

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.М. ГЕЄЦЬ
В.В. ГОНЧАРУК
М.Г. ЖУЛИНСЬКИЙ
А.Г. ЗАГОРОДНІЙ
С.В. КОМІСАРЕНКО
Е.М. ЛІБАНОВА
В.М. ЛОКТЄВ
В.В. МОРГУН
А.Г. НАУМОВЕЦЬ
І.М. НЕКЛЮДОВ
О.С. ОНИЩЕНКО
В.Д. ПОХОДЕНКО
І.К. ПОХОДНЯ
А.М. САМОЙЛЕНКО
Б.С. СТОГНІЙ
В.М. ШЕСТОПАЛОВ

7
2014

ЗМІСТ

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (7 травня 2014 р.) 3

Із зали засідань Президії НАН України (21 травня 2014 р.) 9

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

Стрижак П.Є. Сучасні проблеми нанокаталізу (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 21 травня 2014 р.) 16

НАУКА І СУСПІЛЬСТВО

Палагин А.В. Трансдисциплінарність, інформатика і розвиток сучасної цивілізації 25

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

Мокієнко А.В. Біоплівки шпитальних екосистем: від антагонізму до синергізму 34

Чекман І.С., Сімонов П.В. Гігантський магнетопір: природа явища, історія відкриття, застосування в біології та медицині 45

Нагорний В.П., Денисюк І.І. Інтенсифікація спорудження підземних сховищ у відкладах кам'яної солі 54

НАУКОВІ ФОРУМИ

Чисті вугільні технології — шлях до енергетичної незалежності України (семинар-звіт за проектом «Демонстрація, ознайомлення та застосування в Україні чистих вугільних техноло-

гій та технологій уловлювання та складування вуглецю») 60

РЕГІОНАЛЬНІ НАУКОВІ ЦЕНТРИ

Хуторной А.М., Хуторной С.А. От Калуща до Одесси — екологічна проблема довжиною в Дністр 65

МОЛОДІ ВЧЕНІ

Саприкіна М.М. Водопровідна вода — нова загроза здоров'ю людей (за матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 7 травня 2014 р.) 70

ЛЮДИ НАУКИ

Онницько О.С., Шемшученко Ю.С., Нагребельний В.П. Видатний український учений-правознавець та організатор академічної юридичної науки (до 100-річчя від дня народження академіка НАН України Б.М. Бабія) 76

ВІТАЄМО

80-річчя академіка НАН України В.В. Скорохода 83

80-річчя члена-кореспондента НАН України Л.В. Новицької-Усенко 84

60-річчя члена-кореспондента НАН України С.О. Довгого 85

60-річчя члена-кореспондента НАН України М.А. Якимчука 86

НОВИНИ НАУКИ

Про премію Кавлі і гравітаційні хвилі 87

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

- *Електрофізичні проблеми створення сучасних кабелів енергетичного призначення (доповідач — член-кореспондент НАН України А.А. Щерба)*
- *Наукові повідомлення молодих учених НАН України (доповідачі — кандидат технічних наук М.М. Саприкіна, кандидат біологічних наук О.С. Олійник, кандидат технічних наук В.С. Грінченко)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — член-кореспондент НАН України В.Л. Богданов)*
- *Кадрові та поточні питання*

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАнь ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

7 травня 2014 року

На засіданні Президії НАН України 7 травня 2014 р. члени Президії НАН України та запрошені заслухали наукову доповідь завідувача відділу Інституту електродинаміки НАН України члена-кореспондента НАН України **Анатолія Андрійовича Щерби «Електрофізичні проблеми створення сучасних кабелів енергетичного призначення»**, у якій йшлося про те, що Україна сьогодні є однією з небагатьох країн світу, яка має повний цикл розроблення й виробництва сучасної кабельної продукції на всі класи напруг до 330 кВ. Це стало можливим завдяки впровадженню наукових розробок установ НАН України.

Сьогодні використання силових кабелів зі зшитою поліетиленовою (ЗПЕ) ізоляцією в системах електропостачання є світовою тенденцією підвищення їх надійності, безпеки та екологічності. В Україні більшість прокладених кабелів мають паперово-масляну ізоляцію, причому 70% з них уже вичерпали свій ресурс. Заміна їх на кабелі із ЗПЕ ізоляцією дасть змогу збільшити на 30% пропускну спроможність ЛЕП, у кілька разів підвищити їх надійність, а також істотно зменшити витрати на обслуговування. Разом з тим ЗПЕ ізоляція має властивість деградувати в неоднорідних електричних полях, особливо за наявності вологи, причому її експлуатаційні параметри нелінійно залежать від електричних характеристик.

Основна електрофізична проблема створення сучасних кабелів енергетичного призначення та підвищення їхньої пропускну спроможності і надійності полягає у виявленні закономірностей підсилення змінного електричного поля через мікродефекти ізоляції та аналізі механізмів деградації ізоляції у процесі виготовлення, діагностики й експлуатації.

Співробітники Інституту електродинаміки НАН України обґрунтували нові методи і підходи до створення перших в СНД технологічних ліній промислового виробництва кабелів з сучасною ізоляцією для передавання потужностей у сотні й тисячі мегавольт-ампер. Учені НАН України виявили нове елек-



Виступ члена-кореспондента НАН України
Анатолія Андрійовича Щербі

трофізичне явище — виникнення порогових електрофізичних процесів за набагато меншої від порогових значень усередненої напруги, яке спричинене сукупною дією близько розташованих провідних нано- і мікрodefектів. На основі цього явища було сформульовано нові вимоги до технологій структурної модифікації та екструзійного нанесення ЗПЕ ізоляції на металеву жилу кабелів. Зокрема, розроблено нові критерії якості ЗПЕ ізоляції кабелів і технологій її виготовлення з урахуванням розмірів і конфігурації включень та сукупностей близько розташованих малорозмірних включень. Визначено оптимальні режими одночасного нанесення на металеву жилу кабелів трьох шарів поліетиленової ізоляції та їх зміцнення у вулканізаційній камері похилого типу. Новизна критеріїв полягає в недопущенні великих скупчень близько розташованих мікро- та нанodefектів, які мають розміри, набагато менші від допустимих.

Отримані результати впроваджено на заводі «Південкабель» (Харків) — створено технологічні лінії промислового виробництва сучасних кабелів із ЗПЕ ізоляцією на середні, високі та надвисокі напруги. Потужностей цих промислових ліній вистачає для забезпечення потреб усіх галузей промисловості України в сучасних кабелях світового рівня на різні класи напруг до 330 кВ.

Інститут електродинаміки НАН України, Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» і завод «Південкабель» отримали також вагомі наукові та практичні результати зі створення пожежо-безпечних електричних кабелів. Зокрема, розроблено методи визначення оптимальної пропускної здатності таких кабелів з урахуванням збурень електричних і механічних напружень в їх оболонках у разі підвищення зовнішньої температури, а також конструкції кабелів, які не підтримують горіння і не мають шкідливого димогазовиділення при пожежах. У 2013 р. на заводі «Південкабель» виготовлено понад 6,6 тис. км цієї імпортозамінної пожегобезпечної кабельно-провідникової продукції.

Застосування таких кабелів важливе для підвищення стійкості систем електропостачання висотних та підземних будівель. Водночас в Україні досі не вирішено проблему освоєння виробництва вогнестійких багатожильних кабелів, які тривалий час (до 3 годин) можуть витримувати температури відкритого вогню (750 °С і більше), що необхідно для забезпечення електроживлення систем, відповідальних за вимкнення блоків атомних електростанцій, евакуації людей з підземних і висотних будівель. Актуальним є також створення і впровадження спеціалізованих силових і сигнальних кабелів з підвищеною волого- та радіаційною стійкістю для гермозон атомних електростанцій України. Нині кабелі АЕС України не мають поздовжнього вологого блокування, що зменшує їх стійкість до аварійних ситуацій.

У виступах академіка НАН України Б.Є. Патона, заступника генерального директора ПАТ «Завод «Південкабель» кандидата економічних наук В.П. Карпушенка, завідувача відділу магнітної гідродинаміки Фізико-технологічного інституту металів і сплавів НАН України академіка НАН України В.І. Дубоделова, віцепрезидента НАН України академіка НАН України А.Г. Наумовця було зазначено, що саме за участю фахівців Інституту електродинаміки НАН України на харківському заводі «Південкабель» створено перші в СНД технологічні лінії промислового виробництва кабелів із сучасною ізоляцією, розрахованих на напругу до

330 кВ. Причому такі кабелі користуються попитом не лише в Україні, а й за кордоном. Наголошувалося на необхідності забезпечення наукового супроводу виробництва вогнестійких багатожилних кабелів для пожежонебезпечних об'єктів, зокрема для АЕС України.

Президія НАН України підкреслила, що Національна академія наук України має висококваліфікованих фахівців і сучасні наукові напрацювання в цій галузі, і доручила установам Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України надавати всебічну допомогу організаціям, що випускають цю унікальну наукомістку продукцію.

* * *

Далі учасники засідання заслухали наукові повідомлення молодих учених установ НАН України.

Виступ старшого наукового співробітника Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України кандидата технічних наук **Марії Миколаївни Саприкіної** «**Водопровідна вода — нова загроза здоров'ю людей**» було присвячено виявленню та очищенню води від мікроміцетів за допомогою розробленої ефективної технології їх вилучення. Уперше в Україні проведено комплексний аналіз води з джерел водопостачання та водорозподільної мережі, за результатами якого виділено типових представників мікроскопічних грибів, серед яких переважали роди *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* та ін.

Розроблений уперше метод виявлення мікроміцетів у воді дає можливість проводити повний мікологічний аналіз проб води. Запропоновані методичні рекомендації затверджено МОЗ України. На сьогодні вже підготовлено і затверджено державний стандарт України «Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді». Проведено оцінювання ефективності різних етапів очищення води щодо видалення мікроміцетів на станції водопідготовки на прикладі ДВС м. Кременчук. Встановлено причину наявності мікроміцетів у водопровідній воді, що надходить до споживача.



Виступ кандидата технічних наук М.М. Саприкіної

Оцінено ефективність знезаражування води від мікроміцетів широкоспорованими методами: хлоруванням, озонуванням, УФ-випромінюванням. Встановлено ефективні дози УФ-випромінювання для різних видів мікроскопічних грибів. Вивчено вилучення мікроміцетів з води при фільтруванні її крізь зернисті завантаження (активоване вугілля, пісок). Досліджено ефективність коагуляційного очищення води з використанням флокулянтів, що мають антимікробні властивості. Визначено раціональні параметри процесу. Запропоновано технологічну схему очищення води від мікроміцетів, яка включає електрокоагуляційне оброблення води у вдосконаленій комірці та фільтрування води крізь шар гранульованого силікату алюмінію (фільтр-АГ), дає можливість видаляти з води мікроскопічні гриби й може бути рекомендована для практичного використання.

У науковому повідомленні старшого наукового співробітника Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України кандидата біологічних наук **Олени Сергіївни Олійник** «**Рекомбінантні антитіла для фундаментальних і прикладних досліджень**» йшлося про перспективний напрям у сфері біотехнології антитіл — технологію рекомбінантних scFv-антитіл.

ScFv — це рекомбінантні антитіла, що відповідають антиген-зв'язувальному фрагмен-



Виступ кандидата біологічних наук О.С. Олійник

ту імуноглобуліну. Вони здатні специфічно зв'язуватися з цільовим антигеном, невеликі за розмірами, менш імуногенні, ніж повнорозмірні імуноглобуліни, їх можна одержувати в різних системах експресії, вони є моноклональними. Отже, scFv-антитіла є важливим інструментом досліджень і перспективним кандидатом на роль компонентів діагностикумів і терапевтичних препаратів.

Запропонована робота охоплює узагальнені результати досліджень з отримання і практичного застосування рекомбінантних scFv-антитіл людини та миші. Створено першу і єдину на сьогодні в Україні бібліотеку рекомбінантних scFv-антитіл людини, яка містить понад мільярд клонів — продуцентів рекомбінантних антитіл різної специфічності і є як джерелом для одержання рекомбінантних антитіл людини до необхідних антигенів, так і моделлю для вивчення особливостей формування репертуару антитіл під час імунної відповіді. З бібліотеки scFv-антитіл людини було виділено клони — продуценти антитіл до антигену збудника туберкульозу МРТ63, нікотинового ацетилхолінового рецептора альфа7-підтипу та рецептор-зв'язувальної субодиниці В дифтерійного токсину. Одержані рекомбінантні антитіла є важливими молекулярними зондами для дослідження біологічних функцій цих білків. Аналіз властивостей отриманих антитіл людини до нікотинового ацетилхоліно-

вого рецептора альфа7-підтипу та мікобактеріального білка МРТ63 дає змогу зробити важливі узагальнення щодо особливостей формування гуморальної відповіді до цих антигенів. Одержані антитіла до дифтерійного токсину демонстрували здатність пригнічувати зв'язування токсину з клітинами-мішенями, тобто мали антитоксичні властивості.

Отримано також scFv-антитіла миші, специфічні до гепарин-зв'язувального EGF-подібного фактора росту (НВ-EGF) — перспективної мішені для адресної доставки ліків. Отримані scFv-антитіла було використано для розроблення НВ-EGF-специфічних імуноліпосом, які можна застосовувати в терапії широкого спектра пухлин, на яких представлено мембранний НВ-EGF.

Крім того, було отримано scFv проти карбокситермінальної ділянки легкого ланцюга протеїну С — основного фізіологічного антикоагулянту системи зсідання крові людини. Показано, що ці scFv можна використовувати для визначення протеїну С в імуноензимному аналізі та імуноблотингу. Відібрані scFv в подальшому можна застосовувати для досліджень протеїну С та розроблення тест-системи для його кількісного визначення.

Отже, в результаті проведених досліджень було отримано рекомбінантні scFv-антитіла до низки важливих антигенів, які використовують як для дослідження цих антигенів, так і для розроблення діагностикумів і терапевтичних препаратів на їх основі.

Потім члени Президії НАН України заслухали наукове повідомлення молодшого наукового співробітника Державної установи «Інститут технічних проблем магнетизму НАН України» кандидата технічних наук **Володимира Сергійовича Грінченка «Підвищення ефективності екранування техногенного магнітного поля високовольтних кабельних ліній»**. Як відомо, магнітне поле промислової частоти є негативним техногенним фактором для навколишнього середовища. Одним із його джерел є лінії електропередачі (ЛЕП). В Україні в зоні житлової забудови довжина високовольтних повітряних ЛЕП становить тисячі кілометрів.

Як свідчать медико-статистичні дослідження, магнітне поле промислової частоти, створюване ЛЕП, може негативно впливати на здоров'я людей. У зв'язку з цим у більшості країн світу поступово запроваджують дедалі жорсткіші санітарні норми щодо гранично допустимого рівня магнітної індукції низькочастотного поля. Так, нові санітарні нормативи України передбачають у зоні житлової забудови обмеження магнітної індукції поля частотою 50 Гц рівнем 10 мкТл.

На сьогодні найперспективнішим засобом передавання електричної енергії в житлових зонах є підземні високовольтні кабелі з ізоляцією зі зшитого поліетилену. Кабелі, на відміну від традиційних повітряних ЛЕП, не потребують відчуження значних земельних ділянок, вартість яких постійно зростає. Проте розрахунки свідчать, що на поверхні землі над кабельною лінією на ділянці завширшки понад 4 м величина магнітної індукції поля промислової частоти перевищує гранично допустимий санітарний рівень, що спричинює необхідність вжиття заходів щодо її зменшення. Одним із найпоширеніших методів зниження рівня змінного магнітного поля є використання електромагнітних екранів. Як правило, такі екрани виробляють з алюмінію, який має високу електропровідність за відносно невеликої вартості. Однак забезпечення необхідного рівня ефективності екранування завдяки збільшенню товщини екрана призводить до значної витрати металу. Тому метою дослідження було підвищення ефективності екранування магнітних полів підземних кабельних ЛЕП шляхом оптимізації конструкції електромагнітного екрана без збільшення його металомісткості.

Ідея полягає у зниженні рівня магнітних полів трифазних кабельних ЛЕП за допомогою електромагнітного екрана, який складається з двох електропровідних елементів, розташованих певним чином між кабельною ЛЕП і зоною, яка екранується. Запропоновано математичну модель, яка дає змогу ефективно досліджувати процес електромагнітного екранування при використанні екранів з кількома електропровідними елементами, і на її основі



Виступ кандидата технічних наук В.С. Грінченка

оптимізовано конструкцію електромагнітного екрана. Розроблено рекомендації щодо конструктивного виконання екрана підвищеної ефективності для підземних кабельних ЛЕП.

Підвищення ефективності екранування без збільшення сумарної металомісткості екрануючих елементів було підтверджено даними експериментальних досліджень. У результаті запропоновано нову конструкцію екрана, що складається з двох електропровідних U-подібних елементів, ефективність екранування якого на 20 % перевищує ефективність екранування магнітних полів трифазної кабельної ЛЕП екранами відомих конфігурацій еквівалентного об'єму.

В обговоренні наукових повідомлень взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, директор Головної астрономічної обсерваторії НАН України академік НАН України Я.С. Яцків, академік-секретар Відділення хімії НАН України, директор Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України академік НАН України В.В. Гончарук, академік-секретар Відділення біохімії, фізіології та молекулярної біології НАН України, директор Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України академік НАН України С.В. Комісаренко, директор Державної установи «Інститут технічних проблем магнетизму НАН України» член-кореспондент НАН України В.Ю. Розов, президент Національної академії

медичних наук України академік НАМН України А.М. Сердюк.

Згідно з Порядком конкурсного відбору молодих учених НАН України для виступів на засіданнях Президії НАН України та надання цільового фінансування з метою підтримки їх наукових досліджень, було прийнято рішення схвалити заслухані результати наукових досліджень і врахувати їх при підготовці проекту постанови Президії НАН України «Про відкриття у 2015 році додаткових відомчих тем для молодих учених-доповідачів», передбачивши додаткові кошти на ці теми.

* * *

Далі Президія НАН України заслухала інформацію про внесення змін до додатку до постанови Президії НАН України від 13.05.2009 № 141 «Про розподіл обов'язків між членами Президії Національної академії наук України»; ухвалила постанову стосовно заяви академіка НАН України М.В. Новікова; затвердила план з реалізації завдань і заходів Концепції розвитку НАН України на 2014–2023 роки.

* * *

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

Призначено:

- академіка НАН України **Новікова Миколу Васильовича** почесним директором Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України;
- члена-кореспондента НАН України **Туркевича Володимира Зіновійовича** виконувачем обов'язків директора Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України.

Затверджено:

- кандидата технічних наук **Мацелло Вячеслава Васильовича** на посаді завідувача відділу розпізнавання образів Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України і МОН України;
- кандидата біологічних наук **Анісімову Ларису Борисівну** на посаді вченого секретаря Інституту проблем природокористування та екології НАН України.

Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:

- провідного наукового співробітника Інституту скінтіляційних матеріалів НАН України доктора

фізико-математичних наук, професора **Лисецького Лонгіна Миколайовича** за багатолітню наукову і педагогічну працю, вагомі професійні здобутки та особистий внесок у розроблення і створення новітніх органічних функціональних матеріалів.

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

- начальника лабораторії Національного науково-го центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Фінкеля Віталія Олександровича** за багатолітню плідну працю вченого і педагога, вагомі творчі здобутки в дослідженнях фізики та матеріалознавства надпровідників і магнітних матеріалів;

- завідувача відділу Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України доктора хімічних наук, професора **Ільїна Володимира Георгійовича** за багатолітню плідну наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомі творчі здобутки в галузі фізичної хімії;

- заступника директора з наукової роботи Інституту історії України НАН України члена-кореспондента НАН України **Решета Олександра Петровича** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю, вагомий особистий внесок у розвиток історичної науки та підготовку висококваліфікованих наукових кадрів;

- працівників Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України — старшого наукового співробітника, доктора юридичних наук, професора **Батанова Олександра Васильовича**; завідувача відділу, доктора політичних наук **Кресіну Ірину Олексіївну**; старшого наукового співробітника, кандидата юридичних наук **Музику Ірину Володимирівну**; завідувача відділу, доктора юридичних наук, професора **Оніщенко Наталію Миколаївну**; провідного наукового співробітника, доктора юридичних наук, професора **Скрипнюка Олександра Васильовича** — за багатолітню плідну працю, вагомі професійні здобутки та значний особистий внесок у розвиток юридичної науки.

Подякою НАН України відзначено:

- працівників Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України — старшого наукового співробітника, кандидата філософських наук **Антонова Володимира Олександровича**; старшого наукового співробітника, кандидата юридичних наук **Венецьку Марину Віталіївну**; головного бухгалтера **Романюк Валентину Володимирівну** — за багатолітню плідну працю, вагомі професійні здобутки та значний особистий внесок у розвиток юридичної науки.

За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК

- *Сучасні проблеми нанокаталізу (доповідач — член-кореспондент НАН України П.Є. Стрижак)*
- *Про наукову та науково-організаційну діяльність Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України за 2009—2013 рр. (доповідач — академік НАН України В.В. Гончарук)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — член-кореспондент НАН України В.Л. Богданов)*
- *Кадрові та поточні питання*

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

21 травня 2014 року

На засіданні Президії НАН України 21 травня 2014 р. члени Президії НАН України та запрошені заслухали доповідь завідувача відділу гетерогенно-каталітичних синтезів на основі одновуглецевих молекул Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України члена-кореспондента НАН України **Петра Євгеновича Стрижака** на тему «Сучасні проблеми нанокаталізу» (див. с. 16).

Нанокаталіз є одним із нових актуальних напрямів фізичної хімії, який стрімко розвивається і охоплює широке коло сучасних хімічних процесів, дослідження яких було започатковано вперше у світі в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. Основні напрями робіт у галузі нанокаталізу пов'язані зі створенням нових активних і високоселективних каталізаторів та енерго- і ресурсощадних технологій продукуючого та екологічного каталізу. Результати великого циклу фундаментальних досліджень, проведених в Інституті, свідчать, що поставленої мети можна досягти завдяки цілеспрямованому регулюванню електронної структури наноконструкцій каталізатора, їх розміру, форми, просторової архітектури та складу поверхні, а також термічної і хімічної стабільності. Однак залишається ще багато нез'ясованих проблем, серед яких, зокрема, питання щодо причин прояву квантоворозмірного ефекту в гетерогенному каталізі. Сформульовані гіпотези щодо пояснення цього ефекту потребують детального вивчення, і такі роботи на рівні найкращих закордонних наукових центрів здійснюють в Інституті з використанням теоретичних та експериментальних методів дослідження властивостей каталізаторів на нано- і молекулярному рівні та найсучасніших досягнень нанотехнологій.

З метою розв'язання низки першорядних проблем нанокаталізу в Інституті розвинуто наукові підходи щодо створення нових гетерогенно-каталітичних процесів і каталізаторів на



Доповідь члена-кореспондента НАН України
Петра Євгеновича Стрижака

основі сучасних наноматеріалів, зокрема наночастинок перехідних і благородних металів, різноманітних оксидних систем, нанопористих матеріалів, графенів, вуглецевих нанотрубок тощо. Уперше показано, що не лише метали, а й їхні оксиди при зменшенні розмірів частинок до 2–5 нм здатні виявляти високу каталітичну активність у редокс-перетвореннях, тоді як їх макрочастинки є каталітично неактивними.

На основі дослідження каталітичних властивостей наночастинок оксидів *3d*-перехідних металів у редокс-перетвореннях експериментально виявлено, що квантоворозмірний ефект зумовлює структурну чутливість такого процесу і сприяє появі максимуму каталітичної активності за розмірів наночастинок у діапазоні 2–4 нм. Показано, що для нанокаталізаторів з розмірами частинок понад 10 нм структурна чутливість спричинена зміною фрактальності агрегатів таких наночастинок.

Розроблено наукове підґрунтя для створення нанофазних каталізаторів для низки гетерогенно-каталітичних процесів синтезу цінних хімічних речовин та енергоносіїв, у тому числі на основі альтернативної і відновлюваної сировини, для процесів водневої енергетики; каталітичних процесів, спрямованих на захист довкілля. Створено сажові фільтри з каталітичним покриттям для двоступінчастого очищення відпрацьованих газів двигунів внутріш-

нього згоряння, селективного відновлення оксидів азоту вуглеводнями та оксигенатами.

В Інституті також широко досліджують нафотокаталіз різноманітних окисно-відновних процесів під дією світла на нанорозмірних частинках напівпровідників і нанокмпозитах на їх основі.

За результатами досліджень з нанокаталізу опубліковано 3 монографії та 7 розділів у колективних англomовних монографіях, 164 наукові статті з гетерогенного нанокаталізу, 62 — з нафотокаталізу. Нові науково-технічні рішення захищено 41 патентом; виголошено доповіді на 52 міжнародних наукових конференціях. Інститут провів перший у Європі та СНД симпозіум з міжнародною участю «Сучасні проблеми нанокаталізу».

Дослідження в галузі нанокаталізу Інститут здійснює в тісній співпраці з іншими установами НАН України, зарубіжними організаціями, у рамках програм двостороннього міжурядового та академічного співробітництва, а також проектів міжнародних та закордонних наукових фондів (NATO, NSF та ін.)

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, академік НАН України В.В. Гончарук, провідний науковий співробітник Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України доктор хімічних наук К.І. Патриляк. У виступах було зосереджено увагу на важливих проблемах наукових досліджень у галузі нанокаталізу.

Разом з тим Президія НАН України зазначила, що Інститут недостатньо забезпечений сучасними засобами експериментального вивчення нанофазних каталізаторів. Потребують розширення й поглиблення теоретичні дослідження щодо розмірних ефектів у нанокаталізі, зокрема з установлення взаємозв'язку між хімічним складом, структурою та каталітичними властивостями наноматеріалів. Автори запропонували низку перспективних нанофазних каталізаторів для хімічних процесів, проте їх ще недостатньо впроваджено у виробничій сфері. У зв'язку з цим пріоритетом для керівництва Інституту і науковців, задіяних у дослідженнях з нанокаталізу, має стати ко-

ординація та налагодження тісніших зв'язків з промисловими підприємствами, науково-технологічними центрами, міністерствами та відомствами України. Перспективу для цих робіт слід шукати також і в міжнародному співробітництві.

Президія НАН України дала позитивну оцінку роботам науковців Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України й ухвалила проект постанови з цього питання.

* * *

Далі учасники засідання заслухали і обговорили доповідь академіка-секретаря Відділення хімії НАН України академіка НАН України **Владислава Володимировича Гончарука** про результати розгляду на розширеному засіданні Бюро Відділення звіту про наукову та науково-організаційну діяльність Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України за 2009–2013 рр.

Інститут здійснив низку важливих фундаментальних і прикладних досліджень у галузі хімії елементоорганічних аналогів природних амінокислот і пептидів, низькомолекулярних біорегуляторів ферментативних процесів, тонкого органічного синтезу енантіомерів, синтезу і розроблення способів одержання альтернативних паливно-мастильних матеріалів та інших практично важливих продуктів з вуглеводневої сировини, пошуку ефективних способів розв'язання екологічних проблем.

Зокрема, запропоновано стереоселективні методи синтезу фторо- і фосфоровмісних аналогів амінокислот та їх похідних — потенційно біологічно активних речовин. Знайдено нові інгібітори терапевтично важливих ферментів і встановлено закономірності їх впливу в модельних системах. Проведено комп'ютерне моделювання і вивчено залежність «структура—активність» для різних класів органічних сполук. Синтезовано нові функціонально заміщені азоли, азини та їх конденсовані похідні, які є потенційними біологічно активними речовинами. Досліджено механізми взаємодії фосфоліпаз та ліпоксигеназ у процесі формування захисних механізмів клітин рослин до

дії різних стресів. Виявлено невідомі раніше особливості перетворень вуглеводнів на цеолітних каталізаторах.

Прикладні роботи Інституту спрямовано на пошук нових рецептур пального на основі відновлюваної сировини, створення нових каталізаторів нафтохімічних перетворень, розроблення способів конверсії відходів та вирішення екологічних проблем довкілля. За звітний період учені Інституту розробили:

- технологію гомогенно-каталітичної та гетерогенно-каталітичної переестерифікації рослинних олій етанолом для одержання високоякісного біодизельного палива;
- поверхнево-активні речовини на основі відновлюваної сировини як компоненти екологічно чистих мастильних матеріалів і технологічних рідин для нафто- і газовидобування;
- нові цеолітні каталізатори для нафтопереробних і нафтохімічних процесів;
- технологію ефективного зневоднення мулів з наступною їх утилізацією, що дасть змогу поліпшити екологічну ситуацію на Бортницькій станції аерації;
- спосіб утилізації відходів теплових електростанцій (на прикладі Трипільської ТЕС), який дозволяє в одну стадію одержати діоксид кремнію високої чистоти (99,99 %).

На Державному підприємстві «Експериментальний завод медичних препаратів Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України» освоєно виробництво і реалізовано понад 65 000 туб розробленої Інститутом мазі «Теобон-дитіомікоцид» — ефективного і недорогого засобу для лікування грибкових захворювань.

Важливе місце в науково-організаційній діяльності Інституту посідає розвиток міжнародного співробітництва з університетами та науковими центрами США, Мексики, Німеччини, Франції, Китаю, Японії, Чехії та Росії. Отримано 17 грантів від міжнародних та зарубіжних організацій, виконувалося 9 проектів УНТЦ.

Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України засновано 1987 р. Станом на 01.12.2013 до структури установи входить



Доповідь академіка НАН України
Владислава Володимировича Гончарука

15 відділів і 4 лабораторії; загальна кількість співробітників — 295 осіб, з яких 1 академік НАН України, 2 члени-кореспонденти НАН України, 14 докторів та 95 кандидатів наук. Середній вік докторів наук — 63,5, кандидатів наук — 49 років. Частка молодих учених, віком до 35 років, становить 23,6% від чисельності наукових співробітників установи. У 2009—2013 рр. науковці Інституту захистили 2 докторські і 24 кандидатські дисертації.

За звітний період результати наукових досліджень співробітників Інституту узагальнено в 1071 науковій публікації, серед яких 3 монографії, навчальний посібник, 734 статті (з них 284 — у закордонних виданнях), подано 148 заявок на винаходи, отримано 129 патентів України. На базі Інституту проведено 8 наукових конференцій, у тому числі 3 міжнародні.

Інститут плідно співпрацює з вищими навчальними закладами України з підготовки молодих спеціалістів та висококваліфікованих кадрів, а також проведення спільних наукових досліджень з актуальних проблем хімії біорегуляторів і біополімерів, нафтохімії та нафтопереробки.

В обговоренні питання взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон і почесний директор Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України академік НАН України

В.П. Кухар, відзначивши важливість проведених в Інституті досліджень. Однак, разом з тим, Президія НАН України підкреслила, що в діяльності цієї установи є певні недоліки.

Так, упродовж звітнього періоду дуже низькими були надходження до спеціального фонду держбюджету Інституту: в середньому цей показник становив 4,98% від загального обсягу фінансування, але в 2013 р. він істотно знизився до 3,57%. Тому необхідно докласти всіх зусиль до зростання надходжень до спеціального фонду держбюджету, зокрема, активізувавши співпрацю з міністерствами, відомствами, місцевими органами влади, державними та приватними компаніями, міжнародними науковими фондами тощо. Значного поліпшення потребує робота з узагальнення результатів наукових досліджень у вигляді монографій та оглядових статей. В Інституті спостерігається позитивна тенденція до поповнення науковою молоддю. Проте все ще високим залишається середній вік наукових працівників. Протягом звітнього періоду показники захисту докторських дисертацій були дуже низькими, як наслідок зменшилася чисельність докторів наук з 18 осіб у 2009 р. до 14 осіб у 2013 р. Особливої уваги потребує підготовка молодих докторів наук та підтримка перспективних молодих учених. Значну увагу слід приділити науково-методичному керівництву Державного підприємства «Експериментальний завод медичних препаратів Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України». Необхідно ширше залучати його до впровадження наукових розробок Інституту, посилити роботу з продажу ліцензій і патентів.

В цілому Президія НАН України позитивно оцінила наукову та науково-організаційну діяльність Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України за 2009—2013 рр. й затвердила відповідний проект постанови.

* * *

Далі присутні заслухали інформацію про підсумки конкурсу установ НАН України за досягнення найкращих показників у винахідницькій роботі, створенні, охороні та викорис-

танні об'єктів інтелектуальної власності та за звання «Винахідник року Національної академії наук України» в 2013 р.

Минулого року установи НАН України одержали 872 патенти на винаходи і корисні моделі. Отримано 3 патенти на винаходи та 2 свідоцтва на сорти рослин Російської Федерації, 2 патенти на винаходи Китаю, 3 патенти на винаходи за процедурою РСТ. Подано 794 заявки на винаходи та корисні моделі, у тому числі 4 — на патенти Російської Федерації, 3 — на патенти США, 2 — Європейського патентного відомства, 2 — за процедурою РСТ і по одному на патенти Німеччини, Кореї, Японії, Китаю.

Порівняно з 2012 р. збільшилася кількість отриманих патентів у відділеннях інформатики, механіки, фізики і астрономії, наук про Землю та фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України, зменшилася — у Відділенні хімії НАН України. Кількість поданих заявок зросла у відділеннях механіки, хімії, зменшилася — у відділеннях фізико-технічних проблем матеріалознавства та загальної біології НАН України.

Упродовж 2013 р. установами НАН України укладено 72 ліцензійних договори та контракти щодо використання винаходів, розробок, виконаних на рівні винаходів, та про передачу «ноу-хау» з підприємствами України, Франції, Росії, Білорусі, Казахстану, Нідерландів, Молдови, Австралії. Інститут фізіології рослин і генетики НАН України надав 205 невиключних ліцензій на використання сортів рослин.

У 2013 р. наукові установи НАН України підтримували чинність 4417 охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності, складено 187 звітів про патентні дослідження. Під час проведення власних науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у 2013 р. установи НАН України використали 1296 власних винаходів та корисних моделей, а також 429 сортів рослин.

Указом Президента України від 16.05.2013 № 278/2013 почесне звання «Заслужений винахідник України» присвоєно провідному науковому співробітнику Інституту транс-

портних систем і технологій НАН України кандидату фізико-математичних наук І.І. Соколовському.

За досягнення найкращих показників у винахідницькій роботі, створенні, охороні та використанні об'єктів інтелектуальної власності по НАН України за 2013 р. Президія НАН України постановила присудити перше місце Інституту транспортних систем і технологій НАН України, друге місце — Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, третє місце — Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України. Крім того, було визначено переможців конкурсу по кожному відділенню НАН України з присудженням їм премії.

* * *

Президія НАН України ухвалила також постанову про покладання виконання обов'язків академіка-секретаря Відділення інформатики НАН України на академіка НАН України **Андона Пилипа Іларіоновича**; заслухала інформацію про результати атестації молодих учених — стипендіатів Президента України і НАН України та конкурсу на здобуття стипендій Президента України і НАН України для молодих учених на поточні вакансії; про затвердження Положення та складу редакційної колегії журналу «Вісник Національної академії наук України».

* * *

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

Затверджено:

- кандидата геолого-мінералогічних наук **Ольховика Юрія Олександровича** на посаді заступника директора з наукової роботи Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»;
- доктора економічних наук **Гладуна Олександра Миколайовича** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України;
- доктора економічних наук **Макарову Олену Володимирівну** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України;

- кандидата технічних наук **Сажка Миколу Миколайовича** на посаді завідувача відділу розпізнавання та синтезу звукових образів Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН України;

- кандидата технічних наук **Бородіну Наталію Анатоліївну** на посаді ученого секретаря Державної установи «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»;

- кандидата економічних наук **Черніченка Віктора Васильовича** на посаді ученого секретаря Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України.

Відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» нагороджено:

- завідувача відділу Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України члена-кореспондента НАН України **Жовинського Едуарда Яковича** за багатолітню плідну працю вченого і педагога, вагомий творчий внесок та особистий внесок у підготовку наукових кадрів — висококваліфікованих фахівців з геологічних наук;

- працівників Інституту органічної хімії НАН України — провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Сергучова Юрія Олексійовича**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Толмачова Олексія Івановича** — з нагоди 75-річчя від дня заснування Інституту та за багатолітню плідну працю, вагомий професійний здобутки та особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі органічної хімії.

Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:

- провідного наукового співробітника Інституту фізики НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Клімушеву Гертруду Василівну** за багатолітню наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі спектроскопії твердого тіла і фізики рідких кристалів;

- провідного наукового співробітника Інституту електророзварювання ім. Є.О. Патона НАН України кандидата фізико-математичних наук **Півторака В'ячеслава Автономовича** за багатолітню наукову і винахідницьку діяльність, вагомий професійний здобутки та особистий внесок у розробку новітніх методів і приладів діагностики зварних металоконструкцій;

- працівників Інституту органічної хімії НАН України — ученого секретаря кандидата хімічних наук **Нікітченка Віталія Сергійовича**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Пашинника Валерія Юхимовича** — з нагоди 75-річчя від дня заснування Інституту та за багатолітню плідну

працю, вагомий професійний здобутки та особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі органічної хімії.

Відзнакою НАН України «За сприяння розвитку науки» нагороджено:

- голову Наукового товариства імені Шевченка доктора історичних наук **Купчинського Олега Антоновича** за вагомий особистий внесок у відродження і розвиток Наукового товариства імені Шевченка в незалежній Україні та активне сприяння науковому дослідженню актуальних проблем української історії і культури.

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

- працівників Інституту органічної хімії НАН України — наукового співробітника кандидата хімічних наук **Соколенка Тараса Михайловича**; старшого наукового співробітника кандидата хімічних наук **Черенка Сергія Олексійовича** — з нагоди 75-річчя від дня заснування Інституту та за багатолітню плідну працю, вагомий професійний здобутки та особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі органічної хімії.

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

- директора Центру математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України доктора технічних наук **П'янилу Ярослава Даниловича** за багатолітню плідну наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомий здобутки у галузі фізико-математичного моделювання і цифрової обробки інформації;

- провідного наукового співробітника Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України доктора біологічних наук, професора **Дубину Дмитра Васильовича** за багатолітню плідну працю вченого-геоботаніка, вагомий творчий здобутки у природоохоронній діяльності та підготовці висококваліфікованих наукових кадрів;

- електрика Державної установи «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України» **Дарменка Федора Дмитровича** за багатолітню сумлінну працю, зразкове виконання посадових обов'язків та вагомий здобутки у професійній діяльності;

- працівників Інституту органічної хімії НАН України — наукового співробітника **Дерев'янку Надію Олексіївну**; старшого наукового співробітника кандидата хімічних наук **Зборовського Юрія Леонідовича**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук **Кремльова Михайла Михайловича**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Станіця Василя Івановича**; головного інже-

нера **Усіка Аркадія Гавриловича** — з нагоди 75-річчя від дня заснування Інституту та за багатолітню плідну працю, вагомі професійні здобутки та особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі органічної хімії.

Подякою НАН України відзначено:

- декана економічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка члена-кореспондента НАН України **Базилевича Віктора Дмитровича** за багатолітню плідну працю вченого, організатора і педагога та значний особистий внесок у розвиток економічної освіти і науки в Україні;

- працівників Інституту органічної хімії НАН України — завідувача лабораторії **Кузнецову Наталію Йосипівну**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Ониська Петра Петровича**; провідного наукового співробітника доктора хімічних наук, професора **Пінчука Олександра Михайловича** — з нагоди 75-річчя від дня заснування Інституту та за багатолітню плідну працю, вагомі професійні здобутки та особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі органічної хімії.

За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



СТРИЖАК
Петро Євгенович –
член-кореспондент НАН
України, завідувач відділу
Інституту фізичної хімії
ім. Л.В. Писаржевського
НАН України

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАНОКАТАЛІЗУ

**За матеріалами наукової доповіді
на засіданні Президії НАН України
21 травня 2014 року**

Розглянуто основні проблеми нанокаталізу – галузі фізичної хімії, яка бурхливо розвивається в останні десятиліття. Проаналізовано прояви нанорозмірного ефекту в каталізі. Висвітлено основні підходи щодо розроблення нових гетерогенно-каталітичних процесів та каталізаторів на основі сучасних наноматеріалів, зокрема наночастинок перехідних і благородних металів, різноманітних оксидних наносистем, нанопористих матеріалів, двовимірних наносистем. Сформульовано напрями подальших досліджень.

Ключові слова: каталіз, нанокаталіз, каталізатор, наноматеріали.

Вступ

Ефективність промисловості розвинених країн світу значною мірою зумовлена використанням сучасних гетерогенно-каталітичних процесів. Безпосередній та опосередкований внесок гетерогенного каталізу у внутрішній валовий продукт технологічно розвинених країн становить від 20 до 40%. В Україні понад 90% продукції хімічної промисловості виробляється в гетерогенно-каталітичних процесах.

Каталіз є одним із основних напрямів наукових досліджень Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України ще з часів заснування установи в 1927 р. Видатний внесок у розвиток каталізу зробили академіки Л.В. Писаржевський і В.А. Ройтер, члени-кореспонденти НАН України Я.Б. Гороховатський, В.М. Власенко, Г.І. Голодець. Вагомий внесок у сучасну науку про каталіз зробили видатні професори, які працювали в Інституті: В.М. Белоусов, В.Я. Вольфсон, Н.І. Ільченко, Г.П. Корнійчук, М.В. Павленко, М.В. Поляков, М.Я. Рубанік, М.Т. Русов, М.П. Самченко, О.А. Стрельцов.

Результати цих досліджень сприяли вирішенню багатьох фундаментальних і практичних проблем каталізу, але, водно-

час, поставили низку нових фундаментальних проблем, розв'язання яких спрямоване як на глибше розуміння каталітичних явищ, так і на створення більш ефективних промислових каталітичних процесів.

Такі проблеми сьогодні вирішуються на новому рівні завдяки розвитку нанонаук. Нанокаталіз можна неформально визначити як каталіз наноматеріалами, характерний розмір яких перебуває в діапазоні 1–100 нм. Нанокаталіз є одним із нових актуальних напрямів фізичної хімії. Цей напрям надзвичайно стрімко розвивається і охоплює широке коло сучасних хімічних процесів, вивчення яких уперше в Україні та одними з перших у світі було започатковано в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. За результатами таких досліджень уже видано дві монографії з нанокаталізу [1, 2].

Термін «нанокаталіз» було вперше введено академіком НАН України В.Д. Походенком та членом-кореспондентом НАН України С.Я. Кучмієм ще в 2005 р., тоді як бурхливе зростання публікацій у світовій науковій літературі з використанням терміна «нанокаталіз» спостерігається лише з 2006 р.

В Інституті започатковано проведення міжнародних конференцій «Нанокаталіз» та «Сучасні проблеми нанокаталізу».

Стрімкий розвиток нанокаталізу пов'язаний як з розвитком методів синтезу наноматеріалів контрольованої структури, серед яких особливий інтерес становлять наночастинки металів та їх оксидів, нанореактори на основі нанопористих матеріалів, нанокласти, двовимірні наноструктури, так і з революційним розвитком фізико-хімічних методів дослідження речовин на нанорозмірному масштабі. Саме завдяки такому прогресу в нанотехнологіях нанокаталіз сьогодні дозволяє вирішувати проблеми цілеспрямованого регулювання швидкості та селективності гетерогенно-каталітичних процесів.

Нанорозмірний ефект у каталізі

Нанорозмірний ефект у каталізі полягає в суттєвій залежності швидкості перебігу гетеро-

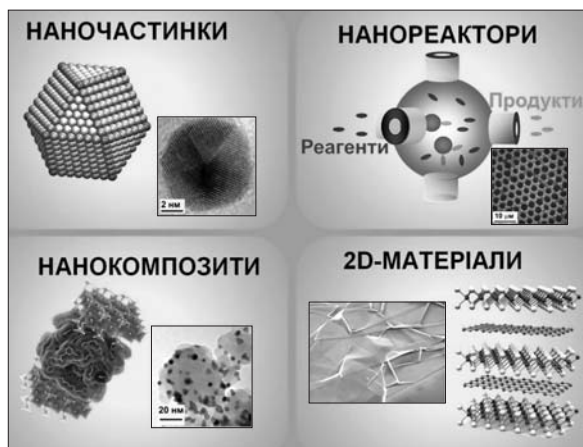


Рис. 1. Типові нанокаталізатори

генно-каталітичного процесу від розміру активної фази нанокаталізатора в нанодіапазоні. Найяскравіше такий ефект виявляється у випадку нанорозмірного золота. Наночастинки золота, розмір яких перебуває у вузькому інтервалі 2,5–3,5 нм, мають каталітичну активність у модельній окисно-відновній реакції окиснення монооксиду вуглецю киснем, тоді як масивне золото не виявляє жодної каталітичної активності. Нанорозмірне золото, нанесене на різні носії, є активним і в інших процесах, зокрема в окисненні вуглеводнів та відновленні оксидів азоту. Характерною ознакою таких процесів є немонотонна залежність каталітичної активності від розміру наночастинок золота в діапазоні 2–5 нм. Дослідження каталітичних властивостей нанорозмірного золота, яке виявляє надзвичайно високу активність і селективність в окисно-відновних реакціях, радикально змінили традиційні уявлення про каталітичну інертність цього металу, що стало визначальним поштовхом для проведення досліджень каталітичних властивостей наноматеріалів в останні десятиліття.

Однак і дотепер немає загальноприйнятого пояснення явища, пов'язаного з появою каталітичної активності матеріалів у нанорозмірному діапазоні. Дослідження фізико-хімічних властивостей різноманітних наноматеріалів установили можливість прояву **квантово-розмірного ефекту**, зумовленого залежністю

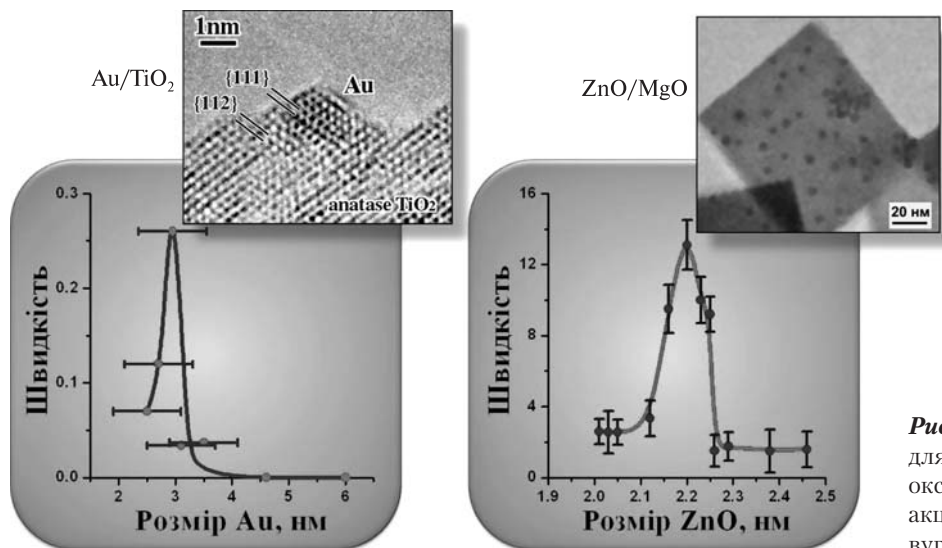


Рис. 2. Нанорозмірний ефект для наночастинок золота і оксиду цинку в модельній реакції окиснення монооксиду вуглецю киснем

енергетичних рівнів системи від її розміру. Переконливим прикладом прояву квантово-розмірного ефекту в нанокаталізі є оксид цинку — класичний нанооб'єкт, наночастинкам якого властиві квантово-розмірні ефекти. Такі ефекти приводять до збільшення ширини забороненої зони, підвищення редокс-потенціалу валентної зони та зони провідності за умови зменшення розміру наночастинок. Зміна розміру наночастинок оксиду цинку у вузькому інтервалі 2–3 нм спричинює значні зміни їх каталітичної активності, що є проявом квантово-розмірного ефекту в нанокаталізі.

Крім квантово-розмірного ефекту залежність каталітичної активності від розміру активного компонента каталізатора може бути зумовлена багатьма факторами, детально проаналізованими в огляді [3]. Згідно з класичними уявленнями щодо структурної чутливості гетерогенно-каталітичних реакцій (тобто залежності швидкості реакції від розміру активної фази), зміна швидкості зі зміною розміру наночастинок може бути спричинена різною каталітичною активністю активних центрів, розташованих на гранях, ребрах та кутах нанокристала, тобто суто **геометричним ефектом**. Геометричними ефектами можна пояснити залежність каталітичної активності від розміру. Ці ефекти є сьогодні найбільш зрозумілими та дослідженими.

Ефект загальної поверхні полягає в тому, що зі зменшенням розміру наночастинок збільшується питома поверхня матеріалу, внаслідок чого підвищується ефективність каталізатора. Аналогічними є ефекти **збільшення кількості поверхневих атомів, зростання кількості дефектів та зміни кількості низькокоординуваних атомів**. Каталіз може відбуватися на атомах, що знаходяться **на межі (по периметру) наночастинок**. **Ефект фрактальності (неоднорідності) поверхні** призводить до істотної зміни активності наноутворень на неоднорідній поверхні каталізатора. Вельми суттєвими є **ефекти структури поверхні та форми нанокристала**. Слід зазначити, що нанорозмірний ефект може виявлятися порізному, залежно від **функції розподілу наночастинок за розмірами**.

Ефект носія для певних каталізаторів, імовірно, є визначальним. На прикладі багатьох каталітичних систем доведено, що зміна носія істотно впливає на каталітичні властивості наноматеріалу. На жаль, у більшості випадків такий ефект лише констатується, а свого остаточного пояснення він ще не має. Слід розрізняти ефект носія, зумовлений **взаємодією наночастинок — носій**, і ефект носія, спричинений особливостями формування наноструктур на його поверхні в процесі синтезу каталізатора. **Ефект залежності енергії адсорбції/акти-**

вації від розміру наночастинок, який у свою чергу залежить від носія, є сьогодні одним із найприйнятніших пояснень появи каталітичної активності нанорозмірного золота, однак слід зазначити, що такий ефект потребує свого теоретичного обґрунтування. **Вплив реакційного середовища на властивості наночастинок** є одним із найменш досліджених нанорозмірних ефектів у нанокаталізі, що зумовлено значною складністю експериментального дослідження перебігу гетерогенно-каталітичного процесу *in situ* на нанорозмірному масштабі. Зниження швидкості реакцій окиснення зі зменшенням розміру наночастинок на поверхні носія може бути спричинене збільшенням енергії адсорбції компонентів реакційного середовища, як реагентів, так і продуктів реакції. Наслідком нанорозмірного ефекту може бути запобігання побічним або небажаним реакціям. Прикладом прояву такого ефекту є те, що науглецювання каталізатора парової конверсії метану спостерігається для наночастинок активного компонента каталізатора (нікелю) розміром понад 7 нм.

Хімічний склад поверхні є визначальним у нанокаталізі. Незначні зміни хімічного складу поверхні можуть призводити до кардинальних змін каталітичної активності нанокаталізаторів. **Ефект хімічного складу поверхні** може залежати як від умов приготування каталізатора, так і від складу реакційного середовища. Ефект хімічного складу поверхні зумовлений впливом адсорбованих атомів або молекул, які не є складовими стехіометрії хімічної реакції, на швидкість перебігу гетерогенно-каталітичного процесу. Така адсорбція може спричинювати як активацію, так і дезактивацію каталізатора. Окремо слід виділити **ефект домішок до наночастинок**, який аналогічний ефекту хімічного складу поверхні. Виявлено, що наявність незначної кількості атомів срібла в наночастиці золота суттєво впливає на її каталітичні властивості. Скоріш за все, ефекти хімічного складу поверхні та ефекти домішок самі по собі не визначають появу каталітичної активності наночастинок, проте вони вказують на можливі

причини невідтворюваності експериментальних результатів.

Ефект заряду наночастинок, до якого слід віднести також ефект диференційної підзарядки за рахунок взаємодії наночастинок — носій, може якісно змінити каталітичні властивості нанокаталізатора. Доведено, що залежно від заряду нанокластера золота енергія адсорбції монооксиду вуглецю, яка зумовлює його каталітичну активність, може як зменшуватися, так і збільшуватися зі зміною кількості атомів золота в такому нанокластері.

Аналіз властивостей наночастинок металів та їх оксидів доводить, що наночастинкам розміром менш як 10 нм притаманна сильна розмірна залежність температури плавлення та теплоємності. Можна припустити, що плавлення

Нанорозмірні ефекти, що спостерігаються в гетерогенно-каталітичних процесах

Геометричні ефекти	Ефект загальної поверхні Ефект збільшення кількості поверхневих атомів Ефект збільшення кількості дефектів Ефект зміни кількості низькокоординуваних атомів Каталіз на межі (по периметру) наночастинок Ефект фрактальності (неоднорідності) поверхні Ефект функції розподілу наночастинок за розмірами Ефект структури поверхні Ефект форми нанокристала
Електронні ефекти	Квантово-розмірний ефект Залежність енергії адсорбції/активації від розміру Ефект реакційного середовища Взаємодія наночастинок — носій Хімічний склад поверхні Ефект домішок Ефект заряду наночастинок
Інші ефекти	Поява хімічно індукваного струму Фазовий перехід наночастинок — рідина Особливості хімічного механізму/кінетики

наночастинок або різка зміна їх теплоємності призводить до збільшення їх каталітичної активності саме в діапазоні 1–10 нм, що зумовлює **ефект фазового переходу наночастинки – рідина**. На жаль, такому аспекту в нанокаталізі поки що практично не приділяють уваги.

Перехід каталізатора в нанорозмірний стан може спричинити зміни не лише швидкості перебігу гетерогенно-каталітичного процесу, а й механізму перебігу хімічних реакцій. Це ілюструє **ефект особливостей хімічного механізму/кінетики**, який було продемонстровано на прикладі реакції окиснення монооксиду вуглецю киснем на нанорозмірному золоті. Нанорозмірні ефекти в каталізі можуть спричинювати нові ефекти, цікавим прикладом яких є поява **хімічно індукваного струму**, що було виявлено в процесі каталізу наночастинами платини, нанесеними на діоксид титану.

Розглянуті нанорозмірні ефекти в нанокаталізі наведено в таблиці. Кожен з цих ефектів або їх комбінації дають підґрунтя для пояснення немонотонної залежності каталітичної активності наноматеріалів від їх розміру. Однак усі ці ефекти фактично знайдено експериментально, але досі ще не пояснено.

Нанореактори

Нанореактори — це хімічні реактори, геометричні параметри яких знаходяться у нанодіапазоні. Сьогодні нанореактори створюють на основі нанопористих матеріалів із застосуванням сучасних нанотехнологій. Ідея використання нанореакторів ґрунтується на тому, що реагенти надходять у простір нанореактора, де реагують на активних центрах, проте залишити нанореактор можуть лише цільові продукти. Наприклад, отримання рідких вуглеводнів (синтетичної нафти) із синтез-газу найефективніше відбувається в нанореакторах розміром 12 нм. Перебіг гетерогенно-каталітичного процесу з використанням нанореакторів певною мірою зумовлений процесами масообміну, які сьогодні, на жаль, на нанорівні вивчено недостатньо.

З метою дослідження явищ масопереносу на нано- та макрорівні вперше запропоновано використання методу п'єзокварцового мікрозважування для вивчення масообмінних властивостей нанокаталізаторів, а також встановлено зв'язок між швидкістю масообміну вихідних реагентів та активністю каталізаторів у процесах етерифікації. Це заклало основу для розроблення нового каталізатора синтезу етил-трет-бутилового ефіру, який за своїми характеристиками перевершує промисловий. Такі дослідження довели, що ефективні коефіцієнти дифузії на нано- та макрорівні можуть відрізнятися більш ніж на десять порядків, що свідчить про необхідність глибокого теоретичного аналізу явищ масопереносу на нанометровому масштабі.

Обмеження реакційного простору в нанореакторах до нанометрового діапазону створює унікальні можливості для реалізації нових каталітичних процесів, які дозволяють отримувати цільові продукти в одну стадію замість кількох, що було продемонстровано на прикладі синтезу оцтової кислоти. Сучасну технологію виробництва оцтової кислоти засновано на тристадійному процесі. На кожній стадії процес відбувається в окремому реакторі: 1) парова конверсія метану з отриманням синтез-газу; 2) синтез метанолу із синтез-газу; 3) карбонілування метанолу. Використання нанореактора розміром 7 нм дає змогу отримувати оцтову кислоту в одну стадію з простих речовин — CO, CH₄ та O₂. Зменшення розміру нанореактора призводить до переважного утворення сажі внаслідок прискорення процесів вуглецеутворення, а збільшення розмірів нанореактора — до повного окиснення вихідних вуглецевмісних реагентів до CO₂.

Використання нанореакторів є дуже перспективним як для створення нових гетерогенно-каталітичних процесів, так і для підвищення ефективності традиційних каталітичних технологій. Однак слід зазначити, що за винятком окремих суто фундаментальних результатів значного прогресу в такому перспективному напрямі нанокаталізу ще не досягнуто.

Аспекти практичного використання нанорозмірного ефекту

Контролювання нанорозмірних характеристик каталізаторів відкриває унікальні можливості для створення принципово нових каталітичних систем завдяки використанню нанорозмірних ефектів, що в майбутньому матиме велике практичне застосування. Сьогодні відомо лише кілька вдалих прикладів застосування таких нових нанорозмірних каталітичних систем у хімічній індустрії. Серед усіх промислових каталізаторів найважливішими є платиновмісні системи. Зменшення кількості платини в каталізаторі за умови незмінності каталітичних властивостей матеріалу є вельми перспективним застосуванням нанорозмірного ефекту. Збільшення селективності нанофазних оксидних каталізаторів до майже 100% вже продемонстровано для промислового гетерогенно-каталітичного процесу дегідрування циклогексанолу до циклогексанону, що є однією зі стадій отримання капролактаму.

Удосконалення та здешевлення наявних каталізаторів є важливим, однак не головним завданням практичного застосування нанокаталізу. Великі надії покладають на відкриття нових гетерогенно-каталітичних процесів, зокрема для вирішення енергетичних проблем. Це стає особливо актуальним у зв'язку зі стрімким скороченням запасів невідновлюваних енергоресурсів (газу, нафти, вугілля), а також з огляду на різке підвищення вимог до екології навколишнього середовища. Отже, сьогодні надзвичайно важливою є проблема переходу на нові екологічно прийнятні та відновлювані джерела енергії. Серед них одним із найперспективніших енергоносіїв є водень — високоенергетичне та практично екологічно стерильне паливо.

Традиційні промислові процеси одержання водню є матеріало- та енергомісткими і, як наслідок, досить затратними. Сучасних обсягів виробництва водню недостатньо, щоб забезпечити перехід на водневе паливо. Необхідні суттєве поліпшення наявних та розроблення нових, більш досконалих методів отримання

водню, серед яких провідна роль належить гетерогенно-каталітичним технологіям, таким як паровий риформінг біоетанолу. Така вихідна сировина для одержання водню має серед інших одну, найбільшу перевагу — її одержують із біомаси, зокрема із сільськогосподарських відходів, продуктів лісопереробки тощо, тобто вона є відновлюваною сировиною, на відміну від вуглеводневої сировини чи метанолу. Реалізація процесу парового риформінгу дає змогу виключити з технологічного циклу стадію дистиляції вихідних реагентів. Крім того, процес не призводить до підвищення вмісту CO_2 в атмосфері, оскільки CO_2 , який продукується в процесі риформінгу, в свою чергу утилізується в процесі росту біомаси.

На відміну від метану — основної сировини для промислового одержання водню використання більш реакційноздатних оксигенатів знижує енерговитратність процесу. Саме застосування нанокаталізаторів дозволило сьогодні реалізувати процес парового риформінгу біоетанолу для отримання водню за 100%-ї ефективності. Важливим для водневої енергетики є одержання водню високої чистоти з метою його використання в низькотемпературних паливних елементах, які отрууються незначни-

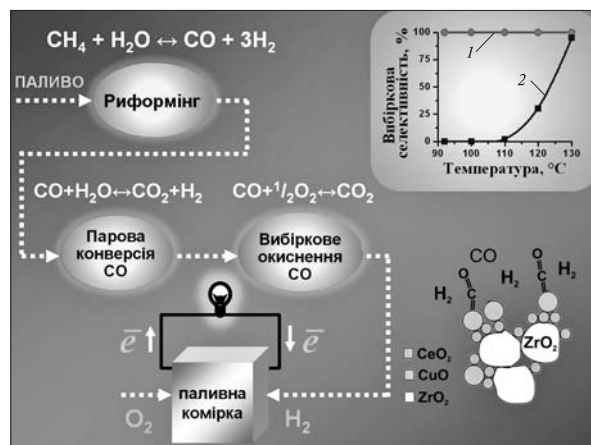


Рис. 3. Отримання та очищення водню для низькотемпературних паливних елементів. Крива 1 ілюструє залежність вибіркової селективності окиснення CO для нанокаталізатора, а крива 2 — для типового масивного каталізатора

ми домішками монооксиду вуглецю. Очищення водню від CO до 10 ppm проводять окисненням CO киснем таким чином, що водень не реагує з киснем. Конструювання найбільш ефективного каталізатора такого процесу засноване на використанні таких нанорозмірних ефектів, як ефект носія, реакційного середовища та залежності енергії адсорбції реагентів від розміру наночастинок для складного трикомпонентного каталізатора, до складу якого входять оксиди міді, церію та цирконію. Такий нанокаталізатор значно перевершує за своїми показниками інші аналоги та забезпечує тонке очищення водню від CO вже за достатньо низьких температур.

Важливі аспекти промислового використання нанорозмірного ефекту в каталізі розвиваються в Інституті фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України під керівництвом члена-кореспондента НАН України С.М. Орлик. Роботи очолюваної нею групи спрямовано на створення нанокompatитних каталізаторів процесів знешкодження оксидів азоту та процесу глибокого окиснення метану. Знання про структурну чутливість реакції глибокого окиснення метану застосовувалися під час розроблення ефективних каталізаторів цього процесу: алюмомарганцевих, модифікованих рідкісноземельними (La) і лужноземельними (Ba, Sr) елементами; масивних і нанесених нанорозмірних феритів зі структурою шпінелі $Me^{II}Fe^{III}_2O_4$ (Me – Mn, Co, Ni), у тому числі модифікованих ПАР. Виявлено фазовий розмірний ефект у процесі високотемпературного оброблення алюмомарганцевих каталізаторів (900 °C, 5 год), що полягає у зниженні температури фазових перетворень оксиду алюмінію при зменшенні розміру його частинок, – утворення метастабільної θ -фази в більш дисперсному носії $\gamma-Al_2O_3$ (L = 4 nm). Встановлено вплив розмірного фактора на швидкість реакції глибокого окиснення метану за відносно низьких температур (до 450 °C), що полягає у збільшенні питомої каталітичної активності феритів кобальту й нікелю при зменшенні розміру їх частинок. На основі цирконій- і алюмооксидних систем з комплексом заданих фізико-

хімічних характеристик (структурні, розмірні, редокс- та кислотні) розроблено каталізатори на основі керамічних блокових матриць стільникової структури із синтетичного кордієриту та каоліно-аеросилогелю, які за активністю не поступаються зарубіжним аналогам і можуть бути застосовані в системах каталітичного очищення газів від домішок вуглеводнів (метану та гомологів C_2-C_4), а також для спалювання вуглеводневого палива у промислових та побутових каталітичних теплогенераторах.

Деякі завдання нанокаталізу

Аналіз сучасного етапу розвитку нанокаталізу доводить, що сьогодні багато проблем залишаються не вирішеними. Дослідження останніх років фактично продемонстрували прояви нанорозмірного ефекту в каталізі та висвітлили можливі причини появи таких ефектів. Головний прогрес у розумінні нанокаталітичних ефектів ґрунтується на результатах дослідження впливу суто геометричного фактора на каталітичну активність наноматеріалів для наночастинок металів та їх оксидів. Однак нанорозмірні ефекти, пов'язані з впливом електронного фактора, ще далекі від їх остаточного розуміння. Саме тому основною фундаментальною проблемою сучасного нанокаталізу є розроблення теоретичних уявлень, які зможуть пояснити появу каталітичної активності наночастинок. У свою чергу, спроби вирішення такого завдання вже сьогодні виявили необхідність пошуку теоретичних пояснень таких нанорозмірних ефектів, як ефект носія, ефект заряду наночастинок, взаємодія між наночастинками, ефект домішкових атомів, які впливають на енергетичний стан активного центру нанокаталізатора. Крім електронних та геометричних уявлень стосовно впливу розміру наночастинок каталізаторів на їх каталітичні властивості всебічного дослідження потребують такі явища, як аномальний масоперенос, мобільність адсорбату на поверхні наночастинок, неізотермічність, а також вплив суто фізичних явищ, індукованих перебігом хімічної реакції (динамічні

ефекти, взаємодія з електромагнітними хвилями тощо).

Разом із необхідністю подальшого розвитку теоретичних основ найактуальнішим завданням нанокаталізу є пошук нових гетерогенно-каталітичних реакцій. Такі реакції дадуть змогу провести складний багатостадійний процес в одну стадію або відкрити шлях для отримання корисних речовин за більш м'яких умов (тиск, температура). Прикладом таких процесів є пряме отримання пероксиду водню з водню та кисню, а також одностадійний процес отримання етанолу з монооксиду вуглецю та водню. Не можна виключати також можливість заміни в деяких процесах органічних розчинників на воду, що істотно підвищить як економічні, так і екологічні показники таких процесів. Вирішення подібних завдань може ґрунтуватися лише на поглибленому розумінні впливу нанорозмірного фактора на активність і селективність нанокаталізаторів. Розуміння нанорозмірних ефектів у нанокаталізі дозволить розробити стратегії створення нових каталітичних систем, зокрема контролю селективності та стереоселективності, конструювання нанореакторів, стабільності та регенерації нанокаталізаторів, створення кислотно-основних нанокаталізаторів та поліфункціональних нанокаталізаторів, багатотоннажних процесів отримання новітніх наноматеріалів, у тому числі вуглецевих, тощо.

Безумовно є також необхідність пошуку нових ефектів у нанокаталізі. Перспективними в цьому плані є дослідження каталітичних властивостей нових наноматеріалів, зокрема нанокомпозитів на основі вуглецевих наноматеріалів, двовимірних матеріалів, наприклад

графену та сульфіду молібдену, а також композитів на їх основі. Нерозкритими ще є каталітичні властивості металоорганічних сіток, наноквазікристалів та нанореакторів.

Висновки

Нанокаталіз відкриває необмежені можливості для створення нових гетерогенно-каталітичних процесів та високоефективних каталізаторів нового покоління. Дослідження, спрямовані на синтез нових наноматеріалів, удосконалення сучасних методів їх дослідження, математичного моделювання та квантово-хімічного аналізу, дозволять створити каталітичні системи, в яких структурні та розмірні характеристики можна регулювати на нанорівні. Такі дослідження забезпечать перехід від напівемпіричних методів створення каталізаторів до їх цілеспрямованого конструювання, яке дасть змогу отримувати просторово організовані наноструктури, що мають контрольовані функціональні властивості, такі як висока продуктивність, селективність, термін експлуатації.

Враховуючи постійне посилення вимог екологічної безпеки, саме такі високотехнологічні матеріали дадуть можливість розробити принципово нові конкурентоспроможні гетерогенно-каталітичні процеси: отримання хімічних речовин прямим переробленням відновлюваної сировини та відходів; нові процеси малотоннажної хімії та тонкого органічного синтезу; одержання нових видів моторного палива. Реалізацію таких процесів у промисловості неможливо здійснити без проведення цілеспрямованих фундаментальних досліджень у галузі нанокаталізу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Stroyuk O.L., Kuchmii S.Ya., Kryukov A.I., Pokhodenko V.D.* Semiconductor catalysis and photocatalysis on the nanoscale. — New York: Nova Science Publishers, Inc., 2010. — 183 p.
2. *Крюков А.И., Стрююк А.Л., Кучмий С.Я., Походенко В.Д.* Нанофотокатализ. — К.: Академперіодика, 2013. — 618 с.
3. *Стрижак П.Е.* Наноразмерные эффекты в гетерогенном катализе // Теоретическая и экспериментальная химия. — 2013. — Т. 49, № 1. — С. 1—19.

П.Е. Стрижак

Институт физической химии им. Л.В. Писаржевского НАН Украины
пр. Науки, 31, Киев, 03028, Украина

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАНОКАТАЛИЗА

Рассмотрены основные проблемы нанокатализа — области физической химии, которая стремительно развивается в последние десятилетия. Проанализированы проявления наноразмерного эффекта в катализе. Освещены основные подходы создания новых гетерогенно-каталитических процессов и катализаторов на основе современных наноматериалов, в частности наночастиц переходных и благородных металлов, различных оксидных наносистем, нанопористых материалов, двумерных наносистем. Сформулированы направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: катализ, нанокатализ, катализатор, наноматериалы.

P.E. Strizhak

Pisarzhevsky Institute of Physical Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine
31 Nauky Ave., Kyiv, 03028, Ukraine

CURRENT PROBLEMS OF NANOCATALYSIS

We consider the main problems of nanocatalysis, which is a branch of physical chemistry that is rapidly developing during last decades. The main consequences of nanosize effect for catalysis are discussed. We also highlight the main approaches for developing new heterogeneous catalytic chemical processes and catalysts based on modern nanomaterials, particularly, metal nanoparticles, various oxide nanosystems, nanoporous materials, and two-dimensional nanosystems. The main directions of further studies are discussed.

Keywords: catalysis, nanocatalysis, catalyst, nanomaterials.



ПАЛАГИН

Александр Васильевич — академик НАН Украины, заместитель директора Института кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины

ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ, ИНФОРМАТИКА И РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

Перспективы и проблемы развития человеческой цивилизации всегда волновали общество. Особенно острый интерес к ним возникает, как правило, на крутых виражах истории, в периоды общественных потрясений и технологических катаклизмов. Технологической основой такого развития должна стать глобальная многоуровневая сеть трансдисциплинарных знаний, которая является естественным преемником современной интернет-сети на пути к знание-ориентированному обществу с его центральной сервисной парадигмой. Такая сеть функционирует на основе строгих математических и логико-функциональных моделей устойчивого (социально-экономического, научно-технического, экологического, многофункционального) развития общества, достаточно апробированных и частично реализованных со времен известного проекта общегосударственной автоматизированной системы управления академика В.М. Глушкова. Одной из ключевых особенностей проекта является использование предложенной нашим великим соотечественником стратегии дальних и ближних целей на основе постоянно возрастающих возможностей современных computer science и информационных технологий.

Ключевые слова: трансдисциплинарность, информатика, мониторинг, кластер конвергенции, компьютерная онтология, knowledge engineering, Единая национальная сеть информатизации, глобальная сеть трансдисциплинарных знаний.

Введение

Мы живем в эпоху перехода от информационного к знание-ориентированному обществу, основой которого являются совершенные информационные технологии, предоставляющие пользователю любого уровня возможности решения задач самой высокой сложности. Именно такие технологии обеспечивают стремительный прогресс современной цивилизации. Каковы преимущества и издержки, а может, и опасности этого процесса? Как сочетать на этом пути дальние и ближние цели? В конце концов, можно ли найти гармонию в развитии общества и наукоемких технологий? Именно на эти вопросы сделана попытка ответить в рамках триады: трансдисциплинарность — информатика — развитие цивилизации.

Общие положения

Темпы развития современной цивилизации опережают самые смелые предположения футурологов и предсказателей. Общество и высокие технологии предъявляют все больше взаимных, вообще говоря, законных претензий друг к другу, создавая обратную связь и предпосылки для их согласования. Не всегда это удается, порою недостает ресурса, взаимоуважения и должной самооценки. Остается напряжение в ожидании разрешения конфликтов и проблем.

Еще каких-то полсотни с небольшим лет назад общество понятия не имело о компьютерах, информационных технологиях и виртуальной реальности. И, между прочим, неплохо обходилось без них. Сегодня человек не может представить свою жизнь без персонального компьютера, планшета, мобильного, Интернета. Они нам верно служат, отвлекая, однако, при этом на себя солидную часть нашего времени, внимания и финансовых затрат. В орбиту активного информационного взаимодействия с современной информационной техникой включились не только взрослые, но даже первоклашки и дошкольники. Чего в этом больше: пользы или вреда — судить вам [1]. Очевидно лишь наличие актуальной проблемы гармонизации такого взаимодействия.

С учетом профессиональных оценок потенциальных возможностей информационных технологий и в целом информатики и кибернетики для развития человеческого сообщества и цивилизации вопрос гармонизации отношений может стать центральным при выборе подходящей траектории движения человечества. Очевидно, что при этом критерии оценки напрямую зависят от светлых целей его развития, если таковые вообще существуют. Умозрительные и практические подходы здесь вряд ли уместны. В конце концов, надо ориентироваться на матушку-природу, неотъемлемой частью которой мы являемся, несмотря на неоднократные наглые попытки диктовать ей свою волю и представления о мирских благах. Пробовали — и всякий раз получали по носу,

восхищенные манией своей интеллектуальной значимости и достижениями так называемой человеческой цивилизации. И вот сегодня стоим по колено в цивилизационных отходах у последней черты, за которой — небытие. Хотя бы осознать сие. Нет, где там! По-прежнему будничная спешка, погоня за эфемерными благами и ... саморазрушение.

Великий нобелевец Альберт Швейцер, несмотря на всю безысходность призрачного сегодня, верил в непобедимость и великую миссию человеческого сознания, которое, в конце концов, оценит могучее и завораживающее своим восторгом и очевидностью кредо — «благоговение перед жизнью». Ведь сознание — это продукт жизни, ее квинтэссенция. Что же, как не оно, должно позаботиться о непрерывности жизни на планете Земля, положить конец целенаправленной смерти, разрушению окружающего мира и текущих достижений цивилизации? Легко сказать, гораздо труднее воплотить это кредо, претворить в непоколебимые установки, посвятив этой задаче всю свою жизнь, как это сделал великий А. Швейцер. Еще труднее научить этому естественному и притягательному принципу неразумное человечество. Оно как малое дитя сует руку в костер, забывая о вчерашних ожогах.

И все же вера в человеческое сознание и плодотворность кредо «благоговение перед жизнью» стоит того, чтобы за нее бороться. Именно за веру, а не за собственную жизнь, ведь речь идет о будущем наших внуков и правнуков.

А теперь вернемся к началу: плодотворны или разрушительны информационные технологии? Как же их использовать в мирных целях, т.е. с максимумом пользы и минимумом вреда (хотя по большому счету даже самый минимальный вред не оправдывает самой великой пользы!)?

Казалось бы, очень просто. Необходимо строить человеческую цивилизацию как автоматизированную систему с управляемой обратной связью, правильно выбрав критерии качества результата деятельности. Задача не простая. Еще гениальный академик В.М. Глушков в бытность советского строя предложил

ОГАС — общегосударственную автоматизированную систему управления экономикой страны. ОГАС отвергли, но ее идея жива и по-прежнему увлекает своей универсальностью и прозрачностью. При этом, если уровень информационных технологий в далекие 60-е был слабоват, то сегодня он вполне созрел и готов к воплощению великих вызовов. Правда, кроме экономических подсистем в ОГАС должны войти подсистемы экологического, социального, политического мониторинга, т.е. все то, что соответствует сегодняшним представлениям о так называемом «устойчивом развитии» общества. Как корректно выбрать упомянутые критерии, как направить развитие науки и высоких технологий в нужное русло?

Наконец, мы подошли к понятию трансдисциплинарности и роли информатики.

Эпоха аналитизма и свойственная ему дифференциация науки завершена [2]. Реальные сегодняшние проблемы, стоящие перед человечеством, многократно сложнее научных. Современная наука не в состоянии их кардинально разрешать. Одна из причин — разъединенность научных дисциплин, нескоординированность работы научных коллективов над комплексным решением проблем. Примеров тому — великое множество, главный — один: логика развития материального производства и связанная с ним утилизация природных ресурсов привели к экологической деградации окружающей среды. Как же так: все было хорошо, и вдруг возникли глобальные проблемы? Не так хорошо, а главное — не вдруг. Начиная с натурфилософии, научная дифференциация за две с половиной тысячи лет привела к появлению множества научных дисциплин, не связанных между собой, оставив огромный ареал междисциплинарного пространства, ничем не заполненного. Тезис В.И. Вернадского о ноосфере, по сути, апеллирует к научной картине мира, которую необходимо строить для того, чтобы преодолеть междисциплинарные барьеры и повысить эффективность междисциплинарного взаимодействия и современной науки в целом. Речь идет о всеобщем *трансдисциплинарном (ТД) знании*. В мировой практике пока

отсутствует системная методология и определенная форма общепринятой конструктивной научной теории, которые обеспечили бы получение ТД-знаний. Речь идет о выявлении новых отношений между понятиями исходных научных дисциплин, установлении новой системы законов, которые их связывают, решению задач системной интеграции при выполнении все более сложных заданий. При этом знания исходных дисциплин могут оставаться неизменными, в простейшем случае включенными целиком или частично в новую иерархическую систему знаний, или же претерпеть модификацию благодаря процессам обмена парадигмальными положениями, понятиями и методами разных наук (нелинейный случай). Нелинейное междисциплинарное взаимодействие — норма эволюции современной науки. При этом де-факто формируется новая ТД-теория (отрасль научных исследований) и многократно повторяется процесс: от одной или группы дисциплин, через междисциплинарное взаимодействие — в направлении, приближающем создание целостной общенаучной картины мира.

Необходимость разработки строгой *методологии ТД-научных исследований* выявила потребность в определении места и роли информатики в системно-технологической поддержке ТД-исследований и использовании их результатов при решении глобальных проблем развития современной цивилизации. Такой вывод абсолютно закономерен, учитывая системообразующую роль современной информатики и интеграцию информационных технологий практически во все отрасли Hi Tech [1].

Серьезным шагом в направлении трансдисциплинарности является формирование перспективных самодостаточных кластеров конвергенции «продвинутых» современных технологий. Ярким примером может служить NBIC-кластер (N — нано, B — био, I — инфо, C — когнито) [3]. Информатика в нем как раз и играет системообразующую роль. Уже ощутимы некоторые прорывные направления, формируемые почти в реальном масштабе времени. Это наномедицина и биопротезы, ис-

кусственные биологические системы, трансформерные автономные нанороботы, первичные сенсорные измерительные сети и, конечно же, — нанокomпьютеры.

На заре развития кибернетики весьма распространены были вопросы корреспондентов популярных изданий, обращенные к специалистам-кибернетикам: может ли искусственный интеллект превзойти человеческий, а изолированные роботы подчинить себе людей, захватив однажды рычаги управления развитием общества? Сегодня этот вопрос потерял свою первоначальную свежесть и интригу — общество информационно-технологически повзрослело, его больше интересуют реальные перспективы и связанные с ними вызовы... Например, насколько с развитием информационных технологий завладеет человеком виртуальный мир? Вопрос не тривиальный. По сути, на кону изменение соотношения между материальными и духовными ценностями по мере интеллектуального развития человека. Сегодня перевешивают материальные, но недаром же имя ему Homo sapiens! Насколько вообще оправдана существующая рыночная цивилизация с ее стремлением к накопительству, конкурентному превосходству и глобализму, является ли она столбовой дорогой развития человечества? Давно замечено, что духовное развитие человека сильно отстает от общего и даже интеллектуального. Может, потому, что он еще не наелся досыта и все внимание, энергию и даже науку направляет на производство ради производства. Неглупые люди заметили это, собрались и сочинили Хартию трансдисциплинарности, приняв ее на Конгрессе в Португалии еще в 1994 г., создав первый центр трансдисциплинарности CIRET. Позволю себе несколько коротких цитат из этой Хартии [4]:

1) современный разрыв между растущим количеством знаний и увеличивающимся оскудением внутренней идентичности ведет к рождению новых форм обскурантизма с неисчислимыми социальными и личностными последствиями;

2) краеугольный камень трансдисциплинарности — семантическое и практическое

объединение смыслов, которые находятся за пределами отдельных дисциплин. Крайности формализма, строгость определений и доказательство абсолютной объективности, влекущие исключение субъекта, могут иметь только жизнеотрицающие последствия;

3) трансдисциплинарное видение решительно открыто в своем выходе за область точных наук, требуя их диалога и их примирения с гуманитарными и социальными науками, а также с искусством, литературой, поэзией и духовным опытом.

Существуют и другие центры трансдисциплинарности.

Глобальное толкование трансдисциплинарности не отрицает утилитарного, т.е. подхода к эффективному взаимодействию научных дисциплин во имя построения полной научной картины мира или глобальной системы научных знаний, позволяющих отразить его во всем «многообразии и многосложности — пространственной, временной, информационной и когнитивной» [4]. Этот путь лежит через создание системологии междисциплинарного взаимодействия как самостоятельного раздела информатики, имея в виду уже упомянутую системообразующую ее функцию, а также совокупность информационных технологий постановки и решения сложных научно-технических проблем.

Методология научных исследований и конструирование механизма междисциплинарного взаимодействия при решении таких проблем связаны с созданием концептуально-понятийного каркаса научных теорий. Таким каркасом может служить совокупность формальных компьютерных онтологий конкретных предметных областей (ПрО) [5]. Формально онтологию можно представить четверкой множеств:

$$O = \langle X, R, F, A \rangle,$$

где X, R, F, A — конечные множества соответственно: X — концептов (понятий) ПрО, R — отношений между ними, F — функций интерпретации (как X , так и R), A — аксиом.

Приведенное выражение реализуется в виде онтологического графа (как правило, ацикли-

ческого ориентированного), тезауруса базовых понятий ПрО и отношений между ними, а также перечня базовых аксиоматических утверждений, представляющих основу логического вывода.

Актуальность онтологического подхода к представлению (описанию) ПрО определяется двумя факторами. Во-первых, формальные компьютерные онтологии являются одновременно и результатом развития, и инструментом knowledge engineering. Во-вторых, они выполняют функции концептуализации и спецификации научных теорий, являясь основой построения современных интернет-сетей и технологий, в частности, обеспечивая возможность построения сервис-ориентированных информационных технологий.

А может быть, главным является тот факт, что онтологии — это суть понятийные системы, а понятийное мышление является самой совершенной формой функционирования сознания и восприятия реальности человеком (а значит, и компьютерной системой искусственного интеллекта). Здесь самый подходящий момент вспомнить слова И. Бродского: «Существует, как мы знаем, три метода познания: аналитический, интуитивный и метод, которым пользовались библейские пророки, — посредством откровения».

Экскурсия в будущее

Теория общественного прогресса выделила основные его свойства, а именно: линейность развития, иерархичность этапов, финальность (на основе позитивной цели), эстафетность и наличие движущей силы прогресса. Примем это положение за основу. Как при этом может выглядеть жизнь где-то на финальной стадии? Кстати, о самой финальной стадии. Возможны два варианта.

Первый: научно-технический прогресс сопровождается ростом вероятности уничтожения человечества за счет издержек технологий, которые отрицательно влияют на окружающую среду либо несут в себе опасность глобального риска.

Второй: на каком-то этапе, осознав бесперспективность существующего варианта технологического прогресса, мировое сообщество запрещает в принципе развитие технологий, наносящих вред либо таящих в себе опасность для планеты. Тогда тезис о финальности (фатальности) общественного прогресса исчезает, а взамен приходит общая схема жизненного цикла каждого члена человеческого общества в виде, который обеспечивается совершенными технологическими средствами, направленными на всестороннее развитие личности при поддержке всех потребностей его жизнедеятельности. Главный вектор общественно-технологического развития направлен на создание методов и средств обеспечения качественного долголетия планетян. Этот тезис находится в противоречии с фактом конечности ресурсов, которыми обладает планета Земля. Действительно, перевалившее за 10 миллиардов население Земли, по свидетельству ученых, планета не в состоянии обеспечить необходимыми ресурсами. Предположим, вопрос энергии будет решен (солнечная, атомная и другие подходящие ресурсонезависимые виды). Но остается пища, вода и даже воздух! Выход один — для того, чтобы сохранить требуемый баланс ресурсов, необходимо переселение землян на другие планеты. Отсюда задачи ближайшего этапа развития — открытие новых и новых планет, пригодных для обитания, создание средств доставки груза и освоения этих планет. Совершенное, а значит, справедливое общество при этом должно предложить прозрачную и справедливую схему жизни для каждого человека. Ее суть состоит в том, чтобы при достижении определенного возраста каждый человек готовил себя к отправке в космический путь с правом выбора планеты (по крайней мере, на первом этапе). Возраст, при котором переселяются на другие планеты, устанавливается расчетным путем, исходя из оптимальности поддержания жизни нормального человека и уровня развития земной цивилизации, обеспечивающего регенерацию всех видов земных ресурсов, возможно, с использованием ресурсов других планет.

Учитывая непрерывность планетообразующих процессов во Вселенной, такая схема позволяет поддерживать ее сколь угодно долго во времени, если не пользоваться термином «бесконечность».

При этом очевидно, что каждая из новых планет начинает свою историю и свой собственный вид цивилизации в соответствии с особенностями и условиями освоенных планет, приспособляясь к ним в процессе освоения. Поддерживается межпланетное информационное и материальное взаимодействие, подтягивание вновь освоенных планет к земным стандартам либо стандартам обнаруженных к тому времени более совершенных инопланетных цивилизаций. Судя по всему, освоенные планеты продолжают путь земной цивилизации и передадут эстафету дальше. Как и кому — сегодня трудно спрогнозировать.

И все же, каким образом будет строиться жизнь будущего представителя теперь уже межпланетной цивилизации? Какие критерии качества жизни выступят на первое место? Как и в каком направлении будет совершенствоваться сам человек?

Очевидно, главное приобретение человека разумного — его интеллект, который, совершенствуясь, приходит к абсолютной шкале ценностей, позволяющей ему не только выжить, но и обеспечить перспективу своего дальнейшего существования и развития. Ключевыми исходными ценностями на этой шкале выступают все те же две, составившие основу учения упомянутого выше нобелевского лауреата А. Швейцера, — примат разума и «благоговение перед жизнью».

Вызовы настоящего

Указанные ценности универсальны по природе и в равной мере относятся не только к призрачному будущему, но и к реальному настоящему. Сегодняшние достижения рыночной цивилизации и «хромой» демократии не в состоянии обеспечить мир и процветание на планете в целом и в Украине в частности. При этом вопрос заключается в том, как именно решить эту

проблему наиболее эффективным способом. Речь может идти о создании системы истинного народовластия (СИН), гарантирующей прозрачность формирования общественного устройства, которое учитывает согласованные интересы всех членов общества, а также процедуры принятия решений на всем жизненном цикле его функционирования.

СИН основана на принципе: если хочешь жить в процветающей цивилизованной стране, построй ее своими руками и умом!

События в Украине последнего времени лишний раз доказали, что, несмотря на все катаклизмы и неурядицы, в ней созревает *общество гражданского сознания*. Оно требует реального цивилизованного воплощения. СИН и есть такое воплощение.

Система истинного народовластия опирается на действующую Конституцию Украины (Раздел II, ст. 34–40) [6] и синергетическое взаимодействие двух главных своих компонент: созревшее гражданское сознание украинского общества и достижения современной кибернетики (информационных технологий). Поэтому она представляется в виде открытой для членов общества организационно-технологической структуры, обеспечивающей устойчивое функционирование и развитие общественного устройства на территории Украины, и состоит из двух подсистем — организационной и технологической.

Организационная подсистема объединяет всех без исключения членов общества, желающих принимать непосредственное участие в формировании политического устройства страны. Это участие реализуется через: а) учет мнения каждого желающего члена общества либо политической и общественной организации на условиях равноправия относительно текущей деятельности существующей власти, а также непосредственное участие в формировании базовых моделей функционирования общества; б) выработку рекомендаций власти и обществу по всем текущим перспективным вопросам функционирования общества на основе согласованных принципов и принятого регламента взаимодействия между властью и обществом.

Технологическая подсистема строится на основе интернет-сети либо специальной сети открытого типа с выделенными каналами связи и осуществляет сбор, предварительный анализ входной информации и выработку рекомендаций, а также другие функции поддержки принятия решений.

Технологическая подсистема (ТП) включает в себя сетевую и модельную компоненты с профильными базами данных и знаний. Сетевая компонента функционирует на основе открытых стандартов и протоколов связи, а также базовых клиент-серверных компьютерных структур. Функционально-технологической и идеологической платформой создания ТП является Единая национальная сеть информатизации (ЕНСИ) как основа функционирования информационного общества XXI века. ЕНСИ базируется на опыте создания упомянутой ранее ОГАС академика В.М. Глушкова, современных суперкомпьютерных технологий, оптимизационных социально-экономических моделей и строгих математических методов. ТП строится по территориальному принципу и функционирует в реальном времени непрерывно 24 часа в сутки. Основными принципами ее инициализации являются:

- формирование гражданского общества на основе инициативы и волеизъявления;
- перспектива обеспечения устойчивого развития страны и эффективного информационного взаимодействия на уровне «общество — власть» как гарантия отсутствия социальных конфликтов и безусловного улучшения жизни всех членов общества на основе эффективного инструмента согласования их интересов;
- ввод в действие, начиная с подсистемы мониторинга входной информации (I очередь проекта).

Основные принципы функционирования системы ЕНСИ строятся на строгой формально-математической основе лишь с учетом одобренных обществом предпочтений. Система функционирует в трех основных режимах:

- непрерывного мониторинга общественно-мнения с выработкой совокупности индикаторов

и рекомендаций, составляющих основу процедуры взаимодействия общества с властью;

- синтеза и развития строгих формальных социально-экономических и социально-психологических (аналитических, статистических и имитационных) моделей;
- использования разработанных моделей для решения текущих и перспективных задач и проблем.

ТП обеспечивает простое и эффективное человеко-машинное взаимодействие как со стороны пользователя, так и со стороны ресурса (центрального сервера). Функционирует на основе согласованного регламента. Одной из главных регламентных задач является построение и практическое использование *шкалы предпочтений* на основе индикаторов, полученных и рассчитанных в режиме непрерывного мониторинга. Шкала устанавливает систему рекомендательных и предупредительных индикаторов, заранее согласованную с органами власти (возможно, в отдельности для каждой из ее ветвей). Целесообразным представляется установление иерархии степеней предупреждения. Граничная степень является сигналом перехода общества к радикальным мерам (проведение массовых демонстраций), также подчиняющимся заранее согласованному регламенту. Желательно для общества и власти не прибегать к граничным степеням. Указанные индикаторы включают кроме показателей реакции общества на действия власти также показатели реакции общества на деятельность общественных организаций (партий) и отдельных его членов, а также на конкретные события, происходящие в жизни общества.

Весьма важным фрагментом регламентных задач является поиск стратегии и формально-логических алгоритмов разрешения сложных проблем и отыскания консенсуса в каждом конкретном случае. Аппарат формализации позволяет строго фиксировать исходные данные для консенсусных моделей, оставляя решение за информационно-технологическими средствами, что позволяет использовать их не только в СИН, но и в органах власти.

Отдельной весьма сложной и важной задачей СИН является перевод Конституции и всех законодательных актов, включая правовые кодексы, в формально-логическое представление, позволяющее гарантировать их непротиворечивость при анализе и применении существующих законодательных актов, а также при принятии новых. Создание формально-логических основ является задачей среднесрочного периода (II очередь проекта).

В состав формальных математических моделей I и II очереди проекта должны быть включены модели, необходимые для поддержки процессов принятия бюджета, текущего и перспективного планирования экономики и всего народного хозяйства в целом, прогноза его развития, экологического мониторинга, решения других прикладных задач. База моделей строится как открытая система и позволяет изменять свой состав, структуру, а также параметры самих моделей в режиме апробации и практического использования. Предполагается создание методов и средств оценки качества моделей и их развития с учетом накопления опыта использования и общественного мнения.

Порядок разработки и реализации проекта, а также его материального обеспечения уста-

навливается на основе анализа общественного мнения в предположении, что в его создании равно заинтересованы и общество, и власть (вне зависимости от интересов правящей группы, оппозиции и других представителей общественного мнения).

СИН является открытой системой. Регламент использования и функционирования системы устанавливается в процессе реализации проекта. Отдельное место в отношениях СИН с внешним миром занимает ее взаимодействие со средствами массовой информации и институтами изучения общественного мнения. Участие партий при создании проекта СИН приветствуется при условии, что сама СИН является внепартийной системой.

Статус СИН устанавливается по результатам ее апробации в соответствии со степенью доверия к ней как общества, так и власти. В перспективе она может занять достойное место в общественно-государственной структуре как инструмент разрешения сложных проблем развития общества и управления общественным устройством в целом.

Проект СИН не носит коммерческий характер, хотя и имеет предпосылки к тиражированию.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Палагін А.В. Проблеми трансдисциплінарності і роль інформатики // Кибернетика и системный анализ. — 2013. — № 5. — С. 3—13.
2. Палагін О.В., Кургаєв О.П. Міждисциплінарні наукові дослідження і оптимізація системно-інформаційної підтримки // Вісн. НАН України. — 2009. — № 3. — С. 14—15.
3. Прайд В., Медведев Д.А. Феномен NBIC-конвергенции: реальности и ожидание // Философские науки. — 2008. — № 1. — С. 97—117.
4. Nicolescu V. Transdisciplinarity: Theory and Practice. — Cresskill, NJ: Hampton Press, 2008. — 320 p.
5. Палагін А.В., Кривий С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний. — Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. — 323 с.
6. Конституція України. — Харків: Ксилон, Інформаційно-правовий центр, 2007. — 48 с.

Статья поступила 20.05.2014.

О.В. Палагін

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України
проспект Академіка Глушкова, 40, Київ, 03680, Україна

ТРАНСДИСЦИПЛІНАРНІСТЬ, ІНФОРМАТИКА І РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ

Перспективи і проблеми розвитку людської цивілізації завжди хвилювали суспільство. Особливо гострий інтерес до них виникає, як правило, на крутих віражах історії, в періоди громадських потрясінь і техногенних катаклізмів. Технологічною основою такого розвитку має стати глобальна багаторівнева мережа трансдисциплінарних знань,

яка є природним наступником сучасної інтернет-мережі на шляху до знання-орієнтованого суспільства з його центральною сервісною парадигмою. Така мережа функціонує на основі строгих математичних і логіко-функціональних моделей сталого (соціально-економічного, науково-технічного, екологічного, багатофункціонального) розвитку суспільства, достатньо апробованих і частково реалізованих з часів відомого проекту загальнодержавної автоматизованої системи управління академіка В.М. Глушкова. Однією з ключових особливостей проекту є використання запропонованої нашим великим співвітчизником стратегії далеких і близьких цілей на основі постійно зростаючих можливостей сучасних computer science та інформаційних технологій.

Ключові слова: транздисциплінарність, інформатика, моніторинг, кластер конвергенції, комп'ютерна онтологія, knowledge engineering, Єдина національна мережа інформатизації, глобальна мережа транздисциплінарних знань.

O.V. Palagin

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

TRANSDISCIPLINARITY, INFORMATICS AND DEVELOPMENT OF MODERN CIVILIZATION

Prospects and problems of development of human civilization have always worried society. Especially sharp interest arises up in them, as a rule, on the overbanks of history, in the period of public shocks and technogenic cataclysms. The global multilevel network of transdisciplinary knowledge, that is the natural successor of modern Internet-network on a way to knowledge-oriented society with its central service paradigm, must become the technological basis of such development. Such network functions on the basis of the strict mathematical and logic-functional models of steady (socio-economic, scientific and technical, ecological, multifunctional) development of society, approved enough and partly realized from times of the well-known project of General national management system designed by academician V.M. Glushkov. One of key features of project is the use of offered by our great compatriot strategy of distant and near aims on the basis of constantly increasing possibilities of modern computer science and information technologies.

Keywords: transdisciplinarity, informatics, monitoring, cluster of convergence, computer ontology, knowledge engineering, General national network of informatization, global network of transdisciplinary knowledge.



МОКІЄНКО

Андрій Вікторович – доктор медичних наук, головний науковий співробітник Державного підприємства «Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України»

УДК 577.352.2:574.4:355.721

БІОПЛІВКИ ШПИТАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМ: ВІД АНТАГОНІЗМУ ДО СИНЕРГІЗМУ

*Огляд присвячено актуальній проблемі біоплівок шпитальних екосистем як фактора виникнення і поширення збудників нозокоміальних інфекцій. Сформульовано фундаментальні принципи організації біоплівок. Наведено дані літератури, згідно з якими бактерії (на прикладі *Pseudomonas aeruginosa*) є одночасно патогенами (у планктонній і біоплівковій формах) і продуцентами бактеріоцинів як інгібіторів утворення біоплівки. Обговорено також результати дослідження з оцінювання бактерицидності підземних природних мінеральних вод. Висловлено припущення про можливість створення штучних біоплівок з бактерицидних штамів бактерій, які або створюватимуть захисну плівку на епідемічно важливих медичних пристроях і поверхнях, або заміцатимуть інфектні біоплівки бактерицидними в живому організмі.*

Ключові слова: біоплівки, шпитальні екосистеми, антагонізм, синергізм.

Вступ

Характерною ознакою епідемічного процесу в сучасних умовах є принципова зміна взаємодії патогенів з організмом хазяїна, оскільки переважними збудниками є умовно-патогенні, убіквітарні (всюдисущі) мікроорганізми. Особливість цієї мікробіоти полягає в опортунізмі і тривалій персистенції в організмі хазяїна та об'єктах навколишнього середовища, до яких з повним правом слід віднести шпитальні екосистеми. Слід зазначити, що в певних умовах стресу (метаболічного – при дефіциті поживних речовин, окисного – у разі впливу антибіотиків і біоцидів) такі бактерії можуть переходити в VBNC-стан (*viable, but non culturable* – життєздатні, але такі, що не культивуються). У цьому випадку бактерії не ростуть на стандартних культуральних середовищах, але зберігають певні ознаки живих клітин, зокрема дихальну активність і поглинання субстрату. Результатом цих метаморфоз є поява стертих, атипових, з повільним перебігом хронічних патологічних процесів або безсимптомних форм захворювань, частота яких незрівнянно вища, ніж гострих інфекцій. Домінантою

стає не спалахова захворюваність, яку традиційно фіксують, а спорадична, що загалом не реєструється.

Біоплівки шпитальних екосистем як фактори поширення нозокоміальних інфекцій

У нещодавно опублікованій роботі [1] ми спробували узагальнити дані літератури і результати власних досліджень, щоб оцінити значущість біоплівок шпитальних екосистем як факторів виникнення і поширення нозокоміальних інфекцій. Центральне місце в нашому аналізі посіли роботи Rodney M. Donlan і J. William Costerton (зокрема, їх фундаментальний огляд [2]), думку яких поділяють усі дослідники цієї проблеми: основним джерелом нозокоміальних інфекцій і фактором персистенції їх збудників у шпитальних екосистемах, від повітря і води до внутрішньої поверхні катетерів і систем організму, є біоплівки. Причому біоплівка — це не хаотичний конгломерат мікробів, які не пов'язані між собою, а саморегульована, самоорганізована, самодостатня система, яку по праву можна назвати самостійною формою біоти і найважливішою біотичною компонентою біосфери. Фундаментальні принципи організації біоплівок такі:

1. *Убіквітарність біоплівок* як основної домінанти існування бактерій у навколишньому середовищі (понад 99,9% бактерій ростуть у біоплівках на найрізноманітніших поверхнях) [3].

2. *Опортунізм бактерій біоплівки* (лат. *opportunus* — зручний, вигідний) — здатність бактерій «зі зручністю й вигодою» перебувати в організмі як безсимптомно (наприклад, *Staphylococcus aureus*, як умовно-патогенний мікроорганізм, виявляється у носоглотці 20–30% здорових дорослих осіб), так і викликати гострі і хронічні інфекції, аж до септичних станів, при імунodefіцитах різного генезу.

3. *Наявність високорезистентних бактерій* — персистерів — альтруїстичних клітин, які жертвують швидким розмноженням заради виживання популяції споріднених клітин за

наявності летальних факторів. Персистери, що вижили, відновлюють вихідну популяцію біоплівки. Дослідження свідчать, що проблеми лікування інфекцій, пов'язаних з бактеріальними біоплівками, значною мірою визначаються наявністю в них персистерів [4].

4. *Наявність екзополісахаридного матриксу*, який на 95% складається з води [5] і є одночасно «тілом» біоплівки та субстратом для обміну генетичною інформацією і сигнальними молекулами.

5. *Мультиантибіотикобіоцидорезистентність бактерій біоплівки*. Такий термін раніше не застосовували, проте потреба в ньому давно назріла.

Тут дозволимо собі невелику ремарку. Ми зробили скромний внесок в аналіз цієї проблеми, запропонувавши єдність природи резистентності як ядро концепції персистувально-мультиваріантного ризику патогенів питної води, центральне місце в якій посідають біоплівки систем питної і стічної вод, що є ідеальним субстратом для горизонтального передавання генів на плазмідах між мікроорганізмами різних форм резистентності [6–9]. Наша гіпотеза кореспондується з точками зору S.B. Levy [10] і A.P. Fraise [11] про активне виведення (active efflux), як загальний механізм резистентності до біоцидів і антибіотиків. Ми запропонували також гіпотетичний механізм формування резистентності [12] на основі фундаментальних принципів супрамолекулярної хімії [13], суть якого полягає у двостадійному процесі інформаційно-просторової взаємодії рецептора і субстрату на основі розпізнавання та комплементарності.

Ґрунтуючись на фундаментальній біомедичній парадигмі гормезису, згідно з якою малі дози зумовлюють стимуляцію, а більші — інгібування біологічних показників, у тому числі у вірусів і бактерій [14], ми припустили, що хлор у залишкових концентраціях у комплексі з іншими факторами виявляє горметичний стимулювальний вплив на ріст водних патогенів, який є додатковим внеском у персистенцію їх циркуляції у водному середовищі та питній воді [15]. Це узгоджується з даними літератури про

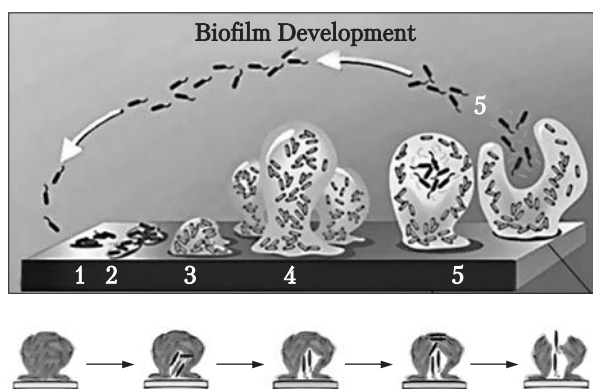


Рис. 1. Процес формування і розвитку матриці біоплівки *P. aeruginosa* під впливом *PsI*. Схематично показано 5 стадій розвитку біоплівки [25]

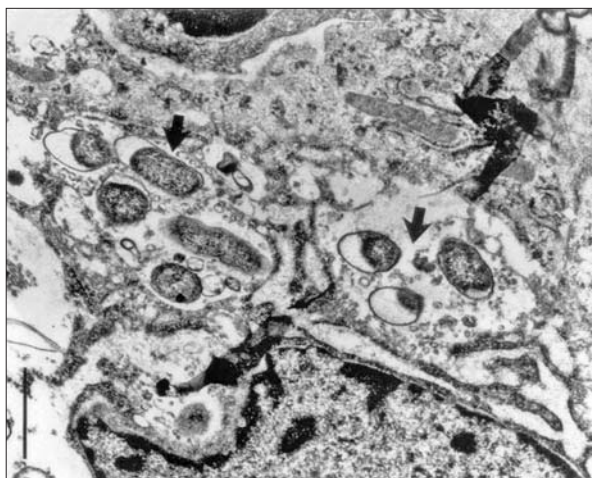


Рис. 2. Трансмисивна електронограма передміхурової протоки в зоні фокального хронічного запалення у пацієнта із хронічним простатитом, викликаним *E. coli*. Стрілки вказують на бактеріальні мікроколонії серед запальних клітин і уламків. Ці бактерії культивувалися при посіві передміхурового секрету і біопсії тканини через 4 тижні після припинення антибіотикотерапії. Nickel J.C., Costerton J.W. *Prostate*, 23 (1993)

експресію синтезу білків, залучених у клітинні механізми захисту проти окисного стресу, в результаті чого формується адаптація або резистентність до хлору у *Legionella pneumophila* [16], *Escherichia coli* O157:H7 [17] і *Salmonella enterica* Enteritidis і *Typhimurium* [18].

Отже, гормезис, як результат сублетального стресу, є не що інше, як універсальний

механізм формування стійких до зовнішніх впливів бактерій, які в біоплівці знаходять свою екологічну нішу для подальшого зростання стійкості до цього стресу. Це відоме в патологічній фізіології свого роду «порочне коло», коли причина і наслідок формування патології постійно міняються, підсилюючи патологічний процес.

6. *Стійкість біоплівок до зовнішніх фізичних впливів*, наприклад парадоксальна здатність з більшою швидкістю формуватися в турбулентних (структура, що утворюється, є дуже в'язкопружною і еластичною [19]), а не в ламінарних потоках (біоплівки мають низьку межу міцності та легко деформуються [2]).

7. *Відчуття кворуму (quorum sensing)* – здатність бактерій спілкуватися за допомогою сигнальних молекул (автоіндукторів) кожної індивідуальної бактерії, що дає змогу їхнім колоніям у біоплівці регулювати колективну поведінку і функціонувати як єдиний організм із самостійними системами регуляції руху, росту, захисту, розмноження, токсичності та вірулентності [20].

8. *Асоціація з вільноіснуючими амебами (FLA)*, наприклад *Hartmannella vermiformis* і *Acanthamoeba castellanii*, амеборезистентних бактерій (ARB), найчастіше *Legionella spp.* і нетуберкульозних *Mycobacterium spp.* Підтвердженням цього є робота [21] і наші попередні публікації [22, 23], згідно з якими FLA є резервуаром для ARB, що підкреслює важливість урахування амеб під час контролю якості води в лікарнях. Показано, що біоплівки не лише забезпечують захист бактерій, а й дають можливість активно оборонятися від клітин, що намагаються фагоцитувати біоплівку.

Аналіз значущості актуальних збудників нозокоміальних інфекцій *S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* у формуванні біоплівок показав, що ці збудники найчастіше інфікують пацієнтів. Їх виділення з усіляких об'єктів внутрішньолікарняного середовища дає всі підстави вважати їх найбільш частими і небезпечними причинами нозокоміальних інфекцій. Слід також звернути увагу на обставини, що лежать в основі надзвичайно важкої виживності ін-

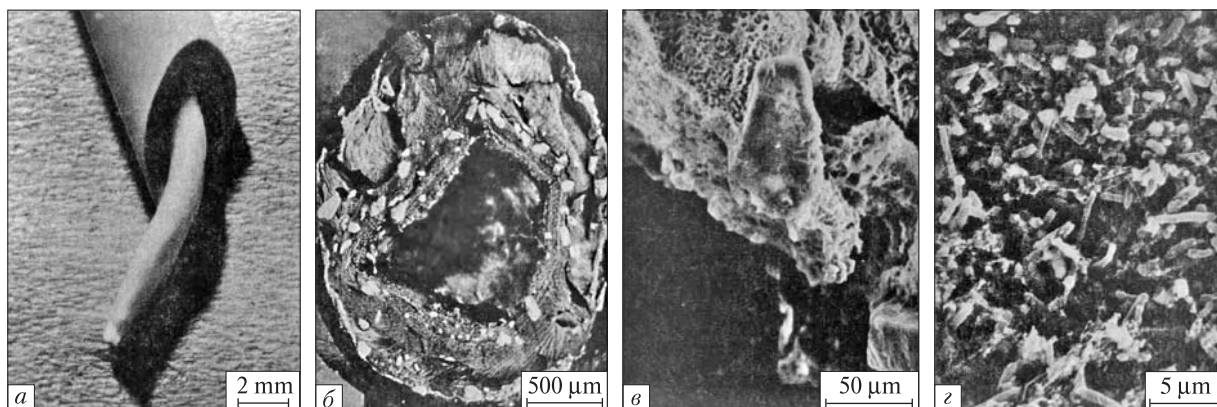


Рис. 3. Секція поперечного перерізу сечового катетера, червоподібна структура, що закупорює порожнину (а); сканувальна електронограма поперечного перерізу заблокованого катетера (б); прозорі формування на зовнішній поверхні висушеного сублімованого матеріалу, що блокує катетер (с); аналіз показав, що під прозорою оболонкою перебуває маса коків і бацил (d). Stickler D.J., King J.B., Winters C. et al. *J. Infect.*, 27 (1993)

фекційних патологій, спричинених цими бактеріями. По-перше, багатофакторність формування стафілококами біоплівки за допомогою автоіндукторів у системі *quorum sensing*, що визначає високу адаптованість цього мікроорганізму до факторів навколишнього середовища та імунної системи. Це зумовлено, зокрема, багатокроковою міграцією з біоплівки і в процесі персистенції в організмі [24]. По-друге, механізм взаємозв'язку апоптозу певних бактерій *P. aeruginosa* у біоплівці зі звільненням *Psl* (ключового компонента формування екзополісахариду як основи матриці біоплівки) на поверхні цих клітин, руйнуванням матриці та виходом бактерій за межі біоплівки [25] (рис. 1).

Зарізними оцінками, з біоплівками пов'язано від 60 % [4] до 80 % [2] захворювань людини. Ми схематично окреслили значущість біоплівок у найбільш маніфестних патологіях [1] (рис. 2). Проте не буде перебільшенням сказати, що це лише верхівка айсберга. Сьогодні очевидне існування асоціації між виникненням біоплівок та інфекцією при певних патологіях. Мікроорганізми, позаклітинні компоненти біоплівки, її природа і характер патогенності змінюються від одних умов хвороби до наступних. Однак у кожному конкретному випадку існують певні загальні незмінні закономірності: продуку-

вання позаклітинного матричного полімеру, резистентність до антимікробних засобів, яка збільшується з віком біоплівки, стійкість до факторів імунної системи [2].

W. Costerton і співавт. [26] представили частковий перелік медичних пристроїв, колонізованих біоплівками, які пильно вивчалися останні 20 років. Найбільш показовими є штучні клапани серця, центральні венозні катетери, сечові катетери (рис. 3), контактні лінзи, внутрішньоматкові пристрої і лінії води стоматологічних установок.

Отже, результати епідеміологічних досліджень незаперечно свідчать про роль біоплівок в інфекційних хворобах в результаті впливу медичних пристроїв та устаткування. Особливо важливим це може бути для пацієнтів з тими чи іншими проявами імунодефіциту. Запропоновані механізми такого взаємозв'язку, за даними [2], такі:

- відділення клітин чи їх скупчень із біоплівок медичного обладнання в кровотік або в сечовивідні шляхи;
- продукування ендотоксинів;
- стійкість до факторів імунної системи організму;
- утворення ніші для генерування стійких мікроорганізмів через обмін плазмідами з генами резистентності.

Стратегії видалення та профілактики утворення біоплівки

У зв'язку з викладеним виникає цілком слушне запитання: як гарантовано вилучити біоплівки? Саме вилучити, оскільки мінімальна їхня кількість завжди й за всіх адекватних умов забезпечить попередній (а може, навіть і більш бурхливий) ріст і виживання.

На думку Rodney M. Donlan, автора огляду [27], присвяченого видаленню біоплівок із внутрішньосудинних катетерів (рис. 4), у цьому випадку процес формування біоплівки залежить від багатьох факторів: особливості матеріалу катетера, наявності умов для створення плівки, гідродинаміки, фізичних і хімічних властивостей рідини в контакт з поверхнею катетера і властивостей мікробних клітин. Слід врахувати, що біоплівки можуть сформуватися впродовж 3 днів після катетеризації [28].

Проаналізувавши весь спектр наявних засобів видалення мікроорганізмів з біоплівок катетерів, Rodney M. Donlan задається питанням: який з них найефективніший? І зауважує: для більшості повідомлень з цього приводу ефективність лікування визначалася за негативними культуральними результатами зразків крові, відібраних через катетер, чи відсутністю клінічних симптомів у пацієнтів після завер-

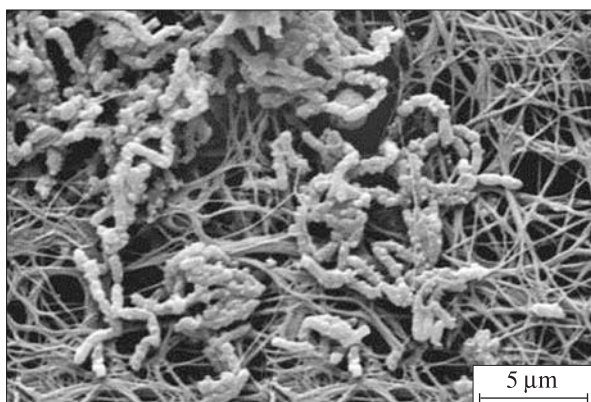


Рис. 4. Біоплівка *Alcaligenes xylosoxidans* у фібриноподібній матриці на поверхні встановленого внутрішньосудинного катетера (SEM-зображення Janice Carr, Centers for Disease Control and Prevention), цит. за [27])

шення терапії, а не за фіксацією наявності або відсутності біоплівок в/на катетері, що дійсно свідчить про факт усунення.

Коротка характеристика різноманітних засобів, які не є антимікробними препаратами, з точки зору їх ефективності в запобіганні або елімінації біоплівок на внутрішньосудинних катетерах показала, що за винятком етанолу, хелатних агентів і тауролідину жоден з них не було оцінено в клінічних випробуваннях.

Завершуючи аналіз даних літератури, Rodney M. Donlan стверджує, що в альтернативних підходах, заснованих на використанні антимікробних препаратів або комбінуванні альтернативної обробки з антимікробними препаратами, є потенціал до повної елімінації формування біоплівки на катетері, запобігання реактивації патогенів і усунення відповідних симптомів у пацієнтів.

Надзвичайно перспективним методом видалення біоплівок є використання бактеріофагів не лише в лікувальних, а й у профілактичних (протиепідемічних) цілях для запобігання утворенню госпітальних біоплівок та їх деструкції. Особливий інтерес становить можливість використання фагів, на відміну від дезінфекційних засобів, у процесі безпосереднього проведення маніпуляцій (наприклад, катетеризації) [1]. Разом з тим, на думку Rodney M. Donlan [29], тут слід враховувати низку важливих питань. Одне з них пов'язане з вибором суміші фагів, які могли б запобігти формуванню біоплівок різноманітними бактеріальними штамми, що можуть потенційно колонізувати медичні пристрої. Цілий комплекс питань стосується здатності матриці покриття адсорбувати фаг, інфекційності фага, його стабільності, ефективності фага в присутності білків сироватки крові, таких як фібрин, і толерантності покриття щодо пацієнта.

Зважаючи на сказане вище, цілком доречно згадати думку R.M. Donlan і J.W. Costerton [2]: «Усі спроби контролю над формуванням біоплівки у промислових системах зазнали невдачі. Слід очікувати нестачу успіху при такому самому підході до медичного обладнання». Наприкінці огляду автори акцентують

на тому, що необхідно досліджувати будь-яку інфекцію, резистентну до антибіотикотерапії і до систем імунного захисту, з експресією відповідних генів, що кодують несприйнятливий бактеріальний фенотип. Крім того, потрібно використовувати фенотип біоплівки кожного збудника хронічної інфекції для отримання нових вакцин і антибіотиків, спрямованих на інактивацію біоплівок як джерела багатьох хвороб.

Обґрунтування нового погляду на біоплівки

Обґрунтування нового погляду на біоплівки полягає у необхідності враховувати здатність бактерій, які утворюють клінічно значимі біоплівки, наприклад *P. aeruginosa*, до бактеріоциногенії. Бактеріоцини — це група гетерогенних антибіотикоподібних речовин, переважно білкової природи, які синтезуються більшістю бактерій і характеризуються бактерицидною дією щодо представників філогенетично близьких видів [30]. До цієї групи відносять кілерні фактори з різними морфологічними й біохімічними властивостями: пептиди, низькомолекулярні білки, ферменти, фагоподібні структури [31]. Вузька специфічність дії і білкова природа бактеріоцинів відрізняє їх від класичних антибіотиків [32]. Раніше було показано, що бактеріоцинам окремих штамів *P. aeruginosa* властиві високі показники кілерної активності, яка може досягати 26 млн ОА/мл [33, 34], і при цьому вони здатні пригнічувати ріст більш ніж 75% використаних у роботі культур того самого виду [35].

Встановлено, що внесення бактеріоцинів штаму УКМ В-330 до індикаторної культури *P. aeruginosa* УКМ В-12 приводить до зниження кількості клітин у біоплівковій формі на 2 порядки порівняно з такою у контрольних варіантах за 1 добу культивування [36]. У подальшому, а також у мікроорганізмів у планктонній формі, антимікробна дія цих речовин не спостерігалася. Бактеріоцини, виділені з культури УКМ В-333, діяли на клітини в обох формах. При цьому в дослідному варіанті спостеріга-

лося зменшення кількості мікроорганізмів у складі біоплівки в 60 і в 5 разів, а у планктонній формі — у 1200 і в 4 рази на 1-шу і 2-гу добу відповідно [36]. Можливість впливу на біоплівкову форму бактерій, очевидно, пов'язана з нуклеазними властивостями, виявленими в описаних бактеріоцинів [37]. Речовини *P. aeruginosa* УКМ В-353 таких властивостей не мали і діяли винятково на мікроорганізми у планктонній формі, зумовлюючи зниження їх чисельності в дослідних варіантах у 2 і 8 разів протягом перших двох діб культивування. Також слід зазначити, що внесення досліджуваних бактеріоцинів приводило до зменшення відсотка покриття зразків біоплівкою в 3–10 разів упродовж усього періоду спостереження [36]. Отже, бактеріоцини можна розглядати як ефективний засіб впливу на планктонну і біоплівкову форми *P. aeruginosa*, який дає змогу регулювати чисельність мікроорганізмів у бактеріальних популяціях незалежно від форми їх існування.

Отримані результати кореспондуються з даними [38], згідно з якими значна частина відомих вторинних метаболітів, які продукуються флуоресціюючими псевдомонадами, мають антибіотичну або фітотоксичну активність. Більшість антибіотиків, ізольованих з фільтратів культури *Pseudomonas*, є феназинами, піролітрин-типовими антибіотиками, піокомпонентами та похідними індолу, які є представниками класу азотовмісних гетероциклів. Інший клас вторинних продуктів метаболізму *Pseudomonas* містить незвичайні амінокислоти і пептиди. Крім того, до цих двох головних груп вторинних метаболітів відносять деякі гліколіпіди, ліпіди та аліфатичні сполуки. S. Bergstrom і співавтори [39] повідомляли про екстракцію з клітин *P. aeruginosa* піожирної кислоти, антибіотика, ефективного щодо *Mycobacterium tuberculosis*.

Сьогодні утворення антибіотиків деякими флуоресціюючими видами *Pseudomonas spp.* вважають важливим фактором у конкуруванні мікроорганізмів, причому звертають увагу на різноманіття антибіотиків, які продукуються різними видами. Флуоресціюючі види

Pseudomonas є найбільшою і, ймовірно, найперспективнішою групою бактерій завдяки їхній здатності до швидкої і активної колонізації та до запобігання інфікуванню патогенними мікроорганізмами [40].

У цьому аспекті інтерес становить бактерицидна дія мінеральних вод, яка докладно вивчена в дисертаційній роботі [41], обґрунтована методично [42, 43] і набула подальшого розвитку в дослідженнях з гігієнічного обґрунтування поліпшення якості фасованої мінеральної природної лікувально-столової води [44].

Серед загального числа сапрофітних мікроорганізмів з фасованої негазованої мінеральної води до і після фільтрації та сатурації виділено 5 штамів, які досліджено на біологічні властивості та ідентифіковано в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Встановлено, що отримані штами є представниками 4 родів: *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Kytococcus* і *Flavobacterium*. Ізолят 1 було класифіковано як *P. libanensis*, ізолят 2 віднесено до виду *Vibrio metschnikovii*, ізолят 3 ідентифіковано як *P. veronii*, ізолят 5 належав до *Kytococcus sedentarius*, ізолят 6 був представником *Flavobacterium saliperosum*.

Ідентифіковані мікроорганізми перевірено на здатність впливати на розвиток умовно-патогенних мікроорганізмів.

Встановлено антагоністичний вплив штамів *P. libanensis* на розвиток *Enterococcus faecalis* і *P. aeruginosa*; *V. metschnikovii* — на *S. epidermidis*, *E. faecalis* і *E. coli*; *K. sedentarius* — на *S. epidermidis*, *S. aureus* і *E. faecalis*; *F. saliperosum* — на *S. epidermidis*, *S. aureus*, *E. faecalis*; *E. coli*. Тільки один штам *P. veronii*, на відміну від інших видів бактерій, стимулював розвиток *E. coli* [44]. Це підтверджує результати попередніх спостережень про бактерицидну дію мікрофлори мінеральної води «Нафтуса» на деякі умовно-патогенні бактерії, виділені у пацієнтів із захворюваннями нирок та сечовивідних шляхів [45]. Серед 326 випробуваних штамів 112 пригнічували ріст *S. pyogenes*, 43 — *E. coli*, 39 — *Candida albicans*, 9 — *P. aeruginosa*.

Вищевикладене узгоджується з результатами вивчення антибіоплівкової активності штаму морських бактерій *Pseudoalteromonas sp. 3J6* [46] стосовно змішаної біоплівки, сформованої зі штаму *Bacillus sp. 4J6*, але в якій домінували штами *Paracoccus sp. (4M6)* і *Vibrio sp. (D01)*. Супернатант *Pseudoalteromonas sp. 3J6* (рідка культура *SN3J6*) мав антибактеріальну активність проти вільноіснуючих *Paracoccus sp. (4M6)* і *Vibrio sp. (D01)*, інгібував їхню здатність розмножуватися на біоплівках окремих штамів і викликав зростання числа нежиттєздатних гнізд у 48-годинних біоплівках. Біоплівка чутливих штамів була зменшена у 530 разів, відсотки нежиттєздатних гнізд збільшені 225-кратно. Особливо важливим є те, що *SN3J6* інгібував формування біоплівки, сформованої трьома штамми *P. aeruginosa*, *S. enterica* і *E. coli*. Така активність антибіоплівки виявлена вперше і відкриває безліч застосувань для *Pseudoalteromonas sp. 3J6* і/або її активних екзопродуктів у стратегіях профілактики біоплівки.

Післямова

На завершення дозволимо собі дещо розлогу ремарку, яка, попри все, має сенс.

Бактерії — перші живі істоти нашої планети. Вони з'явилися на Землі як мінімум 3,5 млрд років тому. Людині сучасного типу всього близько 35 тис. років. Ми молодші за мікробів у мільйон разів. Очевидно, вони відіграли певну конструктивну та невідому Чарльзу Дарвіну роль у процесі утворення видів на нашій планеті, на якій і зовні, і зсередини всі без винятку органічні форми буквально оповиті й пронизані бактеріальною «атмосферою» [47]. Автор цієї роботи посилається на думку члена кореспондента РАН В.В. Малахова: «Ми не повинні забувати, що в кожній клітинці нашого тіла живуть малесенькі нащадки прадавніх оксифільних бактерій, які прокралися в організм наших далеких предків 2 млрд років тому і продовжують існувати в нас, зберігаючи власні гени та свою особливу біохімію» [48]. Тому ставитися до мікроорганізмів як до свідомо за-

клятих ворогів людства щонайменше несправедливо, а в принципі неправильно і, більш того, згубно.

Мікрофлора є невід'ємним компонентом існування рослин, тварин і людства, усього навколишнього і внутрішнього середовища людини. Життя без активної участі бактерій неможливе так само, як без їжі, води, повітря, гравітації. Необхідні організму бактерії, що підтримують тонус і баланс із патогенними мікробами, забезпечують процес перетравлення їжі і вилучення з неї корисних речовин. Саме бактерії, які в максимально примітивному варіанті мають функції, аналогічні в принципі ендокринній, імунній та нервовій системам регуляції життєдіяльності людей, зумовлюють блокування або пуск, а також перебіг патологічних процесів. Від нормальної мікрофлори залежить здоров'я людини, гомеостаз макроорганізму «хазяїна», його енергетичний і адаптаційний потенціал, у тому числі психологічний статус і поведінка.

Мікроби певним чином регулюють не лише стан здоров'я, а й поведінку людини. Тому є сенс налагоджувати з ними взаємовигідні відносини, а не громити їх усіх, не перебираючи, з кожного приводу, що часто не варте того, важкою артилерією дедалі могутніших і різноманітніших синтетичних антибіотиків. Кількість бактерій у тілі людини на один-два порядки перевищує число соматичних клітин макроорганізму. Бактерії, що населяють організм і шкірні покриви людини, становлять від 3 до 5% маси її тіла. Цей «розсіяний» по всьому тілу фізіологічний орган є еволюційним попередником та індикатором стану практично всіх функціональних систем організму.

Новітні відкриття дозволяють розглядати мікробну популяцію як єдину систему, що має

ряд властивостей і особливостей, які не притаманні окремим бактеріям. Це ставить питання про розроблення мікробіологічних засобів гальмування та призупинення патологічного процесу, що завжди має популяційний бактеріальний підтекст, за допомогою штучно спрямованих мутацій самих бактерій або їхніх генів росту.

Багатьом хворобам можна запобігти і лікувати їх мікробіологічними засобами, здатними допомогти організму в корекції не лише мікробних, а й зумовлених ними чи пов'язаних з ними патологій іншої етіології, у тому числі через утворення, в разі потреби, природних антибіотикоподібних речовин. І.Л. Андреев, автор статті [47], посилається на роботи зі створення штучної бактерії, яка зможе мігрувати артеріями і жити атеросклеротичними бляшками, очищуючи стінки коронарних судин і запобігаючи утворенню тромбів. Здійснення цього проекту позбавить велику кількість людей загрози раптової смерті, а також травматичних операцій аортокоронарної пластики і шунтування.

Усе викладене вище дає нам право на дещо парадоксальне, на перший погляд, судження, яке можна розглядати як висновок з попереднього аналізу: якщо біоплівку неможливо вилучити біоцидами й антибіотиками, то чому людині не переформатувати свої відносини з нею з антагоністичних у симбіотичні, використовуючи штучні біоплівки з бактерицидних штамів бактерій, які або створюватимуть захисну плівку на епідемічно значущому медичному обладнанні і поверхнях, або замістять інфектні біоплівки бактерицидними в живому організмі. Останнє відкриває зовсім інші перспективи вивчення біоплівок для обґрунтування розумного їх співіснування з людиною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Биопленки госпитальных экосистем: состояние проблемы и современные подходы к ее решению / под ред. А.В. Мокиенко, В.А. Пушкиной, А.И. Гоженко. — Одесса: Интерсервис, 2014. — 578 с.
2. Donlan R.M., Costerton J.W. Biofilms: Survival Mechanisms of Clinically Relevant Microorganisms // *Clinical Microbiol. Rev.* — 2002. — V. 15, N 2. — P. 167–193.
3. Costerton J.W., Lewandowski Z., Caldwell D.E. et al. Microbial biofilms // *Annu. Rev. Microbiol.* — 1995. — V. 49. — P. 711–745.

4. *Люис К.* Персистирующие клетки и загадка выживания биопленок // Биохимия. — 2005. — Т. 70, № 2. — С. 27–336.
5. *Characklis W.G., Marshall K.C.* Biofilms: a basis for an interdisciplinary approach. — N.Y.: Biofilms. John Wiley & Sons, 1990. — P. 3–15.
6. *Мокиєнко А.В., Гоженко А.И., Петренко Н.Ф. и др.* Вода и водно-обусловленные инфекции. — Одесса: АРТ-В, 2008. — Т. 2. — 288 с.
7. *Мокиєнко А.В.* Концепция персистирующе-мультивариантного риска патогенов питьевой воды // Вестн. гигиены и эпидемиологии. — 2008. — Т. 12, № 1. — С. 40–50.
8. *Сердюк А.М., Гоженко А.И., Мокиєнко А.В. та ін.* Питна вода та інфекційні хвороби: аналітичне та концептуальне дослідження ризику для здоров'я // Журн. НАМН України. — 2008. — Т. 14, № 4. — С. 705–718.
9. *Мокиєнко А.В.* Эколого-гигиенические основы безопасности воды, обеззараженной диоксидом хлора: дис. ... д.м.н.: 14.02.01; Ин-т гигиены и мед. экологии им. А.Н. Марзеева НАМН Украины. — К., 2009.
10. *Levy S.B.* Active efflux, a common mechanism for biocide and antibiotic resistance // J. Appl. Microbiol. — 2002. — V. 92. — P. 65S–71S.
11. *Fraise A.P.* Biocide abuse and antimicrobial resistance — a cause for concern? // J. Antimicrob. Chemother. — 2002. — V. 49. — P. 11–12.
12. *Мокиєнко А.В., Петренко Н.Ф., Гоженко А.И.* Стійкість бактерій як міждисциплінарна проблема. Механізм формування адаптивної мультирезистентності бактерій до біоцидів із погляду фундаментальних основ супрамолекулярної хімії // Вісн. НАН України. — 2010. — № 8. — С. 49–56.
13. *Лен Ж.-М.* Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы. — Новосибирск: Наука, 1998. — 334 с.
14. *Шафран Л.М., Мокиєнко А.В., Петренко Н.Ф. и др.* К обоснованию гормезиса как фундаментальной биомедицинской парадигмы // Современные проблемы токсикологии. — 2010. — № 2–3. — С. 13–23.
15. *Мокиєнко А.В., Гоженко А.И., Петренко Н.Ф.* Хлорування води: знезараження або адаптивність, інактивація чи стимуляція? // Вісн. НАН України. — 2012. — № 11. — С. 32–40.
16. *Bodet C., Sahr T., Dupuy M. et al.* *Legionella pneumophila* transcriptional response to chlorine treatment // Water Res. — 2012. — V. 46, N 3. — P. 808–816.
17. *Wang S., Deng K., Zaremba S. et al.* Transcriptomic response of *Escherichia coli* O157:H7 to oxidative stress // Appl. Environ. Microbiol. — 2009. — V. 75, N 19. — P. 6110–6123.
18. *Wang S., Phillippy A.M., Deng K. et al.* Transcriptomic responses of *Salmonella enterica* serovars *Enteritidis* and *Typhimurium* to chlorine-based oxidative stress // Appl. Environ. Microbiol. — 2010. — V. 76, N 15. — P. 5013–5024.
19. *Stoodley P., Lewandowski Z., Boyle J.D. et al.* Oscillation characteristics of biofilm streamers in turbulent flowing water as related to drag and pressure drop // Biotechnol. Bioeng. — 1998. — V. 57. — P. 536–544.
20. *Rumbaugh K.P., Griswold J.A., Hamood A.N.* The role of quorum sensing in the *in vivo* virulence of *Pseudomonas aeruginosa* // Microbes Infect. — 2000. — V. 2. — P. 1721–1731.
21. *Thomas V., Herrera-Rimann K., Blanc D.S. et al.* Biodiversity of amoebae and amoeba-resisting bacteria in a hospital water network // Appl. Environ. Microbiol. — 2006. — V. 72, N 4. — P. 2428–2438.
22. *Мокиєнко А.В., Петренко Н.Ф.* Питьевая вода и водно-обусловленные инфекции. *Legionella pneumophila* как опасный контаминант воды // Вода і водоочисні технології. — 2007. — № 2. — С. 43–45.
23. *Мокиєнко А.В., Петренко Н.Ф.* Питьевая вода и водно-обусловленные инфекции. Нетуберкулезные микобактерии в воде как фактор риска заболеваемости населения // Вода і водоочисні технології. — 2007. — № 3. — С. 41–51.
24. *Gotz F.* *Staphylococcus* and biofilms // Mol. Microbiol. — 2002. — V. 43. — P. 1367–1378.
25. *Mulcahy H., Charron-Mazenod L., Lewenza S.* Extracellular DNA chelates cations and induces antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa* biofilms // PLoS Pathogens. — 2008. — V. 4. — P. e1000213.
26. *Costerton J.W.* Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections // Science. — 1999. — V. 284. — P. 1318–1322.
27. *Donlan R.M.* Biofilm elimination on intravascular catheters: important considerations for the infectious disease practitioner // Clin. Infect. Dis. — 2011. — V. 52, N 8. — P. 1038–1045.
28. *Anaissie E., Samonis G., Kontoyiannis D. et al.* Role of catheter colonization and infrequent hematogenous seeding in catheter-related infections // Eur. J. Clin. Microbio. Infect. Dis. — 1995. — V. 14. — P. 135–137.
29. *Donlan R.M.* Preventing biofilms of clinically relevant organisms using bacteriophage // Trends Microbiol. — 2009. — V. 17, N 2. — P. 47–88.
30. *Балко А.Б.* Характеристика, свойства, перспектива применения бактериоцинов // Мікробіол. журн. — 2012. — Т. 74, № 6. — С. 54–61.

31. Desriac F., Defer D., Bourgougnon N. et al. Bacteriocin as weapons in the marine animal-associated bacteria warfare: inventory and potential applications as an aquaculture probiotic // *Mar. Drugs*. — 2010. — V. 8, N 4. — P. 1153–1177.
32. Daw M.A., Falkiner F.R. Bacteriocins: Nature, Function and Structure // *Micron*. — 1996. — V. 27, N 6. — P. 467–479.
33. Балко А.Б., Видасов В.В., Авдеева Л.В. Оптимизация условий индукции бактериоцинов *Pseudomonas aeruginosa* // *Мікробіол. журн.* — 2013. — Т. 75, № 1. — С. 58–64.
34. Видасов В.В., Балко О.Б., Авдеева Л.В. Особливості отримання окремих типів бактериоцинів *Pseudomonas aeruginosa* // *Naukowa przestrzeń Europy*. — V. 30. — Przemysl: Nauka i studia, 2013. — S. 23–25.
35. Балко А.Б., Авдеева Л.В. Антисинегнойная активность бактериоциноподобных веществ бактерий рода *Pseudomonas* // *Биология — наука XXI века: матер. 15-й Междунар. Пушчинской школы-конф. молодых ученых (18–22 апр. 2011, Пушино, Россия)*. — С. 193–194.
36. Балко О.И., Балко А.Б., Авдеева Л.В. и др. Влияние бактериоцинов на планктонную и биопленочную формы *Pseudomonas aeruginosa* // *Тези доп. XIII з'їзду Т-ва мікробіол. ім. С.М. Виноградського (1–6 жовт. 2013, Ялта)*. — С. 312.
37. Balko O.B., Balko O.I., Avdeeva L.V. Pyocins as effective means against *Pseudomonas aeruginosa* // *Пути развития биотехнологии в Туркменистане: матер. междунар. науч. конф. (20–21 нояб. 2013, Туркменбаши, Туркменистан)*. — С. 301–303.
38. Leisinger T., Margraff R. Secondary metabolites of the fluorescent pseudomonads // *Microbiol. Rev.* — 1979. — V. 43. — P. 422–442.
39. Bergstrom S., Theorell H., Davide H. On a metabolic product of *Pseudomonas pyocyanea*. Pyolipic acid, active against *Mycobacterium tuberculosis* // *Ark. Kemi Mineral. Geol.* — 1947. — V. 23A. — P. 1–12.
40. Сениор Д., Дезе Н. Бутилированная вода: типы, состав, нормативы. — СПб.: Профессия, 2006. — 424 с.
41. Николенко С.И. Микрофлора слабоминерализованных вод типа «Нафтуся» и ее влияние на их бальнеологические свойства: дис. ... к.б.н.: 03.00.07, 145.00; Одесский НИИ курортологии. — Одесса, 1988.
42. Методика визначення бактерицидності рідких природних лікувальних ресурсів та преформованих засобів. Затв. Наказом МОЗ України 25.08.2010 № 717.
43. Ніколенко С.І., Глуховська С.М., Хмелевська О.М. та ін. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв на їх основі та преформованих засобів. — Ч. 2. Мікробіологічні дослідження. — К.: КІМ, 2011. — 52 с.
44. Хмелевська О.М. Гігієнічне обґрунтування покращення якості фасованої природної мінеральної лікувально-столової води: автореф. дис. ... к.б.н.: 14.02.01; Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. — К., 2013.
45. Конотоп Г.И. Изучение микрофлоры минеральной воды «Нафтуся» в процессе эксплуатации трускавецкого месторождения : автореф. дис. ... к.б.н.: 03.00.07; Ин-т микробиол. вирусол. им. Д.К. Заболотного. — К., 1983.
46. Dheilly A., Soum-Soutéra E., Klein G.L. et al. Antibiofilm Activity of the Marine Bacterium *Pseudoalteromonas sp. Strain 3J6* // *Appl. Environ. Microbiol.* — 2010. — V. 76. — P. 3452–3461.
47. Андреев И.Л. Человек и бактериальный мир: проблемы взаимодействия // *Вестн. РАН*. — 2009. — Т. 79, № 1. — С. 41–49.
48. Малахов В.В. Великий симбиоз: происхождение эукариотной клетки // *В мире науки*. — 2004. — № 2. — С. 25–34.

Стаття надійшла 17.02.2014.

А.В. Мокиенко

Украинский научно-исследовательский институт медицины
транспорта МОЗ Украины
ул. Канатная, 92, Одеса, 65039, Украина

БИОПЛЕНКИ ГОСПИТАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ: ОТ АНТАГОНИЗМА ДО СИНЕРГИЗМА

Обзор посвящен актуальной проблеме биопленок госпитальных экосистем как фактора возникновения и распространения возбудителей нозокомиальных инфекций. Сформулированы фундаментальные принципы организации биопленок. Приведены данные литературы, согласно которым бактерии (на примере *Pseudomonas aeruginosa*) являются одновременно патогенами (в планктонной и биопленочной формах) и продуцентами бактериоцинов

как ингибиторов образования биопленки. Обсуждены результаты исследований по оценке бактерицидности подземных природных минеральных вод. Высказано предположение о возможности образования искусственных биопленок из бактерицидных штаммов бактерий, которые или будут создавать защитную пленку на эпидемически значимых медицинских устройствах и поверхностях, или замещать инфектные биопленки на бактерицидные в живом организме.

Ключевые слова: биопленки, госпитальные экосистемы, антагонизм, синергизм.

A.V. Mokiienko

State Enterprise Ukrainian Research Institute for Medicine
of Transport of Ministry of Public Health of Ukraine
92 Kanatnaya St., Odessa, 65039, Ukraine

BIOFILMS OF HOSPITAL ECOSYSTEMS:
FROM ANTAGONISM TO SYNERGISM

The review is devoted to an urgent problem of biofilms of hospital ecosystems as a factor of emergence and distribution of activators the nosocomial infections. The fundamental principles of the organization of biofilms are formulated. The literal data according to which bacteria (e.g. *Pseudomonas aeruginosa*) are at the same time pathogens (in planktonic and biofilm forms) and producers of bacteriocines as inhibitors of biofilms formation are given. The results of researches on an assessment of bacterial action of underground natural mineral waters are discussed. It is suggested that there is possibility of formation of artificial biofilms from bactericidal strains of bacteria which either will create a protective film on epidemic significant medical devices and surfaces, or replace infective biofilms on bactericidal in an alive organism.

Keywords: biofilms, hospital ecosystems, antagonism, synergism.



ЧЕКМАН

Іван Сергійович — член-кореспондент НАН України, член-кореспондент НАМН України, завідувач кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця



СИМОНОВ

Павло Вадимович — аспірант кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

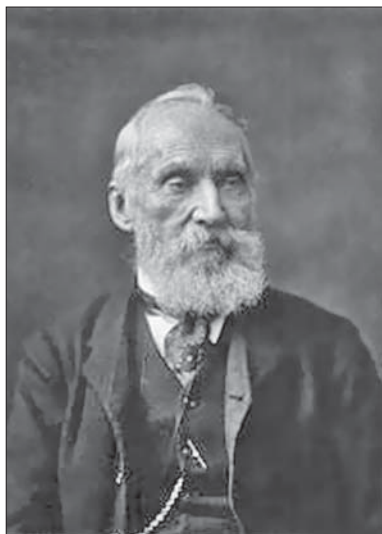
ГІГАНТСЬКИЙ МАГНЕТООПІР: ПРИРОДА ЯВИЩА, ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ, ЗАСТОСУВАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ

У статті висвітлено історію відкриття явища гігантського магнетоопору та основні етапи розвитку нового науково-технологічного напрямку — спітроніки. Стисло схарактеризовано конфігурації GMR-систем, серед яких особливо перспективними є спінові клапани, системи магнітного тунельного переходу. Ці конструкції застосовуються, зокрема, в медицині. Так, спінові клапани впроваджуються в клінічну практику як сенсори для діагностики та лікування захворювань, а також відстеження наночастинок в організмі людини. Подальший розвиток спітроніки пов'язують з оптимізацією систем на основі ефекту тунельного магнетоопору та їх інтеграції з лабораторіями-на-чипі й іншими засобами нанотехнології, що сприятиме більшій ефективності діагностичних і терапевтичних медичних заходів.

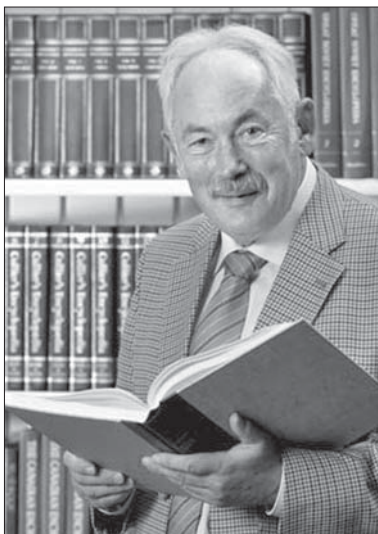
Ключові слова: гігантський магнетоопір, спітроніка, Нобелівська премія, спіновий клапан, тунельний магнетоопір, лабораторія-на-чипі.

Другу половину ХХ і початок ХХІ ст. можна без перебільшення назвати епоєю мікро- та наноелектроніки. Упродовж цих років світ став свідком технологічної революції, зумовленої розвитком цифрової логіки та інформаційних технологій. Проте в будь-яких пристроях, від першого транзистора до сучасних мікропроцесорів, що вражають своїми обчислювальними можливостями, електроніка переважно використовувала лише одну властивість електрона — заряд. Однак електрон має ще одну, щоправда, суто квантово-механічну характеристику — власний момент імпульсу, або спін, який аж донедавна не привертав до себе особливої уваги розробників і дослідників. Нині ситуація змінилася, і на авансцену вийшов новий науково-технологічний напрям, що дістав назву *спітроніка*.

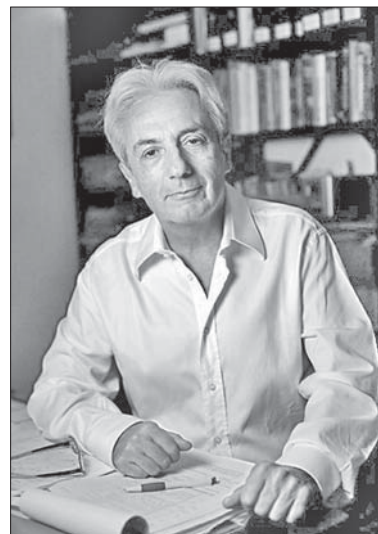
Відомо, що в зовнішньому магнітному полі власний магнітний момент електрона, зумовлений спіном, орієнтується або паралельно вектору магнітної індукції (вгору), або антипаралельно (вниз). У пристроях, побудованих на спіновому ефекті, використовують, зокрема, феромагнетики. За температури,



Вільям Томсон, лорд Кельвін



Петер Андреас Грюнберг



Альбер Ферт

нижчої за так звану точку Кюрі, феромагнетик можна умовно розбити на малі зони однорідної спонтанної намагніченості — домени. Якщо зовнішнє магнітне поле відсутнє, напрямки векторів намагніченості різних доменів довільні, і сумарна намагніченість усього тіла може дорівнювати нулю. У зовнішньому магнітному полі вектори намагніченості орієнтуються в певному переважному напрямку, створюючи сильне внутрішнє магнітне поле [1].

Завданням спітроніки (спінової електроніки, або магнетоелектроніки) є розроблення приладів, робота яких заснована на властивостях електронних спінів. Це нове поле науки й технологій, на якому для створення нових функціональних пристроїв застосовуються як заряд, так і спін електрона [2].

Початок нової електроніки, яка заснована на фізичних ефектах, зумовлених спіном, відносять до 1988 р., коли було відкрито явище гігантського магнетоопору (англ. — *giant magnetoresistance*, або GMR). Однак передумови цього прориву було закладено ще в другій половині XIX ст. Усе почалося в 1857 р. з відкриття британським фізиком Вільямом Томсоном ефекту магнетоопору, що полягав у зміні опору електричного провідника під впливом зовнішнього магнітного поля. Це явище і сьо-

годні широко застосовують в електронних пристроях, серед яких — уже такі звичні жорсткі комп'ютерні диски для збереження інформації, а також сенсори для виявлення зміни характеристик магнітного поля. Останні широко використовують у медицині [3, 4].

1988 рік ознаменувався загальним проривом у фізиці й зокрема в електроніці — науковий світ дізнався про існування ефекту гігантського магнетоопору. Цікаво, що це відкриття здійснили незалежно дві групи дослідників — у Юліхському дослідницькому центрі під керівництвом німецького фізика Петера Андреаса Грюнберга (Peter Andreas Grünberg) та в Університеті Париж-Південь XI під керівництвом французького вченого Альбера Ферта (Albert Fert). Обидва наукові колективи незалежно один від одного спостерігали явище зменшення електричного опору в тонких багатошарових металічних структурах під впливом зовнішнього магнітного поля. А. Ферт описав новий феномен, давши йому назву «гігантський магнетоопір», тоді як П. Грюнберг окреслив потенційну сферу застосування сенсорів, побудованих на цьому принципі, і подав відповідну заявку на патент. Неймовірно, але факт — обидві дослідницькі групи незалежно одна від одної представили результати влас-

них досліджень на одній і тій самій конференції та опублікували відповідні роботи у одному й тому самому журналі Physical Review Journal за 1988 рік. Коли автори дізналися про такий дивовижний збіг обставин, то вирішили подружньому поділити лаври і разом володіти правами на відкриття [5, 6].

А. Ферт і П. Грюнберг займалися моделюванням систем на основі послідовних шарів магнітного і немагнітного матеріалу завтовшки у кілька атомів. І хоча початкові прототипи таких елементів працювали лише в умовах наднизьких температур, фізики невдовзі винайшли матеріали і методи для відтворення технології за кімнатної температури [7].

Відкриття GMR стало несподіванкою: хоча ефект магнетоопору вже був добре відомий фізикам, проривів у цьому напрямі не спостерігалося впродовж останніх 130 років досліджень. А. Ферт і П. Грюнберг сформулювали визначення гігантського магнетоопору як квантово-механічного ефекту, що спостерігається в металевих плівках з послідовних феромагнітних і провідних немагнітних шарів і полягає у значній зміні електричного опору таких структур при зміні взаємного напрямку намагніченості сусідніх магнітних шарів під дією зовнішнього магнітного поля. В основі ефекту, як виявилось, лежить розсіяння електронів, яке залежить від напрямку спіну [4].

У 2007 р. за цей неймовірний ривок у науці А. Ферта і П. Грюнберга було удостоєно Нобелівської премії з фізики. Нобелівський комітет так описав значущість їхньої роботи: «Відкриття гігантського магнетоопору відчинило двері до безлічі нових наукових та технологічних можливостей. Історія ефекту GMR наочно демонструє, як абсолютно несподіване наукове відкриття може дати поштовх до розвитку зовсім нових технологій та створення нових комерційних продуктів» [8].

Нині дослідження зі створення та застосування GMR-елементів інтенсивно проводяться у багатьох країнах світу, зокрема й в Україні [9–11]. Розроблено кілька конфігурацій таких систем: багатошарові структури, спінові клапани, системи магнітного тунельного переходу та конфігурація гранульованого сплаву (рис. 1) [12].

Так, *багатошарові структури* складаються з двох і більшого числа шарів феромагнетика зі сплаву Fe—Co—Ni завтовшки 4–6 нм, розділених надтонким (3–5 нм) шаром провідника — немагнітного металу, яким зазвичай є мідь. Взаємні орієнтації намагніченості шарів у системі можна змінювати то в одному, то в іншому напрямках. Якщо намагніченість шарів спрямована однаково, через провідник легко проходять електрони провідності, якщо напрямки протилежні — виникає опір. У цій

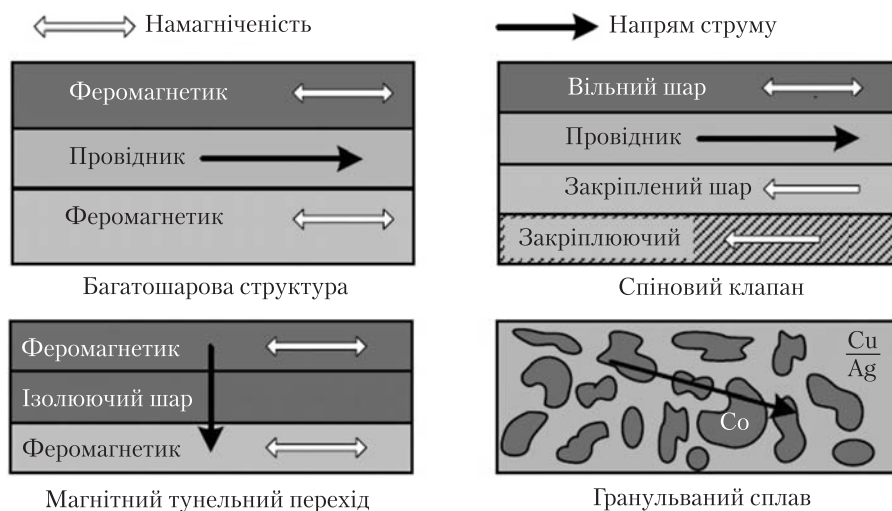


Рис. 1. Різноманітність конфігурацій GMR-систем; пояснення див. у тексті [12]

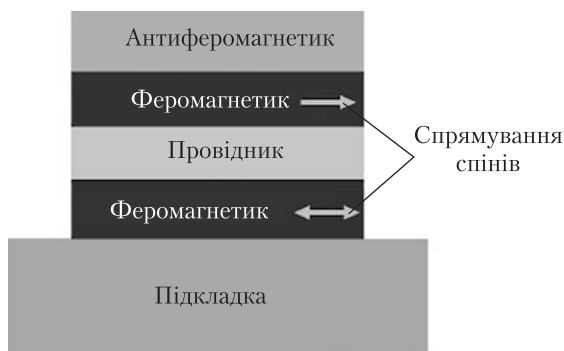


Рис. 2. Принцип побудови спінового клапана; пояснення див. у тексті [9]

конфігурації можна досягти різниці опорів у 4–9% і більше за умови множинного повторення базової структури [13].

Окремо виділяють конфігурацію *спінового клапана*, в якій до багатшарової структури зверху чи знизу додають шар антиферромагнетика (закріплюючий шар). Таким чином у прилеглому шарі ферромагнетика (закріпленому шарі) завдяки утворенню межі поділу досягається «фіксація» магнітного поля, інакше кажучи, намагніченість цього шару відносно нечутлива до змін зовнішнього магнітного поля. Другий шар ферромагнетика є «вільним» — його намагніченість змінюється під дією зовнішнього магнітного поля (рис. 2). Опір спінового клапана при антипаралельних магнітних полях у ферромагнетиках на 4–20% вищий, ніж при паралельних [1]. Спіновий клапан вважають відкритим, якщо намагніченості в його шарах орієнтовані паралельно, та закритим — у протилежному випадку.

Магнетоопір збільшується при нанесенні усередині закріплюючого шару або поверх вільного шару додаткової плівки з наноксидів. Ефект досягається завдяки дзеркальному розсіюванню електронів провідності на поверхні поділу метал/ізолюючий шар [14–17].

У випадку системи *магнітного тунельного переходу* шари ферромагнетика розділені не провідником, а надтонким ізолюючим матеріалом (тунельним бар'єром). Електрони проходять таку плівку за принципом спінзалежного тунелювання. Це явище дістало назву «ефект

тунельного магнетоопору». Як впливає з квантово-механічних постулатів, імовірність тунелювання вища за умови паралельності обох магнітних моментів. В експериментальних приладах з метою підвищення продуктивності всієї системи часто застосовують поєднання ефекту тунелювання з принципом роботи спінового клапана. Як ізолюючий шар використовують сполуки Al_2O_3 та MgO . Системи магнітного тунельного переходу теоретично здатні надавати різницю опорів 70% і більше, але впровадження цих елементів у практику потребує проведення подальших досліджень. Так, принцип тунельного магнетоопору покладено в основу новітніх експериментальних пристроїв магнеторезистивної оперативної пам'яті (MRAM), однак продуктивності елементів магнітного тунельного переходу ще не достатньо для оптимальної роботи цих систем [18–20].

Ще одна конфігурація GMR-систем — *гранульовані плівки* Co-Cu та Co-Ag , які також виявляють ефект гігантського магнетоопору. У цьому випадку він пов'язаний зі спінзалежним розсіюванням електронів на межі кластерів Co . Параметри приладів з такою конфігурацією GMR-елементів значною мірою залежать від умов синтезу та оброблення наногранул (кластерів). Ступінь магнетоопору при цьому залежить від розміру кластерів Co , що становить переважно близько 30 нм у діаметрі та 10 нм заввишки. Є також подібні системи зі значно меншим розміром кластерів — до 2 нм. Різниця опорів у таких системах зазвичай становить $\leq 9\%$ [21].

В останні роки розвиток нанотехнологій та винайдення таких пристроїв, як *лабораторійна чипі*, надали нового поштовху створенню приладів нанофлюїдики, здатних транспортувати рідину наноканалами, з можливістю подальшого проведення якісного і кількісного визначення складових дослідного матеріалу. З огляду на цей факт спінтроніка має стати новою перспективною технологією розвитку біосенсорів і біочипів [22–25].

Комерціалізація ефекту GMR — першої хвилі спінтроніки — відбулася досить швидко по-

рівняно з іншими передовими технологіями. Нині спінтроніка — це галузь, яка стрімко розвивається, вона перебуває у фокусі багатьох наукових програм по всьому світу, однак потенціал практичного призначення цього ефекту ще далеко не вичерпаний. Ефект GMR уже сьогодні застосовують у магнітних голівках для зчитування інформації з жорстких дисків, а також у багатьох сенсорах і датчиках. Розробляються такі новітні технології, як сканери для розпізнавання наземних мін, а також уже згадувані MRAM-пристрої, в яких спіни електронів використовують для кодування даних. Першу комерційно доступну магнітну голівку жорсткого диску, що працювала за принципом GMR і мала будову багат шарової плівки з послідовних компонентів [NiFe (15 нм)/Cu (2,6 нм)/FeNi (15 нм)/FeMn (10 нм)], розробила корпорація IBM у 1997 р., після чого місткість вінчестерів зросла у сотні разів [6, 26, 27].

GMR-сенсори знайшли застосування й у рослинництві — для контролю умов росту та поливу, дослідження врожайності рослин, а також для визначення необхідних заходів захисту врожаю [28].

У медицині високороздільні GMR-сенсори застосовують з метою виявлення невидимих тріщин у медичних імплантатах, проведення тестів з дослідження протеїнів і ДНК у молекулярній діагностиці захворювань [29–32]. Автори роботи [30] повідомляють про виявлення за допомогою GMR-датчика штаму *Escherichia coli O157:H7* у таких продуктах харчування, як м'ясо та молоко.

Учені розробили мікроскопічний GMR-сенсор з конфігурацією спінового клапана для виявлення нанорозмірних суперпарамагнітних маркерів у біологічному матеріалі *in vitro*. Доведено, що прилад здатний за кімнатної температури виявляти мінімальні дози монодисперсних наночастинок Fe_3O_4 розміром 16 нм з найменшою кількістю 23 елементи. Відгук сенсора посилювався пропорційно збільшенню кількості наночастинок, ця залежність мала лінійний характер [33].

Принцип роботи систем виявлення сполук за допомогою GMR у медицині полягає у

маркуванні біомолекул магнітними мікро- або наночастинами та виявленні магнітного поля розсіювання цих частинок GMR-сенсором після взаємодії маркера з мішенню [24, 34]. GMR-датчики вигідно відрізняються від інших чутливістю, широким діапазоном визначення, дешевизною та портативністю, можливістю проводити вимірювання за кімнатної температури, гнучкістю застосування. Їх перевагою також є можливість інтеграції пристроїв з лабораторією-на-чипі [35, 36]. Для того щоб досягти необхідної чутливості, тобто визначення окремих молекул, розмір магнітних маркерів має бути сумірним з досліджуваними біомолекулами. У випадку ДНК ідеальним є розмір частинок 20 нм і менше [37]. Такі наночастинок не заважатимуть міжмолекулярній взаємодії, крім того, одна частинка з'єднуватиметься з однією молекулою ДНК, що дасть змогу з високою точністю кількісно інтерпретувати результати. Точності визначення сприяє також монодисперсність магнітних наночастинок за розміром та магнітним моментом, чого важко досягти у разі застосування мікрочастинок [24, 34, 38, 39].

З іншого боку, такі малі частинки становлять проблему при визначенні за допомогою сенсорів, оскільки їхні магнітні моменти дуже малі через обмежений фізичний об'єм, відносно велику площу поверхні та значний температурний вплив на магнітні моменти, тобто суперпарамагнетизм. Саме тому для виявлення таких надмалих маркерів необхідно використовувати детектори, засновані на явищі GMR.

Малий фізичний об'єм наночастинок обмежує їхні магнітні моменти, а отже — й магнітні поля розсіювання. Саме з цієї причини у власному оригінальному дослідженні G. Li з колегами застосували GMR-сенсор з конфігурацією спінового клапана, адже він має високу чутливість до слабого магнітного поля наночастинок. Цей експеримент довів доцільність і ефективність використання мікроскопічних спінових клапанів у виявленні та кількісному визначенні монодисперсних суперпарамагнітних наночастинок як магнітних маркерів у біодіагностиці [33].

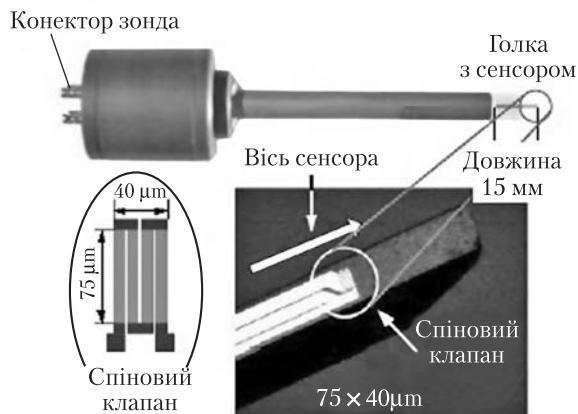


Рис. 3. Конструкція апарата з GMR-сенсором (конфігурація спінового клапана); пояснення див. у тексті [40]

Ще в одному з досліджень GMR-сенсор з конфігурацією спінового клапана застосовували для визначення розподілу наночастинок при гіпертермії в організмі *in vivo*, а також для вимірювання мікрострумів нервової системи [40]. Апарат мав вигляд голки (рис. 3), сконструйованої спеціально для полегшення введення в тіло пацієнта з метою проведення досліджень *in vivo*. GMR-сенсор площею 75×40 мкм розміщували на кінчику голки. Довжина голки 20 мм забезпечувала мінімальну інвазивність процедури та оптимальні умови для вимірювання щільності магнітного потоку.

Переміщення магнітних наночастинок в організмі пацієнта можна контролювати за допомогою зовнішнього магнітного поля, тому такі наноструктури є перспективними для адресної доставки ліків, як контрастні агенти у МРТ, а також за умов додаткового нагрівання цим зовнішнім магнітним полем для гіпертермії при лікуванні злоякісних новоутворень. З огляду на те, що в усіх описаних вище випадках колоїдний розчин з наночастинками в організмі пацієнта піддається розподілу, важливо вміти визначити концентрацію наночастинок у певних органах перед та після проведення клінічних процедур. Голка з GMR-сенсором призначена для відстеження наночастинок саме у таких випадках [41].

Важливим параметром при проведенні діагностики та лікування таких захворювань, як множинний склероз, хвороби Альцгеймера і Паркінсона, може виявитися розподіл магнітного поля нервової системи. При цьому доцільно застосовувати розглянутий апарат зі спіновим клапаном. Під час дослідження голку вводять у тіло пацієнта поблизу нерва так, щоб розташувати її в безпосередній близькості до його бічної площини, після чого вимірюватимуть магнітне поле, створене навколо довгого тонкого провідника, яким є нерв. У дослідженні S. Yamada з метою імітації нерва брали дріт радіусом 15 мкм. Нервовий імпульс симулювали електричним струмом частотою 1 кГц. Голка сенсора при цьому безпосередньо торкалася дроту. Сигнал сенсора на виході посилювався у 1000 разів і аналізувався за допомогою осцилографа чи синхронізувального підсилювача [42].

Отже, відкриття явища гігантського магнетоопору сприяло виникненню і розвитку нового наукового й технологічного напрямку — спітроніки, в якій значна увага приділялася спіну електрона — квантово-механічній характеристиці, що відображує власний момент імпульсу частинки. Розроблено різні конфігурації GMR-систем, серед яких найперспективнішими є спінові клапани і системи магнітного тунельного переходу. Гігантський магнетоопір знайшов застосування в електронних приладах, розроблених для багатьох галузей господарства, зокрема для медицини. Сьогодні спінові клапани впроваджують у клінічну практику як сенсори для діагностики та лікування захворювань, а також відстеження наночастинок в організмі людини. У подальшому спітроніка, скоріш за все, розвиватиметься в напрямі оптимізації систем на основі ефекту тунельного магнетоопору та інтеграції їх з лабораторіями-на-чипі та іншими засобами нанофлюїдики, квантової фармакології, що допоможе ефективніше здійснювати діагностичні й терапевтичні медичні заходи [42].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Barash L.* Spintronics — электроника следующего поколения. — http://ko.com.ua/spintronika_-_jelektronika_sleduyushhego_pokoleniya_11278.
2. *Awschalom D.D., Flatté M.E., Samarth N.* Spintronics // *Sci. Am.* — 2002. — V. 286, N 6. — P. 66–73.
3. *Djamal M., Ramli S., Yulkifli A. et al.* Biosensor based on giant magnetoresistance material // *Int. J. E-Health Med. Comm.* — 2010. — V. 1, N 3. — P. 1–16.
4. *McCray W.P.* From lab to iPod: A story of discovery and commercialization in the post-cold war era // *Tech. Cult.* — 2009. — V. 50. — P. 58–81.
5. *Day C.* Discoverers of giant magnetoresistance win this year's physics Nobel // *Phys. Today.* — 2007. — V. 60, N 12. — P. 12–14.
6. *Shinjo T.* Artificial multilayers and nanomagnetic materials // *Proc. Jpn. Acad. Ser. B. Phys. Biol. Sci.* — 2013. — V. 89, N 2. — P. 80–96.
7. *Ornes S.* Giant magnetoresistance // *Proc. Nat. Acad. Sci.* — 2013. — V. 110, N 10. — P. 3710.
8. The discovery of giant magnetoresistance scientific background on the Nobel Prize in physics, 2007 / The Royal Swedish Academy of Sciences, 2007. — 17 p.
9. *Дехтярук Л.В.* Гигантський магнорезистивний ефект в магнітоупорядочених трохшарових плівках // *Вісн. СумДУ. Сер. Фізика, математика, механіка.* — 2007. — № 2. — С. 120–126.
10. *Покладок Н.Т., Григорчак І.І., Попович Д.І. та ін.* Гигантський магнорезистивний ефект у напівпровідниках з магнетоактивними нанопрошарками // *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології.* — 2008. — Т. 6, № 1. — С. 9–16.
11. *Проценко І.Ю., Яворский Я., Чешко І.В.* Явище гігантського магнітного опору в багатошарових плівкових системах // *Вісн. СумДУ. Сер. Фізика, математика, механіка.* — 2004. — № 10. — С. 65–81.
12. *Reig C., Cubells-Beltran M.D., Muñoz D.R.* Magnetic field sensors based on giant magnetoresistance (GMR) technology: applications in electrical current sensing // *Sensors (Basel).* — 2009. — V. 9, N 10. — P. 7919–7942.
13. *Ranchal R., Torija M., Lopez E. et al.* The influence of anisotropy on the magnetoresistance of permalloy–copper–permalloy thin films // *Nanotechnology.* — 2002. — V. 13, N 3. — P. 392–397.
14. *Dalichaouch Y., Singsaas A.L., Putris F. et al.* Low-frequency electromagnetic technique for nondestructive evaluation // *Proc. SPIE.* — 2000. — V. 3994. — P. 2–9.
15. *Dieny B., Speriosu V.S., Metin S. et al.* Magnetotransport properties of magnetically soft spin-valve structures // *J. Appl. Phys.* — 1991. — V. 69. — P. 4774–4779.
16. *Jander A., Smith C., Schneider R.* Magnetoresistive sensors for nondestructive evaluation // *Proc. SPIE.* — 2005. — V. 5770. — P. 1–13.
17. *Veloso A., Freitas P.P., Wei P. et al.* Magnetoresistance enhancement in specular, bottom-pinned, $Mn_{83}Ir_{17}$ spin valves with nano-oxide layers // *Appl. Phys. Lett.* — 2000. — V. 77. — P. 1020–1022.
18. *Ferreira R., Wisniowski P., Freitas P.P. et al.* Tuning of MgO barrier magnetic tunnel junction bias current for picotesla magnetic field detection // *J. Appl. Phys.* — 2006. — V. 99. — P. 08K706(1–3).
19. *Parkin S.S.P., Fontana R.E., Marley A.C.* Low-field magnetoresistance in magnetic tunnel junctions prepared by contact masks and lithography: 25% magnetoresistance at 295 K in mega-ohm micron-sized junctions // *J. Appl. Phys.* — 1997. — V. 81. — P. 5521.
20. *Ziese M., Thornton M.J.* Spin Electronics: Lecture Notes in Physics. — Berlin: Springer, 2001. — 493 p.
21. *Berkowitz A.E., Mitchell J.R., Carey M.J. et al.* Giant magnetoresistance in heterogeneous Cu-Co alloys // *Phys. Rev. Lett.* — 1992. — V. 68, N 25. — P. 3745–3748.
22. *Сімонов П.В., Цехмістер Я.В., Чекман І.С. та ін.* Нанобіологія, біоміметика та природні наноструктури: фізико-хімічний та біологічний аспекти // *Укр. наук.-мед. молодіж. журн.* — 2012. — № 2. — С. 25–29.
23. *Чекман І.С., Сімонов П.В.* Природні наноструктури та наномеханізми. — К.: Задруга, 2012. — 104 с.
24. *Baselt D.R., Lee G.U., Natesan M. et al.* A biosensor based on magnetoresistance technology // *Biosens. Bioelectron.* — 1998. — V. 13, N 7–8. — P. 731–739.
25. *Chekman I.S., Simonov P.V.* Structure and function of biological membranes: the impact of nanoparticles // *Int. J. Phys. Pathophys.* — 2012. — V. 3, N 2. — P. 187–208.
26. *Childress J.R., Fontana R.E. Jr.* Magnetic recording read head sensor technology // *Compt. Rendus Phys.* — 2005. — V. 6. — P. 997–1012.
27. *Pelegri J., Ramirez D., Sanchis E. et al.* Giant magnetoresistive sensor in conductance control of switching regulators // *IEEE Trans. Magn.* — 2000. — V. 36. — P. 3578–3580.

28. *Thessler S., Kooistra L., Teye F. et al.* Geosensors to support crop production: current applications and user requirements // *Sensors (Basel)*. — 2011. — V. 11, N 7. — P. 6656–6684.
29. *Hall D.A., Gaster R.S., Lin T. et al.* GMR biosensor arrays: a system perspective // *Biosens. Bioelectron.* — 2010. — V. 25, N 9. — P. 2051–2057.
30. *Mujika M., Arana S., Castaño E. et al.* Magnetoresistive immunosensor for the detection of *Escherichia coli O157:H7* including a microfluidic network // *Biosens. Bioelectron.* — 2009. — V. 24, N 5. — P. 1253–1258.
31. *Wang S.X., Li G.* Advances in giant magnetoresistance biosensors with magnetic nanoparticle tags: Review and outlook // *IEEE Trans. Magn.* — 2008. — V. 44. — P. 1687–1702.
32. *Xu L., Yu H., Han S.J. et al.* Giant Magnetoresistive Sensors for DNA Microarray // *IEEE Trans. Magn.* — 2008. — V. 44, N 11. — P. 3989–3991.
33. *Li G., Sun S., Wilson R.J. et al.* Spin valve sensors for ultrasensitive detection of superparamagnetic nanoparticles for biological applications // *Sens. Actuators A. Phys.* — 2006. — V. 126, N 1. — P. 98–106.
34. *Schotter J., Kamp P.B., Becker A. et al.* Comparison of a prototype magnetoresistive biosensor to standard fluorescent DNA detection // *Biosens. Bioelectron.* — 2004. — V. 19, N 10. — P. 1149–1156.
35. *Chemla Y.R., Grossman H.L., Poon Y. et al.* Ultrasensitive magnetic biosensor for homogeneous immunoassay // *PNAS*. — 2000. — V. 97, N 26. — P. 14268–14272.
36. *Enpuku K., Minotani T., Gima T. et al.* Detection of magnetic nanoparticles with superconducting quantum interference device (SQUID) magnetometer and application to immunoassays // *J. Appl. Phys. P. 2 (Lett.)*. — 1999. — V. 38. — P. L1102–L1105.
37. *Pankhurst Q.A., Connolly J., Jones S.K. et al.* Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine // *J. Phys. D. Appl. Phys.* — 2003. — V. 36. — P. R167–R181.
38. *Sun S., Murray C.B., Weller D. et al.* Monodisperse FePt nanoparticles and ferromagnetic FePt nanocrystal superlattices // *Science*. — 2000. — V. 287, N 5460. — P. 1989–1992.
39. *Sun S., Zeng H., Robinson D.B. et al.* Monodisperse MFe_2O_4 ($M = Fe, Co, Mn$) nanoparticles // *J. Am. Chem. Soc.* — 2004. — V. 126, N 1. — P. 273–279.
40. *Yamada S.* High-spatial-resolution magnetic-field measurement by giant magnetoresistance sensor — applications to nondestructive evaluation and biomedical engineering // *Int. J. Smart Sens. Intel. Sys.* — 2008. — V. 1, N 1. — P. 160–175.
41. *Reiss G., Hütten A.* Magnetic nanoparticles: applications beyond data storage // *Nat. Mater.* — 2005. — V. 4, N 10. — P. 725–726.
42. *Чекман І.С.* Квантова фармакологія. — К.: Наук. думка, 2012. — 181 с.

Стаття надійшла 22.01.2014.

І.С. Чекман, П.В. Симонов

Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца
просп. Победы, 34, Киев, 03057, Украина

ГИГАНТСКОЕ МАГНЕТСОПРОТИВЛЕНИЕ: ПРИРОДА ЯВЛЕНИЯ, ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

В статье освещены основные этапы истории открытия явления гигантского магнетосопротивления (GMR) и развития нового научного и технологического направления — спинтроники. Кратко охарактеризованы конфигурации GMR-систем, среди которых особенно перспективными являются спиновые клапаны, системы магнитного туннельного перехода. Данные конструкции нашли применение, в частности, в медицине. Так, спиновые клапаны внедряются в клиническую практику в виде сенсоров для диагностики и лечения заболеваний, а также отслеживания наночастиц в организме человека. В будущем спинтроника будет развиваться по направлению оптимизации систем на основе эффекта туннельного магнетосопротивления и интеграции последних с лабораториями-на-чипе и другими средствами нанофлюидики, что обеспечит более эффективное осуществление диагностических и терапевтических медицинских процедур.

Ключевые слова: гигантское магнетосопротивление, спинтроника, Нобелевская премия, спиновый клапан, туннельное магнетосопротивление, лаборатория-на-чипе.

I.S. Chekman, P.V. Simonov

Bogomolets National Medical University
34 Peremohy Ave., Kyiv, 03057, Ukraine

GIANT MAGNETORESISTANCE: THE CHARACTER OF PHENOMENON,
THE HISTORY OF DISCOVERY, AN IMPLEMENTATION IN BIOLOGY AND MEDICINE

The major milestones of the history of discovery of the giant magnetoresistance (GMR) phenomenon and development of new scientific and technological field of spintronics are highlighted in the article. GMR systems' configurations, among which especially promising spin valves and magnetic tunnel junction systems, are briefly characterized. These devices find their use, particularly, in medicine. For instance, spin valves are introduced in medical practice as sensors for diseases' diagnosis and treatment and as devices which track nanoparticles in an organism. Spintronics will develop in direction of an optimization of tunnel magnetoresistance systems and an integration of those into lab-on-a-chip technologies and other nanofluidics devices. That will improve an efficacy of diagnostic and therapeutic procedures' performance.

Keywords: giant magnetoresistance, spintronics, Nobel Prize, spin valve, tunnel magnetoresistance, lab-on-a-chip.

НАГОРНИЙ

Володимир Петрович — доктор технічних наук, професор, академік Української нафтогазової академії, завідувач відділу інтенсифікації обмінних процесів Відділення геодинаміки вибуху Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, vgv_nagorny@ukr.net

ДЕНИСЮК

Іван Іванович — кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Відділення геодинаміки вибуху Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, vgv_igf@ukr.net

УДК 622.235+622.691

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СПОРУДЖЕННЯ ПІДЗЕМНИХ СХОВИЩ У ВІДКЛАДАХ КАМ'ЯНОЇ СОЛІ

Запропоновано імпульсний метод інтенсифікації спорудження підземних сховищ у кам'яній солі, в тому числі у складних гірсько-геологічних умовах. Наведено експериментальні результати з розуцільнення структури кам'яної солі в процесі нерівномірного динамічного навантаження. Розроблено методи руйнування відкладів нерозчинних гірських порід, що ускладнюють процес розмивання ємкості. Наведено результати промислових випробувань запропонованих технологій, що свідчать про їх високу ефективність.

Ключові слова: експеримент, імпульс, інтенсифікація, кам'яна сіль, підземне сховище, пласт, розмивання, технологія.

Вступ

На території України є п'ять соленосних басейнів: Дніпровсько-Донецький, Донецький, Закарпатський, Передкарпатський і Переддобруджинський. Дніпровсько-Донецький і Донецький басейни характеризуються значним поширенням соляних відкладів, потужність куполів і штоків яких сягає 2,0–3,5 км і є достатньою для спорудження підземних сховищ для продуктів різного виду. Причому об'єми сховищ не лімітуються геологічними умовами.

Кам'яна сіль Закарпатського соленосного басейну має пластовий характер за потужності шару до 100 м. У межах басейну можуть бути створені підземні сховища, проте вибір ділянки спорудження має здійснюватися на основі ретельних геологорозвідувальних робіт, оскільки в цьому басейні є інтенсивно розвинений поверхневий і глибинний соляний карст.

На площі Прикарпатського соленосного басейну умови залягання солей досить складні: круті складки, численні блоки. Вміст нерозчинних відкладів гірських порід становить 7–14% і більше. Будівництво підземних сховищ у цьому басейні можливе лише після ретельних геологорозвідувальних робіт.

Переддобруджинська соленосна площа розташована в межах Ізмаїльського і Кілійського районів Одеської області. Кам'яна

сіль за складом чиста і придатна для спорудження сховищ з об'ємами окремих ємкостей до 75,0 тис. м³.

Отже, Україна має достатню кількість соленосних басейнів, геологічні та гірничотехнічні умови яких дозволяють споруджувати в цих районах підземні сховища різних типів, у тому числі й великі (об'ємом понад 100 тис. м³) [1].

Методи інтенсифікації розчинення кам'яної солі

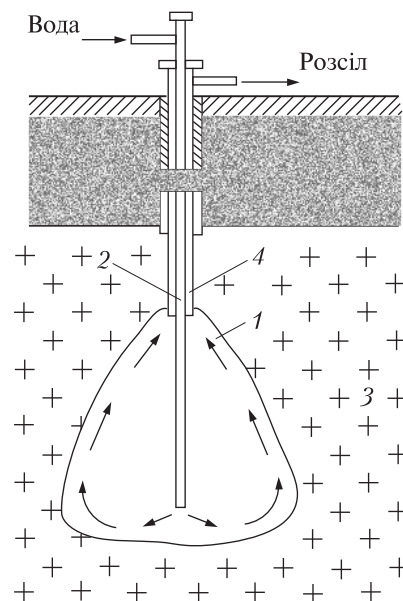
Можливість розроблення пластів кам'яної солі на великих глибинах і незначний обсяг підготовчих робіт сприяли розвитку методів спорудження підземних сховищ у кам'яній солі розмиванням через бурові свердловини (див. рис.). Проте традиційна технологія спорудження підземних сховищ, пов'язана з розмиванням кам'яної солі, має вагомні недоліки. Перший з них — початкова стадія розмивання відбувається з видаванням на поверхню розсолу малої концентрації (всього 20–45 г/л за граничної концентрації 310 г/л). Другий істотний недолік — відсутність активних заходів з обвалення нерозчинних міцних гірських порід (вапняків, пісковиків, ангідритів, аргілітів), які, екрануючи поверхню розмивання, суттєво знижують ефективність робіт зі спорудження ємкостей. Усе це потребує розроблення ефективних методів підготовки соляного масиву до початку технологічного процесу розмивання.

Аналіз традиційних способів інтенсифікації розчинення кам'яної солі (магнітне оброблення і підвищення температури води, використання поверхнево-активних речовин, застосування генераторів пружних імпульсів, створення штучної турбулізації в камері розмивання) свідчить про те, що вони неекономічні, а деякі з них потребують використання дорогого устаткування. Водночас динамічні методи дії на кам'яну сіль є перспективними і дозволяють не лише різко скоротити витрати часу на виконання технологічних операцій, обмежити використання складного і дорогого устаткування, а й значно підвищити ефективність розмивних робіт. Особливе місце серед

таких методів посідає використання енергії вибуху.

Перші спроби інтенсифікації розчинення солей на фізичній основі, зумовленій руйнівною дією вибуху, виявилися безуспішними. Застосування кумулятивних перфораторів ПКС-105 і фугасних торпед дає певне підвищення швидкості розмивання ємкості від 4,0 до 8,5 м³/год при збільшенні подавання розчинника в 1,5 раза [2]. Проте цей ефект нетривалий. Тому розроблення методів вибухового оброблення соляного масиву має ґрунтуватися на якісно іншій фізичній основі розуцільнення і знеміцнення як сольових, так і несольових порід для ефективного проведення розмивних робіт.

Установлено, що розвиток деформаційного процесу і подальшого розуцільнення структури гірських порід залежить не лише від їх вихідного фізичного стану, а й значною мірою від виду нерівномірності навантаження, що характеризується параметром $\zeta = \sigma_3/\sigma_1$, де σ_3 і σ_1 — найменше і найбільше головні напруження [3].



Розмивання кам'яної солі в процесі спорудження підземного сховища: 1 — ємкість розмивання; 2 — колона для подавання води; 3 — кам'яна сіль; 4 — колона для підймання розсолу на поверхню

Запропоновані технології

В Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України розроблено експериментальний комплекс для вивчення поведінки гірських порід при нерівномірному динамічному навантаженні. Результати експериментальних досліджень деформації зразків кам'яної солі викладено в роботах [3, 4]. Фізико-механічні властивості досліджених зразків кам'яної солі наведено в табл. 1.

Встановлено, що нерівномірне динамічне навантаження кам'яної солі з показником $\zeta = 0,3$ супроводжується ущільненням її структури. Зі збільшенням нерівномірності навантаження, вже при $\zeta = 0,26$ спостерігається стійкий деформаційний процес розущільнення структури солі, що виявляється у збільшенні об'ємної деформації зразків. Отже, змінюючи нерівномірність напруженого стану, можна досягати зміни деформаційних характеристик кам'яної солі, що дає можливість ефективно керувати підготовкою соляного масиву до технологічного процесу розмивання ємкостей.

Уперше про необхідність вирішення проблеми руйнування і обвалення нерозчинних відкладів у процесі розмивання ємкостей у кам'яній солі йшлося в роботі О.М. Іванцова [5]. На підставі теоретичних досліджень і дослідно-промислових випробувань у роботі [6] запропоновано методи розрахунку потужності прошарків у разі їх самообвалення, а також методи керованого примусового обвалення під час спорудження ємкості.

Таблиця 1. Фізико-механічні властивості зразків кам'яної солі

Параметр	Значення
Густина ρ ($\times 10^3$), кг/м ³	2,10–2,20
Швидкість поздовжніх хвиль v_p ($\times 10^3$), м/с	2,34–2,95
Коефіцієнт Пуассона ν	0,22–0,30
Міцність на одновісне стискування σ_0 ($\times 10^5$), Па	160–210
Модуль Юнга E ($\times 10^{10}$), Па	1,15–1,91

Для вирішення завдань моделювання напружено-деформованого стану та обвалення на моделях нерозчинних пластів в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України розроблено стенд, що складається з випробувальної камери, системи контрольно-виміральної та реєструвальної апаратури, набору засобів градування та гідронасоса [7]. На стенді проведено дослідження напружено-деформованого стану різних за потужністю і фізико-механічними властивостями моделей нерозчинних пластів під дією статичних та імпульсних навантажень. Аналіз отриманих експериментальних даних показав, що відмінність величин теоретичних напружень від експериментальних даних не перевищує 10%.

На основі проведених теоретичних, експериментальних і промислових досліджень розроблено методи і технології обвалення нерозчинних пластів у складних гірсько-геологічних умовах розмивання ємкостей у кам'яних солях [8]. Розроблені методи розподілено на три групи.

До першої групи відносять методи, що ґрунтуються на самообваленні нерозчинних пластів. Головна ідея таких методів полягає в тому, що пласт обвалюється під дією власної ваги. Основним недоліком цієї групи методів є те, що при неконтрольованому самообваленні пласта можливе обривання технологічних колон.

До другої групи належать методи обвалення пластів статичним навантаженням. Простим видом такого навантаження є гідростатичний тиск стовпа рідини на пласт, вага якого забезпечить потрібне навантаження. Слід взяти до уваги обмеженість можливостей методу, пов'язану з тим, що споруджувана ємкість не завжди може вміщати необхідну кількість рідини для забезпечення виконання умови обвалення пласта.

Найбільш перспективними є методи третьої групи – керованого обвалення нерозчинних пластів під дією імпульсних навантажень. Їх поділяють на два класи. Перший клас ґрунтується на розущільненні породи пласта для досягнення умов його самообвалення, другий пов'язаний з обваленням нерозчинних пластів.

Якщо методи першого класу використовують до початку, а в разі потреби й у процесі виконання робіт з розмивання ємкості, то методи другого класу застосовують лише за наявності оголення пласта у процесі її розмивання.

Різноманітність гірсько-геологічних умов будівництва і технічних можливостей підприємств зумовлює вибір того чи іншого методу. Рішення про застосування вибраного методу в кожному конкретному випадку приймають технічна рада підприємства і виконавець робіт. Безпосереднім виконавцем робіт є спеціалізована геофізична партія, яка має всі необхідні засоби — підйомники, геофізичні прилади, вибухові речовини і т. ін.

Промислові дослідження ефективності вибухового оброблення соляного масиву для прискорення початкової стадії розчинення солей проводили за таких вихідних даних. Соляний масив був представлений світло-сірою і темно-сірою сіллю, дрібно- і середньозернистою. Властивості солей: модуль Юнга $E = 3,13 \cdot 10^{10}$ Па, міцність на одновісне стискання $\sigma_0 = 164 \cdot 10^5$ Па, коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,264$, кут внутрішнього тертя $\phi = 31^\circ$, величина зчеплення $C = 4,8 \cdot 10^5$ Па. Застосовували два заряди вибухової речовини (гексогену) масою 4,85 кг кожен. При цьому інтервал уповільнення Δt між вибухами зарядів становив $7,72 \cdot 10^{-4}$ с, що забезпечувало створення нерівномірності навантаження соляного масиву з показником $\zeta = 0,1$. Для забезпечення необхідного уповільнення використовували відрізок детонувального шнура завдовжки 5,0 м.

Результати проведених робіт оцінювали за концентрацією розсолу, що видавався на поверхню в процесі розмивання ємкості. Виконаний комплекс робіт зі створення штучної тріщинуватості в білясвердловинній ділянці соляного масиву забезпечив інтенсифікацію процесу розмивання. Так, початкова концентрація розсолу становила 42,7 г/л з подальшим підвищенням її до 190 г/л наприкінці 2-го місяця і 275 г/л наприкінці 3-го місяця, тоді як у традиційному розмиванні без попереднього вибухового оброблення соляного масиву значення концентрації становлять 87 і 137 кг/м³

відповідно. Отже, розуцільнення структури кам'яної солі в процесі її вибухового оброблення до початку розмивання значно прискорює початкову стадію розчинення солі та спорудження підземних сховищ.

Випробування рекомендацій у складних гірсько-геологічних умовах за наявності в контурі розмивання нерозчинних відкладів гірських порід проводили на свердловині, закладеній для спорудження підземних сховищ методом розмивання. У процесі спорудження сховища нерозчинні відклади ангідриту і аргіліту істотно знизили швидкість розмивання, у зв'язку з чим постала необхідність проведення вибухових робіт з метою їх руйнування. Нерозчинні відклади мали такі характеристики: ангідрит — $E = 1,32 \cdot 10^{10}$ Па, $\sigma_0 = 350 \cdot 10^5$ Па, $\rho = 2610$ кг/м³, $\nu = 0,26$; аргіліт — $E = 1,24 \cdot 10^{10}$ Па, $\sigma_0 = 320 \cdot 10^5$ Па, $\rho = 2540$ кг/м³, $\nu = 0,28$.

Для знеміцнення нерозчинних відкладів застосовували вибухові пристрої, що складалися з двох рівновеликих зарядів масою 4,3 кг кожен. Час уповільнення підривання зарядів один відносно одного становив $4,5 \cdot 10^{-4}$ с і реалізувався відрізком детонувального шнура завдовжки 3,0 м, що забезпечувало нерівномірне

Таблиця 2. Показники розмивання ємкості

Показник	Традиційна технологія	Запропонована технологія
Об'єм камери розмивання в зоні дії вибуху, тис. м ³	—	17,2
Фактична подача розчинника (води), м ³ /год	61,7–64,5	33,3–38,9
Концентрація розсолу, г/л	74,2–129,8	197,5–275,0
Швидкість розмивання, м ³ /год	2,1–3,5	5,5–7,5
Тривалість розмивання, доба	666	461
Скорочення чистого часу розмивання, доба	—	205
Витрата розчинника, м ³	487 000	170 000
Економія розчинника, м ³	—	317 000
Економія електроенергії, млн кВт·год	—	3,78

навантаження нерозчинних відкладів з показником $\zeta = 0,1$. Вибухові роботи проводили на глибинах 965–980 м. У результаті виконаних робіт концентрація розсолу одразу підвищилася в 10 разів і досягла майже граничного значення (250–310 г/л), залишаючись на такому рівні протягом усього наступного періоду розмивання, що значно підвищило ефективність розмивання ємкості. Нерозчинні відклади в процесі розмивання самообвалилися, що дало змогу сформувати підземне сховище проектного об'єму [9].

Технологічні показники розмивання ємкості об'ємом 100 тис. м³ із застосуванням технології вибухового оброблення соляного масиву для створення штучної тріщинуватості порівняно з традиційною технологією розмивання наведено в табл. 2 [10].

Висновки

У результаті виконаних робіт з інтенсифікації спорудження підземних сховищ у відкладах кам'яної солі методом розмивання встановлено:

- у процесі спорудження підземних сховищ у кам'яній солі до початку виконання робіт із розмивання ємкості в зоні гідроврбу і частково 1-го ступеня розмивання доцільне виконання вибухових робіт, спрямованих на попереднє розуцільнення структури солі. Це дає змогу збільшити швидкість розмивання ємкості у його найбільш трудомісткій початковій стадії;
- у складних гірсько-геологічних умовах спорудження сховищ за наявності нерозчинних відкладів гірських порід здійснення вибухових робіт з розуцільнення відкладів створює умови для їх самообвалення і дозволяє отримувати камери проектних об'ємів;
- завдяки простоті практичної реалізації застосування вибухових методів інтенсифікації спорудження підземних сховищ у відкладах кам'яної солі, заснованих на знеміцненні та розуцільненні структури солей і супутніх нерозчинних відкладів, забезпечує значне скорочення термінів будівництва, зменшення витрат матеріалів, економію електроенергії, що сприяє підвищенню техніко-економічних показників споруджуваних підземних сховищ.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Краткая объяснительная записка к карте соленосных площадей, пригодных для сооружения подземных хранилищ. — К.: Ин-т Союзгазпроект, 1983. — 20 с.
2. Давыдов В.М., Дубровский Л.К., Нечаев Ю.А. Опыт строительства подземных емкостей в каменных солях // Взрывные работы в геотехнологии. — К.: Наук. думка, 1991. — С. 87–93.
3. Михалюк А.В. Торпедирование и импульсный гидроразрыв пластов. — К.: Наук. думка, 1986. — 208 с.
4. Михалюк А.В., Нагорный В.П. Неравномерное динамическое нагружение солевых и нерастворимых пород при сооружении подземных хранилищ в каменно-соляных структурах. — К., 1995. — 16 с. (Препр. АН Украины. Ин-т геофизики им. С.И. Субботина).
5. Иванцов О.М. Подземное хранение жидких углеводородных газов. — М.: Гостоптехиздат, 1961. — 148 с.
6. Белоцерковская Г.В., Белоцерковский Е.А. О создании подземных хранилищ жидких углеводородов в соляных пластах, содержащих прослой нерастворимых пород // Нефтяное хозяйство. — 1967. — № 12. — С. 46–48.
7. Нагорный В.П., Кондратенко А.Ю., Пекарь Н.Н. Исследования взрывного обрушения нерастворимых пластов при строительстве подземных емкостей в соли // Взрывные работы в геотехнологии. — К.: Наук. думка, 1991. — С. 37–44.
8. Нагорный В.П., Глоба В.М., Денисюк И.И. Взрывные работы при добыче природных углеводородов, строительстве магистральных трубопроводов и подземных хранилищ. — К.: Поліграфіст, 2009. — 330 с.
9. Михалюк А.В., Нагорный В.П. Взрывные работы при строительстве подземных хранилищ в каменной соли методом размыва. — К., 1995. — 26 с. (Препр. АН Украины. Ин-т геофизики им. С.И. Субботина).
10. Нагорный В.П., Глоба В.М. Сооружение и эксплуатация подземных хранилищ углеводородов в отложениях каменной соли. — К.: Эссе, 2010. — 176 с.

Стаття надійшла 19.03.2014.

В.П. Назорный, И.И. Денисюк

Институт геофизики им. С.И. Субботина Национальной академии наук Украины
просп. Палладина, 32, Киев, 03680, Украина

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ В ОТЛОЖЕНИЯХ КАМЕННОЙ СОЛИ

В статье предлагается импульсный метод интенсификации сооружения подземных хранилищ в каменных солях, в т. ч. в сложных горно-геологических условиях. Изложены экспериментальные результаты по разуплотнению структуры каменной соли в процессе неравномерной динамической нагрузки. Разработаны методы разрушения отложений нерастворимых горных пород, осложняющих процесс размыва емкости. Приведенные результаты промышленных испытаний предложенных технологий свидетельствуют об их высокой эффективности.

Ключевые слова: эксперимент, импульс, интенсификация, каменная соль, подземное хранилище, пласт, размывание, технология.

V.P. Nagorny, I.I. Denisyuk

Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine
32 Akademika Palladina Prospekt, Kyiv, 03680, Ukraine

INTENSIFICATION OF UNDERGROUND STORAGE CONSTRUCTION WITHIN ROCK SALT

Impulse method of intensification of underground storage construction within rock salt including the cases of complicated geological conditions is proposed in the article. Experimental results on decompaction of rock salt structure during the process of irregular dynamic loading have been set forth. Destruction methods of insoluble rocks deposits complicating the process of tank erosion have been elaborated. Results of industrial testing of proposed technologies prove their high effectiveness.

Keywords: experiment, impulse, intensification, rock salt, underground storage, stratum, erosion, technology.



ЧИСТІ ВУГІЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ – ШЛЯХ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ

**Семінар-звіт за проектом «Демонстрація,
ознайомлення та застосування в Україні
чистих вугільних технологій та технологій
уловлювання та складування вуглецю»**

22 травня 2014 р. у Великому конференц-залі НАН України відбувся заключний семінар-звіт, присвячений обговоренню результатів виконання проекту «Демонстрація, ознайомлення та застосування в Україні чистих вугільних технологій та технологій уловлювання та складування вуглецю». Проект виконувався науковцями Інституту вугільних енерготехнологій НАН України за грантом Європейського Союзу.

22 травня 2014 р. у Великому конференц-залі НАН України Інститут вугільних енерготехнологій НАН України провів заключний семінар-звіт, на якому було підбито підсумки й обговорено результати виконання проекту «Демонстрація, ознайомлення та застосування в Україні чистих вугільних технологій та технологій уловлювання та складування вуглецю».

Мета проекту полягала в демонстрації, застосуванні та поширенні в Україні чистих вугільних енерготехнологій. Впровадження таких технологій у вітчизняну енергетику дає змогу зменшити витрати енергетичного вугілля і значно знизити викиди шкідливих речовин та парникових газів у навколишнє середовище. Цей проект тривав з 1 січня 2011 р. по 30 червня 2014 р. і виконувався Інститутом вугільних енерготехнологій НАН України за грантом Європейського Союзу.

У семінарі взяли участь представники Національної академії наук України, Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, Міністерства екології та природних ресурсів України, Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, генеруючих компаній та електростанцій, проектних та конструкторських організацій,

Представництва Європейського Союзу в Україні, громадських організацій, наукових установ та засобів масової інформації.

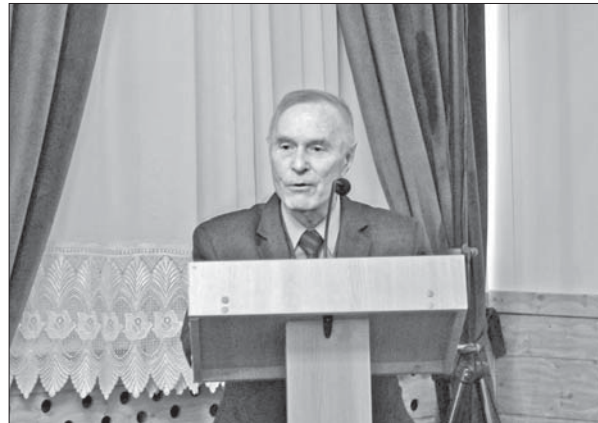
У виступі заступника міністра енергетики та вугільної промисловості України **Вадима Юрійовича Улиди** йшлося про стратегічну важливість виконання цього проекту для подальшого розвитку нашої держави. Україна має великі поклади вугілля, і цей ресурс потрібно активно використовувати на заміну природному газу. Більшу частину наявних в Україні об'єктів електроенергетики і тих, що будуються, розраховано саме на спалювання вугілля. Тому забезпечення ефективності використання цього природного ресурсу, застосування екологічно чистих технологій уловлювання та складування вуглецю є ключовим завданням вітчизняної енергетики. Більш того, за словами В.Ю. Улиди, сьогодні частка природного газу в балансі українських ТЕС скоротилася до мінімуму. Нині Уряд вживає всіх заходів з метою заміни газу на теплоенергоцентралях та в комунальному господарстві країни.

Ситуація ускладнюється тим, що більшість енергоблоків в Україні вже відпрацювали свій ресурс і потребують реконструкції. «Дуже важливо, щоб під час реконструкції і модернізації наявних теплових енергоблоків використовувалися саме сучасні технології, які можуть забезпечити як ефективність використання вугілля, так і виконання вимог європейських директив щодо екологічних норм», — підкреслив заступник міністра.

Як відомо, з 1 лютого 2011 р. Україна набула повноправного членства в Енергетичному співтоваристві, взявши на себе зобов'язання щодо зменшення шкідливих викидів на великих спалювальних установках до 2018 р. З огляду на це, нагальним є питання розроблення Національного плану скорочення викидів енергетичних установок українського теплоенергетичного комплексу з доведенням концентрацій забруднювальних речовин у скидних димових газах до гранично допустимих рівнів, прийнятих у Євросоюзі. «Напрацювання в рамках обговорюваного сьогодні проекту, без сумніву, стануть підґрунтям для розроблення оновленої



Заступник міністра енергетики та вугільної промисловості України В.Ю. Улида



Віце-президент Національної академії наук України академік НАН України А.Г. Наумовець

Енергетичної стратегії України і планів щодо її реалізації», — наголосив В.Ю. Улида.

Віце-президент Національної академії наук України академік НАН України **Антон Григорович Наумовець** поздоровив усіх виконавців з успішним завершенням цього важливого проекту і звернув увагу на той факт, що участь установ НАН України в програмах Європейського Союзу з року в рік зростає. Так, кількість проектів Сьомої рамкової програми, у яких брали участь українські академічні інститути, була вдвічі більшою, ніж під час дії попередньої програми РП6. Є всі підстави сподіватися, що в новій рамковій програмі ЄС



«Горизонт-2020» установи Національної академії наук будуть представлені ще ширше.

Окремо академік А.Г. Наумовець відзначив ініціативність виконавців цього проекту, їх творчий підхід до пошуку і залучення коштів для його реалізації. Особливість цього гранту полягає у спільному фінансуванні витрат проекту коштами Євросоюзу та Інституту. Така форма співпраці дедалі більше поширюється на гранти, що надає Україні ЄС, і для неприбуткових бюджетних установ, якими є академічні інститути, набуває дещо незвичних форм фінансової участі — внесок забезпечується результатами власних робіт, спрямованих на виконання гранту. Інститут вугільних енерготехнологій НАН України успішно опанував цей шлях. Беручи активну участь у всіх енергетичних розділах конкурсних програм НАН України, таких як «Ресурс», «Об'єднання», «Середовище», науково-технічних проектах і конкурсах з фундаментальної та прикладної тематики, Інститут використовував результати цих науково-дослідних робіт під час виконання завдань гранту. Це дало можливість не лише провести дослідження в рамках проекту, а й придбати необхідне обладнання і впровадити отримані результати у виробничу практику.

«На прикладі виконання цього проекту Національна академія наук України демонструє

свою найсильнішу рису — багатодисциплінарність. Для розв'язання певних проблем ми маємо можливість залучати фахівців не лише окремої установи, а й різних відділень НАН України. Саме тому Академія може ефективно вирішувати завдання, поставлені перед нею державою, здійснюючи на високому світовому рівні відповідні дослідження і відкриваючи тим самим нові шляхи для подолання викликів, що постають перед українським суспільством», — підсумував А.Г. Наумовець.

У виступі в.о. директора Інституту вугільних енерготехнологій НАН України кандидата технічних наук **Наталії Іванівни Дунаєвської** було коротко розглянуто головні завдання і основні етапи виконання зазначеного проекту.

Вугільна тепла енергетика є основою Об'єднаної енергетичної системи України. Підприємства теплоенергетичної галузі виробляють близько 45% електричної енергії, а їх енергетична потужність становить понад 60% від загальної. Крім того, в Україні саме вугільні теплові електростанції використовують як маневрені потужності. Проте більшість вугільних енергоблоків вітчизняних ТЕС відпрацювали вже понад 250 тис. годин. Їх обладнання потребує докорінної реконструкції, а в деяких випадках і повної заміни з метою досягнення сучасних техніко-економічних та екологічних

показників. Згідно з Енергетичною стратегією України, період реконструкції теплоенергетики складатиметься з двох етапів. На першому етапі (до 2020 р.) передбачено реконструкцію наявних потужностей з подовженням терміну їх експлуатації, поліпшенням показників ефективності й поступовим досягненням європейських екологічних стандартів; на другому етапі (з 2021 до 2030 р.) — спорудження нових сучасних високоекономічних енергоблоків на основі чистих вугільних технологій. Демонстрація таких технологій є метою зазначеного проекту, а їх застосування дасть змогу знизити витрати палива, зменшити викиди в атмосферу забруднювальних речовин та парникових газів, дозволить Україні виконувати свої зобов'язання в рамках членства в Енергетичному співтоваристві, особливо у сфері захисту довкілля.

При виконанні проекту було проведено:

- аналіз поточного стану вугільних ТЕС України;
- аналіз вітчизняного ринку енергетичного вугілля й тенденцій його розвитку;
- огляд стану та умов впровадження технологій очищення димових газів від забруднювальних речовин;
- огляд сучасних чистих вугільних технологій і досвіду їх впровадження;
- оцінювання можливості застосування чистих вугільних технологій в Україні.

За отриманими результатами розроблено пропозиції із впровадження в енергетику України сучасних чистих вугільних технологій, у тому числі створених в Інституті вугільних енерготехнологій НАН України. Крім того, у рамках виконання проекту було проведено 6 науково-технічних конференцій, 2 семінари, 4 прес-конференції та нинішній заключний семінар; видано 2 монографії; для представників генеруючих компаній та науковців організовано навчальні поїздки на європейські ТЕС з метою ознайомлення з найсучаснішими технологіями енергетичного використання вугілля.

Отже, в процесі виконання проекту було узагальнено європейський досвід впровадження чистих вугільних технологій, проаналізовано накопичений досвід реконструкції україн-



В.о. директора Інституту вугільних енерготехнологій Національної академії наук України Н.І. Дунаєвська

ських ТЕС, надано рекомендації щодо вибору найефективніших рішень для модернізації наявних і будівництва нових енергооб'єктів України.

У подальших виступах провідних фахівців Інституту вугільних енерготехнологій НАН України було зазначено, що вагомим внеском їх установи у виконання обговорюваного проекту є впровадження у виробничу практику низки розробок. Так, на Трипільській ТЕС успішно впроваджено створений в Інституті високоефективний палиник з термохімічною підготовкою твердого палива. З огляду на досягнуті позитивні результати, ще 3 такі палинки планується встановити в серпні цього року. На Зуївській та Курахівській ТЕС впроваджено установки сухого сіркоочищення. На Старобешівській ТЕС здійснюються розроблені в Інституті заходи з підвищення ефективності роботи котлоагрегату циркулюючого киплячого шару. Створено робочі проекти палиників тангенціального спалювання, котлів циркулюючого киплячого шару для спалювання відходів вуглезбагачення продуктивністю 75 т за годину, розроблено і затверджено нормативні документи, які регулюють якість палива, що постачається на теплові електростанції.

Сьогодні при розробленні проектів реконструкції енергоблоків ТЕС багатьма зацікавленими сторонами враховуються рекомендації



Керівник відділу програм допомоги «Енергетика, транспорт та навколишнє середовище» Представництва ЄС в Україні Вальтер Треттон

експертів Інституту вугільних енерготехнологій НАН України, які основані на результатах, одержаних у ході виконання проекту, та спрямовані на поліпшення техніко-економічних та екологічних показників. Для деяких ТЕС України вже розглядаються питання спорудження нових вугільних котлів. Слов'янська ТЕС, Херсонська та Білоцерківська ТЕЦ перебувають на різних стадіях впровадження котлів з циркулюючим киплячим шаром, заплановано спорудження нових пилувугільних енергоблоків, розрахованих на ультранадкритичні параметри пари, на Добротвірській та Бурштинській ТЕС, вивчається можливість спільного спалювання пелет біомаси з вугіллям, готуються матеріали для розроблення Національного плану скорочення викидів

енергетичних установок згідно з Директивою ЄС 2010/75. У всіх цих роботах беруть активну участь фахівці Інституту.

На завершення семінару-звіту перед присутніми виступив керівник третього відділу програм допомоги «Енергетика, транспорт та навколишнє середовище» Представництва Європейського Союзу в Україні **Вальтер Треттон**. Він подякував Інституту вугільних енерготехнологій НАН України, керівникам та безпосереднім учасникам проекту за вдале завершення цього масштабного дослідження можливостей застосування новітніх технологій у тепловій енергетиці, які дають змогу знизити споживання вугілля й зменшити викиди парникових газів та інших шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Вальтер Треттон підкреслив важливість підтримки Євросоюзом міжнародних екологічних зобов'язань України. Технології чистого вугілля, зокрема уловлення та складування вуглецю, вважають головними механізмами переходу до низьковуглецевого майбутнього. «Для того, щоб досягти сталого розвитку економіки, безпечності та безперебійності постачання енергії, потрібні інновації. Інновації та низьковуглецеве майбутнє — це два боки однієї медалі», — заявив він.

За словами Вальтера Треттона, результати, отримані при виконанні проекту, неодмінно будуть використані для встановлення і подальшого розвитку конкурентоспроможного та екологічно безпечного енергетичного сектору України.

Заступник головного редактора журналу О.О. МЕЛЕЖИК

РЕГІОНАЛЬНІ НАУКОВІ ЦЕНТРИ



ХУТОРНОЙ

Алексей Михайлович — кандидат химических наук, доцент, директор Южного научного центра НАН Украины и МОН Украины



ХУТОРНОЙ

Сергей Алексеевич — научный сотрудник Одесского филиала Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины

ОТ КАЛУША ДО ОДЕССЫ — ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ДЛИННОЙ В ДНЕСТР

Статья посвящена проблемам, связанным с угрожающим экологическим состоянием Домбровского карьера в Калуше. 20 февраля 2014 г. на совместном заседании двух региональных научных центров НАН Украины и МОН Украины (Южного и Западного) состоялось обсуждение ситуации, сложившейся на карьере. Специалистами был предложен перечень первоочередных мер по предотвращению экологической катастрофы.

В 1983 г. одесситы с большой тревогой ожидали прихода на Беляевский водозабор высокоминерализованных отходов производства калийных удобрений, попавших в Днестр после прорыва дамбы хвостохранилища калийного завода в Стебнике. Тогда в речную сеть с территории Калушского горнопромышленного района хлынули около 5 млн кубометров рассола. Река была засолена до самого впадения в лиман. После этой экологической катастрофы на заводе был уменьшен объем производства калийных удобрений, началась реконструкция предприятия. Однако в дальнейшем все затраченные усилия были фактически сведены на нет. В результате хозяйственная деятельность по добыче калийных солей, много лет осуществлявшаяся без проведения эффективных технических и природоохранных мероприятий, привела к развитию чрезвычайной ситуации в Калушском горнопромышленном районе.

Разработка единственных в мире месторождений калийных солей и производство различных калийных удобрений более 30 лет были визитной карточкой города химиков Калуша Ивано-Франковской области. Однако после добычи калийных руд остались выработки трех шахт — «Калуш», «Гольнь» и «Ново-Гольнь». Над выработанными территориями происходит проседание почвы, которое сопровождается не только подтоплением, но и затоплением поверхностей. В 2009 г. на шахтных полях насчитывалось 15 провалов в виде депрессивных воронок. И это вполне объяснимо, т.к. шахтные выработки калийных руд заполнялись не твердым веществом, как это принято в Западной Европе, а затопливались рассолами.

Дочернее предприятие «Калийный завод», входящее в состав ОАО «Ориана», прекратило работу еще в 1996 г. Пока завод работал, рассол из хвостохранилищ шахты «Ново-Голынь» отбирали и использовали для производственных нужд. Вместо соляного раствора в водоем сбрасывали густые глиняные массы, которые затвердевали под действием солнца и ветра. Поэтому рекультивация хвостохранилища № 1 выполнялась просто — достаточно было насыпать сверху пласт грунта.

Совсем иная картина наблюдается в хвостохранилище № 2. В нем накопление осадков превышает испарение с поверхности, в результате чего хранилище переполнено рассолом. Неработающий калийный завод вынужден ежегодно наращивать дамбу, но проектной нормы ее превышения над уровнем рассола на 1,5 м все же не достигает. Поэтому в любой момент возможны прорывы дамбы, в которой, по данным института ПГП «Спецгеолого-разведка», выявлены потенциально опасные зоны, зафиксированы три канала фильтрации растворов. Для снижения уровня соляных рассолов их закачивали в выработки рудника «Ново-Голынь», однако объем пустот в руднике уже стремится к нулю — дальше рассол девать некуда. Таким образом, более 2 млн кубометров рассола «нависли» над близлежащими промышленными объектами: железнодорожной станцией, ЗАО «Лукор», предприятиями «Винисин», «Синтра» и другими, угрожают через малонадежную дамбу прорваться в реку Сивку, а из нее — в Днестр. И все же сегодня в наиболее опасном состоянии пребывает Домбровский карьер.

Домбровский карьер — это единственный в мире горный объект, где добычу калийных солей (сульфата калия) с дореволюционных времен осуществляли открытым способом. Его глубина составляет 140 м, длина — 900 м, ширина — 850 м, площадь — 64 га. До 1985 г. эксплуатация карьера проводилась в соответствии с условиями технического проекта, благодаря чему он был примером успешной открытой добычи калийных солей в сложных гидрологических и климатических условиях.

Горные предприятия — это неравновесные системы, поэтому для поддержания экологического равновесия требуются затраты внешней энергии, в первую очередь для откачки воды из вскрытых водоносных горизонтов. Как только прекращается подача энергии, начинают действовать природные процессы, приводящие к новому равновесию: разрушению выработок, затоплению выработанного пространства. Когда предприятия работали нормально, равновесие поддерживалось постоянно. Прекращение добычи соли привело к банкротству предприятий, со временем усугубились экологические проблемы и сейчас они достигли катастрофического масштаба.

В свое время в Калуше был вскрыт земной пласт с 32 млн кубометров калийной породы. Залежи находились на небольших глубинах в 50–60 м, что обеспечивало низкую себестоимость калийных удобрений. Существовал также проект добычи с параллельной подготовкой карьера к рекультивации, но в январе 2008 г. финансирование ГП «Калийный завод ОАО «Ориана» было остановлено. Это привело к невозможности осуществления одной из самых важных предпосылок производства — выкачивания подземных вод из карьера. Началось его постепенное затопление, к тому же в июле 2008 г. выпали обильные дожди и окружающие карьер территории оказались затоплены. Буквально через несколько дней в карьер хлынуло около 5–6 млн тонн воды. Понятно, что с тех пор осушить его уже не представлялось возможным, так как вода растворила соль, образовав рассол.

Сегодня в Домбровском карьере собралось свыше 20 млн м³ рассолов с минерализацией от 120 до 400 г/л. Кроме того, по оценкам специалистов, на внутрикарьерном поле может содержаться около 1800 т токсических отходов, а с учетом отходов в солеотвалах их количество оценивается в 2200 т.

В зоне потенциального затопления карьера есть значительные несанкционированные захоронения гексахлорбензола — канцерогена высочайшего, первого класса опасности. Если рассолы Домбровского карьера, содержащие

в своем составе ядовитые вещества, попадут в водоносные горизонты, то практически навсегда будут утрачены водозаборы Калуша, Калушского и Галичского районов. Реальным становится загрязнение солями и канцерогенами реки Днестр, которая протекает через семь областей Украины, а также Республику Молдова и является источником водоснабжения более чем 10 млн человек.

В начале 2014 г. Южный научный центр НАН Украины и МОН Украины (председатель — академик НАН Украины С.А. Андронати) инициировал перед коллегами из Западного научного центра НАН Украины и МОН Украины организацию и проведение широкого обсуждения сложившейся ситуации. Принимающей стороной выступил Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа. Помимо сотрудников двух центров в работе приняли участие ученые и специалисты Физико-химического института им. А.В. Богатского НАН Украины, Одесского национального университета им. И.И. Мечникова, Одесского филиала Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины, ГП «НИИ галургии», Прикарпатского национального университета им. В. Стефаника, ООО «Институт Горхимпром», Института геохимии окружающей среды НАН Украины, Карпатского отделения Института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, ГП «Спецгеологоразведка», Института экологии Карпат НАН Украины, Национального университета «Львовская политехника», Национального института стратегических исследований при Администрации Президента Украины.

Справедливости ради следует отметить, что это далеко не первое обращение специалистов, ученых, местных властей и Кабинета Министров Украины к проблемам в Калушском горнопромышленном районе. В феврале 2010 г. Президент Украины подписал Указ «Об объявлении территорий города Калуша и сел Кропивник и Сивка-Калушская Калушского района зоной чрезвычайной экологической ситуации». Верховная Рада Украины утвердила этот Указ Законом Украины, совершив тем самым



Домбровский карьер

настоящий прорыв в этом направлении. На протяжении 2010—2012 гг. из государственного бюджета было выделено в общей сложности 850 млн грн, причем львиная доля этих средств была потрачена на вывоз гексахлорбензола с полигона токсических отходов. Домбровскому карьеру в 2010 г. выделили 51 млн грн, часть средств была освоена, но в итоге так и не удалось ничего довести до конца. В последующие годы финансирование карьера прекратилось, запланированные работы в полном объеме не выполнены. И хотя сегодня к Домбровскому карьеру приковано самое большое внимание, за последний год там побывали практически все причастные к вопросам экологии народные депутаты, министры, их заместители и т.д., все обсуждения завершались ничем. Нет проекта, нет денег, нет элементарного — комплексного мониторинга развития ситуации. Между тем Домбровский карьер — одна из самых больших



Непрацюючий завод калійних добрив в Калуші

екологічних угроз не тільки для України, но і для сусідніх держав. Все більш ймовірним стає сценарій трансграничної екологічної катастрофи з усіма витекаючими наслідками для населення, навколишнього середовища, міжнародного іміджу країни та держбюджету. Витрати на ліквідацію наслідків будуть несоизмеримо більшими, ніж це необхідно для його запобігання.

20 лютого 2014 р. вчені та спеціалісти двох регіональних наукових центрів — Західного та Південного — запропонували перелік першочергових заходів, які на сьогоднішній день життєво необхідно реалізувати.

У першу чергу потрібно зміцнити підсыпкою північний схил Домбровського кар'єру, на якому раніше була виконана лише половина запланованих робіт. Крім того, схил покритий тріщинами, в ньому прогресують карстові процеси. Ще в 2013 р. з цієї причини в кар'єрі спостерігалися значущі притоки води, зросла загроза обвалу, прориву в кар'єр річки Сівка та його швидкого остаточного затоплення. Тому одночасно з підсыпкою необхідно ліквідувати карсти та промоїни, через які в кар'єр в період весняного паводку можуть прорватися річкові води.

З метою зменшення об'ємів таких річкових вод потрібно розробити технологію відведення низкомінералізованого поверхневого стоку з кільцевої дренажної траншеї в басейн річки Дністр з обов'язковим контролем вмісту пестицидів, фунгіцидів, солей важких металів: ртуті, свинцю, кадмію, хрому.

На південному схилі всередині Домбровського кар'єру в певний час скидали токсичні відходи. Під час підйому води внутрікар'єрний схил буде поглинений озером, а в найближчому майбутньому коктейль із солей, важких металів, ртуті та гексахлорбензолу опиниться в водоносному горизонті. Через річку Лимниця токсичні речовини проляжуть собі шлях до Дністра, чого допустити ніяк неможливо. Тому вивіз токсичних відходів та гідроізоляція їх залишків повинні супроводжуватися еколого-геологічним моніторингом, як і передбачено природоохоронними заходами програми «Виконання комплексного еколого-геологічного моніторингу на території Калушського гірничо-промислового району на 2013–2014 рр.». При цьому потрібно створити мережу гідрологічних скважин (30–40). Міністерству екології та природних ресурсів України та Державній службі геології та надр України запропоновано профінансувати вищезазначену програму, в тому числі заходи з запобігання надзвичайній ситуації на території Калушського гірничо-промислового району, з залученням до реалізації програмних завдань науково-проектних установ Західного та Південного наукових центрів НАН України та МОН України.

Солеотвали в хвостохранилищах № 1 та № 2 повинні бути рекультивовані.

Івано-Франківському обласному совету та Івано-Франківській обласній держадміністрації направлено звернення з проханням передбачити в 2014 р. з обласного фонду охорони навколишнього середовища фінансування розробки Комплексного проекту екологічної реабілітації на території впливу Калушського калійного виробництва та визначити головну установу для підготовки відповідного запиту.

Наукове супроводження щорічних моніторингових досліджень рекомендовано здійснювати в 2014 р. Івано-Франківському національному технічному університету нафти та газу, ГП «НІІ галургії», Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України, Інституту телекомунікацій та глобаль-

ного інформаційного пространства НАН України, Національному інституту стратегічних досліджень при Адміністрації Президента України, ООО «Інститут Горхімпром».

Сьогодні в Україні немає діючих місць охорони по добычі калійного сировини для виробництва добрив. Для поставки добрив українськими сільськогосподарськими виробниками їх закупують в Білорусі та Росії. К слову, в лютому 2014 г. Білорусія поставила перед собою завдання збільшити добычу калійних солей до 448,2 тис. тонн. Однак є неробочий і затоплений калійний рудник — Домбровський кар'єр. В 2011 г. італійська компанія Vott пропонувала свою технологію, яка за 7 років дозволить переробити весь скопившийся в кар'єрі рассол і заробити на продажі калійного сировини. О готовності побудувати завод по виробництву калійних добрив на місці кар'єра заявили і представники китайської компанії «Кітпрод». Є також два українських потенційних інвесторів, але, на думку місцевих властей, інвестором повинен стати власник, який відродить виробництво в Калусі, а переробка рассолів — один з етапів цього виробництва.

В світлі вищезазначеного Івано-Франківському національному технічному університету нафти і газу, Національному університету «Львівська політехніка», Одеському національному політехнічному університету, ГП «НІІІ галузії», Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України, ООО «Інститут Горхімпром» з участю компанії «Райз», інших зацікавлених інвесторів пропонується організувати дослідження і розглядання проектних рішень по переробці рассолів Домбровського кар'єра з отриманням хлориду натрію, калімагнезії та інших компонентів. Тем більше, що ціна технічної солі, отриманої в результаті переробки, становить 60 доларів США за тону, і є хороші перспективи її реалізації в Європі. Така технологія, на деяких оцінках, дозволить власнику заробляти щорічно не менше 10 мільйонів євро.

Реалізація пропозицій двох наукових центрів і, в першу чергу, організація переробки рассолів Домбровського кар'єра якщо і не усуне, то, принаймні, зупинить зростання екологічної загрози, яка може в повному сенсі зачлестнути річку Дністр.



САПРИКІНА

Марія Миколаївна –

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Інституту колоїдної хімії
та хімії води ім. А.В. Думанського
НАН України,
saprikinam@yandex.ru

УДК 628.16.08+582.288

ВОДОПРОВІДНА ВОДА – НОВА ЗАГРОЗА ЗДОРОВ'Ю ЛЮДЕЙ

За матеріалами наукового повідомлення
на засіданні Президії НАН України
7 травня 2014 року

*Здійснено комплексний аналіз води джерел водопостачання та водорозподільної мережі, виділено типових представників мікроскопічних грибів, серед яких переважали роди *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* та ін. Розроблено метод виявлення мікроміцетів у воді. Проведено оцінювання ефективності різних етапів очищення води щодо мікроміцетів на станції водопідготовки. Встановлено причину наявності мікроміцетів у водопровідній воді, що надходить до споживача. Оцінено ефективність класичних методів знезараження та очищення води щодо мікроміцетів. Запропоновано технологічну схему очищення води від мікроміцетів, що ефективно видаляє ці мікроорганізми з води і може бути рекомендована для практичного використання.*

Ключові слова: мікроміцети, метод виявлення, джерела водопостачання, водопровідна вода, хлорування, озонування, УФ-випромінювання, сорбція, коагулювання, технологія очищення.

Проблема знезараження води була і залишається надзвичайно важливою. Науково-технічний прогрес не лише не знизив актуальність цієї проблеми, а й спричинив різке погіршення екологічного стану навколишнього середовища в результаті промислово-господарської діяльності. Нині визначають усе нові й нові інфекційні агенти. Так, сотні раніше невідомих вірусів виявлено в питних і стічних водах, крім того, на сьогодні встановлено, що загальноприйнятий метод визначення якості питної води за наявністю кишкових мікроорганізмів не враховує живі, однак некультурабельні клітини *Escherichia coli*, які після очищення води потрапляють в організм людини. До того ж, у навколишньому середовищі значно поширені мікроміцети, які є невід'ємною частиною середовища існування людини, однак останнім часом вони усе частіше спричинюють тяжкі захворювання у людей з ослабленою імунною системою, ВІЛ-інфікованих хворих, пацієнтів у післяопераційний період.

Мікроскопічні гриби (мікроміцети) здатні викликати захворювання, які за симптоматикою нагадують рак, туберкульоз,

проказу. У відносно здорових людей вони можуть спричиняти алергічні реакції різного ступеня складності, а також виділяти токсичні речовини — мікотоксини. Вперше завдання щодо необхідності визначення та інактивації мікроміцетів у питній воді поставив академік НАН України В.В. Гончарук.

На сьогодні для виявлення мікроміцетів широко використовують низку живильних середовищ. Проте їх застосування у визначенні мікроміцетів, особливо з водних середовищ, має певні недоліки, зокрема, швидкозростаючі види грибів часто мають розгалужений міцелій, що перешкоджає визначенню повільнорослих видів. У зв'язку з цим нами вперше розроблено метод визначення мікроміцетів у воді, який включає використання живильного середовища Сабуро з додатковим внесенням до нього дихлорану. Обрано оптимальну концентрацію дихлорану — 2 мг/дм³. Встановлено, що при цьому утворюються окремі, невеликого розміру колонії досліджуваних мікроскопічних грибів, навіть на сьому добу спостереження (рис. 1).

Розроблені методичні рекомендації щодо визначення мікроміцетів у воді затверджено МОЗ України. Сьогодні підготовлено і затверджено державний стандарт України ДСТУ 7487:2013 «Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді». На основі розробленого методу визначення грибів у воді планується встановити гранично допустиму кількість мікроміцетів у воді.

Зважаючи на поширеність і небезпечність цих видів мікроорганізмів, проведено цикл робіт з визначення мікроміцетів у воді річок України. Встановлено, що в усіх пробах, незалежно від місця відбору, кількість дріжджоподібних видів грибів становить від 10² до 10⁵ КУО/100 см³, тоді як міцеліальних грибів виявлено до 50 КУО/100 см³. Найчастіше зустрічаються гриби, що належать до родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, відомих як патогенні, алергенні й токсикогенні види.

У зв'язку з наявністю патогенних представників мікроміцетів у поверхневих джерелах водопостачання доцільно оцінити процес видалення з води цих мікроорганізмів на станції

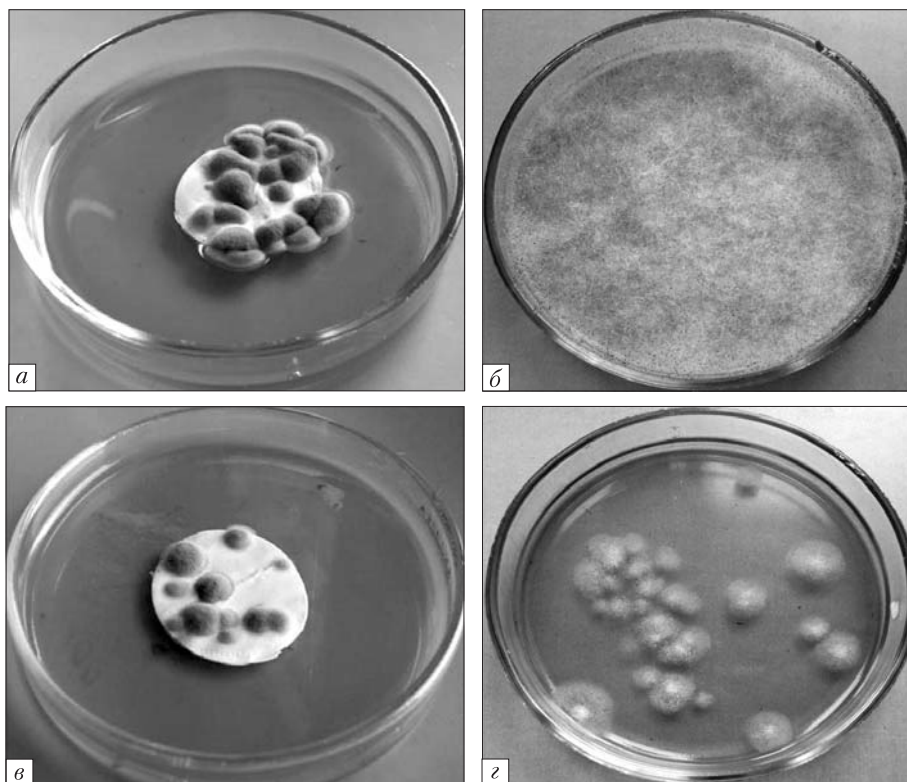


Рис. 1. Зовнішній вигляд колоній *Cladosporium cladosporioides* (а, б) і *Rhizopus arrhizus* (в, з), виділених після фільтрації води на фільтрах «Владипор» на середовищі Сабуро без (а, б) і з дихлораном (в, з)

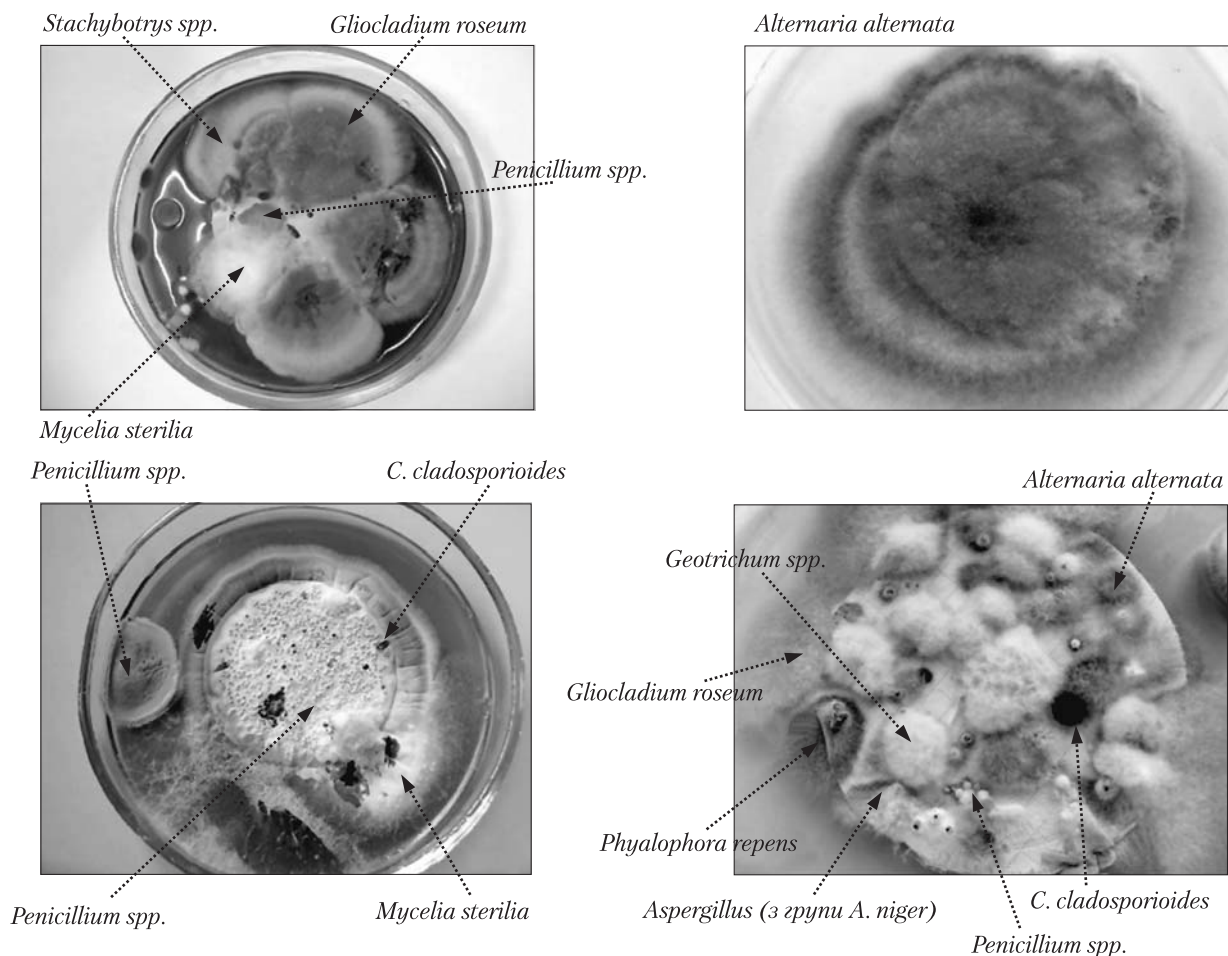


Рис. 2. Мікроміцети, виділені з водопровідної води м. Києва

водопідготовки. Так, проведено мікологічний аналіз зразків води, відібраних на різних етапах її підготовки на Дніпровській водоочисній станції м. Кременчук. Встановлено, що очищення води на станціях водоочищення та водопідготовки за мікологічним критерієм дозволяє видалити значну кількість грибів з води. Однак, незважаючи на це, споживач отримує неякісну водопровідну воду, що є результатом вторинного її забруднення у водогоні. Серед небезпечних для здоров'я людини видів мікроміцетів виявлено: *Aspergillus niger*, *Aspergillus parasiticus*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, які здатні викликати аспергільоз, опортуністичні інфекції, респіраторні інфекції, пневмонії, кератити, гранульоми тощо.

З огляду на небезпеку не лише мікроскопічних грибів, а й продуктів їх життєдіяльності, на прикладі м. Києва досліджено наявність цих мікроорганізмів у водопровідній воді, що надходить до споживача. Протягом 7 місяців проби води відбирали з водопровідних кранів 2 житлових приміщень (проспект Науки і проспекту 40-річчя Жовтня). Встановлено, що незалежно від походження води в ній домінують окремі види, а саме: *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium canescens*, *P. cyclopium*, *P. expansum*, *P. tardum*, тобто переважають представники двох родів — *Aspergillus* і *Penicillium*. Усього визначено 32 види мікроміцетів, які можуть безпосередньо впливати на здоров'я людини. З виявлених видів 35% належать до патогенів,

здатних забруднювати продукти харчування, змінювати органолептичні властивості води. Кількість мікроміцетів варіювалася в межах від 3 до 10 КУО/100 см³.

Протягом року проведено також моніторинг водопровідної води, відібраної в різних адміністративних районах м. Києва, що різняться періодом експлуатації водогонів, а саме: Деснянський – 25 років, Солом'янський – 30–40 років, Оболонський – 40 років, Дарницький – 50–60 років. Встановлено наявність грибів родів *Candida*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Aspergillus* у водопровідній воді (рис. 2). Середня кількість мікроміцетів коливається від 8 до 18 КУО/100 см³, серед них є збудники інфекційних захворювань, що свідчить про необхідність розроблення нормативних документів щодо мікологічного контролю води і технологій видалення мікроміцетів з води на місці її споживання (див. табл.).

Оцінювання впливу традиційних методів знезараження й очищення води від мікроміцетів показало низьку ефективність хлорування й озонування води. Ефективна доза таких реагентів

для інактивації мікроміцетів становить близько 10 мг/дм³, що призведе до зниження якості води, порушення нормальної роботи обладнання та підвищення вартості водоочищення. Що стосується оброблення води УФ-випромінюванням, то для видалення з води культури *Candida albicans* на один порядок доза УФ-випромінювання має становити 24 мДж/см², тоді як дози для санітарно показових мікроорганізмів, таких як *Escherichia coli* і *Bacillus subtilis*, дорівнюють 5 і 26 мДж/см² відповідно. Водночас для міцеліальних видів дози значно зростають. Так, для видалення з води *Aspergillus* і *Cladosporium* ефективна доза УФ-випромінювання становить 180 і 270 мДж/см² відповідно.

З метою створення простих і надійних методів очищення води від мікроміцетів було вирішено використовувати природну здатність цих мікроорганізмів до іммобілізації на різних поверхнях. Показано, що при фільтрації води через мезопористе кісточкове активоване вугілля (КАВ) і пісок Деснянської водопровідної станції досягається високий ступінь видалення *Candida albicans* з води.

Видовий і кількісний склад мікроміцетів у водопровідній воді (усереднені дані за період спостереження)

Місце відбору проби води	<i>Candida albicans</i>	<i>Rhodotorula</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Alternaria</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Mycelia sterilia</i>	<i>Rhizopus arrhizus</i>	<i>Trichoderma viride</i>	Середнє значення
	КУО/100 см ³										
<i>Деснянський район, період експлуатації труб – 25 років</i>											
Вул. Бальзака, 86а	5	1	1	2	1	–	–	–	1	–	11
Вул. Сабурова, 5а	6	2	–	2	–	–	–	–	–	–	10
<i>Солом'янський район, період експлуатації труб – 30–40 років</i>											
Вул. Героїв Севастополя, 44/10	15	1	–	1	1	–	–	–	–	–	18
Вул. Монтажників, 97	8	–	–	1	1	1	–	1	–	–	12
<i>Оболонський район, період експлуатації труб – 40 років</i>											
Пр. Героїв Сталінграда, 12а	4	–	–	2	1	–	–	1	–	1	9
<i>Дарницький район, період експлуатації труб – 50–60 років</i>											
Вул. Ревуцького, 5а	4	1	–	1	–	–	–	1	–	1	8

Досліджено також ефективність видалення мікроміцетів з використанням коагулянтів, які широко застосовують у практиці водопідготовки. Використання алюмінію дигідроксо-сульфату (ДГСА) знижує вихідну кількість *Candida albicans* ($1,7 \cdot 10^5$ КУО/см³) на три порядки. Інтенсифікацію процесу коагуляційного очищення води від мікроміцетів проводили з використанням флокулянтів, на прикладі полідіалілдиметиламонію хлориду (ДБ-45). Внесення флокулянтів сприяє підвищенню ступеня видалення мікроміцетів з води, зменшенню дози коагулянтів і тривалості обробки. Так, у разі коагуляційного очищення води від *Candida albicans* ($1,5 \cdot 10^5$ КУО/см³) внесення 0,1 мг/дм³ ДБ-45 дає змогу вилучити 99,99% забруднення *Candida albicans* за концентрації ДГСА 6 мг/дм³ і тривалості контакту 60 хв. Отримані дані свідчать про доцільність інтенсифікації сорбційних процесів очищення води на станції водопідготовки.

У розвитку загальної ідеології — забезпечення населення доброякісною водою, запропонованої академіком НАН України В.В. Гончаруком, доочищення води слід здійснювати безпосередньо перед роздачею її споживачеві.

Зважаючи на високу ефективність фізико-хімічних процесів очищення води від мікроміцетів, а також з метою створення локальних водоочисних технологій, обрано метод електрокоагуляційного очищення води з подальшою сорбцією на зернистому завантаженні (фільтр АГ).

У зв'язку з цим розроблено електрокоагуляційну комірку, яка містить платинований титановий анод (ПТА) і катод з нержавіючої сталі. Крім того, додатково в корпусі комірки встановлено сталеві пластини, розміщені в одній площині з ПТА. Залізний коагулянт утворюється внаслідок розчинення металевих пластин в електричному полі анода і катода, а також їх часткового хімічного розчинення при взаємодії з продуктами електролізу, утвореними на інертному аноді. На запропоновану конструкцію комірки отримано патент України.

Комірку покладено в основу створення технології очищення води від мікроміцетів на

автономних об'єктах. Вона складається з розробленої електрокоагуляційної конструкції, фільтрувального матеріалу (АГ), а також вузла УФ-випромінювання. Технологію апробовано в Інституті урології НАМН України, де показано високий ступінь видалення мікроміцетів з води. На цю технологію одержано акт впровадження.

Отже, розроблено та затверджено метод визначення грибів у воді: ДСТУ 7487:2013 «Якість води. Метод визначення мікроміцетів у воді», на основі якого заплановано визначити гранично допустиму кількість мікроміцетів у воді.

Проведено моніторинг мікроскопічних грибів у поверхневих джерелах водопостачання. Встановлено повсюдну наявність мікроміцетів. При цьому домінують дріжджоподібні гриби роду *Candida spp.*, від десятків до сотень тисяч у 100 см³. Серед міцеліальних грибів переважають представники родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*.

Здійснено визначення грибів на станції доочищення та встановлено зниження кількості мікроміцетів у процесі водопідготовки.

Проведено моніторинг мікроміцетів у водопровідній воді. Встановлено, що незалежно від терміну експлуатації трубопроводів, а також місця відбору проб середня кількість мікроміцетів становить 8–18 КУО/100 см³. Виявлено наявність представників родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium* та *Fusarium*, що є стійкими до дії дезінфектантів і мають токсикогенні, алергенні й мутагенні властивості. Отримані дані свідчать про вторинне забруднення води у водопровідних мережах.

Показано можливість розроблення підходів до вирішення проблеми знезараження води від будь-яких біологічних об'єктів з використанням мікроскопічних грибів як модельного об'єкта.

Доповідач висловлює велику подяку всім співавторам робіт, на основі яких зроблено цю доповідь, особливо акад. НАН України В.В. Гончаруку, д.б.н. А.В. Руденко, д.б.н. Е.З. Коваль, к.б.н. О.С. Савлук, м.н.с. В.М. Косіновій, А.П. Гічак (ІКХХВ НАН України).

М.Н. Сапрыкина

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского НАН Украины
бульв. Акад. Вернадского, 42, Киев, 03680, Украина

ВОДОПРОВОДНАЯ ВОДА – НОВАЯ УГРОЗА ЗДОРОВЬЮ ЛЮДЕЙ

Проведен комплексный анализ воды источников водоснабжения и водораспределительных сетей, выделены типичные представители микроскопических грибов, среди которых доминировали роды *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* и другие. Разработан метод определения микромицетов в воде. Проведена оценка эффективности разных этапов очистки воды по отношению к микромицетам на станции водоподготовки. Установлена причина наличия микромицетов в водопроводной воде, поступающей к потребителю. Оценена эффективность классических методов обеззараживания и очистки воды по отношению к микромицетам. Предложена технологическая схема очистки воды от микромицетов, которая эффективно удаляет эти микроорганизмы из воды и может быть рекомендована для практического использования.

Ключевые слова: микромицеты, метод определения, источники водоснабжения, водопроводная вода, хлорирование, озонирование, УФ-излучение, сорбция, коагулирование, технология очистки.

М.М. Saprykina

Dumansky Institute of Colloid and Water Chemistry of NAS of Ukraine
42 Acad. Vernadskogo Blvd., Kyiv, 03680, Ukraine

TAP WATER – NEW THREAT TO HUMAN HEALTH

The complex analysis of water of sources of water-supply and water-distribution networks has been conducted, the typical representatives of microscopic fungi, among which prevailed species of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Paecilomyces*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Candida* et al., have been selected. The method of determination of micromycetes in water has been developed. The estimation of efficiency of the different stages of water treatment has been conducted in relation to micromycetes at the water treatment plant. The cause of the presence of micromycetes in tap water supplied to the consumer has been set. Efficiency of classic methods of disinfestation and water treatment has been appraised in relation to micromycetes. The new technology of water treatment has been offered, which effectively removes these microorganisms from water and can be recommended for the practical use.

Keywords: micromycetes, method for determining, sources of water, tap water, chlorination, ozonation, UV radiation, sorption, coagulation, technology of remove.

ОНИЩЕНКО

Олексій Семенович — академік НАН України, академік-секретар Відділення історії, філософії та права НАН України

ШЕМШУЧЕНКО

Юрій Сергійович — академік НАН України, директор Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України

НАГРЕБЕЛЬНИЙ

Володимир Петрович — член-кореспондент НАПрН України, заступник директора Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України

ВИДАТНИЙ УКРАЇНСЬКИЙ УЧЕНИЙ – ПРАВОЗНАВЕЦЬ ТА ОРГАНІЗАТОР АКАДЕМІЧНОЇ ЮРИДИЧНОЇ НАУКИ

До 100-річчя від дня народження
академіка НАН України Б.М. Бабія

25 липня 2014 р. виповнюється 100 років від дня народження Бориса Мусійовича Бабія — відомого українського вченого-правознавця, визначного організатора вітчизняної академічної юридичної науки, громадського і державного діяча, колишнього академіка-секретаря Відділення історії, філософії та права і члена Президії НАН України, колишнього директора Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України (1974–1988 рр.), академіка Національної академії наук України і академіка Академії правових наук України.

Борис Мусійович народився (12) 25 липня 1914 р. у селі Гурівці Козятинського району Вінницької області в селянській сім'ї. Свою трудову діяльність розпочав у 1932 р. в редакції козятинської районної газети «Коллективна праця»: спочатку літпрацівником, а невдовзі — відповідальним секретарем редакції. Його творчі здібності, сумлінне ставлення до виконання своїх обов'язків, наполегливість у праці, прагнення до самовдосконалення відкрили йому шлях для подальшого навчання. У 1933–1934 рр. він навчався у Всеукраїнському комуністичному інституті журналістики у Харкові, після чого працював у м. Могилеві-Подільському Вінницької області завідувачем відділу, відповідальним секретарем районної (потім окружної) газети «Прикордонна зірка».

У вересні 1935 р. Б.М. Бабій вступив на перший курс Всеукраїнського комуністичного інституту радянського будівництва і права у Харкові, а через рік перевівся на другий курс юридичного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. У студентські роки він був відмінником навчання, брав активну участь у роботі наукових студентських гуртків, виступав з науковими доповідями, опублікував кілька нарисів з юриспруденції у вузівських малотиражних газетах.

У червні 1939 р., ще до закінчення навчання в університеті, його призначають прокурором кримінально-судового відділу Прокуратури Української РСР, де він працював до червня 1940 р., а після військової перепідготовки його було зараховано до кадрового складу Радянської Армії і призначено помічником прокурора Київського військового округу.

З 22 червня 1941 р. Б.М. Бабій перебував у лавах діючої армії. Брав безпосередню участь у бойових діях на фронтах Великої Вітчизняної війни, воював на Південно-Західному, 2-му Українському фронтах, був учасником визволення від фашистських загарбників Правобережної України, Молдови, Румунії, Угорщини, Чехословаччини, Австрії, деякий час працював у Головній військовій прокуратурі Радянської Армії у Москві. Нагороджений трьома бойовими орденами Вітчизняної війни I (двічі) і II ступенів та багатьма медалями. У 1947 р., ще перебуваючи на військовій службі, Б.М. Бабій став укладачем і автором вступної статті юридичного довідника для органів дізнання і дізнавачів; тоді ж вийшла друком його стаття «Про офіцерські суди честі». В цих перших працях виявилася явна схильність їх автора до науково-дослідницької роботи, його природна обдарованість і багатий життєвий досвід.

У повоєнні роки після демобілізації Борис Мусійович почав займатися активною науково-педагогічною діяльністю. З 1 серпня 1947 р. працював старшим викладачем кафедри теорії держави і права та заступником декана юридичного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. На цій посаді він багато уваги приділяв удосконаленню навчального процесу, підвищенню якості викладання юридичних дисциплін, вихованню у студентів високої правосвідомості та правової культури. Як досвідчений педагог і дослідник, Борис Мусійович глибоко розумів, що важливу роль у розвитку політичної і правової культури відіграє юридична наука — її теоретичні розробки та їх впровадження у практику державно-правового будівництва.

З утворенням Організації Об'єднаних Націй, серед держав-засновників якої була й



Борис Мусійович Бабій. 1945 р.

Україна, виникла нагальна потреба у дослідженні міжнародно-правових проблем і розробленні зовнішніх політико-правових ініціатив для розгляду ООН. У зв'язку з цим у 1949 р. у складі Академії наук УРСР було утворено юридичну наукову установу — Сектор держави і права на чолі з видатним українським ученим-юристом академіком АН УРСР В.М. Корецьким. Ученим секретарем Сектора, а дещо пізніше заступником завідувача цієї установи призначають Б.М. Бабія, який бере безпосередню участь у визначенні основних напрямів наукових досліджень і формуванні кадрів наукових співробітників, а також організації дослідницької діяльності Сектора держави і права*.

У цей період яскраво виявилися неабиякі здібності Б.М. Бабія як у науковій, так і

* Детальніше про це див.: Шемшученко Ю.С. Інститут держави і права ім. В.М. Корецького НАН України та інші академічні наукові установи юридичного профілю // Академічна юридична думка / за заг. ред. Ю.С. Шемшученка. — К.: Ін Юре, 1998. — С. 54–57; Інститут держави і права ім. В.М. Корецького НАН України. Наукові досягнення за 50 років (1949–1999) / відп. ред. Ю.С. Шемшученко. — К.: Ін Юре, 1999. — С. 5–9.

науково-організаційній діяльності. Все більш окресленим і чітким стає коло його наукових інтересів, серед яких головне місце посідають проблеми історії держави і права Української РСР. У 1950 р. він захищає кандидатську дисертацію, присвячену державно-правовим аспектам возз'єднання Західної України з Українською РСР. Невдовзі виходять друком його перші монографічні праці, а також численні наукові статті з правових проблем української радянської державності, утворення СРСР і ролі України в цьому процесі, діяльності місцевих органів влади, історії правових досліджень в УРСР тощо.

У 1961 р. було опубліковано монографію Б.М. Бабія «Українська Радянська держава в період відбудови народного господарства (1921—1925 рр.)», в якій учений, що чудово володів і постійно спілкувався українською мовою, докладно висвітлив вельми актуальні й сьогодні проблеми українізації державного апарату поряд із забезпеченням прав представників інших національностей щодо їх участі у його роботі та багатьох аспектах життя нашої країни.

У 1963 р. Б.М. Бабій захистив докторську дисертацію, у якій в історичному аспекті дослідив розвиток державно-правових процесів в Україні у період відродження народного господарства (1921—1925 рр.). При підготовці кандидатської і докторської дисертацій він зібрав, детально вивчив, ретельно проаналізував і систематизував величезний масив архівних документальних і фактичних матеріалів, які досі використовуються дослідниками історії держави і права України радянського періоду. В 1966 р. Б.М. Бабія було затверджено у вченому званні професора.

У надрукованих ним багатьох наукових статтях ішлося також про актуальні проблеми державно-правового будівництва в сучасній Україні. Звичайно, не всі публікації цього періоду за науковим змістом відзначалися об'єктивністю, оскільки готувалися з дотриманням тодішніх партійних вимог послідовно-класового підходу до дослідження суспільних (у тому числі державно-правових) явищ. Ра-

зом з тим, долаючи ідеологічну і політичну заангажованість, що панувала в ті часи, йому вдалося поставити і вирішити ряд важливих наукових завдань, зокрема з методології історико-правових досліджень та загальної теорії держави і права.

Для творчої діяльності Б.М. Бабія було характерним уміле поєднання роботи над індивідуальними монографічними працями з організацією колективних, комплексних досліджень. Ще у 50-х роках у нього виникла ідея створення узагальнюючої праці з історії держави і права Української РСР. Згодом він очолив колектив провідних вітчизняних істориків-юристів для підготовки цього фундаментального твору, який вийшов друком у 1961 р. і став першою колективною науковою працею такого характеру і масштабу в радянському правознавстві.

У середині 60-х років у житті Сектора держави і права АН УРСР відбувалися важливі зміни, значно зросла кількість наукових співробітників, розширилася тематика досліджень; у його складі було утворено п'ять наукових підрозділів. У цей час Б.М. Бабія призначають завідувачем відділу теорії та історії держави і права, який він очолював до 1982 р. Під його керівництвом у відділі розроблялися актуальні проблеми історії і теорії держави та права, ефективності правового регулювання, зміцнення законності і правопорядку, вдосконалення форм і методів правового виховання тощо. Водночас за ініціативою і під керівництвом Бориса Мусійовича розгорнулася робота з підготовки двотомної праці з історії держави і права Української РСР, яка була опублікована у 1967 р.

Б.М. Бабій доклав чимало зусиль для перетворення Сектора в Інститут держави і права АН УРСР, що відбулося в червні 1969 р. Активна дослідницька і науково-організаційна діяльність сформувала його як визнаного вченого правознавця, першодослідника багатьох проблем державно-правового будівництва в Україні в 60—70-х роках. У грудні 1967 р. Б.М. Бабія було обрано членом-кореспондентом, а у березні 1972 р. — академіком АН УРСР. На цей час у його творчому доробку — понад сто наукових



Делегація вчених на чолі з президентом АН СРСР академіком М.В. Келдишем і президентом АН УРСР академіком Б.Є. Патonom біля будинку Президії АН УРСР на святкуванні 50-річчя АН УРСР. У першому ряду зліва направо президенти трьох академій наук: СРСР — М.В. Келдиш, УРСР — Б.Є. Патон, Грузинської РСР — М.І. Мусхелішвілі. Б.М. Бабій стоїть за Борисом Євгеновичем, справа від нього. Київ, травень 1969 р.

праць, серед них п'ять монографій з проблем історії держави і права, методологічних питань правової науки, державного права і радянського будівництва, історії становлення і розвитку академічної юридичної науки та ін.

У 1968 р. Б.М. Бабія як вченого-правознавця з широким діапазоном наукових інтересів було затверджено академіком-секретарем Відділення економіки, історії, філософії і права (з 1976 р. — Відділення історії, філософії і права), обрано членом Президії АН УРСР. На цих відповідальних загальноакадемічних посадах він перебував до 1988 р. За цей час він здійснив велику роботу з удосконалення структури академічних наукових установ та організації і координації досліджень у галузі економічної, історичної, філософської, соціологічної і правової науки, зміцненню їх зв'язків із суспільною практикою, розвитку міжнародного наукового співробітництва.

За вагомі заслуги у розвитку юридичної науки і підготовку наукових кадрів у 1974 р.

Борису Мусійовичу було присвоєно почесне звання заслуженого діяча науки і техніки Української РСР. Цього ж року на Загальних зборах АН УРСР його було обрано директором Інституту держави і права, а академіка АН УРСР В.М. Корецького, який обіймав цю посаду, призначено почесним директором цієї установи.

Під керівництвом Б.М. Бабія в Інституті значно розширилися дослідження теоретичних, методологічних, конституційних та управлінських проблем, зміцнилися зв'язки з практикою державного будівництва. Як директор інституту він приділяв велику увагу визначенню найбільш актуальних напрямів наукових досліджень, розробленню комплексних програм і фундаментальних проблем юридичної науки, спрямовував зусилля колективу на створення важливих узагальнюючих праць, підвищення наукового рівня досліджень, популяризацію юридичних знань, а також на підготовку і впровадження в державно-правову практику



Конференція ООН з питань представництва держав щодо їх співпраці з міжнародними організаціями. Перший ряд зліва направо: представники делегації від Української РСР — В.П. Степанов, Б.М. Бабій, Ю.В. Богаєвський. Відень, Австрія, 4 лютого — 14 березня 1975 р.

конкретних пропозицій і рекомендацій. У його полі зору постійно перебували питання формування наукових кадрів, підвищення їх наукової кваліфікації та професійної майстерності, розширення світогляду. Він активно сприяв науковому зростанню багатьох відомих українських учених-правознавців.

У цей час значно поживалися творчі зв'язки із загальносоюзними дослідницькими установами, зокрема з Інститутом держави і права АН СРСР, Всесоюзним науково-дослідним інститутом радянського законодавства, Інститутом проблем боротьби зі злочинністю і розробки заходів її попередження, науковими установами союзних республік, вищими навчальними закладами України, Росії, Білорусі тощо, а також наукові контакти з дослідницькими юридичними установами Польщі, Німеччини, Угорщини, Румунії, Чехословаччини та інших країн.

Багато років Борис Мусяйович очолював Наукову раду АН УРСР «Закономірності розвитку держави, управління і права», яка здійснювала координацію наукових досліджень у галузі юриспруденції, розробляв пропозиції щодо найбільш ефективних методів дослідження та

надання науково-методичної допомоги юридичним установам, вишам і кафедрам. За його ініціативою широко застосовувалася практика підготовки колективних монографічних робіт, у яких брали участь фахівці багатьох наукових установ і навчальних закладів. Одну з таких колективних праць, підготовлену під науковим керівництвом Б.М. Бабія, — «История государства и права Украинской ССР» — 1981 р. було відзначено Державною премією Української РСР у галузі науки і техніки, а він разом з іншими авторами став лауреатом цієї премії.

Значним поповненням наукових праць з історії вітчизняної правової думки стала монографія Б.М. Бабія «Правовые исследования в Академии наук Украинской ССР 1919—1973», опублікована в 1974 р. і перевидана (зі значними змінами і доповненнями) у 1984 р. У ній ґрунтовно висвітлено історію наукових юридичних установ в Україні після жовтня 1917 р., проаналізовано процес академічних правових досліджень у республіці як органічної частини всієї радянської правової науки, а також основні результати діяльності українських правознавців.

Важливим напрямом діяльності Б.М. Бабія була також організація підготовки науково-

популярних видань з актуальних питань державно-правового будівництва та застосування чинного законодавства в Україні, академічних правових словників, а також юридичних довідників для масового читача.

Протягом багатьох років Борис Мусійович був членом Президії Комітету по державних преміях у галузі науки і техніки, головою секції суспільних наук цього комітету. Він брав безпосередню участь у створенні фундаментальних праць як член головної редколегії «Історії Української РСР», член редколегії другого видання Української радянської енциклопедії (УРЕ), член науково-консультативної ради при Комісії по підготовці до видання Зводу законів УРСР, головної редколегії «Зібрання діючих законів УРСР» у 24 томах, «Радянської енциклопедії історії України», головної редколегії багатотомного Зводу пам'яток історії і культури народів СРСР по Українській РСР, редколегії «Вісника АН УРСР», журналу «Радянське право» (зараз — «Право України») та ін.

Як член комісії Президії Верховної Ради і Ради Міністрів УРСР Б.М. Бабій брав участь у підготовці численних проектів законодавчих актів, зокрема: «Закону про вибори до Верховної Ради УРСР», «Закону про вибори до місцевих Рад народних депутатів», «Регламенту Верховної Ради УРСР», «Закону УРСР про повноваження обласних Рад народних депутатів УРСР». «Положення про роботу з наказами виборців» та ін. У 1978 р. він був членом робочої групи та Секретаріату Комісії по підготовці проекту Конституції УРСР.

Багато сил та енергії Борис Мусійович віддавав громадсько-політичній діяльності. Його неодноразово обирали депутатом Київської міської ради, на громадських засадах він сім років працював членом Юридичної комісії при Раді Міністрів УРСР, був обраний заступником голови правління Українського товариства охорони пам'яток історії і культури, членом республіканського Комітету захисту миру. Тривалий час Б.М. Бабій був членом Комісії УРСР у справах ЮНЕСКО і головою її Комітету з гуманітарних наук, членом Комісії



Борис Мусійович Бабій у робочому кабінеті. Лютий 1982 р.

по радянських традиціях, святах і обрядах при Раді Міністрів УРСР.

З 1963 р. Б.М. Бабій входив до складу виконкому Асоціації політичних наук при АН СРСР, брав участь у роботі низки всесвітніх конгресів Міжнародної асоціації політичних наук, був делегатом XIII Всесвітнього конгресу історичних наук. Він неодноразово виконував відповідальні доручення в галузі зовнішньополітичної діяльності, очолював делегації Української РСР на кількох конференціях ООН, делегацію УРСР на II Всесвітній конференції з боротьби проти расизму і расової дискримінації. Тривалий час Борис Мусійович гідно представляв Україну в Постійній палаті третейського суду в Гаазі.

Постановою Президії АН УРСР від 14 жовтня 1985 р. було затверджено рішення установчих зборів про створення Українського відділення Радянської асоціації політичних наук. Базовою науковою установою відділення став Інститут держави і права АН УРСР, а головою відділення — Б.М. Бабій, під керівництвом якого нове громадське об'єднання розпочало діяльність, спрямовану на сприяння розвиткові наукових досліджень політологічних проблем.

Плідна наукова і громадсько-політична діяльність Б.М. Бабія була відзначена орденами «Знак пошани», Жовтневої революції та багатьма медалями. Він автор близько 300 наукових праць, підготував цілу плеяду кандидатів і докторів наук, які з вдячністю і пошаною згадують свого вчителя.

У жовтні 1988 р. директором Інституту держави і права АН УРСР було обрано визначеного вченого-правознавця, члена-кореспондента АН УРСР Ю.С. Шемшученка (згодом — академіка НАН України), який очолює Інститут і дотепер. Б.М. Бабій склав свої повноваження директора Інституту і в останні роки своєї трудової діяльності був радником Президії АН України, членом спеціалізованої ради із захисту докторських дисертацій при Інституті держави і права ім. В.М. Корецького НАН України. Відповідно до Указу Президента України від 23 липня 1993 р. «Про Академію правових наук України», його було затверджено дійсним членом-засновником Академії правових наук України (з 23 лютого 2010 р. — Національна академія правових наук України).

Помер Б.М. Бабій 19 вересня 1993 р., похований у Києві на Байковому цвинтарі.

Науку, як відомо, творять і розвивають особистості, що гуртують навколо себе однодумців, формують наукові школи, пробуджують творчу думку, впливають на розвиток інтелекту людини, прославляють країну. Ця безперервна естафета знань, традиційна в науковому середовищі, тримається на плідному прирощенні ідей і подвижницькій праці науковців. Саме таким відомим правознавцем і організатором юридичної науки й був Б.М. Бабій.

Учений-енциклопедист, визнаний авторитет у правознавстві, в історично-правовій науці, високоосвічена інтелігентна людина, енергійний, принциповий і цілеспрямований, вимогливий до себе та своїх підлеглих керівник, він вписав вікопомну сторінку в історію вітчизняної юридичної науки в цілому й зокрема Інституту держави і права ім. В.М. Корецького НАН України, який у травні цього року відзначив своє 65-річчя.

Колеги та учні, що протягом багатьох років пліч-о-пліч працювали з Б.М. Бабієм, пам'ятатимуть його як скромну, чесну і порядну людину, самовідданого трудівника, творчого дослідника та подвижника академічної юридичної науки.



80-річчя академіка НАН України В.В. СКОРОХОДА

Видатний український учений-матеріалознавець, доктор технічних наук (1969), професор (1978), академік НАН України (1990), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1987), заслужений діяч науки і техніки України (1995) **Валерій Володимирович Скороход** народився 28 липня 1934 р. у м. Нікополі Дніпропетровської області. У 1956 р. закінчив Київський політехнічний інститут. Відтоді працює в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України; з 1966 р. — завідувач відділу, з 2002 р. — директор Інституту.

Наукові дослідження В.В. Скорохода присвячені проблемам матеріалознавства, фізики твердого тіла і розроблення нових матеріалів. Він створив теорію деформування гетерогенних та пористих тіл, яка ґрунтується на уявленні про середньоквадратичні напруги та швидкості деформування; запропонував моделі, що описують залежність фізичних властивостей (провідність, модулі пружності) гетерогенних тіл від структурних факторів.

Валерій Володимирович заснував новий науковий напрям — вивчення спікання як структуроутворювального процесу. У його роботах теоретично й експериментально доведено провідну роль дислокаційних і зернограничних процесів активованого спікання, дифузійного сплавлення металічних порошків, а також високотемпературної пластичності та надпластичності спечених дрібнокристалічних матеріалів. На основі цих досліджень сформульовано технологічні принципи керування структурою і механічними властивостями спечених матеріалів, що стали підґрунтям для розроблення нового класу композиційних матеріалів із дрібнокристалічною структурою.

За ініціативою В.В. Скорохода у НАН України було запроваджено цільові комплексні програми наукових досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» та «Фундаментальні проблеми водневої енергетики». Він є головним редактором міжнародного науково-технічного журналу «Порошкова металургія».



80-річчя члена-кореспондента НАН України Л.В. НОВИЦЬКОЇ-УСЕНКО

Член-кореспондент НАН України і НАМН України, доктор медичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України та Премії Уряду Російської Федерації **Людмила Василівна Новицька-Усенко** народилася 10 липня 1934 р. у м. Дніпродзержинську Дніпропетровської області. У 1958 р. після закінчення Дніпропетровського медичного інституту (нині — академії) стала першим і на той час єдиним штатним лікарем-анестезіологом у Дніпропетровську. З 1967 р. викладає у Дніпропетровській медичній академії. Упродовж 1973—2008 рр. очолювала кафедру анестезіології та реаніматології (нині — професор кафедри), з 1979 р. була проректором з наукової роботи, а в 1981—1996 рр. — ректором академії.

Наукові інтереси Л.В. Новицької-Усенко охоплюють фундаментальні проблеми анестезіології та реаніматології, насамперед вивчення патофізіологічних змін і розроблення методів захисту головного мозку від ішемічно-реперфузійного ушкодження, розвиток концепції системи еритроноутворення та еритронопатії, інтенсивна терапія крововтрати, еферентні методи детоксикації. Видатним досягненням став цикл клініко-експериментальних досліджень плазмозамінника з газотранспортною функцією на основі перфторвуглецевих сполук — перфторану.

Людмила Василівна приділяє велику увагу питанням серцево-легеневої та церебральної реанімації, порушень гемостазу за критичних станів, віковим аспектам адаптації до операційної травми й анестезії. Останніми роками вона досліджує розвиток когнітивних порушень у разі здійснення оперативних втручань та анестезіологічного забезпечення і розробляє методи їх фармакологічної корекції.

Л.В. Новицька-Усенко є автором понад 500 друкованих праць, науковим керівником 6 докторських і 50 кандидатських дисертацій, головою спеціалізованої вченої ради, членом редколегій провідних наукових журналів України і Росії. Вона входить до складу правління Української та Дніпропетровської обласної асоціацій анестезіологів.



60-річчя члена-кореспондента НАН України С.О. ДОВГОГО

Відомий український учений у галузі охорони навколишнього середовища, телекомунікацій, інформаційних технологій, аерокосмічних досліджень Землі, доктор фізико-математичних наук (1996), професор, член-кореспондент НАН України (1997), заслужений діяч науки і техніки України (2001) **Станіслав Олексійович Довгий** народився 23 липня 1954 р. в с. Ганно-Требинівка на Кіровоградщині. Після закінчення механіко-математичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (1976) працював в Інституті гідромеханіки НАН України, де пройшов шлях від лаборанта до завідувача відділу і досяг значних результатів у галузі розроблення та застосування нелінійних математичних методів у нестационарних і гідроаеродинамічних біонічних системах.

У різні роки С.О. Довгий був генеральним директором НВО «Топаз-Інформ», директором Українського інституту досліджень навколишнього середовища і ресурсів при РНБО України. Він очолював Державний комітет України з питань науки та інтелектуальної власності, Державний комітет зв'язку та інформатизації України, правління і спостережну раду ВАТ «Укр-телеком». Обіймав посаду міністра у справах науки і технологій, був депутатом Верховної Ради України IV–VI скликань. Нині Станіслав Олексійович — член Президії НАН України, президент Малої академії наук, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України.

Наукова діяльність С.О. Довгого спрямована передусім на створення нових форм організації, розроблення та виробництва електронно-обчислювальної техніки та засобів телекомунікації і мобільного зв'язку. Він активно працює над впровадженням телекомунікаційних засобів у народне господарство загалом і геоекологічну галузь зокрема. Численні роботи Станіслава Олексійовича присвячені дослідженню проблем екологічної та ядерної безпеки України, різних аспектів морської геології та інформаційно-космічного землезнавства.



60-річчя члена-кореспондента НАН України М.А. ЯКИМЧУКА

Доктор фізико-математичних наук (1998), професор, член-кореспондент НАН України (2000), дійсний член Української нафтогазової академії (1998), заслужений діяч науки і техніки України (2004) **Микола Андрійович Якимчук** народився 31 липня 1954 р. у с. Суйми Рівненської області. Закінчив геологічний (1976) та механіко-математичний (1983) факультети Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка, а також Міжнародний інститут менеджменту (1995), здобувши науковий ступінь магістра ділової адміністрації. Упродовж 1976–1979 рр. навчався в аспірантурі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, після чого до 1985 р. був молодшим науковим співробітником Інституту. У 1985–1986 рр. завідував петрофізичною лабораторією КДУ ім. Т.Г. Шевченка.

З 1986 р. — доцент, а від 1989 р. — завідувач кафедри геофізичних методів Київської філії Інституту підвищення кваліфікації Міністерства геології СРСР, з 1992 р. — проректор Державного інституту бізнесу, менеджменту та перепідготовки кадрів Держкомгеології України. У 1998 р. М.А. Якимчука обрано директором Інституту прикладних проблем екології, геофізики та геохімії. У 1999 р. його призначено директором Центру менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю Інституту геологічних наук НАН України.

М.А. Якимчук — відомий учений у галузі математичного оброблення геолого-геофізичних даних, геофізичних методів, комп'ютерних технологій, геоінформатики, нафтогазової геології. Він активно займається впровадженням нової парадигми геофізичних досліджень, що ґрунтується на нетрадиційних геоелектричних методах, є розробником методу прямих пошуків і розвідки вуглеводнів через встановлення зв'язку між атмосферною електрикою і геологічною будовою Землі. Микола Андрійович приділяє велику увагу різноманітним питанням фундаментальної та прикладної геологічної науки, управління науковим і навчальним процесом, сучасного менеджменту та маркетингу в галузі наук про Землю.



ПРО ПРЕМІЮ КАВЛІ І ГРАВІТАЦІЙНІ ХВИЛІ

29 травня 2014 р. Норвезька академія наук оголосила імена цьогорічних лауреатів премії Кавлі у трьох номінаціях: астрофізика (Алан Гут, Андрій Лінде, Олексій Старобинський), нанотехнології (Томас Еббесен, Штефан Хелл, Джон Пендрі), нейронауки (Бренда Мілнер, Джон О'Кіф, Маркус Райкле). Церемонія вручення премії відбудеться в Осло 9 вересня 2014 р. Найбільший резонанс у світовому науковому співтоваристві викликали роботи номінантів з астрофізики, присвячені теорії космічної інфляції.

Премію Кавлі (Kavli Prize), яку вручають за видатні досягнення в трьох номінаціях — з астрофізики, нанотехнологій і нейро-наук, — було засновано в 2007 р. Премію названо ім'ям її фундатора і спонсора, норвезького мультимільйонера і філантропа Фреда Кавлі (Fred Kavli). Співзасновники цієї престижної нагороди — Норвезька академія наук і Міністерство освіти і науки Норвегії.

За умовами премії, кандидатури претендентів пропонують професори та директори науково-дослідних інститутів, роботи самовисуванців не приймають до розгляду. Відбір переможців у кожній номінації покладено на спеціально створені комітети, до яких входять провідні фахівці у цій галузі, рекомендовані науковими академіями, зокрема Королівським товариством Великої Британії, Національною академією наук США, Французькою академією наук, Товариством Макса Планка, Китайською академією наук та іншими організаціями.

Починаючи з 2008 р. премію Фонду Фреда Кавлі вручають раз на два роки. Розмір грошової винагороди в кожній з номінацій становить 1 млн доларів США.

Премію Кавлі часто порівнюють з Нобелівською премією. Сам Фред Кавлі вважає, що нова премія не конкуруватиме з Нобелівською, а, навпаки, доповнюватиме її, охоплюючи вчених у тих напрямках науки, які не враховує найзнаменитіша премія у світі. Ф. Кавлі вважає, що рішення нового призового комітету будуть більш сміливими, ніж ті, які ухвалює Нобелівський комітет. Справді, Нобелівську премію останнім часом часто критикують за надмірну консервативність. Незважаючи



Лауреати з нейронаук: Бренда Мілнер, Джон О'Кіф, Маркус Райкле

на те, що сам Альфред Нобель висловлював намір заохочувати «вчених-мрійників», яким не вистачає грошей на наукові пошуки, премію найчастіше отримують літні професори за результатами багаторічних досліджень. Фред Кавлі сподівається, що його премія буде набагато «оперативнішою». У Статуті премії точну вікову межу не встановлено, однак ставку зроблено на молодих науковців. Критерій «корисності» наукового відкриття, на думку Ф. Кавлі, не має значення. Мільйонер прагне підтримувати переважно фундаментальні дослідження, які якщо і знайдуть своє практичне застосування, то не в найближчому майбутньому.

Отже, цьогорічну премію в галузі нейронаук здобули Бренда Мілнер (Brenda Milner) з Монреальського неврологічного інституту при Університеті Макгілла, Джон О'Кіф (John O'Keefe) з Університетського коледжу Лондона і Маркус Райкле (Marcus Raichle) з Вашингтонської медичної школи при Університеті Сент-Луїса за відкриття спеціалізованих мереж мозку, що відповідають за пам'ять і пізнання.

Бренда Мілнер працювала з пацієнтами, що зазнали тяжких травм головного мозку. Вона та її колеги виявили, що медіальні відділи скроневої частки потрібні для формування так званої епізодичної пам'яті. Джон О'Кіф показав, що гіпокамп містить нейрони, які кодують інформацію про конкретне розташування індивідууму в просторі. Маркус Райкле розробив методики візуалізації активності мозку.

Вважають, що роботи цих учених допоможуть зрозуміти, що саме порушується в мозку



Лауреати з нанотехнологій: Томас Еббесен, Штефан Хелл, Джон Пендрі

людини з втратою пам'яті чи слабоумством, а також сприятимуть істотному прогресу в профілактиці та лікуванні таких хвороб.

Академія оголосила також імена дослідників, які стали переможцями в галузі нанотехнологій. Це Томас Еббесен (Thomas Ebbesen) з Університету Луї Пастера (Страсбург), Штефан Хелл (Stefan Hell) з Інституту біофізичної хімії Товариства Макса Планка і Джон Пендрі (John Pendry) з Імперського коледжу в Лондоні. Їх нагороджено за проривний внесок у технології оптичної мікроскопії та оброблення зображень. Ці вчені зруйнували фундаментальність законів про обмеження роздільної здатності оптичних зображень та мікроскопії і експериментально довели, що світло може взаємодіяти з наноструктурами, розміри яких менші, ніж довжина світлової хвилі. Раніше вважалося, що не можна отримати й побачити зображення частинок, якщо їх розміри не перевищують 200 нм. Кожен із цьогорічних лауреатів у власний спосіб показав, що це можливо.

Експерименти Томаса Еббесена, які він здійснив у 90-х роках, кинули виклик загальноприйнятій теорії поширення світла крізь надмалі отвори, що уможливило появу нових методів підвищення ефективності, поліпшення оптичних властивостей фотонних пристроїв і чутливості оптичних датчиків. Штефан Хелл запропонував і втілює у життя нові принципи оптичної мікроскопії, заснованої на ефекті вимушеного гасіння флуоресценції, — STED-мікроскопії, яка дає змогу фіксувати об'єкти з розмірами, набагато меншими за довжину хвилі світла в оптичному діапазоні, наприклад



Лауреати з астрофізики: Алан Гут, Андрій Лінде, Олексій Старобинський

процеси в живих клітинах. Джон Пендрі розробив теорію, покладену в основу створення нових оптичних нанорозмірних матеріалів з безпрецедентними властивостями, такими як, наприклад, від'ємний показник заломлення, запропонував модель так званої ідеальної лінзи з використанням срібла, золота, міді. Він є також одним із творців знаменитої «шапки-невидимки». Його дослідження показали, що за допомогою метаматеріалів, які заломлюють світло неприродним чином, електромагнітні хвилі можна спрямувати навколо об'єкта так, що цей об'єкт залишатиметься невидимим для стороннього спостерігача. Принаймні, так виходить у теорії, на практиці ж сконструювати такий захист вкрай складно.

У галузі астрофізики премію присуджено трьом ученим — Алану Гуту (Alan Guth) з Массачусетського технологічного інституту, Андрію Лінде (Andrei Linde) зі Стенфордського університету та Олексію Старобинському з Інституту теоретичної фізики ім. Л.Д. Ландау РАН — за новаторські роботи з теорії космічної інфляції. Ця теорія спричинила справжню революцію в нашому уявленні про Всесвіт.

Теорія Великого вибуху ґрунтується на тому, що Всесвіт почав існувати внаслідок гігантського вибуху близько 14 млрд років тому. Однак стандартна модель гарячого Всесвіту не могла пояснити, чому він виявився плоским, однорідним та ізотропним. У 1981 р. ідею про інфляцію на ранній стадії Великого вибуху, коли за дуже малий проміжок часу розміри Всесвіту збільшилися приблизно на 50 порядків, першим запропонував Алан Гут. Цей про-

цес супроводжувався фазовим переходом, у результаті якого відбулося розділення сильної і електрослабкої взаємодій. Інфляційна гіпотеза дала змогу розв'язати проблему горизонту і проблему площинності, але, як зізнавався сам А. Гут, його модель призводила до значної нерівномірності розподілу речовини на великих масштабах. У 1982 р. Андрій Лінде запропонував більш досконалу модель інфляції, в якій уже не було неприйнятних нерівномірностей. Він продовжував будувати дедалі складніші моделі, поки не дійшов до ідеї хаотичної інфляції, яка й домінує в сучасних уявленнях у цій галузі. Олексій Старобинський у 1980 р. незалежно розвивав подібну гіпотезу ранньої фази експоненціального розширення Всесвіту, зумовленої ефектами квантової гравітації. Із його розв'язків випливав один дуже важливий прогноз: при розширенні Всесвіту завдяки вакуумним флуктуаціям гравітаційного поля мають народжуватися гравітаційні хвилі.

Для світової наукової спільноти присудження премії з астрофізики саме за теорію космічної інфляції не було несподіванкою. Річ у тому, що інфляційна модель Всесвіту й досі володіє думками теоретиків, оскільки її доказ буде довгоочікуваним практичним підтвердженням теорії Великого вибуху. Астрономи всього світу мріяли зафіксувати так звані первинні гравітаційні хвилі — відгомони Великого вибуху, які, як вважають, під час народження Всесвіту пронизали весь простір. Однак через їх надзвичайну слабкість безпосередньо зареєструвати гравітаційні хвилі досі не вдалося.

І ось 17 березня 2014 р. на прес-конференції, яка викликала небувалий ажітаж у науковому середовищі, було заявлено про отримання прямих доказів на користь інфляційної моделі Всесвіту. Група американських дослідників, яка працює над проектом BICEP2, стверджує, що їм вдалося зареєструвати небесний сигнал, який виник унаслідок надшвидкого розширення Всесвіту через частки секунди після Великого вибуху.

Відкриття було зроблено на телескопі BICEP (Background Imaging of Cosmic Extragalactic



VICEP2 (на передньому плані) і телескоп SPT (South Pole Telescope). Антарктида. Станція Амундсен—Скотт. Фото з сайту www.cfa.harvard.edu



Сюрприз! Дослідник групи VICEP2 Чаолінь Ко без попередження навідався до Андрія Лінде зі звісткою про підтвердження його теорії космічної інфляції (кадр з фільму) http://www.youtube.com/watch?v=ZlfIVEy_YOA#t=17

Polarization), встановленому на американській антарктичній станції Амундсен—Скотт на Південному полюсі, де є сприятливі умови для спостережень (тонкий шар дуже сухого повітря). Завдання телескопа полягає у вимірюванні поляризації мікрохвильового фону, параметра, в якому, як вважають, і «защиті» ледь уловимі відгомони Великого вибуху.

Слід зазначити, що раніше, вивчаючи поляризацію реліктового випромінювання, вчені бачили градієнтну Е-моду, яка виникає під час взаємодії реліктового випромінювання з плазмою, і ніяк не могли зафіксувати роторну В-моду, зумовлену гравітаційними ефектами,

яка власне і є ознакою інфляції Всесвіту і залежить від щільності гравітаційних хвиль. Цей параметр вважався надзвичайно складним для аналізу через його надмалу амплітуду — 0,1 мкК. Тепер саме такі сліди, тобто поляризацію магнітної В-моди випромінювання, виявили дослідники в експерименті VICEP2.

«Параметри виявленої В-моди завдяки її кіральності є унікальною ознакою існування гравітаційних хвиль. Це перше пряме зображення, яке вказує на гравітаційні хвилі, що з'явилися вже в ранньому Всесвіті», — упевнений Чаолінь Ко (Chao-Lin Kuo) зі Стенфордського університету, один із ключових дослідників групи VICEP2.

Як же вдалося надійно встановити результати за такої малої амплітуди? Річ у тому, що технічно високочутливі мікрохвильові приймачі VICEP2 постійно і дуже швидко вдосконалювалися. Після останнього апгрейду в 2012 р. вони дозволили виявити В-моду зі статистичною значущістю $7,7\sigma$, що вища навіть за ті 5σ , які супроводжували відкриття бозона Хігса.

Учені вивчили лише невеличку ділянку в крайньому південному секторі неба. І все-таки вже зараз результати помітно відрізняються від того, на що розраховували більшість космологів. Сигнал виявився приблизно вдвічі потужнішим. Саме тому колаборація витратила 3 роки на вивчення отриманих результатів, їх повторну перевірку і спробу пояснити надто велике значення впливом інших об'єктів. І тепер дослідники з упевненістю говорять про свій результат як про науковий факт. «Все це було схоже на пошук голки в копиці сіна. Однак замість голки ми знайшли справжній лом», — коментує дослідження Клем Прайк (Clem Pryke) з Університету Міннесоти.

Однак не все так просто. У середині травня цього року фізик-теоретик з ЦЕРН Адам Фальковскі (Adam Falkowski) у своєму блозі «Résonances» заявив, що дослідники з команди VICEP2 припустилися помилки в методології. В Інтернеті поповзли чутки, що вони насправді, можливо, і не знайшли доказів космічної інфляції. Було висловлено припущення, що карта, яку використовувала команда,

могла бути неправильно інтерпретована. Більше того, 30 травня дві незалежні групи дослідників опублікували препринти статей, у яких дійшли висновку, що команда WISER2 недооцінила впливу галактичного пилу. Поки що члени проекту WISER2 спростовують усі закиди на свою адресу і стверджують, що вони, як і раніше, впевнені в надійності своїх результатів.

Прояснити ситуацію деякою мірою зможуть нові дані астрономічного супутника «Планк». На жовтень 2014 р. заплановано презентацію результатів аналізу даних, зібраних під час місії «Планка», щодо поляризації мікрохвильового фону та уточненої карти галактичного пилу.

Гравітаційні хвилі ще 100 років тому передбачив Альберт Ейнштейн у знаменитій загальній теорії відносності. Отже, якщо це відкриття підтвердиться, ми матимемо ще один переконливий доказ теорії Ейнштейна. «Перед нами відкриваються нечувані перспективи в абсолютно новій галузі фізики», — вважає професор Джон Ковач (John Kovac), керівник групи WISER2. Аві Леб (Avi Loeb) з Гарвард-

ського університету зауважує: «Ці результати не просто явний прояв інфляції, вони також говорять нам, коли саме відбулася ця інфляція і наскільки потужним був цей процес». Останній момент дуже важливий, оскільки сучасні моделі інфляції прямо впливають на оцінку нинішнього розміру Всесвіту — прийнятий сьогодні діаметр у 90 млрд світлових років може бути переглянутий.

З огляду на ці події і поки що незважаючи на скептицизм окремих дослідників, у науковій спільноті поширюється думка, що лауреати цьогорічної премії Кавлі мають великі шанси найближчим часом бути номінованими на Нобелівську премію з фізики.

Джерела:

Сайт Фонду Кавлі

<http://www.kavlifoundation.org/>

Гарвард-Смітсонівський центр астрофізики

<http://www.cfa.harvard.edu/news/2014-05>

*Заступник головного редактора
журналу О.О. МЕЛЕЖИК*

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

- From the Conference Hall of Presidium of NAS of Ukraine (7 May 2014) 3
- From the Conference Hall of Presidium of NAS of Ukraine (21 May 2014) 9

SCIENTIFIC REPORTS

- Strizhak P.E.** Current Problems of Nanocatalysis (*by materials of scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine 21 May 2014*) 16

SCIENCE AND SOCIETY

- Palagin O.V.** Transdisciplinarity, Informatics and Development of Modern Civilization 25

ARTICLES AND REVIEWS

- Mokienko A.V.** Biofilms of Hospital Ecosystems: from Antagonism to Synergism 34
- Chekman I.S., Simonov P.V.** Giant Magnetoresistance: the Character of Phenomenon, the History of Discovery, an Implementation in Biology and Medicine 45
- Nagorny V.P., Denisyuk I.I.** Intensification of Underground Storage Construction within Rock Salt 54

SCIENTIFIC FORUMS

- Clean Coal Technologies are the Path to Energy Independence of Ukraine (*final workshop report "Demonstration, dissemination and deployment of clean coal*

- technologies and technologies of carbon capture and storage in Ukraine"*) 60

REGIONAL SCIENCE CENTRES

- Khutornoy A.M., Khutornoy S.A.** From Kalush to Odessa – Dniester-Long Ecology Problem 65

YOUNG SCIENTISTS

- Saprykina M.M.** Tap Water – New Threat to Human Health (*by materials of scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine 7 May 2014*) 70

PEOPLE OF SCIENCE

- Onyshchenko O.S., Shemshuchenko Yu.S., Nagrebely V.P.** Outstanding Ukrainian Jurist and Organizer of Academic Juridical Science (*to 100th anniversary of academician of NAS of Ukraine B.M. Babiy*) 76

CONGRATULATIONS

- 80th anniversary of academician of NAS of Ukraine V.V. Skorokhod 83
- 80th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine L.V. Novytska-Usenko 84
- 60th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine S.O. Dovgy 85
- 60th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine M.A. Yakymchuk 86

SCIENCE NEWS

- About Kavli Prize and Gravitational Waves 87