K. The Major Magnetosome Proteins MamGFDC Are Not Essential for Magnetite Biomineralization in *Magnetospirillum gryphiswaldense* but Regulate the Size of Magnetosome Crystals. *J. Bacteriol.* 2008. **190**(1): 377–86.
50. Taylor A.P., Barry J.C. Magnetosomal matrix: ultrafine structure may template biomineralization of magnetosomes. *J. Microsc.* 2004. **213**(2): 180–97.
51. Lins U., Farina M. Amorphous mineral phases in magnetotactic multicellular aggregates. *Arch. Microbiol.* 2001. **176**: 323–28.
52. Byrne M.E., Ball D.A., Guerquin-Kern J.-L. *Desulfovibrio magneticus* RS-1 contains an iron- and phosphorus-rich organelle distinct from its bullet-shaped magnetosomes. *PNAS*. 2010. **107**(27): 12263–68.
53. Gorobets O.Yu., Gorobets S.V., Sorokina L.V. Biomineralization and synthesis of biogenic magnetic nanoparticles and magnetosensitive inclusions in microorganisms and fungi. *Functional Materials*. 2014. **4**: 15–21.
54. Yan L., Zhang S., Chen P., Liu H., Yin H., Li H. Magnetotactic bacteria, magnetosomes and their application. *Microbiol. Res.* 2012. **167**(9): 507–19.
55. Biello D. *Scientific American*. 2009. <http://www.scientificamerican.com/article/origin-of-oxygen-in-atmosphere/>.
56. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Demyanenko I.V. *Naukovi visti NTUU «KPI»*. 2013. **3**: 34–41 (in Ukrainian). [Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дем'яненко І.В. Феритин і біомінералізація магнітних наночастинок в мікроорганізмах. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2013. № 3. С. 34–41].
57. Kobayashi A., Yamamoto N., Kirschvink J. Study of inorganic crystalline solids in biosystems-magnetite in the human body. *J. Soc. Powder and Powder Metall.* 1996. **43**(11): 1354–60.
58. Dobson J. Nanoscale biogenic iron oxides and neurodegenerative disease. *FEBS Lett.* 2001. **496**(1): 1–5.
59. Quintana C., Bellefqih S., Laval J.Y., Guerquin-Kern J.L., Wu T.D., Avila J., Ferrer I., Arranz R., Patino C. Study of the localization of iron, ferritin, and hemosiderin in Alzheimer's disease hippocampus by analytical microscopy at the subcellular level. *Journal of Structural Biology*. 2006. **153**: 42–54.
60. Winklhofer M., Petersen N. *Paleomagnetism and Magnetic Bacteria*. (Springer-Verlag, 2007). P. 255–273.
61. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Butenko K.O., Chyzh Yu.M. *Medychni perspektyvy*. 2014. **19**(2): 4 (in Ukrainian). [Горобець С.В., Горобець О.Ю., Бутенко К.О., Чиж Ю.М. Біомінералізація магнітних наночастинок бактеріальними симбіонтами людини. *Медичні перспективи*. 2014. Т. 19(2). С. 4–12].
62. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Chyzh Yu.M., Sivenok D.V. Magnetic dipole interaction of endogenous magnetic nanoparticles with magnetoliposomes for targeted drug delivery. *Biophysics*. 2013. **58**(3): 379–84.

63. Hautot D., Pankhurst Q.A., Morris C.M., Curtis A., Burn J., Dobson J. Preliminary observation of elevated levels of nanocrystalline iron oxides in the basal ganglia of neuroferritinopathy patients. *Biochim. Biophys. Acta*. 2007. **1772**: 21–25.
64. Dunin-Borkowski R.E., McCartney M.R., Posfai M., Frankel R.B., Bazylinski D.A., Buseck P.R. Off-axis electron holography of magnetotactic bacteria: magnetic microstructure of strains MV-1 and MS-1. *Eur. J. Mineral.* 2001. **13**: 671–84.
65. Gorobets O.Yu., Gorobets Yu.I., Bondar I.A. Quasi-stationary heterogeneous states of electrolyte at electrodeposition and etching process in a gradient magnetic field of a magnetized ferromagnetic ball. *J. Magn. Magn. Mater.* 2013. **330**: 76–80.
66. Gorobets Yu. I., Gorobets S.V. Formation of stationary flows of liquid in vicinity of ferromagnetic packing in constant magnetic field. *Magnetohydrodynamics*. 2000. **36**: 75–78.
67. Gorobets O.Yu., Gorobets Yu.I., Rospotniuk V.P. Movement of electrolyte at metal etching and deposition under a non-uniform steady magnetic field. *Magnetohydrodynamics*. 2014. **50**(3): 317–32.
68. Gorobets O.Yu., Gorobets Yu.I., Rospotniuk V.P., Legenkiy Yu.A. Electric cell voltage at the etching and deposition of metals under an inhomogeneous constant magnetic field. *Condensed Matter Physics*. 2014. **17**: 1–18.
69. Ilchenko M.Yu., Gorobets O.Yu., Bondar I.A. Influence of external magnetic field on the etching of a steel ball in an aqueous solution of nitric acid. *J. Magn. Magn. Mater.* 2010. **322**: 2075–80.
70. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Brukva O.M. Periodic microstructuring of iron cylinder surface in nitric acid in a magnetic field. *Appl. Surf. Sci.* 2005. **252** (2): 448–54.
71. Gorobets S.V., Gorobets O.Yu., Mazur S.P., Slusar A.A. Influence of a steady magnetic field to a steel surface in the presence of an electrolyte. *Phys. Status Solidi C*. 2004. **1**(12): 3686–88.
72. Gorobets O.Yu., Gorobets V.Yu., Derecha D.O., Brukva O.M. Nickel electrodeposition under influence of constant homogeneous and high-gradient magnetic field. *J. Phys. Chem. C*. 2008. **112**(9): 3373–75.
73. Zhu K., Pan H., Li J. Isolation and characterization of a marine magnetotactic spirillum axenic culture QH-2 from an intertidal zone of the China Sea. *Res. Microbiol.* 2010. **161**: 276–83.
74. Frankel R.B., Bazylinski D.A. Structure and function of magnetosomes in magnetotactic bacteria. *Biomimetics. Design and Processing of Materials*. 1995. <http://works.bepress.com/rfrankel/159>.
75. Ruan J., Kato T., Santini C.-L. Architecture of a flagellar apparatus in the fast-swimming magnetotactic bacterium MO-1. *PNAS*. 2012. **109**(50): 20643–48.
76. Friedlaender F.J., Gerber R., Kurz W. Particle Motion Near and Capture on Single Spheres in HGMS. *IEEE Trans. Magn.* 1981. **17**(6): 2801–03.
77. Bazylinski D.A. Synthesis of the bacterial magnetosome: the making of a magnetic personality. *Int. Microbiol.* 1999. **2**: 71–80.
78. Grygorev I.S., Meylikhov E.Z. *Fizicheskiye velichiny. Spravochnik*. (Moscow: Energoatomizdat, 1991). [Григорьев И.С., Мейлихов Е.З. *Физические величины. Справочник*. М.: Энергоатомиздат, 1991].
79. Bazylinski D.A., Frankel R.B., Heywood B.R. Controlled Biomineralization of Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) and Greigite (Fe<sub>3</sub>S<sub>4</sub>) in a Magnetotactic Bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 1995. **61**(9): 3232–39.
80. Ganshin V.M., Labas Yu.A., Zinkevich E.P. *Sensornyye sistemy*. 2010. **24**: 74–93 (in Russian). [Ганшин В.М., Лабас Ю.А., Зинкевич Э.П. Возможная роль активных форм кислорода в первичных механизмах обонятельной рецепции. *Сенсорные системы*. 2010. Т. 24. С. 74–93].
81. Kajimura M., Fukuda R., Bateman R.M. Interactions of Multiple Gas-Transducing Systems: Hallmarks and Uncertainties of CO, NO, and H<sub>2</sub>S Gas Biology. *Antioxidants & Redox Signalling*. 2010. **13**(2): 157–92.
82. Cui Y., Ge Z., Rizak J.D. Deficits in Water Maze Performance and Oxidative Stress in the Hippocampus and Striatum Induced by Extremely Low Frequency Magnetic Field Exposure. *PLoS ONE*. 2012. **147**(5).
83. Kornig A., Dong J., Bennet M., Widdrat M., Andert J., Muller F.D., Schuler D., Klumpp S., Faivre D. Probing the Mechanical Properties of Magnetosome Chains in Living Magnetotactic Bacteria. *Nano Letters*. 2014. **14**: 4653–59.
84. Wang X., Liang L. Effects of Static Magnetic Field on Magnetosome Formation and Expression of mamA, mms13, mms6 and magA in Magnetospirillum magneticum AMB-1. *Bioelectromagnetics*. 2009. **30**: 313–21.
85. Kobayashi A., Kirschvink J.L., Nash C.Z. Experimental observation of magnetosome chain collapse in magnetotactic bacteria: Sedimentological, paleomagnetic, and evolutionary implications. *Earth and Planetary Science Letters*. 2006. **245**: 538–50.
86. Patyar S., Joshi R., Byrav D.S., Prakash A., Medhi B., Das B.K. Bacteria in cancer therapy: a novel experimental strategy. *J. Biomed. Sci.* 2010. **17**: 21–30.

87. Patzak M., Dostalek P., Fogarty R.V., Safarik I., Tobin J.M. Development of magnetic biosorbents for metal uptake. *Biotechnology Techniques*. 1997. **11**(7): 483–87.
88. Bush A. Copper, zinc, and the metallobiology of Alzheimer disease. *Alz. Dis Assoc. Disord.* 2003. **17**(3): 147–50.
89. Matsunaga T., Suzuki T., Tanaka M., Arakaki A. Molecular analysis of magnetotactic bacteria and development of functional bacterial magnetic particles for nano-biotechnology. *Trends Biotechnol.* 2007. **25**(4): 182–88.

Стаття надійшла 10.05.2015.

*О.Ю. Горобець*

Институт магнетизма НАН Украины и МОН Украины  
бульв. Вернадского, 36б, Киев, 03142, Украина

#### БИОМАГНЕТИЗМ И БИОГЕННЫЕ МАГНИТНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ

В статье проведен анализ общего генетического механизма биоминерализации биогенных магнитных наночастиц (нанокристаллов магнетита, маггемита и грейгита) в одно- и многоклеточных организмах, обсуждаются их функции как природных сильных магнитов.

**Ключевые слова:** градиентная магнитная сила, эффективная магнитная восприимчивость, магнитный захват, генетический механизм биоминерализации.

*O.Yu. Gorobets*

Institute of Magnetism of NAS and MES of Ukraine  
36-b Vernadskiy Ave., Kyiv, 03142, Ukraine

#### BIOMAGNETISM AND BIOGENIC MAGNETIC NANOPARTICLES

The common genetic mechanism of biomineralization of biogenic magnetic nanoparticles (nanocrystals of magnetite, maghemite and greigite) in unicellular and multicellular organisms is analyzed in this paper and their functions are discussed as natural strong magnets.

**Keywords:** gradient magnetic force, effective magnetic susceptibility, magnetic capture, genetic mechanism of biomineralization.



## РУДЕНКО

**Леонід Григорович** — академік НАН України, доктор географічних наук, професор, директор Інституту географії НАН України

## МАРУНЯК

**Євгенія Олександрівна** — кандидат географічних наук, старший науковий співробітник Інституту географії НАН України

## ГОЛУБЦОВ

**Олександр Григорович** — кандидат географічних наук, науковий співробітник Інституту географії НАН України

## ЛІСОВСЬКИЙ

**Сергій Антонович** — доктор географічних наук, заступник директора Інституту географії НАН України

## ЧЕХНІЙ

**Віктор Михайлович** — кандидат географічних наук, завідувач відділу ландшафтознавства Інституту географії НАН України

## ФАРІОН

**Юрій Миколайович** — науковий співробітник Інституту географії НАН України

УДК 911.2/3

## ЄВРОПЕЙСЬКІ ІННОВАЦІЙНІ ПРОЕКТИ В УКРАЇНІ

*Підписання Угоди про асоціацію з ЄС актуалізувало для України питання імплементації відповідних інструментів, політик, директив. Одним з інструментів, що застосовується в галузі просторового розвитку і планування, є ландшафтне планування. Уперше в Україні цей інструмент апробовано шляхом створення відповідної методики та її застосування в модельному регіоні — Черкаській області на трьох рівнях планування (область, район, громада).*

**Ключові слова:** ландшафтне планування, збалансований розвиток, природокористування, ЄС.

У XXI ст., в умовах глобалізації та численних ризиків, уявити повноцінний і збалансований розвиток країни без ефективної системи просторового планування майже неможливо. Водночас, багатьом країнам на цьому шляху доводиться долати суттєві загрози та перепони. Україна також стикається з труднощами соціально-економічного характеру, гострими екологічними проблемами і, крім того, з недосконалою системою управління та планування. Ці прогалини пояснюються недостатнім урахуванням наукових розробок, слабкою репрезентацією екологічної складової, браком комплексності та прозорості підходів і, врешті-решт, невираженим діалогом з місцевим населенням, яке «споживає» всі наслідки слабого адміністрування. З огляду на підписання в 2014 р. Угоди про асоціацію між Україною і Європейським Союзом важливо також оцінити галузеву політику і рамкові документи країн ЄС, можливості, що відкриватимуться, та бар'єри, що поставатимуть унаслідок реалізації цієї Угоди.

Історія і сучасне життя України та українців зіткані з протиріч — стародавні витоки державності і два десятиліття незалежності, геополітична значимість і проблеми з вибором власного курсу, унікальні природні багатства і катастрофічний стан ландшафтів, культурне та етнічне розмаїття і криза етики й моралі. Серед двох сотень країн світу Україна посідає 43-тє місце за площею і володіє очевидними конкурентними перевагами.

Проте в більшості світових рейтингів за показниками, що характеризують стан економіки, компонентів природи, соціуму, наша країна посідає місця у сьомому-восьмому десятку. Перелік пунктів такого умовного SWOT-аналізу може бути довгим, проте поєднання сильних і слабких сторін змушують замислитися над проблемою цінностей і цілей. Наскільки усвідомлена цінність тієї чи іншої території, як поєднати природу і людину з усіма складнощами і благами їх взаємодії, який напрям руху буде оптимальним і збалансованим? Відповіді на ці питання містяться у виголошеній у Ріо-де-Жанейро (1992) концепції сталого (збалансованого) розвитку. Її практичне втілення потребує значних зусиль.

Окремо слід відзначити критичний екологічний стан компонентів природи практично в усіх регіонах України, що детально проаналізовано в окремих монографіях [1].

Основними факторами негативного антропогенного впливу в процесі природокористування на стан природних комплексів України були і залишаються:

- високий рівень антропогенного навантаження на територію та забруднення навколишнього середовища;
- деформована структура економіки, в якій надмірна частка припадала на природомісткі галузі;
- нерівномірність територіальної концентрації виробництва;
- загальне (в т.ч. інноваційне, технологічне та структурне) відставання і недостатня конкурентоспроможність національної економіки, негативні тенденції спеціалізації України у світовій економіці;
- дефіцит, нерівномірний розподіл у межах території та нераціональне використання окремих видів природних ресурсів.

Як фактор, що мав особливо негативний вплив, слід назвати аварію на Чорнобильській АЕС та її наслідки.

Незважаючи на те, що Україна, підписавши усі документи Ріо-92, Йоганнесбург-2002, Ріо+20, не затвердила ані концепції, ані стратегії сталого (збалансованого) розвитку, все ж вважаємо,

що в державі є можливості для впровадження основної парадигми розвитку в XXI ст., і дієвим інструментом для цього можуть бути різні види просторового планування.

Система і процес планування мають істотні відмінності в різних країнах світу, зумовлені історичними, кліматичними, етнічними та економічними чинниками. Водночас зрозуміло, що недостатня увага до сфери планування, відсутність механізмів узгодження стратегічного й територіального планування, слабка енвайронменталістська складова є ознаками низької ефективності використання територіального капіталу, і це не може не позначатися на відставанні у соціально-економічному розвитку.

Ландшафтне планування (ЛП) є сучасним інструментом європейського просторового планування, що значною мірою забезпечує впровадження у природоохоронну політику держав принципів сталого розвитку [2]. Необхідність здійснення спеціальної ландшафтної політики для успішного територіального розвитку наголошена у Керівних принципах сталого просторового розвитку Європейського континенту і сформульована як «включення питань розвитку ландшафтів до просторового планування та галузевих програм», «імплементация інтегрованої політики, спрямованої на одночасний захист, управління та планування ландшафтів».

У більшості європейських країн ландшафтне планування в різних формах і з акцентом на досягнення природоохоронних цілей входить у систему територіального планування, еволюціонуючи разом з нею, як «ключовий інструмент планування, спрямований на збереження природи і керування ландшафтом». Так відбувається оптимізація відносин суспільства і природи в межах конкретних територій, що утворюють багаторівневу систему, національну, а згодом і транснаціональну. У Європейській ландшафтній конвенції термін визначається як «перспективне планування, яке має на меті поліпшення, відновлення та формування ландшафтів».

**Сутність ландшафтного планування** виходить далеко за межі очевидних приро-

доохоронних функцій. Йдеться скоріше про складний процес еколого-економічної оцінки функцій різних територіальних виділів і подальше узгодження пріоритетів та ризиків їх реалізації з усіма групами користувачів. Отже, *управлінці* отримують підґрунтя для регулювання землекористування та інвестиційної діяльності, *інвестор* і землевласник — комплексну інформацію про стан середовища, що полегшує комунікаційні процеси, підвищує конкурентоспроможність, дозволяє узгоджувати економічні інтереси з природоохоронними цілями, збереженням культурно-історичної спадщини. Тож, виходячи навіть із загальних обрисів соціально-економічної, екологічної та інституційної проблематики в Україні, ландшафтне планування є перспективним інструментом для забезпечення сталого розвитку і екологічної безпеки, що й дістало численні підтвердження під час виконання робіт з цього напрямку протягом останніх чотирьох років.

Ландшафтне планування здійснюється в кілька послідовних етапів, кожен з яких орієнтований на виконання конкретних завдань і спирається на застосування відповідних методів. Цілісність усіх етапів ландшафтного планування забезпечується використанням геоінформаційних систем як інструменту формування бази вихідних даних, аналізу й оцінювання ландшафтів, інтерпретації та візуалізації отриманих результатів.

#### **Основні етапи ландшафтного планування:**

**1. Визначення рамкових цілей ландшафтного планування.** Основа для їх формулювання — з'ясування соціально-економічних та екологічних проблем певної території і узагальнення очікувань громади щодо розвитку їхньої території. Основні методи — загальний просторовий аналіз конкретної території для з'ясування інституційних, соціальних, економічних, природних, екологічних умов її розвитку. Цілі і завдання ландшафтного планування визначаються за результатами попереднього аналізу території в ході обговорення за участю управлінців, науковців, громадськості.

**2. Етап інвентаризації та оцінювання даних.** Завдання етапу — збір і систематизація

даних про природні та соціально-економічні умови досліджуваної території та цільовий аналіз цієї інформації. Необхідно зібрати кондиційну інформацію про всі компоненти природи: якість повітря, кліматичні умови, поверхневі та підземні води, ґрунтовий покрив, рослинний і тваринний світ, краєвиди, а також дані про сучасне землекористування та соціально-економічні особливості території. Такі дані отримують опрацюванням багатьох різномірних джерел: фондових, картографічних, літературних, статистичних, матеріалів дистанційного зондування Землі. Слід підкреслити, що загальна інформація про всі складові природного середовища та використання його ресурсів міститься в Національному атласі України (2007).

Оцінювання в ландшафтному плануванні застосовують [3], по-перше, для визначення просторової диференціації значимості функцій ландшафту, по-друге, з метою виявлення територій, найбільш чутливих до негативних впливів господарської діяльності людини. Відповідно, використовують дві категорії оцінювання — *значимість* та *чутливість*. Чутливість зазвичай розглядають як інтенсивність і швидкість реакції природного компонента при певних впливах (хімічному забрудненні, розорюванні ґрунту, здійсненні рекреаційної діяльності тощо), еластичність відносно його повернення до початкового стану (стану, в якому перебував природний компонент до здійснення або до початку інтенсифікації антропогенного впливу) [4, с. 84]. Під категорією «значимість» розуміють рівень відповідності стану природного компонента його еталонному стану у зв'язку з необхідністю оптимальної реалізації певної цільової функції використання, індивідуальної для кожного природного компонента (наприклад, значимість ґрунту для вирощування зернових або інших культур за природною родючістю ґрунтів) [5, т. 2, с. 15].

Одна й та сама територія має, як правило, різну значимість для різних функцій ландшафту [6]. Важливими критеріями для визначення значимості є такі характеристики компонентів, як продуктивність, різноманіття, рідкісність,

унікальність, історична значущість, естетична привабливість. Критерії оцінки мають відповідати таким вимогам: орієнтованість на рамкові цілі використання території; відповідність сучасному стану природного середовища; передбачення можливих змін стану природних компонентів при реалізації основних напрямів використання території і допустимого рівня такого використання [5, т. 2, с. 14–15].

Для визначення значимості й чутливості ландшафтів застосовують широкий спектр методів, розроблених у геоморфології, ґрунтознавстві, геоботаніці, кліматології, гідрології, ландшафтній екології та ландшафтознавстві, геохімії і геофізиці ландшафтів.

**3. Виявлення і оцінювання конфліктів природокористування.** Для визначення природоохоронних цілей слід з'ясувати наявні та потенційні конфлікти, пов'язані або з неможливістю природного середовища задовольняти потреби людини, що призводить до деградації ландшафтів, або з конкуренцією окремих природокористувачів. Підставою для визначення конфліктів є результати інвентаризаційного й оцінювального етапів. Здійснюють зіставлення і аналіз даних щодо чутливості та значимості ландшафтів, сучасного і перспективного стану природокористування на досліджуваній території.

**4. Розроблення концепції природоохоронних цілей і заходів.** Цілі у ландшафтному плануванні — це орієнтири, що вказують на оптимальний і найбільш бажаний стан ландшафтів, які розробляють з метою подолання і запобігання конфліктам. Рамки для розроблення цілей задають на початку робіт. Саме ж формулювання цілей ґрунтується на результатах оцінювання значимості ландшафтів і чутливості до існуючих та планованих видів господарської діяльності.

Є декілька підходів до формулювання цілей [7], у наших роботах вони застосовані з точки зору змісту дій — *підтримки, збереження, санації та розвитку ландшафтів*. Формулювання цілей за змістом дій і відповідне представлення в легендах цільових карт дає можливість експертам, службовцям або громадянам чіткіше орієн-

туватися в запропонованих напрямках діяльності щодо забезпечення збалансованого екологічно орієнтованого природокористування.

Передбачається розроблення галузевих цілей та інтегральної концепції цілей. *Галузеві цілі* окреслюють основні напрями збалансованого використання природних благ: поверхневих і підземних вод, клімату і повітря, ґрунтів, рослинного і тваринного світу, а також ландшафтів як середовища відпочинку. *Інтегральна концепція цілей* ґрунтується на поєднанні (інтеграції) та зіставленні галузевих цілей — використання окремих компонентів ландшафтів. У цільовій концепції мають бути розроблені й представлені на карті цілі захисту, догляду й розвитку природи та ландшафтів. Інтегральна концепція цілей має на меті:

- виділити території, рекомендовані для збереження природного середовища та соціально-економічного розвитку;
- визначити території з найгострішими екологічними проблемами, де необхідно запропонувати і вжити особливі заходи для їх відновлення;
- уточнити напрями розвитку територій, конкретизувати базові структури цього розвитку.

За допомогою заходів цілі операціоналізуються, тобто тлумачаться шляхом переліку конкретних дій для досягнення цілей. У ландшафтному плануванні типи дій та заходів формулюють, виходячи з цілей використання та розвитку території. Локалізацію дій і заходів виконують на основі інтегрованої карти цілей відповідного рівня.

**5. Затвердження, впровадження та моніторинг.** Цей етап складається з кроків, спрямованих на практичну реалізацію ландшафтних планів, відстеження результатів їх впровадження та оперативне коригування.

Для максимальної репрезентативності можливих результатів застосування європейської методології ландшафтного планування в Україні його вперше було здійснено *на трьох рівнях* (область — ландшафтна програма, район — рамковий ландшафтний план, сільська рада — ландшафтний план) з дотриманням усіх необхідних за європейськими стандартами мето-

дичних вимог. Для апробації адаптованої фахівцями Інституту географії НАН України методики модельним регіоном обрано Черкаську область, а в її межах модельними територіями стали Канівський район та Степанецька сільська рада (рис. 1).

Черкаська область, як і інші регіони України, відчуває наслідки гострої соціально-економічної кризи, а також погіршення стану та якості навколишнього середовища. Тому *основними завданнями* робіт, за результатами ретельного аналізу рамок умов, було визначено: зниження високого антропогенного навантаження; збереження природних екосистем і розвиток мережі природно-заповідних територій, збереження ландшафтного та біологічного різноманіття, історико-культурної спадщини; ефективне використання рекреаційного потенціалу; аналіз і вирішення конфліктів природокористування; внесок у вдосконалення схеми територіального планування області.

У процесі розроблення ландшафтної програми Черкаської області було виконано інвентаризацію всієї доступної інформації щодо соціально-економічних умов розвитку та особливостей природокористування, компонентів природи (клімат і повітря, поверхневі та підземні води, види рослинного і тваринного світу; біотопи; ґрунти; ландшафти). Систематизовану та оброблену інформацію представлено у вигляді текстів з відповідними характеристиками природи й соціуму та картографічних матеріалів, розроблених з використанням ПС-методів. Геоінформаційна система Черкаської області в ландшафтній програмі складається з растрових (топографічних і тематичних) і векторних карт (базовий масштаб – 1:200 000), а також пов'язаних баз даних з характеристиками території. Дані про сучасне землекористування та матеріали схеми територіального планування області стали основою для визначення конфліктів між існуючими та запланованими видами діяльності людини і функціонуванням ландшафтів.

На основі німецьких методичних підходів, а також з використанням українських розробок у галузі ландшафтного картографування, ґрун-

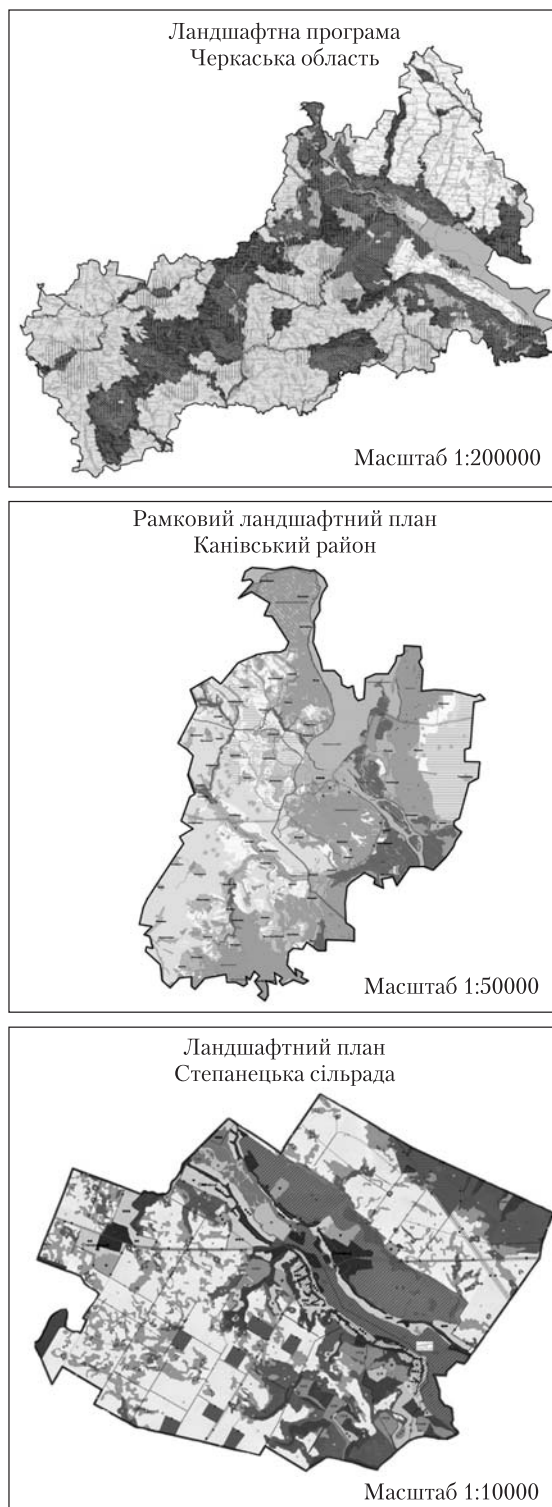


Рис. 1. Рівні ландшафтного планування та його масштаби; модельний регіон – Черкаська область

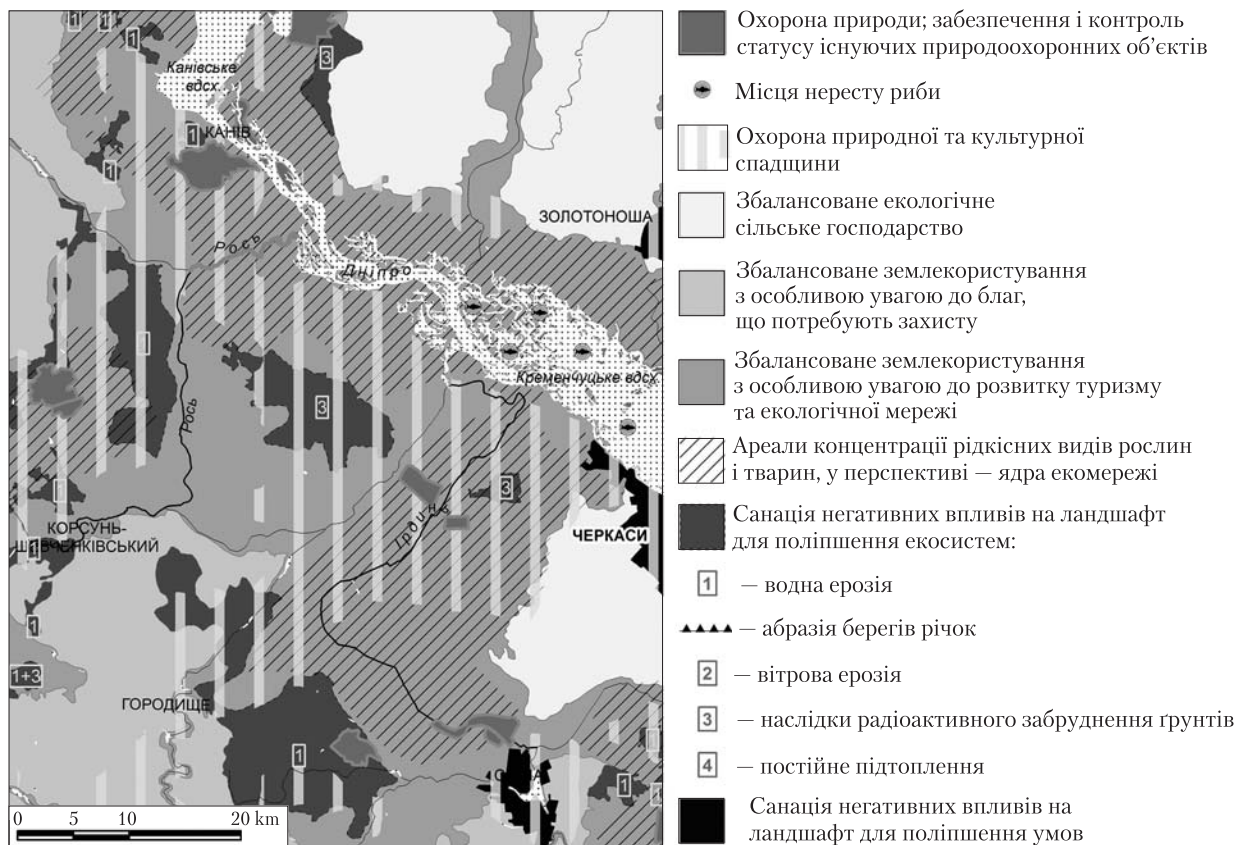


Рис. 2. Інтегральна концепція цілей (Черкаська область, фрагмент)

тознавства, геоморфології було оцінено значимість і чутливість природних компонентів, а також негативні впливи. Основну увагу приділено тим видам оцінювання чутливості і значимості природних благ, які відповідають рамковим цілям планування: розвиток сільського господарства, рекреації і туризму, оптимізація водопостачання та водоспоживання, охорона біо- та ландшафтного різноманіття.

Хоча Черкаська область і належить до регіонів України, екологічний стан компонентів природи яких можна визначити як відносно благополучний, у ході аналізу було виявлено низку проблем і конфліктів природокористування, вирішення яких є обов'язковим для забезпечення подальшого сталого розвитку. Розглядали такі категорії, як конфлікти за часом виникнення, за масштабами (національного, регіонального, локального рівня), за триваліс-

тю та періодичністю прояву (постійні, сезонні, епізодичні), за видами та чинниками впливу. За результатами аналізу було розроблено інтегральну карту конфліктів, що враховує дві основні категорії — існуючі та потенційні конфлікти. Слід зазначити, що і для модельної області, і для України в цілому характерною є проблема деградації ґрунтів.

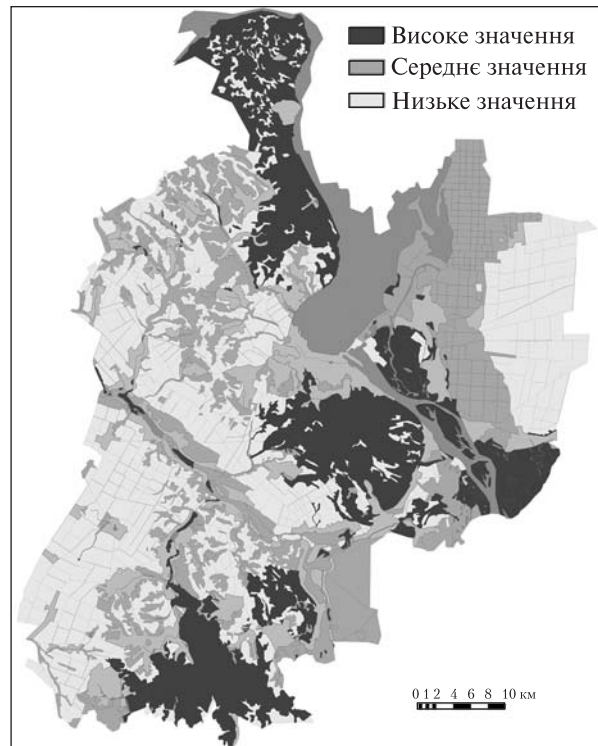
Головним підсумковим документом ландшафтної програми стала інтегральна концепція цілей, у якій представлено основні напрями перспективного природокористування в Черкаській області, що відповідають принципам сталого розвитку. Відповідно до німецьких підходів, проведено функціональне (цільове) зонування модельної території за категоріями: збереження, розвиток, поліпшення. Крім того, наведено рекомендації щодо можливих способів досягнення зазначених цілей (рис. 2).

Паралельно реалізовувалася ще одна важлива складова європейського планувального процесу — партнерство та взаємодія з громадськістю. Встановлено необхідні партнерські зв'язки на національному і регіональному рівнях (міністерства, обласна державна адміністрація, громадські організації, вищі навчальні заклади).

Отже, *ландшафтна програма Черкаської області* на сьогодні є сучасним планувальним документом, що складається з пояснювальної записки та 10 додатків (карти в масштабі 1:200 000). Загальна кількість робочих карт, значну частину яких наведено в тексті, перевищує 50. Розробки узгоджено в цілому з матеріалами територіального планування Черкаської області, і вони є комплексною основою для екологічно виважених управлінських та інвестиційних рішень, розроблення стратегії розвитку області.

Як продовження ландшафтно-планувальних робіт *рамковий ландшафтний план Канівського району*, а також ландшафтна програма Черкаської області є першою в Україні подібною розробкою. Модельний регіон поєднує і унікальні, і типові для області природні та соціально-економічні характеристики. Тут розташовані різні об'єкти природної (Канівський природний заповідник, інші території та об'єкти природно-заповідного фонду) і культурно-історичної (Шевченківський національний заповідник, пам'ятки трипільської культури тощо) спадщини. Разом з тим, є ціла низка проблем, пов'язаних з погіршенням якості навколишнього середовища, конфліктами землекористування, гармонізацією відносин суспільства і природи.

Відповідно, *рамковими цілями* рамкового ландшафтного плану стали: обґрунтування збереження природних екосистем і культурних ландшафтів, розроблення рекомендацій щодо збалансованого використання території, зокрема щодо розвитку екоорієнтованої рекреаційної діяльності. У матеріалах рамкового ландшафтного плану представлено і проаналізовано загальну і покомпонентну інформацію, дані про розвиток суспільства й природи райо-



**Рис. 3.** Канівський район. Значення видів та біотопів для збереження біорізноманіття

ну, а також просторовий «зріз» конфліктів, що виникають у процесі господарського освоєння території; розглянуто проблеми створення біосферного резервату і перспективи їх вирішення. Окремий розділ присвячено галузевим та інтегральним цілям розвитку району. Один із прикладів оцінки компонентів біотопів, що фактично є основою для побудови карти екомережі, наведено на рис. 3.

Порівняно з ландшафтною програмою області на рівні району забезпечено значно вищий ступінь деталізації. Аналіз конфліктів природокористування здійснено за подібним до ландшафтної програми принципом. Відзначимо, що на рівні району вплив незадовільної соціально-економічної ситуації на сприйняття та динаміку проблем природокористування проявляється інтенсивніше. Низький рівень оплати праці, безробіття призводять до формування «вторинності» екологічних питань.

Позитивним чинником є готовність до ведення рекреаційної і туристичної діяльності, її стандартизації, що може сприяти узгодженню природоохоронних та економічних інтересів. Певні ризики пов'язані з функціонуванням застарілих об'єктів інфраструктури — трубопроводів, ліній електропередач. Розширення кордонів Канівського природного заповідника стало потенційним джерелом конфліктів землекористування через незрозуміння цього питання окремими представниками громад.

Інтегральна концепція цілей і заходів для Канівського району значною мірою конкретизує цілі, запропоновані в ландшафтній програмі Черкаської області. Окремо в рамковому ландшафтному плані представлено галузеві цілі для кожного компонента — вод, клімату і атмосфери, ґрунтів, видів рослин і тварин, ландшафтів, а також можливі заходи для досягнення таких цілей. Обґрунтовано п'ять напрямів використання території для управлінської діяльності, в тому числі й заходи для найціннішого ресурсу економічного розвитку — ґрунтів. Рекомендовано підтримати створення на території району Канівського біосферного резервату. Підготовка матеріалів рамкового ландшафтної програми проходила в тісній співпраці з Канівською районною адміністрацією. Рамковий ландшафтний план Канівського району є завершеним планувальним документом, який включає текст пояснювальної записки і графічні додатки (авторські схеми, фотографії та малюнки, карти в базовому масштабі 1:50 000).

Зважаючи на обмеження та проблеми, що виявляються в українських реаліях на локальному рівні, зокрема і брак планувальної документації, *ландшафтний план Степанецької сільської ради* від початку був зорієнтований на охоплення максимальної кількості тематичних і цільових установок. Загальним контекстом, безумовно, залишалася демонстрація моделі збалансованого розвитку громади (на продовження розробок, виконаних для району та області). Серед цілей планування — збереження біорізноманіття та природних екосистем, екологізація сільськогосподарської діяль-

ності, зокрема в рамках концепції «людина і біосфера», підвищення екологічної свідомості. Так само, як і для двох попередніх рівнів, за результатами аналізу було розроблено інтегральну карту конфліктів. Одним із найважливіших тут є питання екологічної регламентації діяльності найбільшого підприємства та інвестора в межах сільради — птахофабрики «Наша Ряба». Основні рекомендації для прийняття рішень містяться в розділі «Інтегральна концепція цілей та заходів» з докладним описом цілей і заходів для окремих ділянок території ради — лісових масивів, лук, агроугідь, водних об'єктів та їх прибережної смуги.

З урахуванням усієї зібраної інформації і досконалих оцінок можна говорити про розроблену *«дорожню карту»* розвитку трьох сіл — Степанці, Степанецьке і Пилява з визначенням цілей і заходів, рекомендованих для їх досягнення, аргументації в переговорах з нинішніми і майбутніми інвесторами. Враховано також концепцію створення Канівського біосферного резервату, частина зони співробітництва якого може включати і територію сільради. Резерват є бажаним для сільради сценарієм, оскільки за певних умов така співпраця сприятиме розвитку екологічного туризму, екологічного землеробства, виробництва органічної продукції під місцевим брендом. Отже, ландшафтний план, що складається з пояснювальної записки і карт у масштабі 1:10 000, є комплексним документом і містить дані та експертні оцінки стану всіх компонентів природного середовища і господарської діяльності в межах сільради, інформацію про реальні та потенційні конфлікти природокористування, галузеві й інтегральні цілі розвитку і заходи для їх досягнення, можливості співпраці з адміністрацією Канівського біосферного резервату в разі його створення.

Такі *модельні розробки* є вкрай важливіми, оскільки дають змогу активно залучати до процесів планування громаду і окремих землекористувачів, що підвищує екологічну свідомість, дозволяє досягти компромісу між бажаним і збалансованим використанням території, відчутти справжню цінність останньої.



Результатом виконання чотирирічного проекту, за методичної підтримки фахівців Берлінського технічного університету, є запровадження європейських підходів до аналізу, оцінки, виявлення конфліктів природокористування та визначення орієнтирів розвитку конкретної території. Адаптовану до українських реалій європейську методику ландшафтного планування апробовано на модельному регіоні, а конкретні результати для трьох рівнів (ландшафтна програма Черкаської області, рамковий ландшафтний план Канівського району і ландшафтний план Степанецької сільської ради) було представлено на інвестиційному форумі Черкаської області, семінарі з питань ландшафтного планування в Україні та передано до відповідних управлінських структур для практичного використання.

Очікуваним результатом робіт з ландшафтного планування в Україні є не лише створення

планів, які відповідали б різним територіальним рівням. Для географів цікава також спроба пошуку конкретних рішень у напрямі сталого просторового розвитку регіону, що передбачає вдосконалення нормативної бази держави. Зокрема, доцільні, на наш погляд, такі кроки, як **інтеграція ландшафтного планування в систему територіального планування**, розроблення й удосконалення механізмів вирішення проблем землекористування та здійснення інших процедур, пов'язаних з охороною, збереженням і відновленням довкілля, у тому числі стратегічного екологічного оцінювання і заходів Національного плану дій.

Фундаментом для цього могло б стати проведення ландшафтно-планувальних робіт на різних рівнях для різних модельних регіонів, у тому числі в рамках проектів з підготовки територіальних планів.

#### REFERENCES

1. Rudenko L.G. (ed.). *Ukraine: the Main Tendencies of the Society and Nature Interaction in the 20th Century (the Geographical Aspect)*. (Kyiv: Akadempriodyka, 2005) (in Ukrainian).  
[Руденко Л.Г., Шевченко Л.М., Горленко І.О. та ін. *Україна: основні тенденції взаємодії суспільства і природи у ХХ ст. (географічний аспект)*. К.: Академперіодика, 2005].
2. Rudenko L.G. (ed.). *Landscape Planning in Ukraine*. (Kyiv: Referat, 2014) (in Ukrainian).  
[Руденко Л.Г., Маруняк Є.О., Голубцов О.Г. та ін. *Ландшафтне планування в Україні* (за ред. Л.Г. Руденка). К.: Реферат, 2014].
3. Auhagen A., Ermer K., Mohrmann R. (Hrsg.). *Landschaftsplanung in der Praxis*. (Stuttgart: Verl. E. Ulmer, 2002).
4. Riedel W., Lange H. (Hrsg.). *Landschaftsplanung*. (Heidelberg, Berlin, New York, 2002).
5. Drozdov A.V. (ed.). *Landscape Planning Textbook*. (Moscow: Gos. tsentr ekol. programm. 2000, 2001) (in Russian).  
[Дроздов А.В. (отв. ред.). *Руководство по ландшафтному планированию*. (М.: Гос. центр экол. программ. 2000, 2001). Т. I. Принципы ландшафтного планирования и концепция его развития в России. Т. II. Методические рекомендации по ландшафтному планированию].
6. Christina von Haaren (Hrsg.). *Landschaftsplanung*. (Stuttgart: UTB, Ulmer, 2004).
7. Heiland S., May A. Landscape Planning in Germany – a Tool for Ecological Problems Forestalling. *Ukrainian Geographical Journal*. 2009. 4: 3–10 (in Russian).  
[Хайланд Ш., Май А. Ландшафтное планирование в Германии – инструмент упреждения экологических проблем территории. *Укр. геогр. журн.* 2009. № 4. С. 3–10].

Стаття надійшла 09.04.2015.

*Л.Г. Руденко, Е.А. Маруняк, А.Г. Голубцов, С.А. Лисовский, В.М. Чехний, Ю.Н. Фарион*

Институт географии Национальной академии наук Украины  
ул. Владимирская, 44, Киев, 01034, Украина

#### ЕВРОПЕЙСКИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ В УКРАИНЕ

Подписание Соглашения об ассоциации с ЕС актуализировало для Украины вопрос об имплементации соответствующих инструментов, политик, директив. Одним из инструментов, применяемых в области пространственного развития и планирования, является ландшафтное планирование. Впервые в Украине этот инструмент апробирован путем создания соответствующей методики и ее применения в модельном регионе — Черкасской области на трех уровнях планирования (область, район, сельсовет).

**Ключевые слова:** ландшафтное планирование, устойчивое развитие, природопользование, ЕС.

*L.G. Rudenko, Eu.O. Marunyak, S.A. Lisovskyi, O.G. Golubtsov, V.M. Chekhniy, Yu.M. Farion*

Institute of Geography of National Academy of Sciences of Ukraine  
44 Volodymyrska St., Kyiv, 01034, Ukraine

#### EUROPEAN INNOVATIVE PROJECTS IN UKRAINE

The signing of the Association Agreement with the EU launches for Ukraine the issue of implementation of appropriate tools, policies, directives. One of the tools applied in the field of spatial development and planning is a landscape planning. For the first time in Ukraine this tool was implemented via creating an appropriate methodology and its application in model region — Cherkasy region on three planning levels (region, district, community).

**Keywords:** landscape planning, sustainable development, nature use, EU.



## РАДЧЕНКО

**Анна Ігорівна** —

кандидат геологічних наук,  
заступник директора з питань  
наукової та видавничої  
діяльності Видавничого дому  
«Академперіодика»  
НАН України

## НАУКОВА ПЕРІОДИКА: ТРАДИЦІЇ ТА ІННОВАЦІЇ V Науково-практична конференція

*28 травня 2015 року відбулася V Науково-практична конференція «Наукова періодика: традиції та інновації», організована Видавничим домом «Академперіодика» НАН України.*

28 травня 2015 р. в Києві відбулася V Науково-практична конференція «Наукова періодика: традиції та інновації», організована Видавничим домом «Академперіодика» НАН України. Цього року в конференції, приуроченій до 20-річного ювілею ВД «Академперіодика» НАН України, взяли участь понад сто осіб — фахівці видавничої справи, представники редакційних колегій академічних наукових журналів, працівники редакцій та видавничих підрозділів наукових установ. Учасників конференції уже вдруге гостинно приймала Головна астрономічна обсерваторія НАН України.

Урочисту частину конференції привітанням від Національної академії наук України, Президії НАН України та її президента академіка Б.Є. Патона розпочав віце-президент НАН України академік НАН України А.Г. Наумовець. У вітальному слові було, зокрема, зазначено, що «...здобутки Видавничого дому за цей невеликий проміжок часу вагомі. Окрім щорічної програми підтримки журналів НАН України та академічних видавничих книжкових проєктів, видавництву доручено й виконання особливих видань, зокрема української наукової книги іноземною мовою та наукових перекладів. Ювілейні двомовні видання про видатних учених також є важливим здобутком «Академперіодики».

У структурі видавництва працюють редакції загальноакадемічних журналів, виконується великий обсяг науково-методичної роботи, спрямованої на осучаснення наукової періодики, впровадження у практику видавничої діяльності актуальних напрацювань.

Видання «Академперіодики» мають не тільки наукове значення, а й вирізняються художнім оформленням. Свідченням високої якості продукції є нагороди і відзнаки, що їх одержують



Віце-президент НАН України академік А.Г. Наумо-  
вель і голова Науково-видавничої ради НАН України  
академік Я.С. Яцків вручають нагороди працівникам  
ВД «Академперіодика»

*книжкові видання Видавничого дому на все-  
українських та міжнародних конкурсах і ви-  
ставках».*

Після виголошення привітання академік НАН України А.Г. Наумопель вручив відзнаку Національної академії наук України «За сприяння розвитку науки» директорові ВД «Академперіодика» НАН України О.Г. Вакаренко та почесні грамоти Президії НАН України та ЦК профспілки НАН України працівникам Видавничого дому: головному технологу І.С. Семеренко, головному художнику Є.О. Ільницькому та заступнику головного редактора журналу «Вісник Національної академії наук України» О.О. Мележик.

З вітальним словом до колективу ВД «Академперіодика» НАН України звернувся голова Науково-видавничої ради НАН України академік НАН України Я.С. Яцків, наголосивши на важливості й актуальності наукових досліджень, а також на значущості методичної та консультативної роботи, яку проводить Видавничий дім як базова організація Науково-видавничої ради.

На думку академіка НАН України В.М. Локтева, на особливу повагу заслуговує професійність, високий рівень, якість продукції, коректність і оперативність роботи ВД «Академперіодика» НАН України, дбайливе і водночас вимогливе ставлення до авторів. Важливо також те, що, випускаючи великий обсяг різноманітної наукової видавничої продукції — майже 50 назв періодичних видань і понад 30 назв книг щороку, «Академперіодика» має власне обличчя, впізнаваний стиль і впевнено впроваджує високі стандарти підготовки та випуску наукової літератури.

Вітальну промову виголосив також член Комітету з питань науки і культури при Президії НАН України, професор Віденського медичного університету І.І. Гук, відзначивши як основні риси колективу ВД «Академперіодика» НАН України креативність та відповідальність за виконувану роботу, що дозволяє випускати продукцію найвищого ґатунку.

Найкращим науковим видавництвом країни назвав ВД «Академперіодика» НАН України

генеральний директор Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського член-кореспондент НАН України В.І. Попик. Спираючись на позитивний досвід кількарічної співпраці у виконанні надзвичайно складних видань, останнє з яких — «Мідні гравірувальні дошки українських друкарень XVII—XIX ст. у фондах Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського» вже здобуло схвальні відгуки фахівців з книгознавства і книговидання, він висловив сподівання щодо продовження випуску суспільно значущих видань.

На початку 1990-х років у організації друкарні, що згодом і стала Видавничим домом «Академперіодика», разом із першим директором установи Л.Ф. Куртенком брав активну участь В.О. Харченко, тепер — заступник директора Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України. Згадавши ті складні для держави та Академії часи, він висловив сподівання, що незабаром ВД «Академперіодика» НАН України матиме такі виробничі потужності, щоб виготовляти на рівні світових стандартів усі академічні наукові журнали.

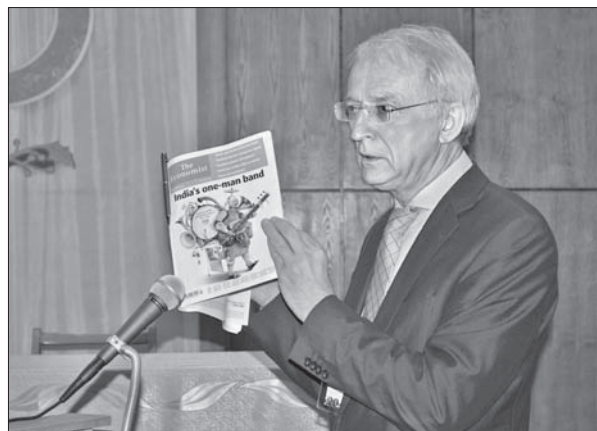
Під час конференції відбулася прем'єра документального фільму «Там, де мудрість усіх наук», присвяченого багаторічній різноаспектній діяльності ВД «Академперіодика» НАН України, його успіхам і здобуткам, наріжним питанням організації поліграфічної, видавничої та науково-методичної діяльності, основним завданням і перспективам.

Також було розгорнуто експозицію, що знайомила учасників конференції з книгами і періодичними виданнями, підготовленими і випущеними ВД «Академперіодика» НАН України. Традиційно для учасників конференції було видано збірник науково-виробничих матеріалів, покликаних допомогти у підвищенні рівня підготовки наукових видань. Цього року це були «Методичні рекомендації щодо підготовки рукописів для подання до видавництва».

Наукову частину конференції було відкрито двома майстер-класами. Перший — «Оформлення пристатейних списків літератури. Використання reference-manager» — на замовлення ВД «Академперіодика» НАН України



Виступ академіка НАН України В.М. Локтева



Виступ професора Віденського медичного університету І.І. Гука



Виступ члена-кореспондента НАН України В.І. Попика

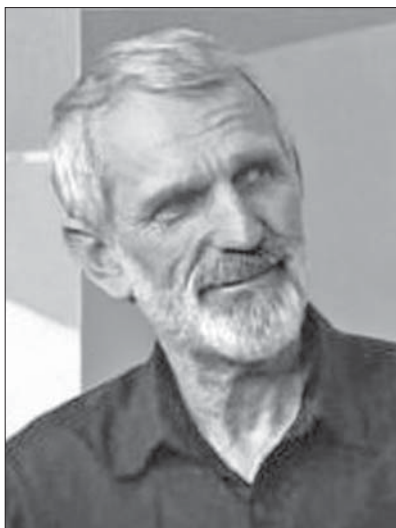
підготувала і провела канд. біол. наук, ст. наук. співробітник Інституту молекулярної біології і генетики НАН України І.О. Тихонкова, другий — «Методика створення PDF-файлів для подальшої додрукарської підготовки» — організували співробітники ВД «Академперіодика» НАН України О.В. Туровський та С.В. Кубарев.

У наукових доповідях було висвітлено питання щодо критеріїв міжнародних наукометричних баз даних, охорони авторського права при комерційному розповсюдженні або вільному доступі в мережі Інтернет, проблеми плагіату, необхідності внесення змін до вимог до періодичних фахових видань, розвитку сучасних технологій організації доступу до наукової періодики, впровадження та функціонування системи універсальних цифрових ідентифікаторів об'єктів DOI, публікаційної активності вітчизняних науковців у базі даних Scopus тощо. Матеріали конференції планується опублікувати у черговому випуску загальноакаде-

мічної книжкової серії «Наука України у світовому інформаційному просторі».

Усі важливі аспекти розвитку наукової періодики, актуальні питання забезпечення доступу користувачів до результатів роботи академічних установ, просування вітчизняного наукового доробку, гідне представлення його у світовому інформаційному просторі, практичні кроки, спрямовані на підвищення рівня, якості та видимості української наукової літератури, питання збереження найкращих видавничих традицій та впровадження новітніх технологій знайшли відображення у резолюції конференції. Зокрема, учасники форуму рекомендували *«...підготувати офіційне клопотання до МОН України щодо внесення змін до вимог до періодичних фахових видань, у тому числі в частині оформлення пристатейних списків літератури»*. Організатори конференції сподіваються, що ухвалені пункти резолюції стануть основою для подальшої роботи фахівців і темами обговорення наступних конференцій.

# НАУКОМЕТРІЯ І ВИДАВНИЧА СПРАВА



## ПАЩЕНКО

**Володимир Михайлович** — доктор географічних наук, професор, головний редактор «Київського географічного щорічника» Київського відділу Українського географічного товариства

## ТЕРМІНОЛОГІЧНІ ВІДМІННОСТІ ОБ'ЄКТНО-СУТНІСНОЇ ТА ПРЕДМЕТНО-ЗНАННЄВОЇ ВЕРБАЛЬНИХ НАУКОВИХ СУБМОВ

*Наукові й освітні тексти, незалежно від їхньої етномовної належності, містять схожі понятійно-термінологічні вади викладу — змістові помилки розвитку й жаргону. Потрібні наукознавчі обґрунтування виправлень термінів відповідно до сутності об'єктів (пізнаних реалій) і предметів розгляду (напрацьованих знань) і закономірних відмінностей об'єктно-сутнісної та предметно-знаннєвої вербальних наукових субмов. Семантичне, змістове виправлення текстів за відмінностями обох вербальних субмов є черговим науковим наближенням до істини.*

У вербальній мові навчально-освітніх і наукових видань, державних і ділових документів часто трапляються змістові вади викладу, непідконтрольні філологам-мовознавцям і фахівцям конкретних наук. Звичайно то суперечності між об'єктним (сутнісним) і предметним (знаннєвим) змістом, залежно від контексту викладу, і між значенням використаних термінів. Означення і виправлення тих вад залишаються поза роздільною здатністю філологічно-мовознавчих і конкретно-наукових обґрунтувань. Там потрібні інші обґрунтування — загальнонаукові атрибутивно-наукознавчі. Ця проблема має наскрізне поширення — наукове, освітнє (на всіх рівнях), прикладне і навіть державницьке, бо сягає законодавства. Її вирішення — всебічно актуальне.

Дослідження і публікації філологів-термінознавців [1] і фахівців конкретних наук, крім праць автора [2], досі не мали згадок цієї проблеми й конструктивних кроків до її вирішення. Нема визнання масштабності виявленого автором: його публікацію вміщують поряд із розглядом «Трансакція чи транзакція?» (Львів, 2012) або відхиляють через уже здійснені автором публікації (Інститут української мови НАНУ, 2015). Фахові напрацювання авторитетних наукознавців у світі і в НАН України традиційно [3] стосуються загального, історичного й метричного наукознавства, тому наявності цієї атрибутивно-наукознавчої проблеми не засвідчують.

Мета цієї публікації — розкриття відмінностей між об'єктно-сутнісною та предметно-знаннєвою вербальними науковими субмовами, відповідне виправлення наукових термінів і корекція понять. Завдання статті — встановлення суперечностей між науковим змістом і науковими термінами та наукознавче обґрунтування двох шляхів подолання тих суперечностей, двох вербальних наукових субмов — сутнісної і знаннєвої.

**Реальність двох вербальних наукових субмов.** Сучасні наукознавчі напрацювання мають досить розвинені диференційовані положення про об'єкти і предмети наук, але вони досі не мали поширення на множини відповідних їм наукових терміносполук і змісти наукових текстів. Логіка ж атрибутивного наукознавства дає вихід на дві різні вербальні наукові субмови. Якби філологи-термінознавці та фахові академічні наукознавці вдавалися до атрибутивно-наукознавчих аргументів для виправлення наукових та освітніх понять і термінів, змістів і текстів, то критиковані тут термінологічні реалії були б інші в Україні і в світі. Автор виявив і реалізував цей наукознавчий вихід — і вдячно прийняв уточнення професора К.М. Тищенка: тут має йтися саме про вербальні наукові *субмови*. Їх відмінності як субмов автор простежив кількаскладово [2]: в означеннях і супутніх змістових конструкціях щодо різних сутностей; у описах суб'єктів; у присудковості; у рефлексії. Наприклад, сутності *розвиваються* (самі), а знання — *розвивають*.

Отже, орфографічно й синтаксично правильні навчально-освітні, наукові, практично-ділові, юридично-законодавчі тексти часто містять характерні змістово помилкові терміносполучення. Вони непадконтрольні фахівцям-науковцям і термінознавцям і не залежать від того, мовою якого етносу написані тексти. Такі помилки сягають державних документів України, як Закон України 2004 року про *екологічну* мережу: вона науково забезпечена, але не наукова, — не *екологічна*; її утворюють об'єкти природи, місця зростання, прихистку і годівлі біоти певних видів, а не знання про об'єкти —

предмети науки; вона *екосередовищна*, або просто *екомережа* (грец. οίκος — оселя). Допущена помилка — сутнісна: через хибний термін вона сягає змісту закону, а екологам і термінознавцям не помітна. Такі змістові виправлення термінів обґрунтовує атрибутивне наукознавство, а не правопис української чи іншої етнічної мови — через відмінності об'єктних сутнісних і предметних знаннєвих за своїм змістом висловів, належних різним вербальним науковим субмовам.

Ідеться про об'єктну вербальну наукову субмову (вона відображає сутності реалій світу, які існують незалежно від людини) і предметну вербальну наукову субмову (присвячена системам знань і пізнань, дослідницькій та освітній інформації, яку формує науковець чи освітянин).

Про поширення і рівень помилковості у наукових термінах і текстах свідчать напрацювання найтитолованіших авторів «Національного атласу України» [4]. Приклади таких помилок, і природничих, і суспільствознавчих, подає таблиця.

**Інвентаризація складних змістових помилок.** Змістово неправильні означення сутностей поширені в науці й на всіх рівнях освіти. Згаданий Атлас, виданий у 2009-му 2007-м роком, має хибні терміни, належні різним галузям знань. Там головні наукові некоректності такі: неправильні означення об'єктних сутностей і понять як предметних, тобто знаннєвих (позиції 2, 6—19); помилкові означення знаннєвих — предметних і пізнавально-дослідницьких (методичних і методологічних) понять і сутностей — як об'єктних (позиція 1); випадкові кривоозначення об'єктних понять (позиції 3—5 — давні архаїзми); означення станів і критеріїв суб'єктного змісту не визначальними параметрами і якістьми взірців-суб'єктів, а похідними від назв наук (позиції 20—22). До слова, в НАН України погодилися внести виправлення в Атлас при його перевиданні; про це повідомили автора листом за підписом президента НАН України академіка Б.Є. Патона.

Виправлення термінів можуть бути різними, відмінними від запропонованих, голо-



вне — щоб вони були належно коректними, об'єктивними або предметними.

Практично йдеться про виправлення **жаргонних хибних терміносполучень**. Це упізнані фахівцями, але семантично неправильні мовні штампи, які нібито описують реалії буття, а якщо вдуматись у наповнення їх, — є беззмістовними і псевдонауковими. Це нелогічні, навіть безглузді поєднання слів: *демографічна ситуація — демопопуляційна: баланс різновікових осіб у народі*, а не в знаннях демографії; наука те лише фіксує. Хибні терміни стають науковим жаргоном.

У різних етнічних мовах світу теж трапляються жаргонні штампи вербальної науко-

вої мови, нам чужомовні. Це засвідчує досвід створення тримовного «Національного атласу України»: використання найпрогресивніших і найпередовіших напрацювань учених і видавців світу не забезпечило від численних помилкових термінів, паралельно відтворених в українськомовних, російськомовних та англомовних заголовках. Але й питомі чужомовні видання допускають те ж: **біотичне** різноманіття живого означають як *біологічне* — *biological diversity* тощо.

**Головні суперечності в розвитку наукових та освітніх знань** такі:

- між змістом наукового знання, що постійно розвивається, і його поняттєвим забезпе-

**Наукознавчі виправлення заголовків «Національного атласу України»**

№	Сторінки Атласу	Вжиті означення	Виправлені означення
1	103	<i>Сейсмічне</i> районування	<b>Сейсмологічне</b> районування
2	105–122, 148	<i>Геологічна</i> будова	Будова <b>надр</b>
3	108–111	<i>Дочетвертинний</i> зріз (архаїзм)*	<b>Доантропогенний</b> зріз
4	114	<i>Четвертинні</i> відклади (архаїзм)*	<b>Антропогенні</b> відклади
5	116	Потужність <i>четвертинних</i> * відкладів	Потужність <b>антропогенних</b> відкладів
6	117	<i>Палеогеоморфологічні</i> умови	<b>Умови формування давнього рельєфу</b>
7	137–146	<i>Гідрогеологічні</i> умови та ресурси	<b>Гідрогеоматичні</b> умови та ресурси
8	147–154	<i>Інженерно-геологічні</i> умови	<b>Інженерно-геоматичні</b> умови
9	148	<i>Гідрогеологічні</i> умови	<b>Гідрогеоматичні</b> умови
10	148	<i>Гідрологічний</i> режим водоймищ та водотоків	<b>Режим станив</b> водоймищ і водотоків
11	152	...екзогенні <i>геологічні</i> процеси	...екзогенні <b>геоматичні</b> процеси
12	153	<i>Спелеологічні</i> області	Області <b>поширення карстових печер</b>
13	158–161	<i>Геоморфологічна</i> будова	Будова <b>рельєфу поверхні Землі</b>
14	220	<i>Фізико-географічні</i> країни, ...краї, області, райони	<b>Ландшафтні (природні)</b> країни, краї, області, райони
15	237	<i>Гідрологічні</i> умови	Гідрологічні <b>характеристики</b>
16	240	<i>Біологічні</i> ресурси	<b>Біотичні</b> ресурси
17	240	<i>Вилів</i> ... промислових <i>видів</i> риб	<b>Вилів риб</b> ...промислових видів
18	278	<i>Демографічний</i> розвиток	<b>Демопопуляційний</b> розвиток
19	286	<i>Демографічне</i> навантаження на населення працездатного віку	<b>Соціальне</b> навантаження на населення працездатного віку
20	405–406	<i>Екологічний</i> стан ...середовища	<b>Екостани</b> ...середовища (ці стани <i>екічні</i> — належні <i>ойкосу</i> , дому-оточенню людини)
21	407–423	<i>Екологічний</i> стан компонентів природи	<b>Екостани</b> компонентів природи
22	424	<i>Інженерно-геологічний</i> ризик ...освоєння території	Інженерно-геологічні <b>характеристики</b> ризиків ...освоєння території

\* У міжнародній науковій практиці вживання терміна *quarter* вважається унормованим.

ченням, яке часто відстає від розвитку наукового змісту;

- між рівнем пізнавальних спромог науки й інерційнішими запитами соціуму;
- між потенційним рівнем розвитку науки й особними спроможностями вчених;
- між змістовим наповненням оновлених і збагачених наукових понять та інерційнішими у змінах термінами, що не завжди відповідають збагаченому змісту понять та є належною для того змісту вербальною формою.

Історія різних наук має багато закономірних усталень, поновлень і знімачь суперечностей, які спричиняли розвиток і термінології, і науки в цілому.

**Знімають ці суперечності** науковці, передаючи новий чи успадкований науковий зміст коректними висловами. У свій час проблему наукових формулювань, виправлення і точності наукових термінів і змістів долали філософи Лейбніц і Гельвецій, хімік Лавуазьє, математик Пуанкаре. Кілька праць має автор, наприклад [2].

**Особистий вибір науковців.** Опрацювання і зняття суперечностей науки — справа творчих дослідників. І завжди існував спротив прихильників усталеного, звичного в науці, хоч і хибного, що суперечить напрацюванню та утвердженню у пошуку нового, прогресивного в науці, генеруванню і впровадженню нових достовірних знань. Це також гальмує розвиток дослідницьких ідей і продуктивний поступ науки разом з її освітнім і прикладним суспільним утіленням.

Десятиліття авторових зусиль показали: мало хто готовий визнати виявлені помилкові терміни і прийняти слушні пропоновані виправлення. А стосуються вони різнотипних терміносполучень: *земельний кадастр — кадастр земель*; *земельні відносини — відносини у сфері землекористування*; *ландшафтна карта, ґрунтова карта — карта ландшафтів*, *карта ґрунтів*; *ландшафтна чи кліматична конференція — конференції ландшафтознавча, кліматологічна*; *біологічні батьки — рідні, кровні батьки*; *біологічна зброя — біотична зброя*; *біологічні ресурси — біотичні*; *кардіологія (у лікарні) — лікування серця*.

Замість ігнорувати потребу обґрунтованого передання наукового та освітнього змісту адекватними термінами варто усвідомити слушність атрибутивно-наукознавчо аргументованих виправлень. Це системні наближення до істини. Впроваджені в Україні, вони можуть стати дієвими й корисними в усьому світі.

**Атрибутивно-наукознавчі обґрунтування виправлень термінів.** Основні атрибути науки наукознавці вирізняють діалектично, за відповідністю їх головним науково-атрибутивним змістам — аспектам діалектики як теорії пізнання.

**Об'єктам**, пізнаваним реаліям, незалежним від науковця, відповідає **онтологічний, сутнісний** аспект діалектики (грец. *ontos* — суще, *logos* — вчення). Сутності об'єктів, попри пізнаваність, не залежать від людей і їхніх знань. Хибно означувати їх за назвами їхніх наук. Коректні назви-означення об'єктів — сутісно-об'єктивні: *природний процес, аграрний ландшафт, сакральна пам'ять*.

**Предметам**, тобто *знанням* про об'єкти й інші атрибути дослідження, відповідає **гносеологічний, пізнавальний** аспект (грец. *gnosis* — пізнання + вчення).

Відповідно до ідеалізованої пізнанням чи власне знанневої сутності предметів, вербальні означення їхні теж повинні бути знанневими — похідними від назв наук, методів і дослідницьких підходів. Об'єктно-сутнісні означення їх (*ландшафтні звіти, конференції, публікації; ґрунтові карти*) — хибні. Ті праці, зібрання і форуми, їхні результати, як і засоби, — всі *ландшафтознавчі*; *карти — ґрунтознавчі*, або *ґрунтів*; *гіпотези — геореологічні*; *відкриття — біологічні*.

**Методології** як стратегії і **методам** як засобам тактики дослідження відповідає **методологічний** аспект (грец. *metodos* — спосіб пізнання + вчення).

Сутність методології та методів — знаннева. Означення методологічних і методичних атрибутів науки, методів і підходів, як і предметів, мають бути похідними від назв наук. У ґрунтознавстві засоби наукових досліджень не *ґрунтові*, а *ґрунтознавчі*; у кліматології — не

кліматичні, а *кліматологічні*; в географії — не *ландшафтні*, а *ландшафтознавчі*; у аграріїв — не *земельні*, а *агротехнічні*.

**Суб'єкти** науки, їх роль і зміст визначені потребою **взаємодії та дієвих реалізацій** атрибутів науки. Понять про суб'єкти науки два. Це *вчені-дослідники* як суб'єкти науково-пізнавального процесу — і суб'єкти як *носії критеріїв*, певних взірцевих якостей при різних цільових оцінювальних дослідженнях.

**Суб'єкти-науковці** мають знанняві означення за своїм науковим пізнанням. Вербальні означення їх належать предметній науковій субмові: ландшафти вивчає не *ландшафтний* дослідник, а *географ-ландшафтознавець*, ґрунти вивчає не *ґрунтовий* фахівець, а *ґрунтознавець*, погоду фіксує *кліматолог-метеоролог*.

**Суб'єкти як носії критеріїв** вивчення, певних оцінювань якості реалій, слугують вивченню станів і змін об'єктів, і рефлексивних теж. Суб'єкти як носії оцінок-критеріїв властиві міждисциплінарно-екологічним і нормувально-критеріальним студіям. Сутність суб'єктів такого змісту переважно матеріальна, еталонна, порівняльно-нормативна. Її вербальне означення має бути й науковим, як обґрунтування, і сутнісно-критеріальним щодо еталону, і суб'єктно-адресним щодо призначень: бюветна питна вода, *екологічно безпечна для людини*; наявність раків — *еколого-біотичний критерій санітарної чистоти* рік і ставків; коректність сутнісної та знанневої вербальних наукових субмов — *наукознавчо-рефлексивний критерій* якості наукового дослідження та освітніх матеріалів.

Наука має ще багато інших атрибутів, не головних, і зміст знань про них — об'єктний, предметний, методологічний — належить тій чи іншій вербальній науковій субмові. Суб'єктний критеріальний зміст належить обом цим субмовам.

**Об'єктна вербальна наукова субмова** у прикметникових означеннях сутностей не повинна мати похідних від назв наук із коренями *-лог-*, *-граф-*, *-зна-*: *процеси надр*, а не *геологічні* процеси; середовище *природне, змінене*

*людиною*, а не *географічне*; засоби боротьби зі шкідниками, різноманіття, вік особини, ресурси, процеси у живій природі — всі *біотичні*, а не *біологічні*.

Головні об'єктні сутності наук — *біотичні* (не *біологічні*) в біології, *біото-геоматичні, геоматичні, соціально-економічні* в науках про Землю і суспільство.

І лише в атрибутивних означеннях, як об'єкти наукового вивчення, — то *біологічні, географічні, соціологічні, геологічні* об'єкти — належні тим наукам.

**Субмова для об'єктів** — сутнісна, для класифікацій об'єктів — **знаннева**. Систематизовані й класифіковані об'єктні реалії, незалежно від їхньої природи і сутності (гриби, рослини, тварини, мінерали), некоректно ототожнювати з їхніми класифікаційними виділами — видами, родами, класами.

У заповідниках охороняють не рідкісні *види* біоти, а *біоту* — *гриби, рослини й тварин* рідкісних видів. Риболовецькі судна ловлять у морі не промислові *види* риб, а *рибу* тих видів (реалії, а не знання про їхні класифікаційні угруповання). У людському довкіллі долають *забруднення* різних видів, обмежують *обсяги викидів*, а не *види* їх. Правоохоронці усувають не *види* правопорушень, а *правопорушення* різних видів. Кадастр земель фіксує площі різного використання не *в окремих категоріях* земель, а *в межах земель* окремих категорій.

Систематизаційні єдності й категорії об'єктів — це лише назви у графах класифікаційних таблиць. Ні назви, ні графи з тих таблиць не є об'єктами охорони в заповідниках, їх не ловлять у морі, з ними не борються в суспільстві, в них не висаджують сади і виноградники. То лише канва для цифр у звітах.

**Об'єктні наукові означення сутностей.** Виправлення означень об'єктних наукових понять потрібні всім наукам, у яких поширена практика хибних означень їхніх об'єктів за назвами наук: земляни покращують не *екологію*, а *екосередовища* свого життя; не *географічний* цикл розвитку рельєфу, а *пенепленний* цикл; не *фізико-географічний* процес, а *ландшафтний, природний* процес чи процес взаємодії

природних і змінених чинників і компонентів; у нашій планеті оболонка не *географічна*, а *ландшафтна, земна*; не *географічна* зона, а *ландшафтна*, або *природна* зона; не *географічний* ландшафт, а *природний, антропогенізований (антропогенно змінений)* чи перетворений *техногенний* ландшафт; не *геологічна* й *географічна* форми руху земної матерії, а *геоматична* й *ландшафтна* форми руху матерії. Хибними є сутнісні об'єктні терміносполуки: *суспільно-географічний* комплекс, процес, *соціально-географічний* процес. Реальні об'єктні комплекси й процеси належать Землі і суспільству, за своєю сутністю вони можуть бути *природними, територіальними, геопросторовими, економічними, виробничими*, — але не *географічними*. Процеси і «вибухи» в населенні Землі та окремих країн не *демографічні, а демопопуляційні*.

**Об'єктні означення в освітянських текстах.** Частина понять, означених змістово неправильними термінами, поширена в освітянських дисциплінах вищої та середньої школи. У «Програмах для середньої загальноосвітньої школи» з географії [5] хибних термінів об'єктної групи кілька. Всі вони вже перекочували в новіші шкільні програми й підручники — разом із вимогою володіти знаннями про об'єкти й предмети дисциплін. Але ними не володіють навіть автори програм і підручників, а не тільки вчителі та старшокласники.

Неправильні означення об'єктних понять, утворені за назвою науки, а не за сутністю означуваних реалій, у тих шкільних програмах такі: *географічне* положення, *фізико-географічне* положення — ті положення *геопросторові*; *географічні* пояси, *географічні* закономірності (Землі) — це *кліматичні (теплові)* пояси, *планетарні* закономірності Землі; *географічний* простір — це *геопростір* (цей простір — *земний*, а не науковий); *географічні* явища природи — це *земні, ландшафтні* явища природи; *біологічні* явища природи — це *біотичні* явища природи; *геоморфологічні, гідрологічні* процеси — це процеси *рельєфоутворення, формування поверхневого й підземного стоку*; *кліматологічні* фронти й *метеорологічні*

елементи — повітряні *атмосферні* фронти й *метеоеlementи*; *геологічний* розвиток території — *розвиток надр* території; несприятливі *фізико-географічні* процеси — несприятливі *природні* процеси. Таких хибних означень на розворотах сучасних шкільних і вишівських підручників — числом до десяти.

**Об'єктні означення у працях державних академій наук.** Неправильні означення об'єктних сутностей мають місце в працях практично всіх установ Національної академії наук України і галузевих державних академій наук.

**З'ясування громадської думки** — не *соціологія*: то *опитування* громадян.

У виданнях Української аграрної академії наук звичні означення об'єктів за назвами наук: *екологічні* умови вегетації — *екосередовищні* умови; *біологічний* азот бобових культур — *біотичний* азот; *біологічна* цінність корму — *поживна* цінність; *фізіологічна* потреба в білках — *життєва* потреба; закони — *природи: живої природи*, а не *біології*, і *природи надр*, а не *геології*; але є закономірності розвитку наук, усіх відразу, а не котроїсь окремої; сади та ягідники вирощують не в усіх *категоріях* господарств, а в *господарствах* усіх категорій; у суспільстві формуються не *земельні* відносини, а відносини *у сфері землекористування*; *земельними* ж є ділянка, рента, володіння. Це науково коректні означення об'єктних реалій аграрної сфери.

У виданнях Академії медичних наук хибні такі об'єктні означення: *фізіологічний* розчин — то *фізіорозчин, фізрозчин* (грец. *φύσις* — природа); *фармакологічна* ефективність препарату — *лікувальна* ефективність; *антибактеріологічний* захист — *антибактеріальний* захист; *біологічне* очищення — *біотичне* очищення; *стоматологія* (лікарня) — *лікування і протезування зубів*; *онкологія* (хвороба) — *онкохвороба*. Медики долають не *всі види болю*, а *болі всіх видів*.

**Предметна вербальна наукова субмова** передає знаннєві сутності, співвідносні з пізнавальними предметами (відображеннями у знаннях об'єктів вивчення) і з методологією та методами. Означення, належні предметній вербальній науковій субмові, характеризують

іще суб'єктно-дослідницький атрибут і частково (разом із об'єктною субмовою) — атрибут суб'єктно-критеріальний.

Предметна наукова субмова повинна мати означення, похідні від назв галузей знання з коренями **-зна-, -граф-, -лог-** (**соціологічне опитування**), а не похідні від означень досліджуваних об'єктів (*лісова* таксація). Коректними є іменникові поєднання: знаннева сутність + іменник, об'єкт, який описують знання чи критерії: **таксація лісів, коефіцієнт зволоження, індекс цитування**.

**Виправлення предметної субмови:** карти ґрунтознавчі, або ґрунтів, а не *ґрунтові*; карти ландшафтознавчі, або ландшафтів, а не *ландшафтні*; метод картографування, не *картування*; конференція кліматологічна, не *кліматична*. Але критерій чистоти довілля не еколого-біологічний, а поєднаний: **еколого-біотичний**.

Наука у світі єдина, вона не може мати регіональних чи національних означень (то хуторянство): **біологія в Україні**, а не *українська біологія*; але **українські біологи**.

Вищі навчальні заклади — знань-предметів, а не об'єктів: університети не *права* (в НАН України), а **правознавства** чи **юридичний**, не *біоресурсів* (НУБіП України), а **біоресурсознавства**; факультет не *біолого-почвенний* (МГУ, Москва), а **біолого-почвоведческий**.

Географічне знання про суспільство, його дослідницьке пізнання чи навчальний розгляд називають **суспільно-географічним**. Але очевидно, що коректніше такі знання, предмети й дисципліни називати **суспільствознавчо-географічними**.

**Біологічними, географічними, геологічними** є методи дослідження і знання, сутності пізнавально-предметні, науково-пізнавальні, сформовані науковцями.

Метод і підхід — **ландшафтознавчий**, а не *ландшафтний*; аналіз не *ґрунтовий* — **ґрунтознавчий**, не *соціальний*, а **соціологічний**. Методи, засоби вивчення за своєю пізнавальною знанневою сутністю належать науці, а не земній природі чи соціуму.

В аграрних науках хиби предметної вербальної субмови такі: не *земельний* кадастр (це

знанневий, інвентаризаційний реєстр земель), а кадастр **земель**; не *кадастр* як процес, а **кадастрування**; не *земельний* кодекс (господарських і державних рішень, юридичних положень), а кодекс **землекористування**.

У лукивництві: не *лугова* таксація, а **лукивничка**, або таксація **луків**.

У медичних науках вживають жаргонні предметні вислови *кардіологія* замість **терапія серця**, *стоматологія* — замість **стоматологічна** клініка, **стоматологічний** кабінет. Ці вислови двозначні, як *онкологія*: в об'єктному значенні — **онкозахворювання**, у предметному — **онкологічний** інститут.

**Предметній знанневій субмові належить частина суб'єктних науково-освітніх понять і термінів**, про що йшлося. Вони створюють особливі ускладнення у їхніх змістових уточненнях і виправленнях. Зокрема, суб'єкт-фахівець із **суспільствознавчої** географії — **соціо-географ**, а не *суспільний* географ.

**Суб'єктний зміст знань-критеріїв оцінювань** належить обом вербальним науковим субмовам: в означеннях оцінок якості станів — предметній знанневій (екологічні оцінки), а в означеннях сутності суб'єктів-критеріїв — також об'єктній сутнісній субмові: **екологічно сертифікована питна вода**.

**Висновки й перспективи подальших пошуків із зазначеної проблеми.** Попри солідність профільних установ і важливість фахових напрацювань термінознавців і наукознавців є широкий спектр змістових помилок і хибних терміносполучень, які неможливо виявити у традиційних наукових дослідженнях, філологічно-термінознавчих і наукознавчих.

Такий стан реалій міняє залучення атрибутивно-наукознавчих положень про функціонально відмінні сутності головних складників науки — її атрибутів: об'єктів, предметів, методологій і методів, суб'єктів-дослідників і суб'єктів-критеріїв. Їм відповідають закономірні змістово-термінологічні розрізнення двох вербальних наукових субмов, які коректно передають усі змісти науково-освітніх текстів.

Виправлення помилок у термінах і змістових викладах об'єктної (сутнісної) та предмет-

ної (знаннєвої) вербальних наукових субмов є актуальним для найширших наукових і різнорівневих освітніх реалій різних етномовних середовищ. За змістом пропонувані виправлення — інваріантні щодо різних наук, освітніх дисциплін і мов різних етносів: української, російської, англійської тощо. За своїми змістово вмотивованими використаннями правильні об'єктні (сутнісні) та предметні (знаннєві) означення потребують формування відмінних між собою семантичних конструктів, зокрема у присудковості і в конкретно-науковій рефлексії. Всі відмінності разом, починаючи з принципово відмінних означень, підтверджують реальність розрізнення двох вербальних наукових субмов як таких.

Сьогодні дарує нагоду підтримати і поновому розвинути багатотомову просвітницьку традицію України. Це можливість реалізувати наявні інтелектуальні ресурси українців, утверджуючи і пропагуючи в усьому світі вер-

бальні форми достовірного й змістово точного, наукознавчо обґрунтованого знання різних наук та освітніх дисциплін. Це об'єктивні реалії чергового дослідницького наближення у знаннях до наукової істини.

У державних структурах України, в її наукових установах та освітніх закладах, у видавництвах наукової, навчальної, педагогічної літератури та в засобах масової інформації потрібні належні зміни негативної офіційної мовної практики, байдужої до жаргонів і складних змістових помилок у текстах.

Для молоді суверенної України, яка прагне дієвих реформ і змушена відстоювати свою цілісність у неоголошеній війні з сусідом, імперським агресором, актуальним є позачасовий вислів Конфуція: **«Реформування держави треба починати з виправлення означень. Неправильні означення — непевні завдання. Нечіткі завдання — невиконані справи».**

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Проблеми української термінології*: матер. XI Міжнар. наук. конф. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010.
2. Пашенко В.М. *Наукознавчі обґрунтування змістових виправлень текстів*. К.: КВ УГТ, 2015.
3. Добров Г.М. *Наука о науке*. К.: Наук. думка, 1989.
4. *Національний атлас України*. К.: Картографія, 2007.
5. *Програми для середньої загальноосвітньої школи*. Географія. 5—10 класи. Основи економічних знань. 11 клас. К.: Перун, 1996.

## СТЕПОВИК

Дмитро Власович —  
доктор богословських наук,  
доктор філософських наук,  
доктор мистецтвознавства,  
професор, академік Академії наук  
вищої школи України

## ТАЄМНИЧИЙ СВІТ ДАВНЬОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ГРАВЮРИ

Рецензія на книгу «Мідні гравірувальні дошки  
українських друкарень XVII—XIX століть  
у фондах Національної бібліотеки України  
імені В.І. Вернадського»

*Книга (Д. Фоменко, І. Цинковська, Г. Юхимець «Мідні гравірувальні дошки українських друкарень XVII—XIX ст. у фондах Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського». Київ: Академперіодика, 2014) є науковим каталогом, який репрезентує досі ніколи не опубліковані рідкісні й цінні пам'ятки української культури та мистецтва.*

З опублікуванням 2014 року видавництвом «Академперіодика» елітарно виданої — на друкарському рівні — книги «Мідні гравірувальні дошки українських друкарень XVII—XIX століть у фондах Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського» українські науковці-суспільствознавці отримали не тільки нові дані про розмаїття тем в українському графічному мистецтві, але й дані про досконалу техніку друку ілюстрацій з гравірувальних мідних дощок, яка не поступалася в ті століття кращим друкарням західноєвропейських країн. Відбитки з цих дощок не були досі ніде опубліковані: це зовсім новий матеріал для митців і мистецтвознавців.

Автори каталогу — чільні науковці Інституту книгознавства Національної бібліотеки імені В.І. Вернадського — Діна Фоменко, Ірина Цинковська, Гліб Юхимець — провели копітку дослідницьку працю, щоб ретельно описати, прокоментувати, впорядкувати усі 329 дощок з міді, які зберігаються у фондах бібліотеки. На доброму крейдованому папері усі ці гравірувальні дошки опубліковані як кольорові репродукції. Якість цих репродукцій така, що глядач побачить кожний штрих, навіть найменший, а також «сліди часу», тобто вражені окисом міді фрагменти дощок, які не вдалося прибрати при реставрації, щоб не пошкодити тоненьких штрихів.

Певна річ, з дощок — правда, не всіх — можна і тепер зробити відбитки. Вони не будуть такої якості, як тоді, коли вони





Святий Іоан Золотоустий (бл. 347–407) – Вселенський учитель, ієрарх, архієпископ Константинопольський. Мідна гравірувальна дошка, друга половина XVIII ст.

гравірувалися першокласними українськими майстрами. Але цінність їх — не у відбитках, а в точності й досконалості граверської роботи, яку доцільно спостерігати саме на «негативах», тобто на друкарських формах. Дошки з цього погляду цікаві як для мистецтвознавців, так і для металознавців, ювелірів, фахівців різних інженерних професій.

Як, коли, за яких умов і обставин відбулася зміна в українському графічному мистецтві, тобто перехід від гравірування на дереві — від деревориту й дереворізу — до гравірування на

міді, сталі й інших металах та сплавах — мідьориту, офорту?

1688 року архімандрит Києво-Печерської Лаври Варлаам Ясинський запросив з литовського міста Вільного (теперішня столиця Литви Вільнюс) тамтешнього керівника граверної майстерні при друкарні Віленської академії Олександра Тарасевича. Це був українець, походив ймовірно з Прикарпаття або Закарпаття. Разом із своїм молодшим братом Левом (Леонтієм) Тарасевичем він у юності був посланий до баварського Аугсбурга вчитися гравірувати на мідних дошках. Хоч в Україні в XVII столітті було чимало друкарень і граверень, проте доброго учителя з мідьориту знайти було не так просто. Уже майже ціле століття українські друкарі від Острога і Львова до Києва і Чернігова ілюстрували книжки гравюрами на дереві — дереворізами і дереворитами, де друкуючими частинами були виступаючі, точно вирізані лінії й штрихи дерев'яної поверхні. Але із Заходу в Україну надходило все більше книжок і альбомів з ілюстраціями-гравюрами на міді. Штрихи в них були тонші, деталей більше, бо друкуючими частинами були не виступи, а тонюсінкі рівчаки-заглиблення, в які забивалася фарба. Керівники українських друкарень будь-що хотіли мати такі гравюри. І ось Тарасевичі в Києві. Спочатку Олександр, трохи згодом і Леонтій. Приїхали вони не тільки зі своїм умінням, а й з машинами: верстатом для друку гравюр з мідних дощок (верстати старих марок для цієї мети не годилися), наборами голків, штихелів, різців з міцної сталі і, звичайно, запасом виполірованих мідних платівок.

Але чи не найбільшим скарбом у їхньому багажі були книжки й альбоми із західних друкарень — Німеччини, Франції, Італії, Польщі. Через багато років, коли вже обидва Тарасевичі відійшли з цього світу, якийсь печерський чернець у XVIII столітті сів і склав ретельний реєстр усіх книг, привезених в Україну великим майстром і зачинателем національної школи мідного гравірування Олександром Тарасевичем. З бігом часу книжки не тільки не втратили своєї вартості, а навпаки, їх мистецька вага зросла — як джерельного і взірцевого матеріа-



ду західного мистецтва в іконописній і гравірувальній майстернях, що діяли в найбільшому українському монастирі — Києво-Печерській Лаврі. У цьому реєстрі старанний чернець порахував усі аркуші кожної книжки з особистої бібліотеки Тарасевича. 1900 року дослідник лаврського архіву Михайло Істомін знайшов, а 1901 року опублікував цей реєстр: «1. Книга Атлас, або опис чотирьох частин світу, в якій аркушів 29. 2. Архітектура французька, аркушів 91. <...> 7. Книга друга кунштів малярських, аркушів 120. 8. Зерцало добродійництва і гріхів, аркушів 172. 9. Біблія в образах, аркушів 150. 10. Абецадло [абетка, азбука. — Д.С.] малярське на аркуші, аркушів 163. 11. Книга третя кунштів малярських на аркуші, аркушів 93. 12. Книга одна з кунштами архітектурними, аркушів 18. 13. Книга друга з кунштами віденськими штукарськими, аркушів 118. 14. Книга з кунштами Коломана і Соломеї, постатей 21. 15. Книга різних кунштів, аркушів 58»<sup>1</sup>.

На жаль, з цієї великої для XVII століття бібліотеки мало що лишилося. Майже півтора століття в альбоми Тарасевича «заглядали» учні малярської майстерні Києво-Печерської Лаври. А молодь є молодь: їй аби скласти іспит, а коли з безцінного альбому треба видерти аркуш чи необережно повестися з книгою, то тут відповідальність зводиться до мінімуму або зовсім зникає. Куншти, або кунштбухи (з німецької), на лаврському жаргоні звані просто «кужбушками», дійшли до нашого часу напівзруйнованими, з потріпаним папером, із забрудненими від пальців нижніми частинами сторінок. Але слава Богу, що дійшли і в такому стані, з недоліченими цілими томами, згідно зі старими реєстрами, з розпорошеними аркушами. Ще на початку XVIII століття лаврські учителі малювання, щоб остерегти учнів від недбалого поводження зі старими книгами, писали на титульних сторінках лякаючі написи, погрожуючи карою Божою: «Сія книга, — читаємо на початку одного з альбомів, — названа



Святий апостол і євангеліст Іоан. Мідна гравірувальна дошка, 1780-ті роки

абецадлом малярським з постатями, є власністю Антонія Тарасевича [у Лаврі Олександр Тарасевич після постригу в ченці був найменованим Антонієм. — Д.С.], намісника печерського, віддана після його смерті до церкви пресвятої Богородиці в обителі Печерській, яку може взяти за потребою кожний, але тимчасово і за благословенням; коли ж хто посміє без відома і благословення її вкрасти і в себе затаїти, то він може бути навіть відлучений від церкви»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Істомин М.П. *Обучение живописи в Киево-Печерской Лавре в XVIII столетии*. Искусство и художественная промышленность. 1900. Ч. 9—10. С. 293.

<sup>2</sup> Кужбушок XIX—74 (8338) у збірці кужбушків з фондів Інституту рукопису Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського в Києві.



Святий євангеліст Матвій. Мідна гравірувальна дошка, XVIII ст.

Усі наведені факти з усією очевидністю свідчать про кілька важливих моментів розвитку українського мистецтва (і насамперед такої його складової частини, як гравюра):

1. Велике бажання наших майстрів керуватися тими ж самими критеріями іконографії, стилістики, мистецьких і технічних засобів, якими керувалися кращі майстри гравюри у країнах Західної Європи.

2. Використання зразків західноєвропейської гравюри на металі як навчального матеріалу в граверних і малярських школах, майстернях, цехах і осередках України, і передусім у головному і найбільшому з них — Києво-Печерському монастирському осередку.

3. Перехід українських граверів у важливіших друкарнях від техніки гравірування на де-

реві (дереворізу і деревориту) до техніки гравірування на металі (мідьориту, гравірування на сталі, офорту).

Власне, цей третій момент зумовлений двома першими: перехід до мідьориту не був самоціллю, а бажанням бути у Європі — бути не тільки географічно (Україна і так знаходиться посередині європейського континенту), не тільки етнічно і економічно, а й бути культурно. Україна в особі її освічених верств гостро відчувала поступове віддалювання від світових центрів цивілізації у Європі після напівдобровільного-напівнасильницького об'єднання з Московським царством у 1654 році. Відчуваючи свої типово європейські національні цінності загроженими зі Сходу, українські діячі на всіх відтинках культури почали шукати нових шляхів і нових зв'язків із Заходом. Приклад з Тарасевичами і бібліотекою Олександра-Антонія Тарасевича — це один приклад з безлічі інших: у літературі, музиці, малярстві, різьбі. Україна не «прорубувала» вікон у Європу, як це робила Росія при Петрі I, бо її вікна і двері завжди були широко відкриті передусім на Захід, — а противилася спробам замурувати ці вікна нашого національного дому, який уже при побудові мав вікна до світла, а не до темряви. Європа, отже, була для нас не зміною віх, а збереженням ідентичності.

І те, що така твердиня православ'я, як Києво-Печерська Лавра, берегла і плекала не тільки щойно згадані мистецькі альбоми, а й виконані на їх основі українські гравюри на міді, цілком однозначно промовляє на користь цієї тези. Власне, ці гравюри репрезентують естетику латинського або протестантського християнського світогляду. Якщо уявити собі, що вона, ця естетика, була б непринятною для суто православного українського світогляду (як це ми подекуди спостерігаємо в надто ортодоксальних грецькому і московському православ'ях), то ці альбоми, уся ця «образотворча продукція» зберігалася б на складі заборонених єретичних книг, а не давалася б молодим учням-іконописцям, та ще й із суворою осторогою не «вкрасти і в себе затаїти».

За протилежною аналогією, звернемося до заборони іконоборчих писань VIII століття, яку ухвалив Сьомий Вселенський собор 787 року в Нікеї. У своєму 9-му каноні собор записав: «Усі дитячі байки, несамовиті знуцання, неправедні твори, написані проти почесних образів (ікон), треба віддати до єпископії Константинопольської, щоб покласти їх разом з іншими еретичними книгами. Якщо ж виявиться, що хтось приховує їх, то єпископ, чи пресвітер, чи диякон позбавляються сану, а мирянин чи чернець відлучаються від церковного єднання»<sup>3</sup>. Українське православ'я навіть в умовах суворого нагляду з боку Московського патріархату (у «міцні обійми» якого, проти своєї волі, потрапила Київська митрополія в результаті нечесної змови Константинопольського і Московського патріархатів 1686 року) не розглядало західної іконографії і західного мистецтва взагалі як чогось ворожого, неприйняттого, а тим більше еретичного.

Ось чому Києво-Печерська Лавра ретельно зберігала численні мідні дошки, кожна з яких чітко і ясно говорить про західні стильові й іконографічні орієнтири найвидатніших українських граверів на міді XVII–XIX століть, а також мідні дошки чужинців, які працювали в Україні, чи дошки, що потрапили якимось чином з інших країн в Україну. Це був скарб Лаври. Не менший за чудотворні і нечудотворні ікони, обкладені срібними й позолоченими ризами та оздоблені коштовним камінням. Дошки вкривали лаком, щоб уберегти тонке мереживо гравірованої поверхні від вологи й повітря, яке діє на мідь як окисник. І та обставина, що після «націоналізації» Києво-Печерської Лаври в її більшовицькому варіанті (тобто у брутальному винищенні й розкраданні святинь 900-літнього монастиря) мідні дошки потрапили в академічну установу (тобто до Всенародної Бібліотеки України), а не до якогось атеїстичного музею, завдячує їх відносно непоганій збереженості до нашого часу.

<sup>3</sup> Туркало Я. *Нарис з історії Вселенських соборів*. 325–787. Нью-Гейвен, Брюссель: Літературно-наукове видавництво, 1971. С. 265.



Преподобний Стефан Печерський (?–1094) — третій ігумен Києво-Печерської Лаври (1074–1078), єпископ Володимиро-Волинський (з 1091). Мідна гравірувальна дошка, XVIII ст.

За багато десятиліть, відколи дошки були забрані з Києво-Печерської Лаври до згаданої Бібліотеки, вони також не були у повній безпеці. Бібліотекою завідували різні люди; у ній проводили численні ревізії по вилученню і знищенню україніки, яка не вкладалася в прокрустове ложе комуністичної ідеології. Були тут підозрілі щодо причин свого виникнення пожежі (причому горіла в основному україніка), безслідно зникали не те що томи, а цілі колекції. Проте збірці мідних дощок пощастило: вони були «забуті» і мирно лежали у філії бібліотеки на київському Подолі, у будинку колишньої Києво-Могилянської Академії.

1988 року, коли у зв'язку з відзначенням 1000-літнього ювілею Хрещення Київської Русі-України почало благословлятися на від-



Сцена видіння преподобного Арефи: суперечка янголів з бісами про вкрадене в Арефи багатство. Арефа Затвірник Печерський (? – не пізніше 1190) – преподобний, похований у Ближніх (Антонієвих) печерах Києво-Печерської Лаври. Мідна гравірувальна дошка, XVIII ст.

родження української духовності й культури, працівники бібліотеки, які, безперечно, знали про існування цієї колекції, вийняли її з «тайника» і з приємністю констатували, що більшість дощок у такому доброму стані, що з них навіть можна було б зробити відтиски гравюру. Ті ж дошки, з яких не можна це зробити через деформацію міді, тріщини, злами і згини, окиснення або стертя друкуючої поверхні, також становлять велику цінність, бо вони свідчать, як працювали старі гравери, якою була їхня «лабораторія», як вони орудували штихелем-«рильцем» та іншими інструментами для гравірування. І цілі, і пошкоджені мідні дошки є самі собою експонатами, які розказують про

ручну мистецьку працю старих граверів. Рідко на якій дошці можна бачити сліди травлення кислотою (офорт), бо переважна більшість гравюру виконана вручну – штих до штиха, різної тонкості і глибини. Ці штихи виразно виглядають на тлі відполірованої до блиску мідної поверхні, тим більше, що у рівчаках і подряпинах є залишки чорної фарби.

Велика мистецька цінність гравірувальних дощок спонукала працівників-науковців Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського – спадкоємниці колишньої Всеукраїнської бібліотеки України – скласти цей каталог. Науковий опис кожної дошки дасть можливість дослідникам, а також усім, хто цікавиться мистецтвом, графікою, книгою, ілюстрацією, хто вірить у Бога чи просто цікавиться впливом Біблії та Церковної історії на образотворче мистецтво, довідатися, чим жила Києво-Печерська Лавра у XVII, XVIII, XIX століттях, якими були мистецько-естетичні критерії українського духівництва й чернецтва у Києві, а якоюсь мірою – і по всій Україні<sup>4</sup>.

Збережені мідні дошки – це, може, п'ять або шість відсотків мідьборитів, якими користувалися друкарні України з кінця XVII до першої третини XIX століття. Це був золотий вік української гравюри на міді. Біля його джерел бачимо вже згадуваних Олександра-Антонія і Леонтія Тарасевичів, а кінчається він золотарями й срібляниками київської школи гравюри і ювелірної справи початку XIX століття, які працювали вже не в улюбленому давніми

<sup>4</sup> Про це детальніше: Акты, относящиеся к делу о подчинении Киевской Митрополии Московскому Патриархату. В кн.: *Архив Юго-Западной России*. Т. 5. К., 1873; Эйнгорн В.С. О сношении малороссийского духовенства с московским правительством в царствование Алексея Михайловича. В кн.: *Чтения московского общества истории древностей российских*. М., 1890–1899; Харлампович К.В. *Малороссийское влияние на великорусскую церковную жизнь*. Т. 1. Казань, 1914; Власовський І. *Нарис історії Української Православної Церкви*. Т. 2. Нью-Йорк, Бавнд-Брук, 1977; Атанасій Великий. *З літопису Християнської України*. Т. 6. Рим, 1974.

майстрами стилі українського бароко, а в нових для того часу стилях романтизму й класицизму.

І хоч колекція НБУВ далеко не повністю репрезентує український мідьорит цієї доби, все ж серед лаврських дощок ми бачимо твори, власноручно виконані класиками української гравюри трьох минулих століть, — Леонтія Тарасевича, Івана-Інокентія Щирського, Івана-Іларіона Мигури, Никодима Зубрицького, Оверкія Козачківського, Григорія Носа-Левицького, Адама і Йосифа Гочемських, Івана Филиповича, Якова Кончаківського, Герасима Проценка. Їхні твори ми знаємо і вивчаємо за відбитками у книгах або на окремих аркушах як естампи; про деяких з них написані і видані монографії. Але для історії гравюри відбиток, яким би важливим він не був (бо, зрештою, він є кінцевою метою роботи гравера), не вичерпує усього знання про роботу майстра; його талант і професійна майстерність вкладаються саме в металеву дошку (чи у дерев'яну, коли йдеться про дереворіз або дереворит). Іноді друкування гравюр майстер доручав підмайстрові або помічникові, бо головна його турбота — виготовлення негативної форми, кліше для друку. Тепер, з виявленням мідних дощок у Бібліотеці й опублікуванням їх наукового каталогу, ми вводимо в науковий обіг не тиражні відбитки гравюр, а оригінали їх кліше. Одержуємо першооснову творів, яких торкалися руки самих майстрів, над якими вони провели схиленими не одну годину і не один день з відповідними граверськими інструментами в руках.

По-перше, це дає нам добру можливість простежити індивідуальні манери майстрів, характери їхніх штрихів, нахил штихеля, різця й голки, глибину і тонкість прорізів.

По-друге, ми наочніше знайомимося з процесом переведення рисунка у гравюру, чуття тим чи іншим майстром пропорції, ритму й масштабу. На мідній дошці майстер повинен був працювати наче лівша, бо щоб одержати правильний відбиток, треба було працювати над дошкою у дзеркальному відображенні рисунка. А це вимагало постійної напруги уяви й



Святий Григорій Двоеслов (Діалогіст) (бл. 540–604) — Папа Римський, один з великих латинських отців церкви. Мідна гравірувальна дошка, перша половина XVIII ст.

тонкого чуття пропорції, правильного орієнтування у просторі і в кожній деталі.

По-третє, дошки виразно свідчать про добу розквіту українського естампа з його монументалістською тенденцією, зокрема, у жанрі академічної тези і зображень персонажів Святого Письма — пророків, апостолів, євангелістів. Десь на середину періоду, від якого дійшли досліджувані дошки, — на першу половину й середину XVIII століття — припадає розквіт українського естампа на міді. У збірці мідні дошки цих десятиліть чи не найбільші за розмірами, а зображені на них особи, пейзажі, дії відзначаються особливою динамічністю, врочистістю і пафосом. Притаманна українському естампові поетика найвиразніше втілилася у цей період у епічних або героїчних інтонаціях.

По-четверте, дошки добре підтверджують тезу про стильовий розвиток української гравюри і про визначну роль гравюри у поширенні деяких мистецьких стилів на інші види мистецтва. На прикладі гравюр аналізованої збірки видно апогей у розвитку українського бароко, його своєрідність у порівнянні з національними варіантами бароко в інших країнах Центральної та Західної Європи, а відтак початок його занепаду, заміни рококо, романтизмом і класицизмом.

Отже, ми можемо констатувати, що з витягненням дощок Києво-Печерської Лаври на світ Божий і їх публікацією Україна і світ дістали важливу нову інформацію про рівень культури праці граверів доби інтенсивного поширення просвітницьких ідей в Україні. Це дорівнює науковому відкриттю, котре вносить важливі додаткові частини в розуміння історії, мистецтва і релігії. Багато таких відкриттів робилося у 20-х роках ХХ століття, під час першого відродження української нації і культури. На відтинку гравюри можемо називати опублікування Борисом Пилипенком гравюр на дереві з Чернігівського музею<sup>5</sup> і таких самих гравюр

<sup>5</sup> Пилипенко Б. *Ксилографюри Чернігівського державного музею*. Чернігів, 1925.

на дереві з Києво-Печерської Лаври та спробу створення першого словника українських граверів — цю важливу працю виконав тоді Павло Попов<sup>6</sup>. У наш час чимало важливих відкриттів у галузі стародруків та гравюр України зробили Ярослав Ісаєвич та Яким Запаско, праці яких добре відомі.

Довголітній період несприятливих умов розвитку української культури зумовив розсіяння по всьому світі тих пам'яток мистецтва, які уникли знищення силами, вороже наставленими щодо України. Проте ніщо не зникає в історії безслідно. Святе Письмо навчає нас, що є «час розкидати каміння і час каміння громадити» (Книга Еклезіастова, 3:5). Багато поруйновано і порозкидувано в українській культурі силами зла. Але настає час збирати — і є у нас працюючі збирачі, які познаходять усе по найдальших теренах, щоб збудувати новий дім нашої духовності.

<sup>6</sup> Попов П.М. *Матеріяли до словника українських граверів*. К.: УНІК, 1926; Попов П.М. *Матеріяли до словника українських граверів*. Додаток 1. К.: УНІК, 1927; *Ксилографічні дошки Лаврського музею*. Вип. 1: Українські старовинні гравюри типу «Народних картинок». К.: Друкарня поліграфічного факультету художнього інституту, 1927.

ТАНЬШИНА

Алла Володимирівна –  
кандидат педагогічних наук

## «ЦЕ У ВАС ДОБРІ НОВИНИ»

### До 90-річчя від дня народження академіка НАН України Д.В. Волкова

*Дмитро Васильович Волков – один з найвидатніших учених України. Його фундаментальним внеском до світового поступу фізичної науки є відкриття суперсиметрії та супергравітації, що розширило уявлення про будову матерії. Наукові праці академіка НАН України Д.В. Волкова поціновані науковою спільнотою світу. 1994 року вчений отримав почесне запрошення оголосити доповідь про супергравітацію на міжнародній конференції авторів оригінальних ідей та відкриттів ХХ століття. У Харківському фізико-технічному інституті Д.В. Волков працював з 1956 р. й до останніх днів свого життя.*

Знамениті земляки  
є нашими духовними орієнтирами,  
учителями, нашою духовною опорою,  
гордістю перед усім світом.

*Григорій Сковорода*

Дмитро Васильович Волков народився 3 липня 1925 року в лєнінградській родині робітника Василя Миколайовича Волкова і вчительки Ольги Іванівни Казакової. Батьки багато уваги приділяли вихованню і всебічному розвитку сина: батько займався з ним спортом, а мати, маючи музичну освіту, прищеплювала любов до музики. Багато років потому академік Д.В. Волков, згадуючи шкільні роки, зазначав:

*«До війни я закінчив вісім класів. За цього часу, вочевидь, про якийсь серйозний інтерес, особливо до фізики, говорити ще не можна.*

*Я пригадую своїх вчителів: були чудові викладачі з математики, літератури, історії, хімії. А з фізикою мені не поталанило: вчителі були слабкі, і, як правило, клас їх погано сприймав.*

*У ті роки був досить значний інтерес до математики, але так само до восьмого класу. Математика була досить простою, однак вона мене вже у ті роки цікавила»\*.*



Дмитро Васильович Волков  
(1925 – 1996)

\* Спогади академіка Д.В. Волкова відтворено за фоноархівом його родини (див. Тасьшина А.В. *Засновники харківських наукових шкіл у фізиці*. Київ: Академперіодика, 2005).

1941 року Дмитро Волков разом з мамою переїхав до Зауралля. В евакуації вчителька математики звернула увагу на його непересічні здібності й навіть відзначила це у довідці, що додавалася до учнівського табеля успішності за 9 клас.

1943 року Дмитра Волкова призвали до лав діючої армії. Він згадував: *«За ці роки ми побачили стільки, що сучасне покоління, як я гадаю, не побачить й за десятки років. Якщо говорити про те, хто вклав у мене якісь риси характеру... — це величезна кількість людей. До слова, багато з них — саме люди воєнних років, з якими я зустрічався, з якими разом довелося воювати».*

1946 року Дмитро Волков повертається до Ленінграда. Вчорашній фронтовик вирішив екстерном скласти іспити за курс середньої школи, щоб вступити до університету. Задля цього він пішов на підготовчі курси і наступного року став першокурсником фізичного факультету Ленінградського державного університету. Згодом Дмитро Васильович так пояснив вибір фаху: *«Війна виховала у нас турботу про державу. Ми розуміли, що війна — наша загальна біда. І наша загальна мета — перемогти в цій війні. Цю ж ідеологію перенесли й до цивільного життя. Під час вибору фаху постало питання — чим ми зможемо бути корисними державі».*

Згадуючи студентські роки, Д.В. Волков особливо підкреслював той великий вплив, який справив на нього Ленінградський університет, його викладачі. За його словами, захоплюючі лекції університетських професорів стимулювали розвиток самостійного наукового мислення, виховували любов до науки. Так, до прикладу, курс загальної фізики читав ентузіаст своєї справи Торичан Павлович Кравець, який своїми лекціями збурював глибокий інтерес до науки. Професор приділяв багато уваги розповідям про життя видатних учених, що «вельми олюдновало науку».

На фізичному факультеті влаштовували і філософські семінари: філософи тоді виступали проти теорії відносності, а фізики її боро­нили. Велику фізичну аудиторію, за спогадами

Дмитра Васильовича, вщерть переповнювали студенти, кипіли пристрасті. Такі дискусії доводили, *«що науку треба не тільки вивчати, а й відстоювати, захищати її відкриття та досягнення».*

Дмитро Волков відвідував й лекторії, виставки, музеї, був постійним слухачем філармонічних концертів. По закінченні 4-го курсу його (як одного з найкращих студентів) за наказом Міністерства вищої освіти було зараховано до Харківського державного університету, на відділення ядерної фізики. Згадуючи ті часи, Д.В. Волков відзначав, що *«переїзд до Харкова збігся з періодом значних змін у самій фізиці. З одного боку, квантова електродинаміка отримала начебто друге народження завдяки теорії перенормувань, а з іншого — виникла фізика нових частинок. У 50-ті роки відкрили нейтральний р-мезон. Точилися дискусії, йшли експерименти з визначення спіну та парності. То був важливий історичний момент у науці».*

Тогочас на факультеті викладав талановитий фізик-теоретик Липа Натанович Розенцвейг, який на своїх лекціях влаштовував огляди новітніх публікацій за фізикою елементарних частинок. Навіть зорганізував групу студентів задля вивчення найцікавіших статей за цією тематикою. На думку Дмитра Васильовича, саме Л.Н. Розенцвейг відіграв велику роль у його зацікавленні теорією елементарних частинок, яка саме тоді й зароджувалася.

Навесні 1952 р. Дмитро Волков з відзнакою закінчує Харківський державний університет. Учена рада рекомендувала його до вступу в аспірантуру. Науковим керівником було призначено Олександра Іллча Ахієзера. Початок наукової діяльності Д.В. Волкова збігся з періодом бурхливого розвитку фізики елементарних частинок. Ось спогади самого Дмитра Васильовича щодо еволюції його наукових уподобань:

*«Що ж стосується витоків моїх наукових інтересів, то мене чомусь завжди особливо приваблювала теорія груп і симетрії. У Харкові нам теорію груп не читали взагалі, а в Ленінграді у нас був невеличкий курс. У мене виник якийсь інтуїтивний інтерес, таке інтуїтивне тяжіння.*



Коли я був студентом, йдеш, бувало, до їдальні й стоїш у черзі там хвилин двадцять... І я завжди брав книгу Л.С. Понтрягіна «Безперервні групи», хоча вона не стосувалася тих предметів, які ми вивчали. Так, стоячи в чергах, я її потихеньку читав... Про що зараз шкодую, то це про те, що я таким чином опрацював тільки перші три розділи, хоча варто було б проштудіювати її до кінця. Втім, це характеризує інтерес, який був у мене вже тоді. Проте коли я починав працювати, потужних теоретико-групових методів у фізиці ще не було, а мене завжди тягнуло саме до цих аспектів.

Перші роботи, які, я вважаю, певним чином пов'язані з тим, чим я і тепер переймаюся, були присвячені зв'язкам між частинками з різним спіном. Я прагнув зрозуміти... ось є різноманітність частинок... Чому різний спін? Чому різна статистика? І якщо не зважати на роботи з квантової електродинаміки, то мої перші дослідження були пов'язані саме із загальними питаннями... про теорему Паулі, властивості частинок з вищим спіном.

Я хочу підкреслити, що питання, які ввійшли до суперсиметрії, зацікавили мене вже на ранньому етапі моєї діяльності. Чим частинки з різними спінами різняться одна від одної? Чому бозони? Чому ферміони? Ця проблема постала для мене дуже рано...

Було два типи частинок, які визначалися груповими властивостями повністю, можна сказати, практично однозначно. І тоді знову старі мої питання повернулися. І мене здивувало, що всі ці частинки — голдстоуни та калібрувальні поля — бозони, а ферміони чомусь обійшли. Тобто тут виникла певна нерівноправність, я досі спостерігав рівноправність, а тут раптом я помітив, що чомусь одні частинки — бозони — виділені, а інші, ферміони, до цієї групи не входять.

Це було основним моментом, оскільки вже сама думка про те, що й ферміони можуть бути голдстоунівськими чи калібрувальними полями, містила в собі й відповідь. Адже, якщо було зрозуміло, як будувати загальну схему голдстоунівських частинок з цілим спіном, то при переході до ферміонів треба просто... від-



Д.В. Волков з О.І. Ахієзером. Харків. 1991 р.

повідні оператори замінити на оператори, які несуть, по-перше, спін-половинку, по-друге, відповідно до їх ферміонної природи є антикомутуючими... що власне і було зроблено.

За співавторства з В. Акуловим та В. Сорокою ми спочатку розглянули глобальні властивості суперсиметричних теорій, а потім — локальні. Але висхідна думка, як бачите, була дуже простою: чому існує відмінність та чи повинна вона бути?

Окрім того, одним із наріжних моментів було також і те, що нейтрино може бути голдстоунівською частинкою. Ця думка висловлена у працях Гейзенберга. Але він тоді не зміг її оформити і вважав, що це пов'язано зі спонтанним порушенням просторової парності. Однак ця гіпотеза, що нейтрино може бути голдстоунівською частинкою, у працях Гейзенберга містилася. З'ясувалося, що... групова природа таких голдстоунівських ферміонів, які ми, власне, і запропонували в роботі з В. Акуловим, була зовсім іншою й ґрунтувалася на супергрупах».

1959 року Д.В. Волков запропонував нову схему квантування полів — так звану парастатистику, або статистику Гріна—Волкова, яка узагальнила статистику Бозе—Ейнштейна та Фермі—Дірака. З цією тематикою пов'язаний цікавий факт наукової біографії Дмитра Васильовича. 1960 року він, молодий, мало кому відомий тоді фізик-теоретик, приїхав у складі



Д.В. Волков у колі своїх учнів (справа наліво на першому плані: В.І. Ткач, Д.В. Волков, В.Д. Гершун, А.І. Пашнєв; на другому плані: В.П. Акулов, В.П. Березовий, Д.П. Сорокін, О.О. Желтухін). Харків. 1980-ті роки

радянської делегації до США, на міжнародний конгрес з фізики елементарних частинок. На лєтoвищі нашу делегацію зустрічали заокеанські колеги. Після взаємних привітань почався обмін новинами науки. На запитання керівника радянської делегації М.О. Маркова «Що нового у вас?» лауреат Нобелівської премії Т.Д. Лі відповів: «Це у вас добрі новини». І попросив познайомити його з автором теорії парастатистики Дмитром Волковим.

1962 року Дмитро Васильович разом з В.Н. Грибовим відкрив явище, яке одержало назву «змови полюсів Редже». Це відкриття ініціювало низку вагомих теоретичних та експериментальних робіт з фізики високих енергій.

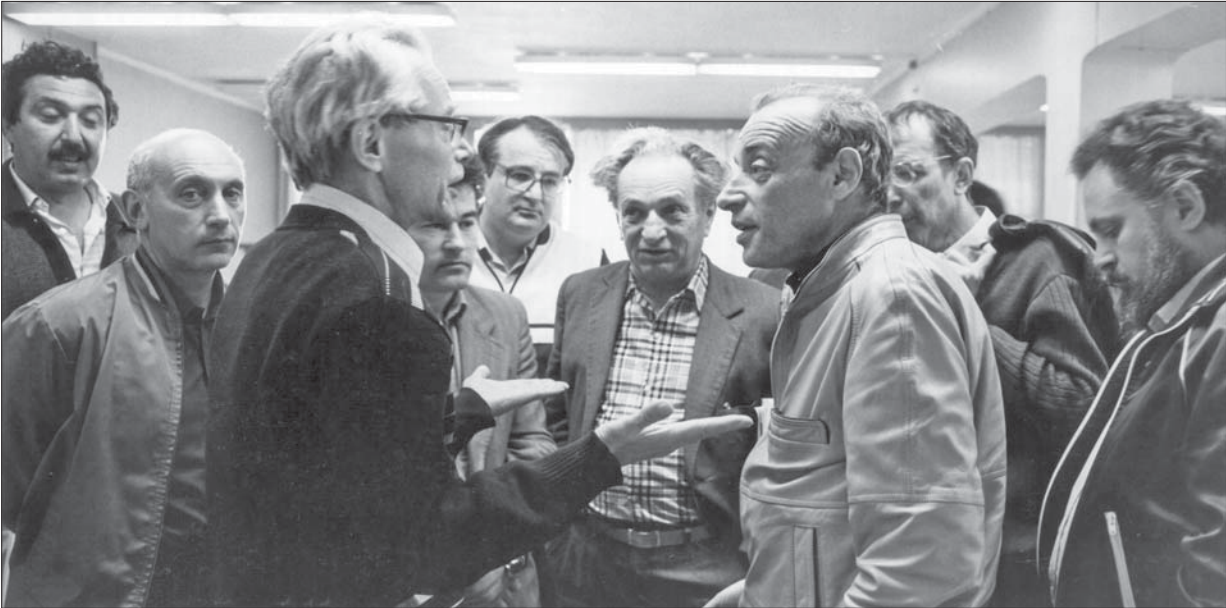
Наприкінці 60-х років наукові інтереси Дмитра Васильовича спрямовуються на проблеми, пов'язані з розвитком нових напрямів — алгебри струмів та спонтанно порушених симетрій. У співпраці зі своїми учнями він встановив важливий зв'язок дуальних амплітуд і траєкторій Редже з внутрішніми симетріями та алгеброю струмів.

Дмитро Васильович зі співробітниками його лабораторії інтенсивно поглиблювали

розуміння можливостей теоретичного опису явищ мікросвіту. Висунуті тоді гіпотези увінчалися відкриттям явища суперсиметрії. Це було найвизначніше відкриття Д.В. Волкова. 1971 року на міжнародному семінарі у ФІАН ім. П.М. Лебедева Дмитро Васильович оголосив загальну схему нелінійних реалізацій груп симетрій з теорії поля. Досліджуючи цю ідею надалі, він побудував першу чотиривимірну польову модель з новою, спонтанно порушеною симетрією, названу згодом суперсиметрією. Це був вагомий внесок до виникнення і розвитку нового фундаментального поняття у фізиці, перший крок у дослідженнях, спрямованих на поєднання в одній теоретичній схемі опису всіх взаємодій. 1971 року цю ідею з дещо інших теоретичних обґрунтувань студіювали Ю.А. Гольфанд та Є.П. Ліхтман, а 1974 року — закордонні теоретики Дж. Вес і Б. Зуміно.

1973 року Д.В. Волков узагальнив концепцію суперсиметрії на викривлений простір-час і започаткував розвиток теорії супергравітації.

Д.В. Волков був учасником багатьох міжнародних конференцій, що проходили не тільки на теренах колишнього СРСР. Так, 1994 року вчений отримав почесне запрошення оголоси-



Мабуть, у таких дискусіях й народжується істина (на передньому плані — Д.В. Волков і В.Н. Грибов, у центрі — Я.А. Смородинський, зліва від нього — В.І. Огівецький). Дубна. 1980-ті роки

ти доповідь про супергравітацію на міжнародній конференції авторів оригінальних ідей та відкриттів ХХ ст., яка відбувалася на Сицилії.

У Харківському фізико-технічному інституті Дмитро Васильович працював з 1956 р. й до останніх днів свого життя. Він вважав, що тільки учень може визначити — хто його вчитель.

*«Я намагаюся, — підкреслював він, — якнайбільше працювати з молоддю, прагну будь-яку ідею на будь-якому рівні обговорювати з ними. Так, якщо я за день-два збагну, що я на хибному шляху, то відразу намагаюся розтлумачити це учням. Наскільки такий метод плідний? На це запитання давати відповідь мають самі учні, у тому числі своїми роботами... Тим більше, що з роками наші ролі змінюються, і я дедалі більше навчаюся у них».*

До слова: за наукового керівництва Д.В. Волкова було підготовлено й захищено 11 кандидатських та 5 докторських дисертацій.

Ось, наприклад, що оповідає його учень — доктор фізико-математичних наук Дмитро Сорокін: *«Уперше я познайомився з Дмитром Васильовичем як з фізиком-теоретиком, коли мені було років вісім-дев'ять».*

*Наприкінці 60-х років батьки зорганізували для дітей щось на кшталт неформального родинного клубу «юного природодослідника», де демонстрували цікаві фізичні та хімічні досліди, розв'язували цікаві математичні та фізичні задачі. «Дійсними членами клубу» були родини Д.В. Волкова, Є.В. Інопіна, П.І. Фоміна та моя. Мені запам'яталося одне із засідань «клубу», де Дмитро Васильович розповідав нам про Архімеда та запропонував розв'язати одну проблему, яку свого часу підкинули Архімеду: як визначити, з чистого золота корона правителя чи ні?*

*Ймовірно, саме тоді зросло ще несвідоме бажання «піти у теоретики», яке почало здійснюватися в 1982 році, коли я вступив до аспірантури фізико-технічного факультету Харківського державного університету, де моїми керівниками були Д.В. Волков й В.І. Ткач.*

*Дмитро Васильович був чудовим науковим керівником. У спілкуванні з ним ніколи не відчувалося нерівності «професор-учень». З молодими фізиками він завжди спілкувався як з рівними по собі, без будь-якої зверхності і навіть з деяким схилинням перед молодістю, перед потенціа-*

лом, який саме в цій молодій людині закладений і якому треба допомогти зреалізуватися.

Постановка наукового завдання полягала в тому, що він просто ділився своїми думками з проблеми, яка на той момент здавалася йому найбільш цікавою та важливою. З часом вона справді розвивалася у новий напрям теоретичної фізики. Так виникли суперсиметрія та супергравітація, механізми спонтанної компактифікації багатовимірних теорій Ейнштейна та новий геометричний підхід до опису суперсиметричних протягнутих об'єктів (струн, мембран тощо).

Дмитро Васильович надавав повну самостійність щодо пошуку підходів та вибору методів задля розв'язання поставленої проблеми.

Це, як на мій погляд, вельми стимулювало та сприяло тому, що молодий теоретик прагнув самостійно, якомога ширше та ґрунтовніше зрозуміти галузь теоретичної фізики, частинкою якої ця проблема є. Як результат — ми швидко опанували навички фізичного мислення та пошуку нових, важливих для розвитку теоретичної фізики проблем і підходів.

Таке ставлення до молодих теоретиків як до рівноправних членів наукової колаборації — один із, імовірно, небагатьох прикладів того, як мають будуватися стосунки між досвідченими, зрілими вченими та молодими аспірантами, які тільки стверджуються в науці.

Цей приклад я намагаюся наслідувати в роботі з молодими теоретиками...

Дмитро Васильович був вченим широкого наукового світогляду. Його цікавили найрізноманітніші галузі теоретичної фізики: від фізики суцільних середовищ і феноменології елементарних частинок (зв'язок з експериментом) до суто теоретичних аспектів фундаментальних взаємодій цих частинок.

Д.В. Волков брав активну участь в розв'язанні всіх питань, які хвилювали співробітників теоретичного відділу та інституту, пристрасно

відстоював свою точку зору, свої переконання. Він дуже вболівав щодо соціально-політичних змін у країні, що розпочалися в останні роки його життя.

Як мені здається, ця його широта поглядів та інтересів, а також, безперечно, неперевершений талант дослідника і сприяли досягненню тих видатних результатів, завдяки яким Д.В. Волков отримав світове визнання.

Він зовсім не справляв враження «відчуженого вченого зі світовим ім'ям». Дмитро Васильович був простим, привітним, доброзичливим, цікавим співрозмовником з тонким почуттям гумору.

Я щасливий, що впродовж усього мого життя мав змогу спілкуватися, а пізніше — навчатися у цієї чудової людини і працювати з нею».

Утім, коло інтересів Дмитра Васильовича не вичерпувалося тільки наукою. Його приваблювали питання, пов'язані з пізнанням тайни людської психіки, механізмами самонавіювання. Цікавився він і східною філософією, йогою.

Романтик за вдачею, він завжди жив насичено та напружено. Не вмів працювати без повної самовіддачі. Проте з роками дедалі частіше нагадували про себе хвороби, отримані ще у воєнні часи. Медицина робила невтішні прогнози, але силою духу, вірою і самодисципліною йому вдавалося вести повноцінне життя (він боровся зі своїми недугами не тільки за допомогою лікарів, а й опановуючи нетрадиційні методи лікування — голодування, йогою тощо).

У вільний від наукових студій час Дмитро Васильович Волков полюбляв читати художню літературу, захоплювався класичними музичними творами. Велике задоволення отримував від прогулянок пішки, на велосипеді та байдарочних подорожей.

Повною несподіванкою для всіх стала звістка про його раптову смерть. Академік Національної академії наук України Дмитро Васильович Волков помер 5 січня 1996 року.

## КУНЦЕВИЧ

**Всеволод Михайлович** – академік НАН України, почесний директор Інституту космічних досліджень НАН України та ДКА України

## КРИВОНОС

**Юрій Георгійович** – академік НАН України, заступник директора Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України



Член-кореспондент НАН України  
Аркадій Олексійович Чикрій

## ВСЕ НАШЕ ЖИТТЯ – ДИНАМІЧНА ГРА

До 70-річчя

члена-кореспондента НАН України А.О. Чикрія

*20 липня виповнюється 70 років від дня народження видатного українського вченого, фахівця в галузі прикладної математики та кібернетики члена-кореспондента НАН України Аркадія Олексійовича Чикрія. Його праці з математичної теорії керування, теорії динамічних ігор, прикладного не-лінійного аналізу та методів пошуку рухомих об'єктів здобули широке визнання і стали надбанням світової науки.*

Аркадій Олексійович Чикрій народився у селі Тарноруда Волочиського району Хмельницької області. Інтерес до математики проявився в нього вже у шкільні роки, хлопець з успіхом виступав на математичних олімпіадах, у тому числі республіканського та всесоюзного рівня. Після закінчення із золотою медаллю середньої школи вступив на механіко-математичний факультет Львівського університету імені Івана Франка. Першим його науковим учителем був професор В.Е. Лянце, учень С. Банаха, одного із засновників функціонального аналізу. Під його керівництвом А.О. Чикрій три роки виконував дослідження в галузі спектральної теорії операторів, пов'язані з розширенням симетричних операторів за методом Калкіна на основі перетворення Келі.

На V курсі університету А.О. Чикрія було направлено на виробничу практику в київський Інститут кібернетики. Він потрапив у відділ обчислювальних методів, який на той час очолював Борис Миколайович Пшеничний. Тут молодий дослідник уперше познайомився з роботами Л.С. Понтрягіна та М.М. Красовського з теорії диференціальних ігор. Під впливом Б.М. Пшеничного сформувався коло його наукових інтересів.

Свою трудову діяльність в Інституті кібернетики А.О. Чикрій почав з посади інженера (1968), далі – молодший науковий співробітник (1972). У 1972 р. став кандидатом фізико-математичних наук, був старшим (1975–1986) і провідним (1986–1988) науковим співробітником. У 1979 р. успішно захистив докторську дисертацію на тему «Дослідження ігрових задач зближення та відхилення».

А.О. Чикрій разом зі своїми учнями інтенсивно працював над спецтемацією. Згодом цю наукову групу було виділено в окремий підрозділ — лабораторію конфліктно-керованих процесів, яку й очолив Аркадій Олексійович (1988). Лабораторія стала основою для створення його теперішнього відділу оптимізації керованих процесів (1991), який сьогодні є відомим центром математичних досліджень керованих систем.

Працюючи в Інституті кібернетики, А.О. Чикрій часто відвідував і проводив багато часу в Математичному інституті ім. В.А. Стеклова у Москві, переважно у відділі диференціальних рівнянь Л.С. Понтрягіна, а також в Інституті математики і механіки ім. М.М. Красовського в Єкатеринбурзі (тодішньому Свердловську). Тісна багаторічна співпраця з представниками московської та свердловської наукових шкіл — провідних світових математичних центрів — відіграла величезну роль у його становленні як науковця.

Свої перші наукові результати А.О. Чикрій одержав у галузі багатокрокових ігрових задач переслідування-втечі. Йому вдалося побудувати дискретні аналоги верхнього і нижнього інтегралів Понтрягіна, що дало змогу сформулювати необхідні й достатні умови закінчення мінорантної та мажорантної гри за скінченний час. При цьому встановлено роль інформованості в процесі гри на основі застосування операції геометричної різниці Мінковського. Зокрема, виведено прості умови повного вимітання множин за Гусятниковим—Нікольським у термінах їх опорних функцій. У цьому випадку різниця Мінковського стає різницею множин Хукхарі. Цей результат активно використовується науковцями і вже став класичним.

У 1969 р. з'явилася фундаментальна робота Л.С. Понтрягіна і Є.Ф. Міщенко, присвячена розв'язанню лінійної глобальної задачі уникнення зіткнень — ігрової задачі про уникнення зустрічі траєкторій з будь-яких початкових станів на напівнескінченному інтервалі часу. Невдовзі було встановлено аналог формули Тейлора для представлення розв'язку нелінійних систем. Серед спеціалістів це представлен-

ня відоме як формула Пшеничного—Чикрія. Вона дала поштовх для подальших досліджень нелінійних конфліктно-керованих процесів. А.О. Чикрій одержав достатні умови уникнення зіткнень у мінімакській та максимінній формі, що дозволило послабити умову Понтрягіна, сформулювавши її у формі співвідношення для опуклих оболонки множин.

Представлення розв'язку нелінійної системи дало змогу А.О. Чикрію розробити методи відхилення за напрямком, змінних напрямків, інваріантних підпросторів, рекурсивний метод, а також модифікувати метод маневру обходу Понтрягіна—Міщенко. Було досліджено «тонкий» і «грубий» випадки, отримано достатні умови втечі вищих порядків, умови втечі від групи переслідувачів. В останній задачі, поставленій і розв'язаній незалежно від П.Б. Гусятникова, А.О. Чикрій ввів важливу скалярну мінімаксимінну функцію, яку тепер називають його ім'ям. Метод, пов'язаний з інваріантністю, за певних умов дозволяє уникнути зіткнень за мінімальної переваги ресурсів другого гравця, а саме, переваги лише в проекції на одновимірний підпростір або рівності ресурсів у проекції на напрямки, що утворюють набір Каратеодорі. У складній задачі взаємодії угруповань на предмет уникнення зіткнень відома гіпотеза А.О. Чикрія, строго обґрунтована ним та його учнями при малих розмірностях фазового простору. Ці результати використовують у моделюванні зльоту та посадки літаків, вони є базовими при плануванні диспетчерськими службами безпечного руху в аеропортах і морських портах. Щоб уникнути зіткнень, потрібно правильно скласти розклад руху літальних апаратів, а диспетчер має бути готовим втрутитися в ситуацію, що загрожує стати аварійною. Аналогічні умови складаються і в місцях великого скупчення плавзасобів. Врахування специфіки рухомих керованих суден і акваторії дозволяє на основі попередніх розрахунків уникнути зіткнень.

Без сумнівів, одним із найвагоміших наукових досягнень А.О. Чикрія є метод розв'язуючих функцій у теорії конфліктно-керованих процесів. Він, зокрема, дає повне обґрунтуван-

ня класичного правила паралельного зближення та методу переслідування за променем, які добре відомі проектувальникам ракетної і космічної техніки. При цьому було введено важливе поняття обернених функціоналів Мінковського, що дало змогу з використанням техніки багатозначних відображень і властивостей їх селекторів дослідити традиційно складні задачі групового та почергового переслідування. Останні є задачами комівояжерного типу. Схема методу тісно пов'язана з першим прямим методом Понтрягіна, якому відповідає вродження розв'язуючої функції, тобто перетворення її на  $+\infty$ . Метод має широкі застосування для різних типів динамічних ігор. В єдиній схемі отримано ефективні алгоритми виграшу для конфліктно-керованих процесів, що описуються системами звичайних, інтегральних, інтегро-диференціальних та диференціально-різницевих рівнянь, для дискретних та імпульсних процесів, для систем змінної структури, нестационарних ігрових задач, для ігор з інтегральними та змішаними обмеженнями на керування, для диференціальних ігор з фазовими обмеженнями і стохастичною динамікою. Вивчено проблему конфліктної керованості та структуру екстремальних селекторів, введено поняття спряженої гри і на основі двоїстості в опуклому аналізі отримано якісні результати на предмет завершення гри за скінченний час, у тому числі в задачах з термінальним функціоналом.

На окрему увагу заслуговує цикл робіт, виконаний у 1995–2005 рр. у співпраці з професором С.Д. Ейдельманом, який на той час працював в Інституті математики НАН України. Результати стосуються ігрових задач з дробовими похідними різних типів. Було розглянуто класичні дробові похідні Рімана–Ліувілля, регуляризовані похідні Джрбашяна–Нерсесяна–Капуто, а пізніше вже сам або зі своїми учнями А.О. Чикрій дослідив конфліктно-керовані процеси з секвенціальними похідними Міллера–Росса, похідними Хільфера та Грюнвальда–Летнікова.

Метод розв'язуючих функцій одержав широке застосування у прикладних задачах. Так,

він виявився особливо ефективним при аналізі та моделюванні групової взаємодії рухомих об'єктів, зокрема, отримані на його основі результати було використано у програмі «зоряних війн» для оптимізації взаємодії угруповань керованих об'єктів космічного базування.

Ігрову задачу про «м'яку зустріч» рухомих об'єктів було застосовано для моделювання процесу посадки літака на авіаносець. Робота виконувалася у співпраці з Національним інститутом стандартів і технологій (Гейтерсберг, США). Ця оригінальна розробка знайшла застосування і в інших країнах.

Останнім часом А.О. Чикрій разом з професорами Харківського університету ім. В.Н. Каразіна Л.А. Власенко та А.Г. Руткасом виконав важливий цикл робіт, пов'язаний з ігровими задачами для рівнянь з розподіленими параметрами типу Соболева. Близькі до цієї тематики дослідження з проблем керування пучками заряджених частинок було здійснено в рамках проекту НТЦУ (2002–2004) в кооперації з Брукгейвенською національною лабораторією (США).

Одним із центральних результатів у теорії динамічних ігор є правило екстремального прицілювання Красовського, що реалізує позиційний спосіб переслідування. А.О. Чикрій узагальнив цей результат на істотно складніший випадок групи переслідувачів, коли термінальна множина не є опуклою. Це потребувало встановлення спеціальних теорем відділення для множин, які не є опуклими. Позиційний спосіб переслідування, зокрема, обґрунтовує класичний спосіб перехоплення цілі за погонною кривою Л. Ейлера.

На практиці, як правило, конфліктно-керований процес — процес пошуку рухомих об'єктів — відбувається в умовах неповної інформації про фазовий стан, відомою стає лише поточна щільність розподілу положення гравців. А.О. Чикрій у співавторстві з Б.М. Пшеничним розробили кліткову ігрову модель пошуку рухомих об'єктів, пов'язану з дискретизацією процесу пошуку як за часом, так і за станом. Рух гравців на скінченній множині їх можливих станів визначається законом перетворення функції розподілу положення гравців, причому

перехідна стохастична матриця залежить від їх керувань. Такий процес є білінійним і марковським. Для його дослідження було використано техніку скінченних ланцюгів Маркова, а для оптимізації ймовірності виявлення цілі або середнього часу виявлення — дискретний принцип максимуму Понтрягіна та метод динамічного програмування Беллмана. Розглянуто пошук за допомогою групи об'єктів з обміном та без обміну інформацією у групі, враховано залежність радіуса виявлення від швидкості пересування, досліджено проблему пошуку при взаємодії угруповань. Метод застосовано до пошуку стаціонарних цілей, що зазнали аварії і перебувають у важкодоступних місцях, результати використовувалися при розробленні комп'ютерних систем пошуку та стеження за рухомими об'єктами для потреб ВМФ.

Вагомі теоретичні результати А.О. Чикрія та їх практичні застосування сприяли завоюванню авторитету в міжнародному науковому середовищі. Аркадій Олексійович виграв низку міжнародних наукових грантів, є членом міжнародних наукових товариств, його постійно запрошують до складу оргкомітетів міжнародних конференцій.

У 2002 р. А.О. Чикрій організував і провів представницьку міжнародну конференцію, присвячену пам'яті свого вчителя Б.М. Пшеничного, за участю найавторитетніших фахівців — майже всіх світових лідерів у галузі екстремальних задач.

Аркадій Олексійович проводить велику науково-організаційну і громадську діяльність. У різні періоди він був членом Американського математичного товариства, Товариства чистої та прикладної математики (Німеччина), Міжнародної асоціації динамічних ігор (США), Оптимізаційної групи (Японія, Китай, Австралія), президентом Української асоціації динамічних ігор.

Упродовж своєї наукової діяльності А.О. Чикрій опублікував понад 400 наукових робіт, з них 5 монографій і 26 оглядів у складі міжнародних авторських колективів у найавторитетніших закордонних виданнях. Він є членом редколегій багатьох фахових видань, зокрема

Єкатеринбурзької філії «Proceedings of the Steklov Institute of Mathematics».

А.О. Чикрій був обраний членом-кореспондентом НАН України (1997), Соросівським професором (1994—1996). Він є лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки (1999), премії НАН України ім. В.М. Глушкова (2003).

А.О. Чикрій — обдарований педагог. Він читає лекції та веде наукову роботу на факультеті кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, на факультеті інформатики та обчислювальної техніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», на факультеті прикладної математики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Він підготував 35 кандидатів і 3 докторів наук.

Після того, як передчасно пішов з життя всесвітньо відомий учений академік НАН України Б.М. Пшеничний, Аркадій Олексійович підхопив естафету і очолив українську школу динамічних ігор, яка впевнено продовжує утримувати провідні позиції у світі.

Як і в кожній людині, крім основної діяльності, у Аркадія Олексійовича є улюблена справа. Це насамперед спорт, де, як і в математиці, для досягнення результату потрібна максимальна концентрація зусиль. Займаючись багатьма видами спорту, найбільших успіхів він досяг у волейболі. У студентські роки грав за Львівський університет, на старших курсах — за збірну команду студентів Львова «Буревісник». Уже працюючи в Інституті кібернетики, у 1973 р. виступав у складі збірної України на Всесоюзній академіаді і став її переможцем.

Для А.О. Чикрія притаманні широка ерудиція, професійна принциповість, сильний вольовий характер і при цьому виняткова відкритість та доброзичливість у спілкуванні.

Аркадій Олексійович зустрічає свій ювілей на злеті творчої активності, у вирі наукового і суспільно-політичного життя. Вітчизняна наукова громадськість, колеги та учні від щирого серця бажають йому міцного здоров'я, невичерпної енергійності, здійснення усіх задумів і нових творчих злетів.



## НЕМАЄ ІНШОГО МІСЦЯ, ДЕ Б МОЯ РОБОТА І МОЄ ХОБІ ЗУСТРІЛИСЯ І ПОЄДНАЛИСЯ ТАК ТІСНО...

До 60-річчя члена-кореспондента НАН України  
Т.І. Гундорової

*17 липня виповнюється 60 років від дня народження видатного українського літературознавця і культуролога, завідувача відділу теорії літератури Інституту літератури ім. Т.Г. Шевченка НАН України члена-кореспондента НАН України, доктора філологічних наук, професора Тамари Іванівни Гундорової. З нагоди ювілею співробітники Інституту поспілкувалися з Тамарою Іванівною.*

— **Тамаро Іванівно, який Ваш перший спогад, пов'язаний із книжкою?**

— Дуже врізався мені в пам'ять один епізод із мого дитинства, пов'язаний з книжкою. Не знаю, чи це дійсно так, але мені здається, що першою книгою, до того ж придбаною мною самою, був збірничок «Українські народні пісні». Я побачила його і захотіла купити (страшенно захотіла, бо навіть зараз пригадую це відчуття). Можна сказати, що так проявилася моя перша дитяча закоханість. То була книжечка невеликого формату, очевидно, видана десь у 1960-х роках. На щастя, там не було тих пісень, що пізніше додавалися як атрибут радянського фольклору типу колгоспних пісень. То була традиційна збірка народних пісень, ошатна і невелика за розміром. Я перечитувала її разів сто. Може, з того часу мені й подобаються не великі, а маленькі книжки, людяні, скажемо так, які можна легко втримати в долоні, з якими одразу здружуєшся. Отже, моє знайомство з народною творчістю було, як бачите, книжним і дещо абстрактним. Це дозволяло мені уявляти сцени і характери, домальовувати їх у своїй уяві. І це давало відчуття традиції. Традицію я шаную й досі, а от до форм її уславлення і сакралізації ставлюся досить критично.

— **Розкажіть, будь ласка, про початок Вашого наукового шляху. Хто були Ваші вчителі? Хто справив найбільший вплив на Ваше формування як науковця?**

— Література, тобто читання книг, було моєю великою насолодою в дитинстві. До того ж я створювала для себе щось на



Член-кореспондент НАН України  
Тамара Іванівна Гундорова



З Григорієм Грабовичем і Петром Савчаком. Мельбурн, Австралія. 1992 р.

кшталт культу з науки. Ще десь у восьмому класі в підручнику з літератури в розділі про вшанування Шевченка я прочитала про те, що в Києві є Інститут літератури імені Шевченка. Цей момент я пригадую навіть сьогодні. Моє серце тьохнуло, і я, навіть боячись собі зізнатися, захотіла туди потрапити. На щастя, моє бажання здійснилося. Я опинилася в цьому інституті і, незважаючи на всякі приємні і неприємні речі, лишаюся йому вірною, бо знаю, що немає іншого місця, де б моя робота і моє хобі зустрілися і поєдналися так тісно, як тут.

Щодо мого, так би мовити, посвячення в науку, зізнаюся, що у власній автобіографії я бачу кілька символічних моментів. З погляду раціонального вони виглядають наївними, однак ці моменти багато для мене значили, оскільки я мала розвивати себе саму і для цього потребувала орієнтирів. Десь на першому курсі університету я придбала в букіністичному магазині двотомник статей Олександра Білецького, і він став для мене талісманом, своєрідним фетишем, що символічно пов'язував мене з наукою. Ці дві книги завжди стояли на моєму столі в гуртожитку, навіть зараз я маю їх під рукою. Це не означає, що я перечитувала їх до безтями, просто вони давали мені відчуття певності. Не знаю, чому саме статті Білецького справили на мене таке враження. Може, тому, що я відчула в них якусь творчу силу, якийсь політ думки, інтелектуальну імпровізацію. Красномовно кажучи, мабуть, це був «геній науки».

Цікаво, що десь на другому курсі я потрапила до квартири О. Білецького і написала про це замітку до університетської студгазети. Так що моєю першою публікацією був короткий нарис про відвідини квартири Олександра Івановича. Не можна сказати, що саме Білецький став моїм ідеалом, радше це був знак пов'язаності з літературознавством, а такого знаку я потребувала, оскільки мені здебільшого доводилося самій робити себе. Я мала непоганих викладачів, але, на жаль, не таких, які б «вели», тобто системно займалися зі мною. А загалом, я мала щастя познайомитися в університеті з такими прекрасними професорами, як Ісай Якович Заславський та Галина Кіндратівна Сидоренко. Я вдячна їм за те, що вони були людьми посвяченими і академічними, любили працювати зі студентами. З ними передусім я і пов'язую своє народження як філолога.

Пізніше я зустрілася з Леонідом Миколайовичем Новиченком, якого вважала і досі вважаю надзвичайно цікавим і вдумливим літературознавцем. Нас познайомили через третіх людей — хтось сказав йому добрі слова про мене, і я принесла показати свою дипломну роботу. Новиченко уважно її прочитав і написав коротеньку записку, де похвалив мене, але головне, там були слова, що я неодмінно маю займатися наукою. Так моє власне бажання, в якому я навіть собі боялася зізнатися, дістало підтвердження, і я була щаслива.

Зауважу, що для мого внутрішнього ціннісного самовизначення впродовж життя важливими були зустрічі з такими людьми, як Юрій Шевельов, Юрій Луцький і, як я вже говорила, Леонід Новиченко. Незважаючи на ідеологічні відмінності, кожен із них був прекрасним дослідником і надзвичайно оригінальною індивідуальністю. Їхня присутність у моєму житті запевнювала дуже важливу для мене річ — що наука є річчю моральною.

Що ж до наукових авторитетів і вчителів, то можу лише повторити за Франком, що завжди радо почуваю себе учнем. Мені приємно вчитися і зараз, я не боюся бути ученицею. Мене не так цікавлять джерелознавство, першодруки, текстологія, як інтерпретації. Я ціную текст

і завжди намагаюся зрозуміти його. Вірю в герменевтику, тобто в те, що існує певне «зчеплення» читача і тексту, і йому варто довіряти. Вірю також, що потужність і краса тексту залежать від того, як багато смислів він може породжувати. Я люблю відчитувати момент присутності, як називає це явище Ганс Ульріх Гумбрехт і на яке спроможний художній текст.

— *Тамаро Іванівно, розробка яких наукових проблем, написання яких праць принесли Вам найбільше задоволення?*

— Зізнаюся, що мені не цікаво ходити традиційними дорогами, і найважче для мене — говорити загальноприйнятні речі. Тому в певному сенсі усі мої книги є несподіваними, як тематично, так і за своїми підходами. Мабуть, ніхто інший окрім мене не міг би їх написати. Досить лише подивитися на назви книг — «Франко — не Каменяр», «Проявлення Слова», «Післячорнобильська бібліотека», «Кіч і література», «Транзитна культура», «Femina melancholica», щоб відчувати, що вони стоять осторонь традиційних в Україні назв та уявлень про літературу.

Я зрозуміла з часом особливу когнітивну силу метафори. Знаходження влучної метафори, яка проявляє і спрямовує думання, — уже означає формулювання нового знання. Тому для мене завжди важливо було знайти певні метафоричні назви, які б могли сконденсовано виражати зміст моїх досліджень, вести читача за собою. Бо книги мої — не просто аналіз певної тематики, а пропозиція цілого дискурсу, який іноді ще тільки окреслюється. У певному сенсі, я започатковувала, іноді цілком неусвідомлено, нові, досі неактуалізовані в нашому літературознавстві теми і напрями дослідження. Так сталося з проблематикою, пов'язаною з українським модернізмом. Пригадую, що коли я у 1989 р. виступила зі статтею на цю тему, сама формула «український модернізм» на той час просто не існувала. Я сформулювала її вперше після довгого періоду ігнорування цієї тематики в радянському літературознавстві, і з цієї статті розпочалося активне вивчення цього питання і у нас, і в діаспорі. Я зайнялася кічем, оскільки бачила, на відміну від традиційних



З Юрієм Шевельовим. Нью-Йорк.  
1997 р.

уявлень про кіч, його культурну потугу, а також усеприсутність його в сучасному світі — у мистецтві, спорті, політиці, релігії, дизайні.

Я також завжди мала відчуття відповідальності за час, у якому я живу, — як свідок, котрий схоплює смисли не застиглими, а в процесі їхнього становлення. Тож саме звідси, з мого свідчення й діалогу з часом, народилася моя «Післячорнобильська бібліотека» — дослідження про особливий постмодерністський період української літератури. Постмодернізм звинувачували і звинувачують в усіх сучасних гріхах, однак я і сьогодні впевнена, що він виявився тією амортизаційною подушкою, яка полегшила нам перехід від тоталітаризму до нової ситуації. Через постмодернізм з його карнавалом і грою ми прощалися з соцреалізмом і освоювали поле свободи, а також створювали нові словники і нові культурні рівні. Пізніше, в 2013 р. я назвала цей період «транзитною культурою» і почала говорити про симптоми постколоніальної травми, присутні в нашій соціокультурній свідомості на початку двадцять першого століття. І вже сьогодні поняття «травма», на жаль, стало чи не найпоширенішим у нашому житті. Для мене також важли-



Книжковий Арсенал: презентація книги «Транзитна культура». Київ. 2013 р.

во, що подібне мислення народилося разом із Чорнобилем, який був і лишається для мене точкою відліку нової глобальної ситуації — і епістемологічно, і політично. Як говорив Жан Бодріяр, після Чорнобиля Берлінська стіна вже більше не існувала. Я б сказала, що двадцять перше століття почалося з Чорнобиля.

**— Ви багато подорожуєте, активно спілкуєтеся із закордонними колегами. Що найбільше Вас вразило під час подорожей, що найбільш зацікавило в системах освіти і науки інших країн?**

— Я мала щастя стажуватися в різних університетах США, Німеччини, Австралії, Японії, викладала в Гарварді, Торонто, Грейфсвальді, брала участь у багатьох зарубіжних конференціях. Скажу, що десь на початку 1990-х я зрозуміла, що існувати відрубно від західної гуманітаристики просто не можна, якщо хочеш серйозно займатися наукою. Я почала вивчати англійську мову, дні і ночі проводила в бібліотеках, освоюючи нові напрями та методології. Переломним виявилось моє стажування в 1991 р. в університеті Монаша в Австралії. Я мала справжнє задоволення від того, що західний світ почав мені відкриватися; я стала його розуміти, відчувати актуальні теми, в деяких напрямках могла навіть передбачати нові тенденції. В певному сенсі, деякі з моїх книг — іноземці, вони писалися в Гарварді. Так, до речі, сталося, коли я в 2002 р. цілу книгу посвятила темі меланхолії і «мелан-

холійної жінки», досліджуючи творчість Ольги Кобилянської. Пізній Зигмунд Фрейд, тобто той Фрейд, який аналізував природу вже не минулого дев'ятнадцятого віку з його істерією та сексуальною сублимацією, а віку двадцятого, з досвідом революцій, першої світової війни, нацизму і тоталітаризму, особливу увагу приділив таким емоційним станам, як меланхолія і пост-травматична свідомість. Увесь досвід минулого століття і початок нинішнього підтверджують вагу його відкриттів. Як ми прощаємося з минулим, що таке втрата і скорбота, що значить пам'ятати і як травма впливає на наш людський світ, як відбувається гендерне самоусвідомлення, як переборюється сила імперій — усе це питання, пов'язані з розривом, скорботою і меланхолією. Цілі напрями сучасної гуманітаристики на Заході працюють сьогодні на цьому полі, і я щаслива, що розумію їх. Загалом, це особливо важливо — знати контексти сучасних пошуків, зокрема і зарубіжної гуманітаристики, щоб оцінити оригінальність власної концепції.

На жаль, доводиться часто працювати в порожнечі, оскільки українське літературознавство досі відрізане від західного, і ці контексти є непрочитаними. Велика біда нашого вітчизняного українознавства, що воно існує локально, провінційно, так би мовити. Мушу сказати, що, на моє переконання, ще й сьогодні є велика різниця між нашою вітчизняною гуманітаристикою і західною. І тут кілька причин. По-перше, освоєння західної методології відбувається поверхово і не системно; випадково, я б сказала. По-друге, багато науковців не володіють іноземними мовами і не читають регулярно те, що публікується на Заході. По-третє, у нас відбувається значне спрощення, а то й підміна теоретичних ідей та понять, запозичених із західних концепцій. По-четверте, наукове літературознавство в Україні часто підміняється публіцистикою, а то й журналістикою. Особливо страждає україністика. Тут усе ще панують стереотипи й ідеологічні лозунги.

**— Тамаро Іванівно, так чи інакше Ваші статті і монографії несуть у собі «переоцінку цінностей», тобто спробу нового по-**

**гляду на українську літературу. Чим би Ви самі пояснили такий свій «дух спротиву»?**

— Я б сказала, що «дух спротиву» народжується з відчуття свободи, яку я дуже ціную. Це означає передусім, що я намагаюся так повернути тему дослідження, щоб вона стала цікавою для мене особисто. Я також звертаю увагу на питання, які з погляду загальноприйнятого нібито і не викликають питань. Скажімо, я однією з перших, і не лише в Україні, почала говорити про переформулювання тези «європейський модернізм» на «європейські модернізми», звертаючи тим самим увагу на різорідність модерністських практик у літературах, включно з українською. До цього говорилося, навпаки, про «неповноцінність» модернізму в українській літературі, оскільки він інакший, аніж на Заході. Мене не влаштовувала загальноприйнята в Україні тенденція освячувати ідеологічним клеймом постать того чи іншого письменника типу «великий Кобзар», «великий Каменярь», і я написала книжку «Франко — не Каменярь», де показала багатоманітність і складність авторського індивідуального письма Івана Франка. Я також звернула увагу на ще одну, крім Кобзаря, маску Тараса Шевченка — Кобзаря Дармограя, яка є профанною й самоіронічною. Адже Шевченко не родився так званим «Кобзарем», а, як творча постать, свідомо обрав собі такий образ для символічної (культурної і поетичної) самоідентифікації. В літературі і культурі загалом не так багато самоочевидної, здавалося б, «органіки», як це наголошувалося в радянські часи, і значно більше «конструкцій» — естетичних, ідеологічних, культурних, які автори створюють для себе, і що головніше — для читачів.

Я також намагаюся ставити питання, які, на моє переконання, мають актуальне значення, тобто відповідають на запити часу. У цьому плані я виходжу поза традиційне поле літературознавства і ступаю на поле культурологічних та антропологічних студій. Скажімо, мене цікавить, як література омовляє так зване «неомовлене», тобто те, про що не можна сказати традиційним способом, і це стосується, скажімо, чорнобильської травми чи платонічного жі-



Презентація книг в офісі Фулбрайта. Київ. 2014 р.

ночого роману. Мене цікавить рецепція того ж Шевченка чи Гоголя в сучасній культурі, і я говорю про «поп-Шевченка» чи аналізую так звану «Гоголь-індустрію». Як говорила пророчиця Кассандра в Лесі Українки, просто «я бачу» по-інакшому і тому не піддаюся владі стереотипів. Адже писати про українську літературу можна і не з обов'язку чи задля пропаганди, а так, щоб було цікаво про неї знати і тим, хто не знає про неї нічого, але знає, скажімо, про американську, німецьку чи російську літературу. Мабуть, найбільшим визнанням для мене були ті моменти, коли люди, які вважали українську літературу здебільшого просто нецікавою або навіть примітивною, прочитавши мої книжки, підходили до мене і говорили, що я змінила їхнє уявлення про цю літературу.

Для мене вдумливе читання тексту, я б сказала, близьке читання стає передумовою дослідження. Власне з цього читання і народжується моє альтернативне мислення. Я не прагну проковувати, хоча свідомо того, що в сучасному світі саме провокація часто виступає двигуном знання і, звичайно ж, слави. Однак провокація ніколи не була для мене самоціллю.

На жаль, українське літературознавство нагломадило так багато стереотипів і кліше, що вони підмінили собою літературну практику, перетворили літературу на ікону, до якої зась

торкатися, і всяке неординарне мислення асоціюється з посяганням на «святині». Мій «дух спротиву» говорить навпаки, що українська література повинна позбутися табуєваних місць, що вона багатюща і надзвичайно цікава, треба лише зуміти про неї говорити. Думаю, необхідно написати нові дослідження про всіх українських класиків, причому такі книги мають бути різного стилю та рівня — і суто наукові, і популярні. Повинні б з'явитися різні історико-літературні нариси, так само призначені для різної аудиторії, з акцентами на цікавих фактах, подіях і текстах. Мій «дух спротиву» говорить також, що треба змінити програми викладання літератури в школі і перестати вчити дітей історії літератури, а натомість навчати їх читати і просто розуміти літературу. А загалом, я б назвала себе людиною пострадянською, правда, мене називали також «космополітом». На щастя, за «космополітизм» зараз не заарештовують. Мені тяжко уявити себе і в параметрах канонічного радянського літературознавства, і в параметрах ідеологічного націоналістичного дискурсу. Так що в певному сенсі я є продуктом української незалежності, яка уможливила і мою дослідницьку свободу.

**— Які напрями дослідження у сучасній філології Ви вважаєте пріоритетними для себе і для українського літературознавства в цілому?**

— Проблему українського літературознавства я бачу в тому, що, по-перше, у ньому розмиті критерії і не розділені між собою рівні і жанри публіцистичної статті, наукової розвідки, ідеологічної агітки, суб'єктивного фейлетону. Усе це загалом називається літературознавством. По-друге, існує свого роду клановість — читаються переважно «свої», ті, хто належить до певної локальної тусовки, причому такі тусовки легко охрещуються поважним словом «школа». По-третє, засвоєння модних західних імен і понять лишається переважно поверховим, відфільтрованим і часто спотвореним поганими перекладами та незнанням контекстів, у яких сформулювалися ці люди і поняття. І найголовніше, загальна інституційна організація гуманітарної

науки в Україні зовсім не сприяє впровадженню інноваційних напрямів та концепцій. Для цього, з одного боку, потрібні невеликі, програмно скеровані на дослідження тієї чи іншої проблеми групи та центри, де співробітники працювали б на контрактній основі. З другого боку, необхідна широка мережа грантів, яка б забезпечувала можливість повноцінно працювати над проектами, а не шукати заробітків. Зрештою, в Україні повинна повернутися цінність науки і науковця-експерта. Не торгівці і малі підприємці, а науковці мають стати передусім основою середнього класу.

Щодо напрямів, то, на мою думку, важливо усвідомити запит у сучасному світі до міждисциплінарних досліджень. Літературознавство на Заході давно вже стало складовою культурологічних студій — гендерних, постколоніальних, досліджень поп-культури, досліджень травми, пам'яті, пост-гуманізму і т.п. Це не означає, що вмирає філологія як така, однак вона трансформується, що не є безболісним. На жаль, у багатьох відношеннях українське літературознавство лишилося ще у XIX віці. З власного досвіду, як член Координаційної ради, яка затверджує теми кандидатських і докторських дисертацій з літературознавства, можу сказати, що лише кожна тридцята тема є оригінальною. Прикро говорити, але особливо на це страждають дослідження з української літератури. Що це означає? Очевидно, значне домінування стереотипів у цій галузі і надмір тих, хто претендує називатися науковцем.

Однак є і позитивні речі. Минулі два десятиліття ми спостерігали болісний generation gap між старшим поколінням науковців, сформованих ще за радянських часів і не завжди сприйнятливих до новітніх теорій і впливів, та молодим поколінням науковців, котре радо освоювало нові підходи, але ще не мало потрібних знань. З них на сьогодні вже склалося середнє покоління — покоління амбітних, посвячених і компетентних дослідників, які спроможні бути і керівниками тем, і керівниками інституцій. Я в них вірю.

*Розмову вели Л.С. Бербенець, О.Р. Омельчук, Л.М. Демська-Будзуляк, Н.І. Гаврилюк, О.П. Михед*



## 70-річчя академіка НАН України О.О. КРИШТАЛЯ

Всесвітньовідомий вчений у галузі нейрофізіології та біофізики, лауреат Державних премій у галузі науки і техніки СРСР та України, премій НАН України ім. О.О. Богомольця та ім. П.Г. Костюка, член-кореспондент РАН, академік НАН України **Олег Олександрович Кришталь** народився 5 липня 1945 р. у Києві. У 1968 р. закінчив Київський державний університет ім. Т.Г. Шевченка. З 1967 р. працює, а нині очолює Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України.

Основним напрямом наукової діяльності О.О. Криштalia є вивчення механізмів іонної проникності клітинної мембрани, функціонування іонних каналів, локалізованих на мембрані нервових клітин. Під його керівництвом проводяться дослідження фізико-хімічних і фармакологічних властивостей іонних каналів клітинних мембран із застосуванням новітніх біофізичних методів. У 70-х роках О.О. Кришталь зі співавторами зробив справжній прорив у розумінні функціонування нервової клітини: за допомогою внутрішньоклітинного діалізу вперше у світі було здійснено заміну цитоплазми нервової клітини штучним середовищем. Це дозволило розшифрувати механізми електричної збудливості нервових клітин. У 80-х роках Олег Олександрович зробив відкриття, які увійшли до світової наукової спадщини: виявив два нових рецептори в нервових клітинах — протон- та АТФ-чутливі рецептори, які є надзвичайно важливими для функціонування нервової системи. Роботи О.О. Криштalia в останні роки присвячені вивченню механізмів виникнення болю і виявленню речовин — селективних блокаторів рецепторів, задіяних у проведенні больових сигналів. Результати цих досліджень мають неоціненне значення для життя та повноцінної діяльності людини.

О.О. Кришталь є одним із найцитованіших і найавторитетніших українських учених. Він входить до складу редколегій міжнародних журналів *Neuroscience*, *Autonomic Neuroscience*, *Frontiers in Neuroscience*, керівних органів Європейської академії наук, Всесвітньої організації з вивчення мозку та Федерації європейських товариств нейронаук; активно займається громадською та просвітницькою діяльністю, очолює Українське товариство нейронаук, Українське фізіологічне товариство, Український науковий клуб; був організатором першої в Україні ключової лабораторії.



## 70-річчя члена-кореспондента НАН України Ю.Г. ЛИСЕНКА

---

Відомий учений-економіст, доктор економічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент НАН України **Юрій Григорович Лисенко** народився 20 липня 1945 р. в м. Краснодон Луганської області. У 1968 р. закінчив Харківський інститут радіоелектроніки. З 1972 р. працює в Донецькому національному університеті, де пройшов шлях від асистента до професора, завідувача кафедри. З 2004 р. він очолює Науково-дослідний інститут проблем економічної динаміки, з 2009 р. — Навчально-науковий інститут «Економічна кібернетика» Донецького національного університету.

Ю.Г. Лисенко — автор понад 270 наукових праць у галузі економічної кібернетики, застосування економіко-математичних методів та інформаційних технологій в управлінні економічними системами трансформаційного періоду. Серед них варто відзначити монографії «*Стратегія формування інвестиційної привлекательності металургічних підприємств України*», «Бюджетування в економічних системах», «Система управління державними фінансами галузевого міністерства», «*Методи моделювання життєспособних систем в економіці*». Юрій Григорович започаткував видання серії монографій «Життєздатні системи в економіці».

Він є головою Донецького відділення Академії технологічних наук України, віце-президентом Всеукраїнської громадської організації «Українська асоціація економічної кібернетики», членом президії Науково-методичної комісії з економіки і підприємництва МОН України і головою підкомісії «Економічна кібернетика»; редактором міжнародного наукового журналу «Економічна кібернетика» та збірників наукових статей «Нове в економічній кібернетиці» і «Моделі управління в ринковій економіці».

Ю.Г. Лисенка нагороджено орденом «За заслуги» III ступеня, відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни», дипломом I ступеня і грамотою МОН України, знаками «Відмінник освіти України» та «Петро Могила».



## ДАНІ ДНК-ДОСЛІДЖЕНЬ ВИСВІТЛЮЮТЬ ТАЄМНИЦІ БРОНЗОВОЇ ДОБИ

*У дослідженні, опублікованому в червні 2015 р. в журналі Nature, на основі великомасштабного дослідження ДНК давніх людей учені отримали нові дані щодо шляхів міграції населення на Євразійському континенті, внаслідок яких сформувалися основні складові сучасної демографічної структури Європи та Азії. З'ясувалося, що з генетичної точки зору сучасні європейці набагато ближчі до прибульців початку бронзової доби, ніж до людей, які жили там у енеоліті.*

Бронзова доба прийшла у Європу та Азію приблизно на рубежі 3000 р. до н.е. Це був період докорінних культурних змін, що супроводжувалися поширенням металевих інструментів, зброї, ювелірних виробів і охоплювали території, які простягаються від Сибіру до Скандинавії. Однак учені й досі не дійшли єдиної думки з приводу того, чи були ці зміни результатом циркуляції потужних технологічних ідей, чи наслідком міграцій кочових племен. Два великих дослідження з вивчення ДНК давніх людей бронзового віку і залізної доби виявили дані, що свідчать на користь міграційних причин культурних перетворень. Кочівники-скотарі зі степів сучасної України та Росії принесли із собою культурні та технологічні традиції, а можливо, й мови, і залишили міцний відбиток на геномі європейців та азіатів.

У дослідженнях, опублікованих 11 червня 2015 р. в журналі Nature (Nature. 2015. 522: 140. doi: 10.1038/522140a), дві команди генетиків проаналізували ДНК від 170 індивідів, які жили в ключових археологічних точках Європи та Азії в період від 5000 до 3000 років тому. Обидві групи дослідників отримали цілком переконливі докази того, що хвиля кочівників-скотарів, представників так званої *ямної культури*, прокотилася від Понтійського-Каспійського регіону — обширної степової зони, що тягнеться від північних берегів Чорного моря на схід до Каспійського моря, по території Європи десь 5000—4800 років тому. Імовірно, вони принесли з собою таємничу протоіндоєвропейську мову предків, з якої вийшли всі нині відомі 400 індоєвропейських мов. На території Центральної і Північної



Череп носія ямної культури.  
Фото: Natalia Shishlina

Європи ці племена скотарів, схрестившись із місцевими землеробами, утворили *культуру бойових сокир*, або, як частіше її іменують, *культуру шнурової кераміки*, названої так за характерними відбитками на керамічних виробках у вигляді крученого шнура. «Носії ямної культури принесли в Європу вміння виплавляти бронзу, нові мови, нові форми сім'ї, нову релігію і ритуали поховання. З їх приходом почали виникати перші міста. Це була високотехнологічна культура. Можливо, вони також принесли гени, що відповідають за карі очі, білу шкіру і високий зріст», — розповідає один з авторів дослідження, еволюційний біолог з Університету Копенгагена професор Еске Віллерслев (Eske Willerslev).

Крім того, було встановлено, що носії ямної культури попрямували також на схід від своєї батьківщини в степах Євразії, прокладаючи шляхи до Алтайських гір і Сибіру, де вони витіснили місцевих мисливців-збирачів. Це означає, що ця своєрідна культура скотарів, які користувалися возами з колесами, запряженими биками, і чий воїни скакали на конях, переважала в Євразії на просторах від Північно-Центральної Європи до Центрального Сибіру і Північної Монголії. Їхні сліди зберігаються там аж до початку нашої ери. «Тепер ми бачимо, що ямна культура поширювалася не лише на північ, до Європи, а й на схід, перетинаючи Урал, шляхами через Центральну Азію, Алтай, займаючи території між Монголією, Китаєм і Сибіром», — говорить Еске Віллерслев.

Археологи вже давно помітили зв'язок між ямною культурою степових жителів і людьми бронзового віку на сході, які жили в Мінусинській улоговині і на Алтаї від 5500 до 4500 років тому. Ці східні культури, як наприклад афанасіївська, саме так, як і степовий народ, ховали своїх одноплемінників у зігнутому, скорченому положенні, покривали їх червоною вохрою, насипали над похованнями кургани. Тепер ці спостереження отримали генетичне підтвердження. «Проте на відміну від Європи, де носії ямної культури схрещувалися з місцевими жителями, на сході ямники повністю замінили

місцевих мисливців-збирачів, можливо, тому, що ця область була дуже малонаселеною», — зазначає Е. Віллерслев.

Пізніше, приблизно 4000 років тому, на території Кавказу та в зоні північного степу Південного Зауралля і Південного Уралу ямників змінили представники *синташтинської культури*. Притаманні цій культурі нові види озброєння і колісниці швидко поширилися й на території Європи. Близько 3800 років тому землі на схід від Уралу і майже всю Середню Азію колонізували племена *андронівської культури*, які, на думку авторів статті, мали ДНК європейського походження. Нарешті, вже наприкінці бронзової доби в Центральну Азію прийшли народи зі східної частини континенту, і європейські гени в цьому регіоні зникли.

Крім того, раніше популярною була думка, що гени переносимості лактози, які дають змогу дорослим вживати молоко тварин, поширилися на Балканах і на Близькому Сході у зв'язку з розвитком землеробства ще в кам'яну добу. Нові результати, отримані при аналізі ДНК, показали, що всупереч очікуванням толерантність до лактози почала проявлятися у європейців набагато пізніше. Усього 2000 років тому, в кінці бронзового віку ген переносимості лактози був ще рідкісним серед європейців і азіатів.

Нарешті, масові міграції ямників раннього періоду бронзової доби є можливим сценарієм поширення в Європі індоєвропейських мов, у тому числі слов'янських, відповідно до деяких археологічних, історичних та лінгвістичних даних. Результати проведеного дослідження підкріплюють цю теорію і свідчать проти альтернативної гіпотези про розповсюдження індоєвропейських мов землеробами Близького Сходу.

За матеріалами *Science News*  
підготувала О.О. МЕЛЕЖИК

Джерела:

<http://www.nature.com/news/1.17723>

<http://news.sciencemag.org/archaeology/2015/06/nomadic-herders-left-strong-genetic-mark-europeans-and-asians>

# CONTENTS

## INTERVIEW

Absence of scientific justification — a problem in the Ukrainian legislative process (*interview with Academician of NAS of Ukraine Yu.S. Shemshuchenko*) ..... 3

## OFFICIAL SECTION

From the Conference Hall of Presidium of NAS of Ukraine (May 13, 2015) ..... 8

## SCIENTIFIC REPORTS

**Heyets V.M.** «Innovational Ukraine — 2020»: summary of the national report (*information from scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine, May 13, 2015*) ..... 14

**Snezhkin Yu.F.** Energy-saving heat pump technology for heat supply system of housing and communal services and industry (*according to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, May 13, 2015*) ..... 23

## ARTICLES AND REVIEWS

**Dubyna D.V., Kordyum E.L.** Ontogenesis plasticity of vascular plants: molecular, cellular, population and cenotic aspects ..... 32

**Chekman I.S., Gorchakova N.A., Raslin K.B.** Nanocarbon: pharmacological and toxicological properties ..... 41

**Gorobets O.Yu.** Biomagnetism and biogenic magnetic nanoparticles ..... 53

## INTERNATIONAL COOPERATION

**Rudenko L.G., Marunyak Eu.O., Lisovskyi S.A., Golubtsov O.G., Chekhniy V.M., Farion Yu.M.** European innovative projects in Ukraine ..... 65

## SCIENTIFIC FORUMS

**Radchenko A.I.** Scientific periodicals: tradition and innovation (*V Scientific Conference*) ..... 75

## SCIENTOMETRICS AND PUBLISHING

**Pashchenko V.M.** Terminology differences of object-essential and subject-knowledge verbal scientific sublanguages. .... 79

## BOOK REVIEWS

**Stepovyk D.V.** The mysterious world of Ukrainian engravings (*book review of “Copper engraving boards of Ukrainian printeries of XVII-XIX centuries in the collections of the Vernadsky National Library of Ukraine”*) ..... 87

## SCIENTIFIC HERITAGE

**Tanshyna A.V.** “You have good news” (*to the 90<sup>th</sup> anniversary of Academician of NAS of Ukraine D.V. Volkov*) ..... 95

## PEOPLE OF SCIENCE

**Kuntsevich V.M., Krivonos Yu.G.** All our life is a dynamic game (*to the 70<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine A.A. Chikrii*) ..... 101

There is no other place where my work and my hobby could meet and merge so closely... (*to the 60<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine T.I. Gundorova*) ..... 105

## CONGRATULATIONS

70<sup>th</sup> anniversary of Academician of NAS of Ukraine O.O. Kryshtal ..... 111

70<sup>th</sup> anniversary of Corresponding Member of NAS of Ukraine Yu.G. Lysenko ..... 112

## SCIENCE NEWS

DNA research data reveal secrets of the Bronze Age ..... 113

**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 23.06.2015. Формат 84 × 108/16. Гарн. Петербург.  
Ум. друк. арк 11,97. Обл.-вид. арк. 12,57. Тираж 289 прим. Зам. 4262.

---

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