

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

10
2014

ЗМІСТ

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (10 вересня 2014 р.) 3

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

Кушнір Р.М. Моделювання та оптимізація в термомеханіці неоднорідних тіл (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 18 червня 2014 р.) 10

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

Резніков О.Г., Полумбрик О.М., Бальон Я.Г., Полумбрик М.О. Про- та антиоксидантна системи і патологічні процеси в організмі людини 17

Чекман І.С., Покровський В.О., Савченко Д.С. Оптичні властивості наноматеріалів 30

НАУКА І СУСПІЛЬСТВО

Онопрієнко В.І. Нобеліана Упсали (частина II. Лауреати Нобелівської премії миру) 42

НАУКОВІ НАПРЯМИ

Прокопенко В.А., Ковзун И.Г., Ульберг З.Р. Социдательный потенциал научного открытия 52

НАУКОВІ ФОРУМИ

Дорошенко А.М. Конструктивні і функціональні наноматеріали для медицини (засідання секції Наукової ради з нових матеріалів при МААН) 62

РЕЦЕНЗІЇ

Гамалія В.М., Черевичний Г.С. Крим в історії, культурі, етнопонаціональній та глобальній політиці (рецензія на книгу «Крим: шлях крізь віки. Історія у запитаннях і відповідях», К.: Інститут історії України, 2014) 67

ПОСТАТІ

Таньшина А.В. Незабываемое (к 60-летию научной деятельности академика НАН Украины В.Г. Барьяхтара) 75

ЛЮДИ НАУКИ

Карпіловська Є.А. Відданість мові та мовознавству (до 75-річчя члена-кореспондента НАН України Н.Ф. Клименко) 81

ВІТАЄМО

60-річчя академіка НАН України І.В. Кривцуна 86

80-річчя члена-кореспондента НАН України М.М. Сергієнка 87

70-річчя члена-кореспондента НАН України М.П. Куліша 88

70-річчя члена-кореспондента НАН України Ю.А. Дрозда 89

70-річчя члена-кореспондента НАН України В.О. Кочелапа 90

60-річчя члена-кореспондента НАН України С.І. Ляшка 91

60-річчя члена-кореспондента НАН України А.П. Загнітка 92

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

- *Про організацію участі НАН України у відновленні інфраструктури та відбудові виробничої сфери Донбасу (доповідач — академік НАН України Б.Є. Патон)*
- *Діагностування вібраційного стану, термоміцності та ресурсу енергетичних агрегатів (доповідач — доктор технічних наук М.Г. Шульженко)*
- *Про освітню профконсультаційну мережу (доповідач — кандидат філософських наук Є.О. Лановенко)*
- *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 10 вересня 2014 року

На засіданні Президії НАН України 10 вересня 2014 р. члени Президії НАН України та запрошені заслухали доповідь президента НАН України академіка НАН України **Бориса Євгеновича Патона** на тему «**Про організацію участі НАН України у відновленні інфраструктури та відбудові виробничої сфери Донбасу**».

У доповіді було підкреслено необхідність уже сьогодні визначити, що Академія може і повинна зробити для відновлення і розвитку Донецького регіону. Питання відбудови Донбасу рано чи пізно набудуть першорядної значущості, і Національна академія наук як вища наукова організація країни має своєчасно до цього підготуватися. Насамперед потрібно забезпечити якомога ширше залучення розробок академічних установ до відновлення зруйнованої інфраструктури Донбасу. Йдеться про мости, трубо- і шляхопроводи, системи електро-, тепло- і водопостачання тощо, тобто про все те, без чого неможлива нормальна робота лікарень, шкіл, дитячих садків і в цілому життєдіяльність населення. Тому необхідно в стислі строки провести інвентаризацію всіх розробок інститутів Академії, які можуть реально і ефективно допомогти в цій справі. Зокрема, це стосується чималого доробку за академічною програмою «Ресурс», низки розробок у галузі енергетики, напрацювань київських і одеських хіміків з проблем забезпечення населення питною водою.

Не менш важливою в подальшій перспективі є відбудова виробничої сфери Донбасу. І ця відбудова має здійснюватися переважно, а можливо, навіть і виключно, на сучасній високотехнологічній основі. Відновлення здебільшого сировинної, ресурсо- та енергозатратної економіки Донбасу стане марним витрачанням величезних коштів. Це є неприпустимим. Тому вкрай необхідно чітко і науково обґрунтовано визначити основні напрями саме високотехнологічної відбудови Донбасу,



Виступ академіка НАН України Бориса Євгеновича Патона

запропонувати ефективні механізми, державні важелі та економічні стимули для залучення необхідних інвестицій з боку приватного капіталу.

Для вирішення цього завдання потрібно залучити передусім Відділення економіки НАН України. Крім того, усі відділення першої та другої секцій Академії мають ретельно розглянути і запропонувати власні розробки, які б могли стати реальною основою або вагомою складовою організації на Донбасі сучасних високотехнологічних і наукомістких виробництв.

У доповіді було зазначено, що Мінсоцполітики України вже підготувало проект Програми створення робочих місць для стабілізації ситуації із зайнятістю в Донецькій та Луганській областях на період до 2017 року. Цей проект презентовано як такий, що орієнтується саме на перезавантаження економіки Донбасу за допомогою організації високотехнологічних виробництв. Крім того, Уряд України готує зараз Програму відновлення Донбасу, і нещодавно було створено відповідне державне агентство.

Досить складна ситуація спостерігається у зв'язку з установами НАН України, розташованими на території Донбасу. Таких установ налічується одинадцять — дві в Луганській області та дев'ять у Донецькій. Їх співробітники з липня не отримують заробітну плату через блокування там роботи Держказначейства України. Чотири установи вже змінили юри-

дичну адресу на київську або львівську, і після завершення державної реєстрації їхніх статутів з'явиться можливість виплати зарплат. Гостро стоїть також питання забезпечення частини співробітників цих установ тимчасовим житлом у Києві.

Потребує відновлення й наукова інфраструктура Академії в Донецькому регіоні. Пошкоджено приміщення Донецького фізико-технічного інституту ім. О.О. Галкіна, Інституту прикладної математики і механіки, Українського державного науково-дослідного і проектно-конструкторського інституту гірничої геології, геомеханіки і маркшейдерської справи. Складна ситуація склалася в заповідниках — на частині їх територій відбуваються бойові дії, що унеможлиблює належну охорону заповідних територій. Як наслідок, центральну садибу Луганського природного заповідника було пограбовано.

В обговоренні доповіді взяли участь академік-секретар Відділення механіки НАН України, директор Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України академік НАН України А.Ф. Булат, академік-секретар Відділення економіки НАН України, директор Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України академік НАН України Е.М. Лібанова, віце-президент НАН України академік НАН України А.Г. Наумовець, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору член-кореспондент НАН України С.О. Довгий, президент Національної академії педагогічних наук України академік НАН України В.Г. Кремень, член Президії НАН України академік НАН України В.П. Горбулін, радник Президії НАН України академік НАН України Ю.І. Кундієв, радник Президії НАН України академік НАН України В.Г. Бар'яхтар.

У виступах ішлося про важливість використання потенціалу Академії для відновлення інфраструктури Донбасу, в тому числі й наукової, а також про необхідність економічного обґрунтування та науково-технічного супроводу в процесі відбудови виробничої сфери регіону. Було висловлено думку про доціль-

ність створення в Академії спеціальної робочої групи з питань відбудови Донбасу на чолі з віце-президентом академіком А.Г. Наумовцем. Ця робоча група могла б, зокрема, вирішувати питання, пов'язані з участю НАН України у відповідних урядових програмах, здійснювати оперативні зв'язки з міністерствами та новоствореним Державним агентством з питань відновлення Донбасу, місцевими органами влади.

У підсумку Президія НАН України ухвалила проект постанови з цього питання.

* * *

Далі Президія НАН України заслухала наукову доповідь завідувача відділу Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України доктора технічних наук **Миколи Григоровича Шульженка «Діагностування вібраційного стану, термоміцності та ресурсу енергетичних агрегатів»**, у якій було порушено важливі проблеми, пов'язані з діагностуванням поточного стану та визначенням залишкового ресурсу енергетичних агрегатів.

На сьогодні понад 70% паротурбінних агрегатів електростанцій України вже відпрацювали не лише розрахунковий, а й подовжений ресурс, тому їх подальша експлуатація призводить до зростання ризику аварій. Крім того, нині оперативне оцінювання технічного стану і безпеки експлуатації агрегатів на електростанціях здійснюють переважно з використанням методів та штатного віброметричного обладнання, які вже не відповідають сучасним вимогам і потребам енергетичної галузі. Тому особливої актуальності набувають розробки з подовження терміну безпечної експлуатації працюючих турбоагрегатів і подальший розвиток досліджень у зазначеному напрямі.

В Інституті проблем машинобудування (ІПМаш) ім. А.М. Підгорного НАН України на основі отриманих фундаментальних наукових результатів створено автоматизовані системи діагностування вібраційного стану турбоагрегатів та системи їх захисту за умов підвищеної вібрації, які було впроваджено на кількох енергоблоках великої потужності. Вони забез-



Виступ доктора технічних наук М.Г. Шульженка

печують автоматизоване виявлення несправностей агрегатів і за своїми функціональними можливостями та технічними характеристиками відповідають чинним в Україні вимогам з експлуатації електростанцій, а також міжнародним стандартам.

З метою оперативного забезпечення оцінювання ресурсу працюючих паротурбінних агрегатів фахівці ІПМаш ім. А.М. Підгорного НАН України на замовлення Міненерговугілля України на основі результатів досліджень з термоміцності та тріщиностійкості високотемпературних елементів розробили методичні вказівки з визначення розрахункового ресурсу та оцінювання живучості роторів і корпусних деталей турбін, затверджені наказом Міненерговугілля України від 07.07.2011 № 263 й чинні з 05.10.2011. Використання на практиці зазначених вказівок дало змогу прийняти обґрунтовані рішення про технічний стан, умови і терміни подовження надійної і безпечної експлуатації турбогенераторів потужністю 300 МВт Запорізької ТЕС, Зміївської ТЕС, Харківської ТЕЦ-5 та Київської ТЕЦ-5.

У співпраці з підприємствами теплоенергетичної галузі вперше в Україні створено експериментально-розрахункову систему оперативного автоматизованого діагностування термонапруженого стану та оцінки спрацювання ресурсу (лічильник ресурсу) ротора високого тиску турбіни Т-250/300 на основі використання експериментальних параметрів тепло-



Виступ кандидата філософських наук
Є.О. Лановенка

механічного стану, що визначаються за допомогою автоматичної системи управління технологічними процесами (АСУ ТП). Система, впроваджена на Харківській ТЕЦ-5, дозволяє виявити небезпечні режими спрацювання ресурсу, оптимізувати роботу турбіни в режимах запуску і зупинки, а також у перехідних режимах, що забезпечує економію палива та підвищує надійність роботи ТЕЦ. Досвід експлуатації таких систем засвідчує доцільність їх широкого застосування і подальшого вдосконалення.

Спільно з фахівцями ВАТ «Турбоатом» розроблено розрахункові методи діагностування міцності та виявлення пошкоджень високотемпературних вузлів парових турбін та іншого обладнання, що використовується при проектуванні та модернізації енергетичних агрегатів для підвищення їх надійності і ресурсу.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, начальник служби науково-технічних розробок і діагностики енергетичного обладнання філії «Енергоналадка» ПАТ «Київенерго» С.М. Вдовенко, директор Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України член-кореспондент НАН України В.В. Харченко, завідувач відділу Інституту технічної теплофізики НАН України академік НАН України А.А. Халатов, заступник директора Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України академік НАН України З.Т. Назарчук.

У виступах було відзначено важливість обговорюваної проблеми, вирішенню якої вчені Академії приділяють першочергову увагу. Зазначалося, що апаратні засоби та системи діагностування енергетичних агрегатів, встановлені на Харківській ТЕЦ-5 та Трипільській ТЕС, пройшли належну апробацію й нині потребують налагодження промислового виробництва з метою широкого використання. Однак ці питання необхідно вирішувати у тісній співпраці з Міністерством енергетики та теплоенергетики України та зацікавленими енергетичними компаніями. З огляду на значущість і комплексний характер питання, а також для подальшого розвитку досліджень зі створення методів і систем діагностування енергетичних агрегатів та їх широкого впровадження в енергетичну галузь України було підкреслено доцільність залучення до виконання робіт із цього напрямку установ різних відділень НАН України, насамперед відділень фізико-технічних проблем енергетики та фізико-технічних проблем матеріалознавства.

* * *

Потім Президія НАН України заслухала доповідь наукового керівника групи розробників проекту «**Освітня профконсультаційна мережа**» кандидата філософських наук **Євгена Олеговича Лановенка** про реформування системи освіти та працевлаштування молоді. Основні положення проекту спрямовані на допомогу молоді шкільного віку в розв'язанні надважливого завдання правильного професійного самовизначення. В умовах сьогодення певна частина випускників середніх загальноосвітніх шкіл поспіхом, подекуди помилково, обирає напрям навчання у вищому навчальному закладі під впливом соціальної привабливості окремих, часто кон'юнктурних, професій. Це призводить до дисбалансу на ринку праці, внаслідок чого випускники вищих навчальних закладів у подальшому працевлаштовуються не за фахом або змушені змінювати профіль навчання у вищій школі. Частина випускників узагалі залишається незатребуваною на ринку праці.

У результаті реалізації основних етапів проекту планується впровадити у середніх загальноосвітніх школах комп'ютеризовану систему профілізації та профорієнтації школярів, забезпечити їм можливість вмотивованого обрання майбутньої професії, а державі — завчасний моніторинг професійних уподобань школярів та їх планів щодо обрання майбутньої професії як важливий елемент розбудови сучасного збалансованого ринку праці в Україні.

В обговоренні питання взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, академік-секретар Відділення фізики і астрономії НАН України академік НАН України В.М. Локтев, академік-секретар Відділення економіки НАН України, директор Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України академік НАН України Е.М. Лібанова, президент Національної академії педагогічних наук України академік НАН України В.Г. Кремень, ректор Київського національного університету імені Тараса Шевченка академік НАН України Л.В. Губерський, академік-секретар Відділення історії, філософії та права НАН України академік НАН України О.С. Онищенко, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України член-кореспондент НАН України С.О. Довгий.

У виступах було наголошено на соціальній важливості обговорюваної проблеми, проте висловлено думку, що з огляду на зміст проекту його авторам доцільно спочатку отримати експертні оцінки від Національної академії педагогічних наук України, Інституту інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, Національного центру «Мала академія наук України», а далі з урахуванням таких оцінок доопрацювати проект і запропонувати остаточний продукт для його впровадження, зокрема, у середніх загальноосвітніх школах.

* * *

Присутні заслухали також інформацію про доручення Прем'єр-міністра України А.П. Яценюка стосовно визначення організаційно-правового статусу Національної академії наук і

національних галузевих академій наук України; про організаційне забезпечення підготовки змін та доповнень до Статуту НАН України; про забезпечення роботи ліквідаційної комісії Державної наукової установи «Центр світової економіки та міжнародних відносин Національної академії наук України».

Президія НАН України ухвалила постанову про увільнення академіка НААН України В.Ф. Петриченка від виконання обов'язків члена Президії НАН України і призначення виконуючим обов'язки члена Президії НАН України президента Національної академії аграрних наук України академіка НААН України Гадзала Ярослава Михайловича; про проведення в листопаді 2014 р. ювілейного засідання Загальних зборів Відділення механіки НАН України, присвяченого 100-річчю від дня народження видатного вченого в галузі механіки, Героя Соціалістичної Праці, лауреата Ленінської та державних премій СРСР, заслуженого діяча науки і техніки України, колишнього генерального конструктора Запорізького машинобудівного конструкторського бюро «Прогрес» академіка Володимира Олексійовича Лотарева.

* * *

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

Затверджено:

- доктора фізико-математичних наук **Єршова Сергія Володимировича** на посаді завідувача відділу методів та технологічних засобів побудови інтелектуальних програмних систем Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України;
- доктора технічних наук **Вороб'я Сергія Олександровича** на посаді завідувача відділу процесів та машин обробки металів тиском Інституту чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАН України.

Відзнакою НАН України «За наукові досягнення» нагороджено:

- провідного наукового співробітника Інституту регіональних досліджень НАН України доктора економічних наук, професора **Вовканича Степана Йосиповича** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі економіки.

Відзнакою НАН України «За підготовку наукової зміни» нагороджено:

- завідувача відділу Інституту геологічних наук НАН України доктора технічних наук, професора **Демчишина Михайла Гордійовича** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю, вагомий особистий внесок у розвиток інженерно-геологічних досліджень та підготовку висококваліфікованих наукових кадрів — фахівців у галузі геології;
- провідного наукового співробітника Інституту регіональних досліджень НАН України доктора економічних наук, професора **Козоріз Марію Андріївну** за багатолітню плідну працю, вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі економіки та підготовку висококваліфікованих наукових кадрів;
- начальника відділу Харківської філії Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» Держатомрегулювання України та НАН України доктора технічних наук, професора **Ястребенецького Михайла Онисимовича** за багаторічну плідну наукову і науково-організаційну працю, вагомий особистий внесок у розроблення і впровадження керуючих систем для забезпечення ядерної і радіаційної безпеки атомних електростанцій та підготовку висококваліфікованих наукових кадрів у галузі автоматизації процесів керування.

Відзнакою НАН України «За професійні здобутки» нагороджено:

- завідувача лабораторії Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України доктора фізикоматематичних наук, професора **Засимчук Олену Емілівну** за багатолітню плідну наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомий професійний здобутки у розвитку досліджень фізики деформаційних процесів;
- старшого наукового співробітника Інституту електродинаміки НАН України кандидата технічних наук **Оноприча Володимира Петровича** за багатолітню наукову працю та вагомий професійний здобутки у галузі проектування електричних машин малої потужності;
- завідувача відділу Інституту народознавства НАН України доктора історичних наук **Тараса Ярослава Миколайовича** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю та вагомий професійний досягнення у галузі народознавства;
- начальника Відділу науково-правового забезпечення діяльності НАН України кандидата юридичних наук **Черновську Світлану Миколаївну** за багатолітню плідну високопрофесійну працю та вагомий особистий внесок у правову підтримку діяльності установ НАН України та їх працівників;

- провідного спеціаліста Секретаріату Президії НАН України **Вороніну Валентину Дмитрівну** за багатолітню сумлінну працю, відповідальне ставлення до виконання посадових обов'язків та вагомий здобутки у професійній діяльності.

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

- завідувача відділу Служби інформаційно-аналітичного забезпечення Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського **Вітушка Антона Володимировича** за плідну працю та творчий підхід до вирішення завдань інформаційно-аналітичного забезпечення діяльності установи.

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

- завідувача відділу Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Тарапова Сергія Івановича** за багатолітню плідну наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомий творчі здобутки у галузі експериментальної радіоспектроскопії;
- завідувача відділу Інституту геологічних наук НАН України доктора геологічних наук **Ковальчука Мирона Степановича** за багатолітню плідну наукову, науково-організаційну і педагогічну працю та вагомий особистий внесок у розвиток літологічних досліджень;
- консультанта відокремленого підрозділу «Бюро аналітичних досліджень безпеки АЕС» Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» Держатомрегулювання України та НАН України **Двоєглазова Олександра Михайловича** за багатолітню високопрофесійну працю та вагомий особистий внесок у проведення державних експертиз і науково-технічних досліджень у галузі безпеки поводження з ядерними матеріалами;
- заступника начальника відділу Державного підприємства «Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки» Держатомрегулювання України та НАН України кандидата технічних наук **Ковбасенка Юрія Петровича** за багатолітню плідну працю та вагомий особистий внесок у розвиток досліджень з регулювання радіаційної безпеки у сфері використання ядерної енергії;
- старшого наукового співробітника Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського кандидата історичних наук **Бондар Наталію Петрівну** за багатолітню сумлінну наукову працю та особистий внесок у розвиток справи бібліотечно-інформаційного забезпечення науки, культури і освіти;

- завідувача відділу Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського доктора наук із соціальних комунікацій **Лобузину Катерину Вілентіївну** за багатолітню плідну наукову і науково-організаційну працю та вагомий особистий внесок у розробку і впровадження новітніх бібліотечно-інформаційних технологій;
- завідувача відділу Інституту народознавства НАН України доктора філологічних наук, професора **Сокола Василя Васильовича** за багатолітню плідну працю вченого і педагога та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень українського фольклору.

Подякою НАН України відзначено:

- наукового співробітника Берлінського центру матеріалів та енергії імені Гельмгольца (*Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie*) доктора **Нелю Вандерку (Nelia Wanderka)** за вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі фізики аморфних металів і реакторних матеріалів та зміцнення плідної співпраці з творчими колективами Національної академії наук України.

*За матеріалами засідання
підготувала О.О. МЕЛЕЖИК*

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



КУШНІР

Роман Михайлович – член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, директор Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ В ТЕРМОМЕХАНІЦІ НЕОДНОРІДНИХ ТІЛ

**За матеріалами наукової доповіді
на засіданні Президії НАН України
18 червня 2014 року**

Висвітлено результати теоретичних і прикладних досліджень з термомеханіки неоднорідних тіл, отримані впродовж останніх двох десятиліть науковцями Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України. Значну увагу приділено їх практичному використанню, опублікуванню в наукових журналах і монографіях та презентації на міжнародних конференціях.

Ключові слова: термомеханіка, взаємозв'язані процеси різної фізичної природи, структурно неоднорідні тіла.

Вступ

Інтенсивний розвиток досліджень у галузі термомеханіки твердих деформівних тіл наприкінці 50-х років минулого століття в Україні, як і в усьому світі, був спричинений, передусім, нагальними потребами промисловості, зокрема теплоенергетики, літако- і ракетобудування, електроніки та ін., оскільки створювані нові прилади й елементи конструкцій у процесі їх виготовлення і функціонування зазнавали дії значних теплових та електромагнітних навантажень. Основні здобутки в цій науковій галузі в Україні пов'язані насамперед з фундаментальними і прикладними результатами представників наукових шкіл академіків АН України Анатолія Дмитровича Коваленка з Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка АН УРСР і Ярослава Степановича Підстригача, який починав такі дослідження у Львові спочатку у Фізико-механічному інституті АН УРСР, а потім продовжив у вже створеному ним Інституті прикладних проблем механіки і математики НАН України, який зараз но-

силь його ім'я. Ці два видатні українські вчені-механіки разом із академіком Польської академії наук Вітольдом Новацьким сформували основну теоретичну базу для проведення широких досліджень з механіки взаємозв'язаних процесів різної природи [1–6].

Далі основну увагу зосередимо на доробку представників наукової школи академіка Я.С. Підстригача. У 60–90-х роках минулого століття ним, разом зі своїми учнями й колегами, зокрема докторами наук, професорами Я.Й. Бураком і Г.С. Кітом (згодом членами-кореспондентами НАН України), В.М. Вігаком, Ю.М. Коляном, Б.Л. Пелехом і Г.В. Пляцком, було видано основні монографії з термомеханіки неоднорідних тіл, запроваджено у народногосподарську практику низку прикладних розробок для різних підприємств приладо- і машинобудування, про вагомість яких свідчить присудження їм у складі авторських колективів двох Державних премій України в галузі науки і техніки у 1975 і 1981 рр., двох премій імені М.М. Крилова НАН України у 1978 і 1999 рр. та двох премій імені О.М. Динника у 1987 і 1991 рр. І, найголовніше, вони змогли відшукати десятки здібних молодих людей і передати їм свої наукові знання та прагнення наполегливо працювати для отримання нових сучасних результатів у науці. Нині наукова школа академіка Я.С. Підстригача продовжує активно працювати: лише в Інституті та його Центрі математичного моделювання за цим науковим напрямом її представляють 15 докторів і близько 40 кандидатів наук.

Розвиток фундаментальних досліджень з термомеханіки неоднорідних тіл у науковій школі Я.С. Підстригача

Сформовані нашими вчителями основні напрями досліджень дозволили впродовж останніх двох десятиріч отримати низку вагомих теоретичних і прикладних результатів у термомеханіці неоднорідних електропровідних тіл [7], зокрема з математичного і термодинамічного моделювання взаємозв'язаних процесів різної природи в структурно неоднорідних тілах —



Академік Я.С. Підстригач (у центрі) з учнями і колегами (зліва направо): Я.Й. Бураком, Ю.М. Коляном, Г.В. Пляцком та Б.Л. Пелехом. 1979 р.

нового наукового напрямку фундаментальних досліджень. Серед них слід виокремити такі:

- запропоновано варіант теорії механотермоелектродифузії для тіл, здатних до намагнічування та поляризації за дії зовнішнього електромагнітного поля;
- здійснено постановки нових лінійних і нелінійних контактних-крайових задач теплопереносу та термопружності для опромінюваних шаруватих пластин за різних комбінацій радіаційних властивостей складників і розроблено методику їх розв'язування;
- розроблено й апробовано низку аналітично-чисельних методик визначення температурних полів та оригінальний варіант методу збурень для знаходження спричиненого ними квазістатичного напружено-деформованого стану термочутливих тіл, які перебувають в умовах складного теплообміну з довкіллям за дії силових навантажень;
- створено ефективний метод визначення нестационарних температурних полів і спричинених ними термонапружень у неоднорідних і термочутливих елементах конструкцій канонічної форми за неповної інформації про теплове навантаження внаслідок наявних технологічних обмежень, який ґрунтується на формулюванні оберненої задачі термопружності;
- сформульовано і, зведенням до обернених задач термомеханіки, розв'язано одно- та двовимірні задачі оптимального за швидкістю

керування нагріванням термочутливих тіл за обмежень на функцію керування (температура гріючого середовища, тепловий потік на поверхні тіла) та максимальне значення інтенсивності дотичних напружень або накопиченої пластичної деформації.

У розвинутих під керівництвом д-ра фіз.-мат. наук, проф. О.Р. Гачкевича варіантах термомеханіки багатокомпонентних тіл низької електропровідності та механотермодифузії в частково прозорих тілах об'єктом дослідження є неметалічні тверді тіла з домішками (зокрема, газовими). Це тверді суміші з двох або більшого числа компонент, які характеризуються поляризацією компонент і низькою провідністю ($\sigma < 10^2$ См/м). Такі тіла низької електропровідності (ТНЕ) можуть перебувати за дії механічних, теплових, дифузійних і електромагнітних навантажень (зокрема, квазіусталеного електромагнітного випромінювання від радіо- ($< 10^{11}$ Гц) до світлових ($10^{11} - 10^{15}$ Гц) частот). Вивчаються електромагнітні, теплові, механічні, дифузійні процеси, які описуються відповідними параметрами: характеристиками електромагнітного випромінювання і напруженого стану, температурою та концентраціями компонент. Запропоновані теорії можуть бути застосовані для розрахунку режимів оброблення тіл низької електропровідності високочастотним, надвисокочастотним, тепловим і лазерним електромагнітним випромінюванням, зокрема, з метою інтенсифікації дифузійних процесів (при дегазації, сушінні, очищенні від домішок, нанесенні зміцнювальних покриттів, легуванні тощо).

У рамках запропонованих варіантів теорій д-р фіз.-мат. наук Р.Ф. Терлецький разом з учнями отримав розв'язки нових практично важливих задач механотермодифузії для шару з газовими домішками. Зокрема, за однобічного його опромінення надвисокочастотною ТЕМ-хвилею (плоскою поперечною електромагнітною хвилею) одержано:

- вигляд розподілів тепловиділень, температури й напружень у шарі та їх рівнів залежно від співвідношення між довжиною електромагнітної хвилі та товщиною шару;

- залежність швидкості дифузії газових домішок від їх поляризаційних характеристик та параметрів ТЕМ-хвилі;

- глибинний характер стимуляції дифузії газових домішок у шарі (зокрема, води в околах обох основ шару);

- зростання максимальних рівнів розтягвальних напружень у шарі зі зменшенням довжини хвилі НВЧ-опромінення.

Запропонована математична модель термомеханічної поведінки термочутливого тіла враховує залежність теплофізичних (коефіцієнтів теплопровідності та об'ємної теплоємності) і механічних (модуля Юнга, коефіцієнтів Пуассона і коефіцієнта температурного розширення) характеристик матеріалу від температури. У цьому випадку як рівняння теплопровідності, так і граничні умови на поверхні, що обмежує тіло, які моделюють складний (конвективно-променевий) теплообмін із середовищами з високими чи низькими температурами, є суттєво нелінійними. У свою чергу, фізичні співвідношення Дюгамеля — Неймана та система розв'язувальних диференціальних рівнянь руху термочутливого тіла в переміщеннях мають змінні коефіцієнти. Усе це зумовлює необхідність розроблення ефективних методик визначення температурних полів. Під керівництвом д-ра техн. наук, проф. В.С. Поповича розроблено й апробовано низку аналітично-чисельних методик — поетапної лінеаризації, лінеаризуючих параметрів, сплайн-апроксимацій та послідовних наближень. Для знаходження спричиненого ними квазістатичного напружено-деформованого стану такого термочутливого тіла запропоновано, зокрема, оригінальний варіант методу збурень.

Дослідження термомеханічної поведінки багатьох елементів і вузлів сучасного енергетичного обладнання (трубопроводів теплових і атомних електростанцій), авіаційних та ракетних двигунів, технологічного устаткування, різних трибосистем за реальних умов їх роботи та натурних випробовувань суттєво ускладнюється внаслідок відсутності повної інформації про їх теплове навантаження через неможливість безпосереднього доступу до частини граничної

поверхні. Оснащення елементів і вузлів додатковими давачами, розташованими всередині, є, як правило, неможливим або небажаним з огляду на технологічні, конструктивні чи методичні причини (порушення цілісності та властивостей матеріалу, спотворення реальних температур і напружень, труднощі із забезпеченням надійного їх контакту всередині матеріалу).

Задачі такого типу недоозначені, і здебільшого єдино можливим підходом до їх розв'язання є використання моделей і методів обернених задач (або неklasичних крайових задач), які можна сформулювати на основі додаткової інформації про поведінку деяких параметрів процесу на доступній для проведення експериментальних вимірювань частині граничної поверхні. Зокрема, якщо для двохшарового порожнистого циліндра відоме його зовнішнє теплове навантаження (наприклад, температури нагріву граничних поверхонь $t_1(\tau)$, $t_2(\tau)$), то знаходження його теплового і термонапруженого станів зводиться до розв'язування відповідної прямої задачі термопружності. Якщо через певні причини теплове навантаження на одній із граничних поверхонь невідоме, наприклад температура внутрішньої граничної поверхні $t_1(\tau)$, то вихідна задача термопружності є недоозначеною і для її розв'язання потрібно використати додаткову інформацію на доступній для проведення відповідних вимірювань частині граничної поверхні, скажімо, про поведінку в часі радіальних переміщень зовнішньої граничної поверхні циліндра. Тоді, з урахуванням зв'язності полів температури та переміщень, задачу визначення цієї невідомої температури $t_1(\tau)$ можна звести до оберненої задачі термопружності, яка описується інтегральним рівнянням Вольгерри першого роду. Такий, розроблений д-ром фіз.-мат. наук А.В. Ясінським, підхід, як показують експериментальні дослідження, дає змогу істотно підвищити ефективність розв'язання сформульованих задач цього класу.

Актуальною як з погляду застосувань, так і в теоретичному плані є також проблема розроблення методів побудови розв'язків суміжного класу обернених задач термомеханіки — опти-

мального за швидкодією керування нестационарними температурними режимами тіла за обмежень на функцію керування (температуру гріючого середовища, тепловий потік) та параметри теплового і термонапруженого станів. У зв'язку з цим у межах теорії неізотермічних пружно-пластичних процесів деформування елементів тіла за траєкторіями малої кривини, розробленої в працях академіка НАН України Ю.М. Шевченка та його учнів, сформульовано і, шляхом зведення до обернених задач термомеханіки, д-ром фіз.-мат. наук А.В. Ясінським розв'язано одно- та двовимірні задачі оптимального за швидкодією керування нагріванням термочутливих твердих тіл за обмежень на функцію керування і максимальне значення інтенсивності дотичних напружень або накопиченої пластичної деформації зсуву. Для побудови розв'язку сформульованих задач оптимізації розвинуто (на випадок пружно-пластичного деформування тіла) запропонований Я.С. Підстригачем та його учнем, професором В.М. Вігаком підхід, згідно з яким оптимальне за швидкодією керування приймається таким, що дорівнює гранично допустимому обмеженню або забезпечує рівність обмежуваного параметра його гранично допустимій величині. Внаслідок цього вихідна задача оптимізації зводиться до розв'язання послідовності прямих і обернених задач термопластичності. Зауважимо, що розв'язки таких задач є важливими щодо мінімізації енергетичних затрат технологічних процесів, пов'язаних з термічним обробленням елементів конструкцій, зокрема в металургійній та машинобудівній галузях промисловості, а також оптимізації перехідних режимів експлуатації відповідальних деталей і вузлів теплоенергообладнання.

Практичне використання результатів досліджень

Розглянутий напрям досліджень досить повно відображувався у науково-дослідних темах Інституту за цільовими програмами Відділення математики НАН України у період з 2007 р. по сьогодні. Отримані результати таких цілеспря-

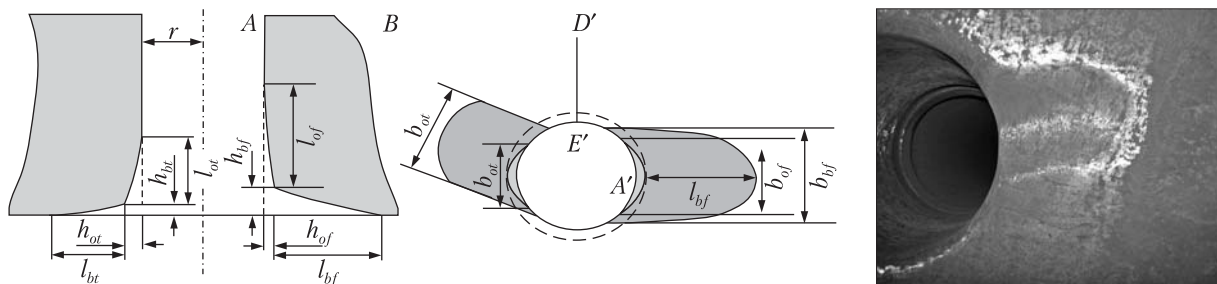


Схема для моделювання і реальний вигляд ремонтних вибірок барабана котла Бурштинської ТЕС

мованих фундаментальних досліджень стали основою для формування науково-технічних та інноваційних проектів, господарських договорів, а також проектів за загальноакадемічною програмою прикладних досліджень «Ресурс», програмою спільних проектів НАН України та УНГЦ.

Зокрема, на основі загальних співвідношень нелінійної термомеханіки, з використанням сучасних чисельних методів і відповідного програмного забезпечення запропоновано підхід до визначення напружено-деформованого стану функціонуючих елементів котлоагрегатів та дослідження можливості їх подальшої експлуатації. При виконанні науково-технічного проекту «Моделювання, розрахунок та оптимізація ремонтних вибірок барабана котла Бурштинської ТЕС» д-р фіз.-мат. наук Б.Д. Дробенко розробив методику дослідження напружено-деформованого стану діючих елементів енергетичного обладнання (барабанів котлів високого тиску, колекторів первинного пароперегрівача котла, штуцерів барабанів котлів та екранних труб) з ремонтними вибірками дефектів та пошкодженнями за різних режимів їх експлуатації з метою оцінювання ресурсу цих структур (схему для моделювання таких вибірок та їх реальний вигляд наведено на рисунку).

На цій основі досліджено напружено-деформований стан барабанів котлоагрегатів блоків № 5 Бурштинської та № 6 Добротвірської ТЕС, які вичерпали свій парковий ресурс. За результатами виконаних досліджень зроблено висновок про можливе подовження термінів експлуатації розглянутих барабанів понад регламент-

ний термін. Отримані результати апробовано і впроваджено при розробленні технології виконання ремонтних робіт у конкретних елементах енергообладнання Бурштинської ТЕС, що дає можливість не допустити їх руйнування.

У співпраці з науковцями інститутів НАН України – електрозварювання ім. Є.О. Патона, фізико-механічного ім. Г.В. Карпенка та проблем міцності ім. Г.С. Писаренка – проведено прикладні дослідження щодо створення нових технологій і приладів у галузі сучасного матеріалознавства, розроблення методів оцінювання міцності та надійності елементів конструкцій у рамках проектів загальноакадемічної програми «Ресурс». Зокрема, розроблено методику оптимізації експлуатаційних параметрів нафтопроводів для забезпечення їх заданого ресурсу з урахуванням дефектності труб і впливу зовнішніх чинників (спільно з ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України).

Останнім часом відновлено виконання науково-дослідних робіт учених Інституту в інтересах ДП КБ «Південне» згідно з Програмою співробітництва цього підприємства з установами НАН України.

Презентація результатів досліджень в Україні та за її межами, міжнародна співпраця

З метою широкого ознайомлення наукової громадськості з отриманими результатами теоретичного і прикладного характеру за цим пріоритетним для Інституту науковим напрямом здійснюються такі заходи:

- тематика наукових досліджень широко подається у науковому журналі Інституту «Математичні методи та фізико-механічні поля» (видається з 1975 р., в 2009 р. відновлено його переклад у видавництві Springer) та щорічному збірнику наукових праць «Прикладні проблеми механіки і математики»;

- результати науковців Інституту постійно висвітлюються у провідних міжнародних наукових журналах, зокрема в Journal of Thermal Stresses, Journal of Engineering Mathematics та Journal of Heat & Mass Transfer;

- упродовж 2000–2013 рр. видано понад 20 монографій, зокрема узагальнююче 5-томне видання «Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл» [7], захищено 15 докторських і понад 30 кандидатських дисертацій;

- Інститут з 1983 р. регулярно організовує міжнародну наукову конференцію «Математичні проблеми механіки неоднорідних структур» (чергова, вже 9-та, відбулася у Львові у вересні 2014 р.), на якій повноцінно репрезентуються нові результати співробітників Інституту за цим науковим напрямом;

- забезпечується постійна участь науковців Інституту в роботі міжнародних конгресів з температурних напружень, що проводяться з 1995 р. кожні два роки по чергово у країнах Північної Америки (США і Канаді), Азії (Японії, Тайвані і Китаї) та Європи (Польщі, Австрії та Угорщині);

- співробітниками Інституту сформовано цикли праць, які відзначені Державною премією України в галузі науки і техніки за 2011 р. та двома преміями імені М.О. Лаврентьєва НАН України за 2003 і 2013 рр.

Учені Інституту налагодили тісні наукові контакти за цим науковим напрямом з представниками провідних наукових осередків у Білорусі, Вірменії, Грузії, Італії, Китаї, Польщі, Росії, США, Тайвані та Японії. Співпраця реалізується через спільні наукові проекти, зокрема за програмами спільних досліджень НАН України з Російським ФФД і СВ РАН, Державним ФФД України з Білоруським РФФД і Російським ФФД.

Інститут став ініціатором і координатором підготовки оглядових статей від науковців Дніпропетровська, Донецька, Києва, Львова і Луцька, а також Москви і Новосибірська до 11-томної «Енциклопедії з температурних напружень» (головний редактор — Річард Гетнарський, США) [8], опублікованої у видавництві Springer наприкінці 2013 р.

Заклучні зауваження

Перспективними напрямками забезпечення проведення досліджень за розглянутою тематикою, на нашу думку, є такі:

- по-перше, подальший розвиток фундаментальних і прикладних досліджень за цим пріоритетним напрямом діяльності Інституту і утвердження наукової школи академіка Я.С. Підстригача і зміцнення її наукового потенціалу;

- по-друге, розширення співпраці з академічними установами технологічного профілю та проектно-конструкторськими організаціями України з метою підготовки і реалізації проектів для впровадження теоретичних результатів Інституту в атомну і теплову енергетику, приладо-, літако- і ракетобудування;

- по-третє, зміцнення міжнародних наукових зв'язків, опублікування наукових результатів у престижних міжнародних наукових журналах, участь в основних за пріоритетною тематикою міжнародних конференціях та їх проведення з метою залучення науковців Інституту до спільних міжнародних грантів і проектів;

- по-четверте, видання в Україні та за кордоном монографій з термомеханіки структурно неоднорідних тіл за комплексного теплового, силового та електромагнітного навантажень і аналітично-чисельних методів розв'язування відповідних крайових задач.

Автор висловлює щирі подяки співробітникам Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, докторам наук, професорам О.Р. Гачкевичу і В.С. Поповичу за допомогу при підготовці цієї наукової доповіді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко А.Д. Введение в термоупругость. — К.: Наук. думка, 1965. — 204 с.
2. Коваленко А.Д. Избранные труды. — К.: Наук. думка, 1976. — 762 с.
3. Новацкий В. Вопросы термоупругости. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 364 с.
4. Новацкий В. Теория упругости. — М.: Мир, 1975. — 872 с.
5. Підстригач Я.С., Ярема С.Я. Температурні напруження в оболонках. — К.: Вид-во АН УРСР, 1961. — 212 с.
6. Підстригач Я.С. Вибрані праці. — К.: Наук. думка, 1995. — 459 с.
7. Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл: в 5 т. / за заг. ред. Я.Й. Бурака, Р.М. Кушніра.
Т. 1: Термомеханіка багатокомпонентних тіл низької провідності / Я.Й. Бурак, О.Р. Гачкевич, Р.Ф. Терлецький. — Львів: СПОЛОМ, 2006. — 300 с.;
Т. 2: Механотермодифузія в частково прозорих тілах / О.Р. Гачкевич, Р.Ф. Терлецький, Т.Л. Курницький. — Львів: СПОЛОМ, 2007. — 184 с.;
Т. 3: Термопружність термочутливих тіл / Р.М. Кушнір, В.С. Попович. — Львів: СПОЛОМ, 2009. — 412 с.;
Т. 4: Термомеханіка намагнечуваних електропровідних термочутливих тіл / О.Р. Гачкевич, Б.Д. Дробенко. — Львів: СПОЛОМ, 2010. — 256 с.;
Т. 5: Оптимізація та ідентифікація в термомеханіці неоднорідних тіл / Р.М. Кушнір, В.С. Попович, А.В. Ясінський. — Львів: СПОЛОМ, 2011. — 256 с.
8. Kushnir R.M., Tokosy Yu.V. Encyclopedia of Thermal Stresses // Mat. методи і фіз.-мех. поля. — 2013. — Т. 56, № 4. — С. 163—170.

Р.М. Кушнір

Институт прикладных проблем механики и математики
им. Я.С. Пидстрыгача НАН Украины
ул. Научная, 3б, Львов, 79060, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ В ТЕРМОМЕХАНИКЕ НЕОДНОРОДНЫХ ТЕЛ

Освещены результаты теоретических и прикладных исследований по термомеханике неоднородных тел, полученные на протяжении последних двух десятилетий учеными Института прикладных проблем механики и математики им. Я.С. Пидстрыгача НАН Украины. Значительное внимание уделено их практическому использованию, опубликованию в научных журналах и монографиях, а также презентации на международных конференциях.

Ключевые слова: термомеханика, взаимосвязанные процессы различной физической природы, структурно неоднородные тела.

R.M. Kushnir

Pidstryhach Institute for Applied Problems
of Mechanics and Mathematics of NAS of Ukraine
3b Naukova St., L'viv, 79060, Ukraine

MODELING AND OPTIMIZATION IN THE THERMOMECHANICS OF INHOMOGENEOUS SOLIDS

The results of theoretical and applied research in the thermomechanics of inhomogeneous solids, which were achieved by the scientists of the Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics of NAS of Ukraine during two latter decades, are presented. The special attention is given to their practical implementation, publication in the scientific journals and monographs worldwide, and presentation on international conferences.

Keywords: thermomechanics, coupled processes of different physical nature, structurally-inhomogeneous solids.

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

РЕЗНИКОВ

Олександр Григорович – академік НАМН України, член-кореспондент НАН України, доктор медичних наук, професор, завідувач відділу ендокринології репродукції та адаптації ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України»

ПОЛУМБРИК

Олег Максимович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри загальної і неорганічної хімії Національного університету харчових технологій

БАЛЬОН

Ярослав Григорович – доктор хімічних наук, професор, завідувач лабораторії органічного синтезу і хімічних реактивів ДУ «Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України»

ПОЛУМБРИК

Максим Олегович – кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності Національного університету харчових технологій

УДК 616.092+664.68+678.048

ПРО- ТА АНТИОКСИДАНТНА СИСТЕМИ І ПАТОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

В огляді наведено аналіз сучасних даних літератури та власних досліджень авторів щодо хвороби сучасності – антиоксидант-індукованого стресу, який спричинює зміни структури нуклеїнових кислот, амінокислот, протеїнів, ліпідів та індукує розвиток онко-, кардіоваскулярних хвороб, аутизму, атеросклерозу, діабету тощо. Розглянуто механізми дії антиоксидантів на патологічні процеси в організмі людини і сучасні підходи до розроблення харчових продуктів, збагачених мікроелементами, а також шляхи подолання оксидативного стресу.

Ключові слова: оксидативний стрес, антиоксиданти, механізм дії, гіпоелементоз, мікроелементи, патогенез.

Оксидативний стрес

Стрес – це природний фізіологічний стан, необхідний для нормальної життєдіяльності людини, що виникає в процесі реалізації її бажань і потреб, а також під впливом зовнішніх факторів природного і соціального середовища. Стрес супроводжує людину все життя. На фізіологічному рівні розрізняють евстрес, тобто нормальний, помірний, і дистрес – такий, що виходить за межі адаптації, порушує гомеостаз і може стати причиною захворювань. На відміну від тварин для людини головне джерело стресів – не фізичні фактори середовища, а психосоціальні конфлікти [1].

Канадський учений Ганс Сельє (Hans Selye) свого часу звернув увагу на стереотипність відповіді організму на стресові стимули незалежно від їхньої природи (фізичне напруження, негативні емоції, радіація, інтоксикація тощо). Головну роль при цьому відіграє нейрогормональна система організму.

Основних стрес-реалізуючих систем дві: симпатико-адренормедулярна і гіпоталамо-гіпофізо-кортикоадреналова (ГГКАС). Перша є системою аварійної відповіді, як її назвав американський учений Уолтер Кенон (Walter Cannon). Основною ознакою її є викид у кров адреналіну з мозкової речовини надниркових залоз. Одразу після цього активується ГГКАС, що при-

зводить до посилення в корі надниркових залоз секреції кортизолу — глюкокортикоїдного гормону. Він здійснює головну захисну функцію і підвищує неспецифічну резистентність організму, тобто здатність виявляти опір різноманітним хвороботворним чинникам [1, 2].

Початковою ланкою реакції ГГКАС на стресогенні фактори є особлива ділянка головного мозку — гіпоталамус. Він синтезує і вивільнює кортиколіберин — пептид, який надходить із кровотоком венозної портальної системи гіпофіза до його передньої частки (аденогіпофіза) і посилює там утворення і вивільнення у кров адренокортикотропного гормону (АКТГ) — стимулятора секреції кортизолу. Секрецію АКТГ посилює також гіпоталамічний олігопептид вазопресин. Він надходить по довгих аксонах до задньої частки гіпофіза, де й депонується. Переносниками вазопресину по аксону є спеціальні білки — нейрофізини. Під час стресової активації ГГКАС вазопресин проникає короткими судинами до аденогіпофіза і стимулює вивільнення АКТГ.

Поряд із стрес-реалізуючими існують стрес-лімітуючі системи, які обмежують надмірні прояви стресу, що можуть посилити його негативні наслідки. Гормональні та інші реакції стресу здатні обмежувати γ -аміномасляна кислота (головний гальмівний нейромедіатор мозку), гормон шишкоподібного тіла мелатонін, γ -пептид сну тощо [1, 2].

Невід'ємним супутником дистресу є зсув редокс-рівноваги в організмі в бік вільнорадикального окиснення і утворення пероксидів ліпідів, що в сучасній науці дістало назву «оксидативний стрес» [3, 4]. У біологічних системах найактивнішими є вільні радикали та іон-радикали, що містять неспарені електрони в атомах O, N, S чи Cl і утворюють так звані активні форми кисню (АФК), азоту (АФА), сірки (АФС) і хлору (АФХ).

З одного боку, кисень абсолютно необхідний для дихання і процесів окиснення вуглеводів, білків і жирів, що супроводжується вивільненням великої кількості енергії, потрібної для нормального функціонування організму; з іншого — активні форми кисню викликають де-

струкцію клітинних структур, загибель мембран і органел. Утворенню радикалів сприяють куріння, пестициди, озон, токсичні відходи тощо.

Активні форми азоту утворюються при взаємодії NO з АФК, найбільш реакційноздатним і небезпечним з них є пероксинітрит ONOO⁻. Активні форми сірки утворюються при дії АФК на тиольні сполуки. Вони містять дисульфід-S-оксиди, сульфенові кислоти, тиольні радикали, які модулюють редокс-статус біологічних тиолів і дисульфідів. АФХ включають гіпохлоритну кислоту, нітрил гіпохлорит, атомарний хлор.

Найзагальніша і найдавніша реакція клітини на стресові події — це посилення продукування енергії електрон-транспортними системами мітохондрій і мікросом (ендоплазматичного ретикулуму) зі збільшенням споживання кисню. Внаслідок бурхливого посилення окисних реакцій утворюється велика кількість АФК. Вони виникають і в разі прямого пошкодження клітинних мембран і стінок. Активація вільнорадикального окиснення і ліпідної пероксидації є незмінним і обов'язковим компонентом клітинної відповіді на дію стресорів. Мабуть, це і є та загальна ланка механізму індукції стресу, в якій поєднуються ефекти різних стресогенних чинників. У відповідь зростає активність системи антиоксидативного захисту.

Надлишок активних форм кисню порушує транспорт електронів і знижує вироблення енергії, утворення макроергів. Це спричинює різке обмеження і пригнічення всіх процесів у клітині, які потребують енергії: синтезу ДНК, РНК і білків, поділу клітин, роботи іонних каналів і насосів, обміну речовин (рис. 1). Ступінь пригнічення продукування енергії має вирішальне значення для виживання або загибелі клітин при тяжких і тривалих стресах. З іншого боку, АФК, АФА, АФС, АФХ є необхідними посередниками багатьох процесів нормального функціонування клітин [5, 6]. Так, перекишене окиснення ліпідів важливе для біосинтезу простагландинів, лейкотрієнів, інших біологічно активних речовин тощо.

Усі джерела активних форм кисню потребують антиоксидантного обмеження. Якщо акти-

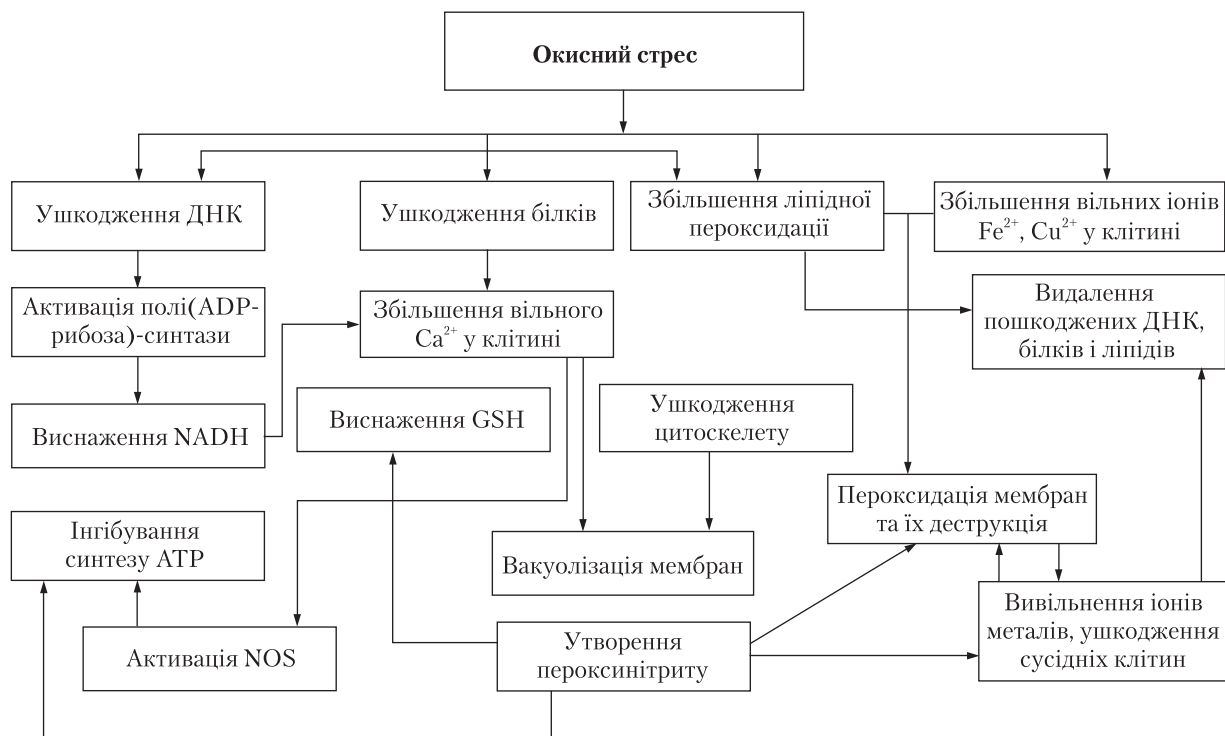


Рис. 1. Механізм дії оксидативного стресу (GSH – глутатіон відновлений; NOS – NO-синтаза; NADH – нікотинаденіндинуклеотид відновлений; ATP – аденозинтрифосфат) [1]

вація вільнорадикального окиснення відіграє таку важливу роль у механізмі стресу, то системи антиоксидантного захисту, які є на всіх рівнях структури організму, виступають як найважливіша внутрішня сила протидії стресовим ушкодженням і порушенням. Разом з тим антиоксидантні механізми безпосередньо задіяні у стрес-реакції, є її невід'ємною частиною, завдяки чому стрес власне і є адаптивною реакцією. Введення антиоксидантів ззовні, з харчовими продуктами та фармпрепаратами, поповнює їх ендogenous резерви, збільшує захисну активність системи, забезпечує утримання стресу у фізіологічних рамках. Антиоксиданти містяться в організмі всюди, де є певна небезпека виникнення окисного вибуху [7, 8].

Компоненти системи цього захисту – антиоксидантні ферменти мітохондрій і цитозолу клітин (розчинні й мембрано-асоційовані), ферменти крові, жиро- і водорозчинні антиоксиданти, тіолові сполуки, металотіонеїни, а

також репаративні системи – функціонують координовано.

Основні антиоксидантні ферменти – супероксиддисмутази (СОД) і каталаза. СОД нейтралізують супероксидний іон-радикал, перетворюючи його на воду і пероксид водню – активний окисник, який знешкоджується каталазою. Мідь/цинк-вмісна супероксиддисмутаза (CuZnСОД) є в цитозолі, а марганець-вмісна (MnСОД) – у мембранах і матриксі мітохондрій. Каталаза міститься в пероксисомах. Відомо також CuZnСОД, яка знаходиться в крові і захищає від пероксидації ендотелій судин.

Відновлений глутатіон (GSH) є головним фактором підтримання внутрішньоклітинного редокс-гомеостазу, він безпосередньо інактивує АФК і також функціонує як кофактор і ко-субстрат GSH-залежних ферментів. Як і цистеїн, тіоредоксин, ерготіонеїн, він відновлює дисульфідні групи до тіолових, бере участь у тіол-дисульфідному обміні. Глутатіонперокси-

даза розкладає H_2O_2 до води у взаємозв'язку з окисненням глутатіону [1–3].

Пероксидази — група ферментів, які використовують пероксид водню для окиснення інших субстратів. Це цитохром-С-пероксидаза, мієлопероксидаза, NADH-пероксидаза, пероксидаза хрому тощо.

У крові людини і тварин міститься церулоплазмін — головний позаклітинний антиоксидантний фермент, якому притаманна СОД-активність. Поряд з антиоксидантними ферментами захищають клітини і тканини від окисного стресу також ферменти і білки, що зв'язують іони металів зі змінною валентністю і блокують їх здатність каталізувати окиснення і пероксидацію.

До жиророзчинних антиоксидантів належать: вітамін Е (α -токоферол, а також менш активні β -, γ - і δ -токоферолі і токотрієнолі), який захищає ліпідний бішар плазматичних, мітохондріальних, ядерних мембран, ліпопротеїди крові та лімфи; вітамін А (ретинол, ретиналь, ретиноева кислота і провітамін β -каротин) захищає клітинні й тканинні мембрани, ліпопротеїди, сітківку ока; пігмент білірубін — продукт метаболізму жовчних кислот; α -ліпоева кислота, коензим Q (убіхінол-убіхінон) — компонент і важливий фактор редокс-стабілізації електрон-транспортних ланцюгів. Додають свій важливий внесок у редокс-гомеостаз мікроелементи, зокрема Zn, Fe, Cu, Se, а також гормони, олігопептиди, опіоїдні пептиди, нейропептид Y та деякі інші нейропептиди, пігмент меланін.

До водорозчинних вітамінів належать С, РР, група В, до вітаміноподібних речовин — холін, ліпоева кислота та інші. Деякі вітаміни синтезуються в організмі людини ендогенно мікрофлорою кишок, більшість не синтезуються зовсім. Тому потрібно забезпечити їх постійне надходження з продуктами харчування.

Другу лінію антиоксидантного захисту утворюють ліполітичні ферменти (ліпази й фосфоліпази), які захоплюють і сприяють видаленню з ліпідного бішару окиснених жирних кислот, що обриває ланцюгові реакції ліпідної пероксидації; протеолітичні ферменти, які прискорюють

деградацію окиснених білків. Стресові білки (білки теплового шоку) відновлюють нормальну конформацію частково окиснених, денатурованих білків і прискорюють деградацію глибоко змінених білків. Ферменти репаративних систем клітини ліквідують ушкодження структури ДНК.

Кожен з компонентів антиоксидантного захисту необхідний для виконання своєї, притаманної тільки йому, функції на різних стадіях процесу окиснення. Усі ці численні компоненти клітини створюють складну ієрархічну антиоксидантну систему, вони взаємодіють між собою і в сукупності забезпечують підтримку і збереження редокс-гомеостазу в умовах дії стресорів різної природи.

Доведено, що пероксидація ліпідів здійснюється переважно внаслідок вільнорадикальних реакцій і є ланцюговим процесом, у якому беруть участь алкільні R^{\bullet} , алкоксидні RO^{\bullet} , пероксидні ROO^{\bullet} радикали і АФК, зокрема синглетний кисень і супероксид аніон-радикал [9, 10].

В організмі людини молекулярний кисень є основним джерелом окиснення. Електронна конфігурація молекули кисню в основному стані має два неспарені електрони на зовнішній оболонці, даючи триплетний сигнал у магнітному полі*. Хоча реакції між киснем, який перебуває в основному стані (3O_2), та біологічними молекулами є термодинамічно сприятливими, внаслідок високого значення енергії активації ($146\text{--}273\text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$) вони відбуваються повільно.

Активація триплетного кисню, як окисника в окисно-відновних реакціях, потребує великих витрат енергії. Одним зі способів активації є переведення кисню з основного (3O_2) у збуджений синглетний стан (1O_2). Синглетний кисень — не радикал, електрофіл, надзвичайно реакційноздатна і короткоіснуюча ($(50\text{--}700)\cdot 10^{-6}$ с залежно від природи розчинника) частинка. Він може утворюватися хімічним, ензиматичним і фотохімічним шляхом. До ак-

* Енергетичний рівень розщеплюється на $2I+1$ підрівні, де I — сумарний спін.

тивних форм кисню, що утворилися внаслідок відновлення його триплетного стану, відносять супероксид аніон-радикал ($O_2^{\cdot-}$), його кон'юговану кислоту (HO_2^{\cdot}) (пергідроксил-радикал), пероксид водню (H_2O_2), гідроксильний радикал OH^{\cdot} , гіпохлоритну кислоту $HOCl$ та пероксинітрит $ONOO^-$. Найсильнішими електрофілами і найбільш реакційноздатними формами кисню є 1O_2 та OH^{\cdot} [11].

Механізм дії природних, синтетичних антиоксидантів і ліків

Основним методом захисту біологічних систем людини від окиснення є використання специфічних харчових добавок або лікарських засобів, які гальмують цей процес.

Вільні радикали можуть реагувати з багатьма сполуками, що містяться в клітинах, за різними механізмами — перенос електрона до чи від радикала з отриманням відповідних іонів; відщеплення атома водню з утворенням нових радикалів та ймовірністю ланцюгового механізму; утворення хелатних комплексів з *d*-металами; протонізація вільних радикалів з накопиченням іон-радикалів; реакції приєднання, диспропорціонування, самоанігіляції тощо.

Антиоксидантна активність сполук залежить від багатьох факторів, зокрема від їх концентрації, природи біологічних компонентів (білки, жири, вуглеводи, амінокислоти, ліпіди та ін.), температури, тиску кисню, наявності інших антиоксидантів, води, природи каталізаторів тощо.

На рис. 2 наведено основні класи антиоксидантів. Антиоксидантна система організму людини містить дві основні групи антиоксидантів — ензиматичні й неензиматичні. Первинну ланку ензиматичного захисту забезпечують супероксиддисмутаза, яка перетворює супероксид аніон-радикал на H_2O_2 , який каталаза розщеплює до H_2O і O_2 , і глутатіонпероксидаза, що слугує відновником для пероксидів. Вторинну ланку становлять глутатіонредуктаза і глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа, які безпосередньо не реагують з радикалами, проте

важливі для діяльності інших ендogenous антиоксидантів.

До неензиматичних ендogenous антиоксидантів належать вітаміни, кофактори ензимів, пептиди, сполуки азоту непротеїнової природи, фенольні кислоти, органічні сірковмісні сполуки тощо. Коензим Q10, наприклад, взаємодіє з ліпідними пероксидними радикалами, а також бере участь у регенерації вітаміну E. Уринова кислота захищає від надлишку оксигем-оксидантів, які утворюються в реакції гемоглобіну з пероксидами, а також реагує з синглетним киснем та гідроксильними радикалами.

Окремий клас становлять синтетичні антиоксиданти — переважно це просторово екрановані феноли, а також фармпрепарати, які здебільшого є витяжками з біологічно активних рослин, плодів, овочів [10, 12].

Антиоксиданти захоплюють вільні радикали, надаючи їм водень, а також продукуючи відносно стабільні антиоксидантні радикали з низьким відновним потенціалом (менш як 0,5 В) [9]. Підвищена стабільність антиоксидантних радикалів пов'язана з резонансною делокалізацією структур, які містять фенольне ядро, чи просторовим екрануванням реакційного центру об'ємними замісниками [10]. Прикладами похідних фенолу, які слугують вільнорадикальними пастками, є токофероли, трет-бутилгідрокситолуол, трет-бутилгідроксіанізол, трет-бутилгідрокінон, лігніни, флавоноїди, фенольні кислоти, наприклад розмаринова.

Енергія дисоціації зв'язку O—H фенольних антиоксидантів загалом визначає стабільність відповідних антиоксидантних радикалів: чим вона менша, тим стабільніший антиоксидантний радикал.

Потужним інгібітором активних форм кисню є розмаринова кислота. Вона широко застосовується як терапевтичний препарат при лікуванні діуретичних, запальних процесів, має антисклеротичні властивості [13]. Зерна кави містять значну кількість одного з найпотужніших фенольних антиоксидантів — хлорогенової кислоти. Її споживання знижує ризики виникнення цукрового діабету II типу, онко-

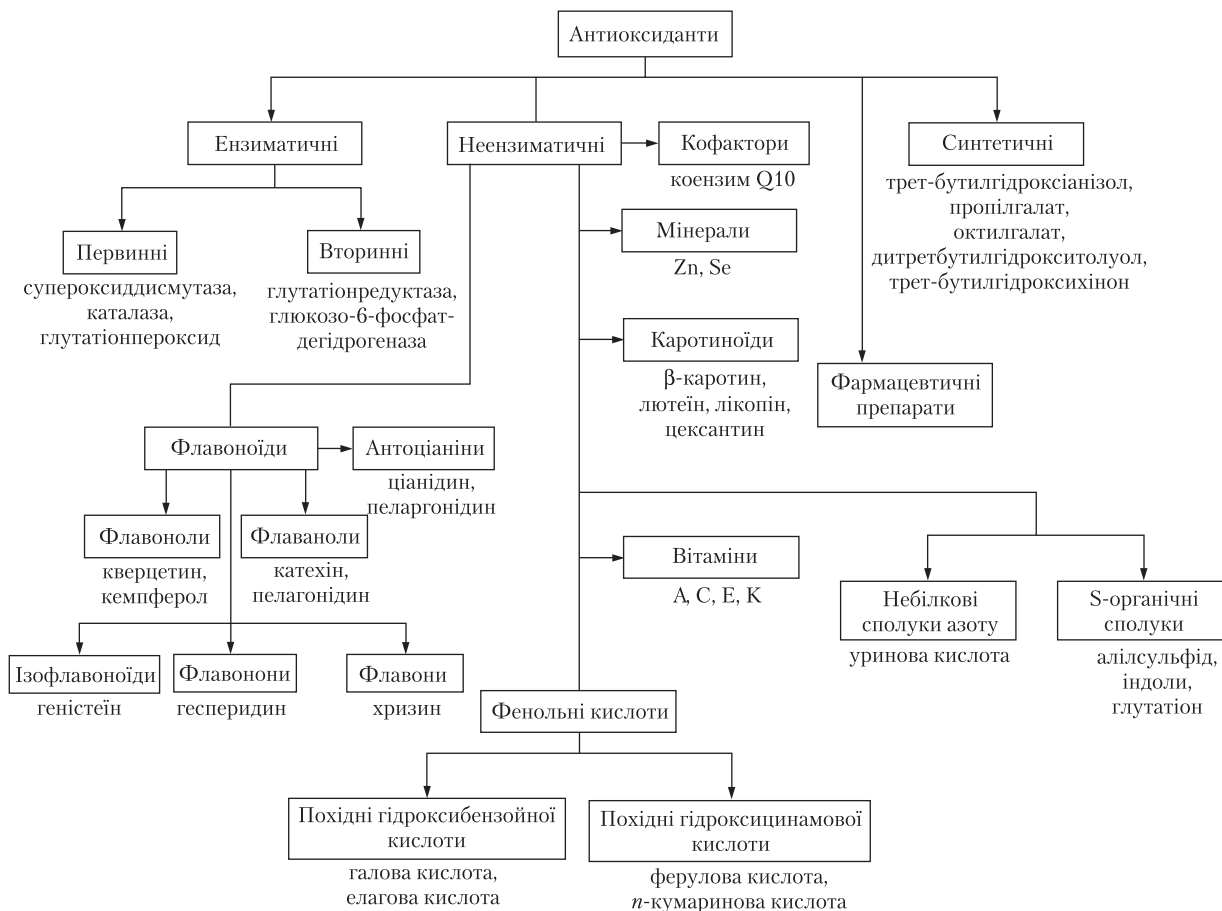


Рис. 2. Основні класи антиоксидантів [10, 12]

логічних і серцево-судинних захворювань [14, 15]. У великих кількостях кава шкідлива для осіб, що страждають на артеріальну гіпертензію, ішемічну хворобу серця, гастрити, а також для вагітних. Крім того, вона може викликати залежність, особливо серед любителів розчинної кави.

Флавоноїди — група антиоксидантних сполук, що складається з флаванолів, антоціанінів, ізофлавоноїдів, флаванолів і флавонів. Найефективнішими серед них є катехін, катехінгалат, кверцетин та кемпферол. Флавоноїди, особливо кверцетин і лутеолін, — потенційні інгібітори ксантиноксидази, яка долучена до процесів оксидативного ушкодження, переважно після ішемічної реперфузії, оскільки, реагуючи з молекулярним киснем, продукує

супероксид-радикал [16, 17]. Біофлавоноїди, зокрема корвітин, як розчинну лікарську форму кверцетину, й таблетки квертину (випускаються київським Борщагівським хімфармзаводом) ефективно використовують у лікуванні гострого інфаркту міокарда, ішемічної хвороби серця, інсультів [18]. У комбінаціях з гіпоглікемічними засобами їх рекомендують для профілактики розвитку нефропатії у хворих на цукровий діабет I та II типу [19].

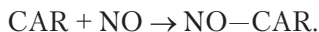
Властивість флавоноїдів пригнічувати ріст злоякісних пухлин також пов'язана з їх функцією вільнорадикальної пастки. Флавоноїди гальмують розмноження онкоклітин і зумовлюють їх апоптоз (руйнування).

Одним із найпоширеніших і ефективних антиоксидантів є каротиноїди [20, 21]. Давно ві-

домо, що ці сполуки втрачають свій колір, коли потрапляють у середовище, яке містить вільні радикали, або за наявності окисників, що пояснюється порушенням ланцюга кон'югованих подвійних зв'язків. Рослина шафран містить каротиноїдний антиоксидант кроцин. Втрату забарвлення цього каротиноїду використовують як метод визначення антиоксидантної ємності в плазмі крові, а також природних сполук та екстрактів рослин. Одним із основних біологічних продуктів окиснення каротиноїдів вважають ретиноеву кислоту, яка бере участь у процесах синтезу кісток і м'яких тканин під час розвитку ембріона. Плазма крові містить приблизно 1–2 μM каротиноїдів. У такій концентрації за фізіологічного парціального тиску прооксидантна здатність каротиноїдів незначна, тоді як антиоксидантна доволі велика [22].

Ретинол (вітамін А) — ліпофільний антиоксидант, який синтезується в організмі людини з β -каротину. Він необхідний для роботи зорової, опорно-рухової, імунної систем, а також для підтримки здоров'я шкіри та волосся. Вітамін А і β -каротин — потужні антиоксиданти, які використовують як засоби профілактики онкологічних захворювань, зокрема, вони запобігають рецидиву пухлин після операцій. Ретинол та β -каротин захищають мембрани головного мозку від руйнівної дії вільних радикалів, при цьому β -каротин нейтралізує найнебезпечніші з них.

Прикладом механізму приєднання радикала є взаємодія β -каротину й монооксиду азоту, який міститься в тютюновому димі:



Отже, каротиноїди є потенційно корисними для осіб, які палять, зважаючи на зниження токсичного впливу оксидантів, що містяться у тютюновому димі [10].

Аскорбінова кислота, глутатіон і цистеїн, які мають властивості вільнорадикальних пасток, виступають донорами атома водню, надаючи його вільним радикалам і продукуючи більш стабільні радикали глутатіону та аскорбінової кислоти [9]. Ця кислота енергійно реагує з супероксид аніон-радикалом, H_2O_2 , та $^1\text{O}_2$

і впливає на синтез в організмі людини NO, який бере участь у регуляції тону судин і багатьох фізіологічних процесах.

Амінокислоти, що містять сульфгідрильні та гідроксильні групи, такі як цистеїн, фенілаланін і пролін, також інактивують вільні радикали. При цьому відбувається конкуренція між білковими сполуками та ліпідами за високореакційноздатні радикали [9]. Взаємні перетворення в системі цистин — цистеїн визначають активну участь цих амінокислот в окисно-відновних реакціях біохімічних процесів дихання, обміну речовин, нервової діяльності живих організмів тощо [10].

Останнім часом зростає інтерес до антиоксидантних властивостей ліпоєвої кислоти (6,8-дитіооктанової), яка існує у двох формах — окисненій (дисульфід) і відновленій. Ліпоєва кислота може функціонувати як акцептор вільних радикалів і метаболічний природний антиоксидантний протектор. Увага дослідників зосереджена на цій кислоті як клітинному редокс-регуляторі, який бере участь у процесах передачі сигналу. Тому ліпоєва кислота є потенційно важливим терапевтичним агентом при окисному стресі. Її використання перспективне в терапії нейродегенеративних хвороб, діабетичної нейропатії, ішемічної реперфузії, ВІЛ, захворювань печінки (цироз, хвороба Боткіна) тощо [23].

Деякі антиоксиданти (вітамін С, убіхінон, глутатіон) можуть рециркулювати вітамін Е — головний антиоксидант, що обриває радикальні ланцюги і захищає біомембрани від ліпідного перокишення [24, 25]. Глутатіон є головним внутрішньоклітинним антиоксидантом, що діє як сульфгідрильний буфер, захищаючи залишок цистеїну від окиснення в протеїнах, тобто дію глутатіону можна розглядати в рамках терапевтичної стратегії.

Катіони важких металів — каталізатори окиснення, які розкладають гідропероксида, утворені на ранніх стадіях [9, 10] з накопиченням радикалів, що включаються в ланцюгові реакції аутоокиснення. У незначних кількостях важкі метали містяться в багатьох ензимах та інших металовмісних білках. Білки гем

(Fe²⁺) і гемін (Fe³⁺) часто присутні в харчових продуктах. Гемоглобін, міоглобін та цитохром С поглиблюють перокиснення ліпідів у тканинах та сировині тваринного походження.

Хелатні комплекси гальмують процес окиснення внаслідок утворення нерозчинних комплексів і зниження таким чином редокс-потенціалів металів або завдяки створенню стеричних перешкод між металами та компонентами біологічних систем чи їх окиснених інтермедіатів [9, 10]. Лимонна та етилендіамінтетраоцтова (ЕДТА) кислоти є класичними прикладами сполук, що утворюють з металами хелатні комплекси. Більшість подібних комплексуювачів розчинні у воді, а лимонна кислота обмежено розчинна в жирах. У ролі сполук, здатних утворювати хелати, можуть виступати фосфоліпіди [9], флавоноїди, активність яких залежить від їх структурних особливостей [17]. Утворення комплексів хелатного типу з катіонами металів має велике значення в патогенезі деяких хвороб. Реакції Фентона відбуваються в дофамінових нейронах нервових тканин, де внаслідок катаболізму утворюється певна кількість пероксиду водню [14]. Накопичення радикалів у цих нейронах вважається основним патогенетичним агентом хвороби Паркінсона [26]. Ознакою інших нейродегенеративних хвороб, таких як хвороба Альцгеймера та синдром Хантінгтона, вважається накопичення катіонів заліза в деяких ділянках мозку [27]. У людей, які страждають на хворобу Альцгеймера, підвищується кількість феритинового заліза базальних гангліїв.

Взаємодія антиоксидантів між собою може бути синергічною, антагоністичною або просто адитивною. Типовим прикладом синергізму антиоксидантів є дія суміші α -токоферолу та аскорбінової кислоти при аутоокисненні й фотоокисненні ліпідів [9, 10]. Поліфенольні сполуки, такі як епігалокатехінгалат, кверцетин, епікатехінгалат, епікатехін та ціанідин, характеризуються адитивним ефектом з α -токоферолом, який слугує вільнорадикальною пасткою [24].

Надзвичайно важливою функцією антиоксидантів є регулювання діяльності радикал-

генеруючих ензимів, таких як NAD(P)H-оксидаза і ксантинооксидаза, а також активності експресії антиоксидантних ензимів (супероксиддисмутаза, каталаза, глутатіонпероксидаза). Ці антиоксидантні ензими виробляються в організмі людини і є важливою ланкою захисту проти дії вільних радикалів.

Окиснення ліпідів, білків і вуглеводів

Ліпіди, що містять подвійний C—C зв'язок, а саме ненасичені жирні кислоти, фосфоліпіди, гліколіпіди, холестерол та його ефіри, є особливо чутливими до реакцій окиснення. Поліненасичені жирні кислоти, які містять 1,4-пентадієнові функціональні фрагменти, також схильні до реакцій окиснення. Наприклад, окиснення лінолевої кислоти, що входить до складу багатьох харчових продуктів, відбувається за двома основними механізмами — відщеплення атома водню та приєднання синглетного кисню.

Утворені під час первинного окиснення гідроксипероксиди жирних кислот — нестабільні сполуки, які зазнають вторинного окиснення з утворенням продуктів полімеризації чи низькомолекулярних альдегідів і кетонів [9, 10].

Малоновий діальдегід — один із найпоширеніших продуктів окиснення жирів. Його часто використовують як індикатор ступеня окиснення ліпідів біологічних систем, він виникає в організмі внаслідок розкладання поліненасичених жирів високореакційноздатними формами кисню, слугує маркером оксидативного стресу. Відомо, що він здатен реагувати з ДНК, утворюючи мутагенні аддукти. У хворих на цукровий діабет, ускладнений ангіопатією, рівень малонового діальдегіду значно вищий, ніж у таких пацієнтів без ангіопатій.

При дії вільних радикалів білки, пептиди та амінокислоти, які містяться в них, можуть зазнавати оксидативних змін [9]. Найбільш чутливими і схильними до окисного розкладання амінокислотами вважають метіонін, цистеїн (цистин), гістидин і триптофан [9, 10], а за певних умов — також тирозин, серин і треонін. Окиснення білків та амінокислот може від-

буватися під дією світла, γ -випромінювання, перокиснених ліпідів, іонів металів, продуктів ензиматичних і неензиматичних реакцій, що супроводжуються зміною кольору, тощо [9].

Цистеїн — амінокислота, що входить до складу продуктів тваринного походження, він сприяє перетравлюванню їжі, беручи участь у процесах переамінування, виведенні з організму деяких токсичних речовин, і захищає організм від руйнівної дії радіації. Це один із найпотужніших природних антиоксидантів, при цьому його дія посилюється за одночасної наявності вітаміну С та селену. Цистеїн є складовою глутатіону — речовини, яка захищає клітини печінки та головного мозку від ушкоджень, спричинених алкоголем, деякими лікарськими препаратами й токсичними речовинами, що містяться у тютюновому димі.

Крім перокиснення ліпідів і руйнування ДНК макромолекул АФК можуть включатися в реакції нітрування і хлорування амінокислот, модифікуючи відповідні протеїни. Пероксинітрил ONOO^- та його протонізована форма пероксинітросна кислота ONOOH є потужними оксидантами і нітруючими агентами. Гемопротеїн мієлопероксидаза каталізує утворення HOCl ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cl}^- \rightarrow \text{HOCl}$), яка в реакції з NO_2^- утворює нітрил хлорид NO_2Cl , що може спонтанно розщеплюватися на NO_2^\bullet і Cl^\bullet . Гіпохлоритна кислота реагує з жирними кислотами, холестеролом, протеїнами, ДНК, РНК, утворюючи відповідні продукти хлорування [28]. Наявність нітро- чи хлоротиросину слугує біомаркером цих процесів [29]. Протеїни, що містять залишок нітротирозину, було знайдено при різних патологіях, зокрема діабеті, гіпертензії, атеросклерозі тощо. Інгібітором пероксинітрилу, який відіграє ключову роль у хворобі Альцгеймера, є розмаринова кислота. Ефективними інгібіторами дії HOCl виступають окиснений і відновлений глутатіон, метилглутатіон, α -ліпоева кислота.

Вуглеводи не настільки чутливі до окиснення, як білки та ліпіди, а продукти їх окиснення не леткі [30].

Незважаючи на потужну ендогенну антиоксидантну систему організму людини, для під-

тримки адекватного антиоксидантного статусу і концентрації вільних радикалів на низькому рівні потрібно щодня вживати їжу, багату на антиоксиданти. Проте біологічні антиоксиданти можуть виявляти прооксидантні властивості, що залежить від їх концентрації та умов середовища. Прооксиданти розглядають як високореакційні частинки, що індукують оксидативний стрес або виступають інгібіторами антиоксидантної системи організму людини [31].

Редокс-потенціал антиоксидантів характеризує їх активність в окисно-відновних реакціях і пов'язаний з прооксидантними ефектами, які залежать від їх концентрації. Наприклад, ліпоева і дигідроліпоева кислоти інгібують утворення нітротирозину з пероксинітрилу за концентрації 0,01–0,05 мМ, а за вищих концентрацій — виявляють прооксидантні властивості [29].

Потужний антиоксидант — водорозчинний вітамін С за наявності солей міді чи заліза виявляє прооксидантні властивості, відновлюючи іони Fe^{3+} до Fe^{2+} і Cu^{2+} до Cu^+ і сприяючи розкладанню пероксиду водню до гідроксильних радикалів. Збагачення харчових продуктів аскорбіновою кислотою не рекомендується для хворих з високою концентрацією заліза в крові (таласемія, гемохроматоз). Водночас збагачення їжі цим вітаміном, особливо у великих дозах, дає позитивний ефект для хворих з низьким його рівнем у плазмі, що характерне для багатьох хвороб, у тому числі онкологічних. Вживання їжі, збагаченої вітаміном С, є корисним при діабеті, атеросклерозі, гіпертензії, гіпохолестеролемії, що пояснюють його здатністю захищати від окиснення ліпопротеїди низької густини і збільшувати кількість атерозахисного оксиду азоту в організмі [12, 25].

Прооксидантний ефект виявляють у високих дозах каротиноїди, флавоноїди, зумовлюючи розвиток онкозахворювань. Загалом, прооксидантний ефект антиоксидантів залежить від: а) їх концентрації; б) редокс-потенціалу; в) наявності інших антиоксидантів; г) присутності іонів перехідних металів; д) активності та концентрації ендогенних антиоксидантів [32].

Шляхи подолання оксидативного стресу

Надмірний довготривалий оксидативний стрес супроводжується утворенням високореакційних АФК, АФА, АФС, АФХ і призводить до низки серйозних захворювань, таких як онкологічні, серцево-судинні, інфаркт, атеросклероз, нервові, ниркові, печінкові хвороби, гіпертензія, ревматоїдний артрит, синдром респіраторного дистресу, запалення, дегенеративні зміни, пов'язані з віком, діабет і його ускладнення, ожиріння, катаракти, аутизм, хвороби Альцгеймера, Паркінсона, Хантінгтона, васкуліт, гломерулонефрит, гемохроматоз, виразка шлунку тощо [1]. Оксидативний стрес супроводжується виснаженням внутрішніх резервів і потребує надійного захисту. В процесі захисної дії антиоксиданти поступово виводяться з організму, і тому необхідно постійно відновлювати їх кількість з продуктами харчування чи фармпрепаратами. Уже в невеликих кількостях (0,01–0,001%) антиоксиданти помітно гальмують процеси окиснення біосистем, коли потужний внутрішньоклітинний антиоксидантний захист доповнюється позаклітинним.

Синтетичні антиоксиданти, такі як іонол, трет-бутилгідрокситолуол, трет-бутилгідроксінон, використовують у харчовій промисловості для захисту продукції від окиснення ліпідів. Однак через токсикологічні проблеми вони поступаються фармакологічним препаратам. Більшість натуральних антиоксидантів отримують із фруктів, овочів, екстрактів зернових культур і трав, до них належать, наприклад, куркума, розмарин, зелений чай, грейпфрут, часник тощо. Сильну антиоксидантну дію виявляють екстракти гінкго завдяки наявності флавонових глікозидів, які нейтралізують вільні радикали, екстракти зеленого чаю і грейпфруту, що містять флавоноїди катехін і епікатехін [33].

Велику антистресову активність мають мед і продукти бджільництва, а також речовини, що містять біологічно активні складові, — женьшень, китайський лимонник, елеутерокок, му-

мійо тощо. Потужним джерелом антиоксидантів є чай, кава, шоколад.

Крім вищеназваних антиоксидантів фармацевтична промисловість пропонує ще десятки інших, серед яких найбільш уживаними є глікозид МВ (діабетон MR), мексидол, емоксипін та тіотриазолін. Глікозид (сульфанілсечовина II покоління) належить до гіпоглікемічних засобів лікування діабету II типу, виявляє антитератогенну і антиоксидантну дію, збільшуючи стійкість бета-клітин підшлункової залози до оксидативного стресу [19]. Мексидол і емоксипін (сукцинат і гідрохлорид 3-гідрокси-6-метил-2-етилпіридину) мають антигіпоксичну, ангіопротекторну і антиагрегаційну дію, застосовуються в офтальмії для лікування діабетичної ретинопатії і при порушенні мозкового кровообігу та інших станів, пов'язаних з гіпоксією тканин [34]. Вітчизняний антиоксидант тіотриазолін (морфоліній 2-метил-1,2,4-триазоліл-5-тіоацетат) виявляє протиішемічні, мембраностабілізуючі та імуномодулюючі властивості. Він активує антиоксидантну систему, гальмує процеси перекисного окиснення ліпідів в ішемічних ділянках міокарда, запобігає загибелі гепатоцитів, нормалізує білковий, вуглеводний, ліпідний та печінковий обміни, покращує реологічні властивості крові [35].

У наш час біоантиоксиданти розглядають як перспективні терапевтичні засоби для лікування багатьох хвороб. Активність таких антиоксидантів залежить від того, на якій стадії хвороби вводять препарат, оскільки розвиток захворювання супроводжується зміною антиоксидантної активності. Перспективним напрямком є синтез багатофункціональних антиоксидантів, що поєднують антиоксидантну та інші функціональні властивості. Тому важливим завданням спеціалістів агропромислового комплексу є розроблення нових сортів рослин, що мають такі властивості. Новим напрямком у вивченні біоантиоксидантів є ефект їх дії в надмалих дозах [36]. На прикладі α -токоферолу і фенозану К знайдено, що вони діють однотипно у звичайних (10^{-3} – 10^{-5}) і надмалих (10^{-9} – 10^{-13} М) концентраціях. Подальше вивчення цього феномену обіцяє великі перспективи у

практичному плані, особливо в геронтології та профілактиці онкозахворювань. Встановлено важливу роль антиоксидантів в експресії генів і стабільності геному, оскільки вільні радикали можуть регулювати активність генів [9].

Мінерали відіграють важливу роль у метаболізмі антиоксидантів. Дефіцит чи надлишок есенціальних елементів призводить до непередбачуваних метаболічних змін у здоров'ї людини і потребує адекватного збагачення ними харчових продуктів, яке слід ретельно контролювати [37].

Зараз велику увагу приділяють вивченню взаємозв'язку гіпоелементозу (Zn, Fe, Cu, Se, Mo, Mn, Co) і оксидативного стресу. Дослідження вмісту 25 мікроелементів у плазмі крові за допомогою плазмової мас-спектроскопії високої роздільної здатності показали, що дефіцит мікроелементів, особливо селену, цинку і марганцю, зменшує активність антиоксидантних ензимів, збільшуючи оксидативний стрес, що порушує коронарну мікроциркуляцію і призводить до серцевої дисфункції [38]. Надзвичайно важливою в розвитку оксидативного стресу є роль цинку і селену. Селен в організмі людини міститься як в органічній (селеноцистеїн і селенометіонін), так і в неорганічній (селеніт і селенат) формах. Хоча селен, як і цинк, безпосередньо не реагує з вільними радикалами, він активує антиоксидантні ензими (металоензими, глутатіонпероксидазу, тіоредоксин редуктазу та ін.). Цинк є інгібітором NAD(P)H-оксидази, яка каталізує утворення синглетного кисню, він входить до складу супероксид-дисмутази, яка перетворює синглетний кисень на H_2O_2 , а також до металотіонеїнів, які є пасткою гідроксильних радикалів.

Оксидативний стрес відіграє важливу роль у патогенезі залізодефіцитної анемії, у розвитку ангіопатії при цукровому діабеті. Тому дієтотерапія при цукровому діабеті повинна включати біоантиоксиданти, особливо ті, що містять селен. Наслідком нестачі його є зниження імунітету, перевантаження серця, передчасне старіння організму людини тощо [1].

Дослідження останніх років показують, що однією з причин розвитку оксидативного стресу є нестача цинку в організмі, що в кінцевому підсумку призводить до ініціювання багатьох хронічних хвороб. Якщо врахувати, що близько 2 млрд людей на Землі потерпають від нестачі цинку, проблема забезпечення адекватного рівня його споживання людиною стає нагальною в усьому світі [39].

Одним із можливих шляхів вирішення проблеми дефіциту мікроелементів у харчуванні може стати застосування сполук з корисними властивостями, які отримують шляхом нанотехнологій, зокрема солей біогенних металів харчових кислот [40].

Згідно з визначенням ВООЗ, однією з головних проблем харчування в ХХІ ст. стане подолання дефіциту мікронутрієнтів загалом і мікроелементів зокрема. Зміна харчового статусу пов'язана з усе меншим споживанням свіжої рослинної їжі й дедалі більшим — продукції промислового виробництва, в якій у процесах технологічної обробки залишається мало вітамінів, біологічно активних речовин і мікроелементів, натомість додаються нехарчові інгредієнти — барвники, емульгатори тощо [39]. Інтенсивні технології виробництва в землеробстві і тваринництві також зумовлюють істотне зменшення необхідних інгредієнтів уже в самій природній сировині. Малорухливий спосіб життя, споживання висококалорійних продуктів промислового виробництва, психоемоційні навантаження призводять до суттєвого погіршення здоров'я населення і виникнення різного роду стресів.

Загалом порушення хиткої рівноваги між антиоксидантами, що містяться в більшій кількості, ніж це потрібно для виконання біологічних функцій, і високореакційними частинками спричинює антиоксидант-індукований стрес. Одним із надійних шляхів боротьби з ним є збільшення ендogenous антиоксидантного захисту завдяки помірним щоденним фізичним вправам, а також досягненню стійкої психоемоційної рівноваги.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Барабой В.А., Резніков О.Г.* Фізіологія, біохімія і психологія стресу. — К.: Інтерсервіс, 2013. — 314 с.
2. *Durackova Z.* Some current insights into oxidative stress // *Physiol. Res.* — 2010. — V. 59. — P. 459–469.
3. *Fisher-Wellman K., Bell H.K., Bloomer R.J.* Oxidative stress and antioxidant defense mechanisms linked to exercise during cardiopulmonary and metabolic disorders // *Oxid. Med. Cell. Longev.* — 2009. — V. 2. — P. 43–51.
4. *Laranjinha J.* Oxidative stress: from 1980's to recent update // *Oxidative Stress. Inflammation and Angiogenesis in the Metabolic Syndrome.* — N.Y., 2009. — P. 21–32.
5. *Min D.B., Doff I.M.* Chemistry and Reaction of Singlet Oxygen in Foods // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* — 2002. — V. 1. — P. 58–72.
6. *Valko M., Leibfritz D., Moncol J. et al.* Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease // *Int. J. Biochem. Cell. Biol.* — 2007. — V. 39. — P. 44–84.
7. *Lobo V., Phatak A., Chandra N.* Free radicals and functional foods: impact on human health // *Pharmacol. Rev.* — 2010. — V. 4. — P. 118–126.
8. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. — Geneva: WHO, 2003. — <http://www.who.int/trs/WHOTRS916.pdf>.
9. *Choe E., Min D.B.* Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods // *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* — 2009. — V. 8. — P. 345–358.
10. *Polubryk M., Ivanov S., Polubryk O.* Antioxidants in food systems. Mechanism of action // *Ukr. J. Food Sci.* — 2013. — V. 1. — P. 15–40.
11. *Durackova Z.* Oxidants, antioxidants and oxidative stress // *Mitochondrial Medicine* / ed. A. Gvordjakova. — N.Y.: Springer, 2008. — P. 19–54.
12. *Carocho M., Ferreira I.C.F.R.* A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives // *Food Chem. Toxicol.* — 2013. — V. 57. — P. 15–25.
13. *Gao L.P., Wei H.L., Zhao H.S. et al.* Antiapoptotic and antioxidant effects of rosmarinic acid in astrocytes // *Pharmacol.* — 2005. — V. 50. — P. 62–65.
14. *Leopoldini M., Russo N., Toscano M.* The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants // *Food Chem.* — 2011. — V. 125. — P. 288–306.
15. *Maurya D.K., Devasagayam T.P.* Antioxidant and prooxidant nature of hydroxyl cinnamic acid derivatives ferulic and caffeic acids // *J. Appl. Toxicol.* — 2005. — V. 25. — P. 535–548.
16. *Pietta P.G.* Flavonoids as antioxidants // *J. Nat. Food.* — 2000. — V. 63. — P. 1035–1042.
17. *Prochazkova D., Bousova I., Wilhelmova N.* Antioxidant and prooxidant properties of flavonoids // *Fitoterapia.* — 2011. — V. 82. — P. 513–523.
18. *Максютина Н.П., Мойбенко А.А., Мохарт Н.А. и др.* Биофлавоноиды как органопротекторы (кверцитин, корвунтин, квергин). — К.: Наук. думка, 2012. — 274 с.
19. *Аметов А.С., Соловьева О.Л.* Окислительный стресс при сахарном диабете 2-го типа и пути его коррекции // *Проблемы эндокринологии.* — 2011. — Т. 57, № 6. — С. 52–56.
20. *Young A.J., Lowe G.M.* Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids // *Arch. Biochem. Biophys.* — 2001. — V. 382. — P. 20–27.
21. *Krinsky N.I., Yeum K.J.* Carotenoid–radical interactions // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* — 2003. — V. 305. — P. 754–760.
22. *Palozza P.* Prooxidant actions of carotenoids in biologic systems // *Nutr. Rev.* — 1998. — V. 56. — P. 257–265.
23. *Moini H., Packer L., Saris N.E.* Antioxidant and prooxidant activities of alpha-lipoic acid and dihydrolipoic acid // *Toxicol. Appl. Pharmacol.* — 2002. — V. 182. — P. 84–90.
24. *Murakami M., Yamaguchi T., Takamura H. et al.* Effects of ascorbic acid and L-tocopherol on antioxidant activity of polyphenolic compounds // *J. Food Sci.* — 2003. — V. 68. — P. 1622–1625.
25. *Lu J.M., Lin P.H., Yao Q., Chen C.* Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: experimental approaches and model systems // *J. Cell. Mol. Med.* — 2010. — V. 14. — P. 840–860.
26. *Hirsch E.C., Faucheux B.A.* Iron metabolism and Parkinson's disease // *Movem. Disord.* — 1998. — V. 13. — P. 39–45.
27. *Cuajungco M.P., Faget K.Y., Huang X et al.* Metal chelation as a potential therapy for Alzheimer's disease // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* — 2000. — V. 920. — P. 292–304.
28. *Pacher P., Beckman J.S., Liaudet L.* Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease // *Physiol. Rev.* — 2007. — V. 87. — P. 315–424.
29. *Viappiani S., Schulz R.* Detection of specific nitrotyrosine — modified proteins as a marker of oxidative stress in cardiovascular disease // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* — 2006. — V. 290. — P. 2167–2168.

30. Полумбрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. — К.: Академперіодика, 2011. — 487 с.
31. Villanueva C., Kross R.D. Antioxidant-induced stress // *Int. J. Mol. Sci.* — 2012. — V. 13. — P. 2091–2109.
32. Duarte T.L., Lunec J. Review: When is an antioxidant not an antioxidant? A review of novel actions and reaction of vitamin C // *Free Radic. Res.* — 2005. — V. 39. — P. 671–680.
33. Rababah T.M., Hettiarachchy N.S., Horax R. Total phenolics and antioxidant activities of fenugreek, green tea, black tea, grape seed, ginger, rosemary, gotu cola and ginkgo extracts, vitamin E and tret-butylhydroquinone // *J. Agric. Food Chem.* — 2004. — V. 52. — P. 5183–5186.
34. Машковский М.Д. Лекарственные средства. — М.: Новая волна, 2005. — 1200 с.
35. Бибик Е.Ю., Фомина К.А., Ющак М.В. Тиотриазолин — потенциальное лекарственное средство с детоксикационной активностью // *Укр. мед. альманах.* — 2009. — Т. 12, № 1. — С. 213–217.
36. Бурлакова Е.Б. Биоантиоксиданты // *Рос. хим. журн.* — 2007. — Т. 51, № 1. — С. 3–12.
37. Fragg C.G. Relevance, essentiality and toxicity of trace elements in human health // *Mol. Asp. Med.* — 2005. — V. 26. — P. 235–244.
38. Eide D.J. The oxidative stress of Zinc deficiency // *Metallomics.* — 2011. — V. 3. — P. 1124–1129.
39. Тронько М.Д., Полумбрик О.М., Ковбаса В.М. та ін. Біологічна роль цинку і необхідність забезпечення адекватного рівня його споживання людиною // *Вісн. НАН України.* — 2013. — № 6. — С. 21–31.
40. Сердюк А.М., Гуліч М.П., Каплуненко В.Г., Косінов М.В. Нанотехнології мікронутрієнтів і проблеми, перспективи та шляхи ліквідації дефіциту макро- та мікроелементів // *Журн. АМН України.* — 2010. — Т. 16, № 1. — С. 107–114.

Стаття надійшла 15.05.2014

А.Г. Резников¹, О.М. Полумбрик², Я.Г. Бальон¹, М.О. Полумбрик²

¹ Інститут ендокринології і обміну речовин ім. В.П. Комиссаренко НАМН України
ул. Вышгородская, 69, Киев, 04114, Украина

² Национальный университет пищевых технологий
ул. Владимирская, 68, Киев, 01033, Украина

ПРО- И АНТИОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМЫ И ПАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА

В обзоре приведен анализ современных данных литературы и собственных исследований авторов относительно болезни современности — антиоксидант-индуцированного стресса, обуславливающего изменения структуры нуклеиновых кислот, аминокислот, протеинов, липидов и индуцирующего развитие онко-, кардиоваскулярных болезней, аутизма, атеросклероза, диабета и других заболеваний. Рассмотрены механизмы действия антиоксидантов на патологические процессы в организме человека и современные подходы к разработке пищевых продуктов, обогащенных микроэлементами, а также пути преодоления оксидативного стресса.

Ключевые слова: оксидативный стресс, антиоксиданты, механизм действия, гипозэлементоз, микроэлементы, патогенез.

О.Н. Резников¹, О.М. Polumbryk², Я.Н. Balion¹, М.О. Polumbryk²

¹ Komissarenko Institute of Endocrinology and Metabolism of NAMS of Ukraine
69 Vyshhorodska St., Kyiv, 04114, Ukraine

² National University of Food Technologies
68 Volodymrska St., Kyiv, 01033, Ukraine

PRO- AND ANTIOXIDANT SYSTEMS AND PATHOLOGICAL PROCESSES IN HUMANS

The review contains a new literature data and results of own investigations of antioxidant induced stress, which can cause structure changes of nucleic acids as well as amino acids, proteins, lipids and induce cancer and cardiovascular diseases, diabetes, autism and atherosclerosis development. The mechanisms of action of the antioxidants on pathological processes and modern approaches in food products development, which are fortified by microelements and ways of oxidative stress overcoming have been described.

Keywords: oxidative stress, antioxidants, mechanism of action, hypoelementosis, microelements, pathogenesis.

ЧЕКМАН

Іван Сергійович —

член-кореспондент НАН України,
член-кореспондент НАМН
України, доктор медичних наук,
професор, завідувач кафедри
фармакології та клінічної
фармакології Національного
медичного університету
ім. О.О. Богомольця,
Chekman_Ivan@yahoo.co.uk

ПОКРОВСЬКИЙ

Валерій Олександрович —

доктор фізико-математичних
наук, професор, завідувач відділу
мас-спектрометрії нанорозмірних
систем Інституту хімії поверхні
ім. О.О. Чуйка НАН України,
ucslnua@gmail.com

САВЧЕНКО

Дмитро Сергійович —

асистент кафедри фармакології
та клінічної фармакології
Національного медичного
університету ім. О.О. Богомольця,
Savchenko_DS@ukr.net

УДК 530.15

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ

У статті узагальнено дані літератури та результати власних досліджень авторів щодо оптичних властивостей наноматеріалів. Розглянуто квантові розмірні ефекти наночастинок у роботі таких приладів, як резонансні тунельні діоди, лазери на квантових структурах та надчутливі фотодетектори. Описано можливість використання наночастинок металів як нового класу міток у дослідженнях біологічних процесів у різних тканинах, що зумовлено істотно вищою інтенсивністю розсіювання світла наноматеріалами порівняно з інтенсивністю випромінювання найяскравіших флуоресціюючих молекул. Додатково розглянуто оптичні властивості фулеренів C_{60} і їх можливе застосування в медичній практиці.

Ключові слова: оптичні властивості, квантові розмірні ефекти, оптичні мітки, наночастинок металів, нановуглець, нанокompозити.

Вступ

У кінці ХХ ст. у свідомість людей досить швидко і природно ввійшло коротке слово «нано». Згодом цей префікс означив початок нової ери в розвитку науки і технологій, виокремилися такі напрями, як нанofізика, нанoeлектроніка, нанохімія, нанобіологія, наномедицина, нанofармакологія, нанотехнології тощо. Враховуючи нинішній рівень нанонаук і постійно зростаюче практичне впровадження їх досягнень у діяльність людства, можна стверджувати, що нанотехнології визначають обрис ХХІ ст., подібно до того, як відкриття структури атому й гена, створення комп'ютерних технологій стали ознаками минулого століття [1, 2].

В останні десятиліття стрімко розвиваються дослідження в галузі фізики нанорозмірних структур, зокрема оптика нанокompозитних матеріалів. Інтерес науковців до цього напрямку пояснюється, з одного боку, потребою у створенні нових матеріалів, які мають унікальні лінійні та нелінійно-оптичні властивості, а з іншого боку, можливістю отримати відповідь на одне з фундаментальних питань сучасного природознавства: як змінюються властивості речовини при переході від окремих атомів і молекул до організованих кластерних структур, і далі — до твердого тіла [3].

Слід зазначити, що оптичні методи відіграли вирішальну роль у проривних дослідженнях наночастинок і нанокompatитних матеріалів, оскільки розвиток лазерної оптики і спектроскопії дав змогу створити прилади, що забезпечують вивчення наноб'єктів з раніше недосяжною часовою і просторовою роздільною здатністю [4]. Нині зазначені методи аналізу широко використовують для опису і підтвердження ефективності синтезованих наноматеріалів [5].

Нанорозмірні матеріали часто мають незвичайні властивості, і цілком природно постають запитання: чим зумовлені такі унікальні характеристики; які фізичні, хімічні, фізико-хімічні чи біологічні фактори впливають на них? Саме тому наноструктуровані матеріали є цікавим об'єктом досліджень для фундаментальних і прикладних наук [6]. Зі зменшенням до нанорівня розмірів досліджуваних об'єктів та їх структурних одиниць вони нерідко набувають нових властивостей, спричинених квантово-розмірними ефектами, зростаючою роллю поверхневих атомів і взаємодій, а також переважанням хвильових властивостей над корпускулярними. Квантово-розмірний ефект виявляється в тому, що зі зменшенням розміру фізичного об'єкта енергія переходів носіїв заряду на інші енергетичні рівні збільшується, підвищується також і енергія квантів, що при цьому випромінюються. Інтерес фізиків, хіміків, матеріалознавців до нанорозмірних матеріалів пов'язаний як із постановкою принципово нових фундаментальних наукових проблем [7], так і з перспективами розроблення на основі вже відкритих фізичних явищ абсолютно нових квантових пристроїв і систем з широкими функціональними можливостями для опто- та наноелектроніки, вимірювальної техніки, інформаційних технологій нового покоління і засобів зв'язку [1, 2, 4].

Квантові розмірні ефекти в наноматеріалах

Завдяки прогресу мікроелектронної техніки в останні десятиліття відбулося помітне змен-

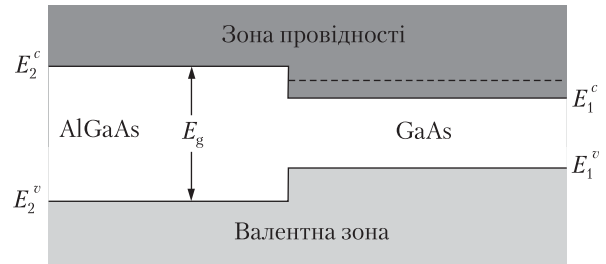


Рис. 1. Енергетичні зони на межі двох напівпровідників — широкозонного AlGaAs і вузькозонного GaAs. E^c — нижня межа зони провідності, E^v — верхня межа валентної зони. Електрон у зоні провідності, що має енергію, меншу ніж E_2^c (рівень виділено пунктиром), може знаходитися тільки праворуч від межі — в кристалі GaAs

шення характерних розмірів напівпровідникових елементів, діодів, транзисторів та інших компонент електронних пристроїв [8].

Зменшення розмірів наночастинок зумовлює принципові зміни їх фізико-хімічних властивостей і, зокрема, радикальні змінення форми й амплітуди оптичних резонансів, як у лінійній, так і в нелінійній оптиці. Насамперед, згідно з фундаментальними принципами квантової механіки, зменшення ділянки локалізації електрона приводить до зростання енергетичного зазору між дозволеними станами, що спричинює збільшення забороненої зони в напівпровідниках при зменшенні розмірів частинок.

Як же формуються квантові структури в напівпровідникових матеріалах? Відомо, що ширина забороненої зони, що відокремлює валентну зону від зони провідності в напівпровіднику, залежить від його складу і будови. Якщо привести в контакт два напівпровідники — вузькозонний і широкозонний, то на межі виникне гетероперехід (рис. 1) [3].

Подібні структури зазвичай синтезують методом молекулярно-променевої епітаксії, який забезпечує вирощування шарів різних напівпровідників з дуже різкою межею (з точністю до моношару), причому поверхня виходить гладкою на атомному рівні і шари не містять дефектів, що дуже важливо для квантових наноструктур [4].

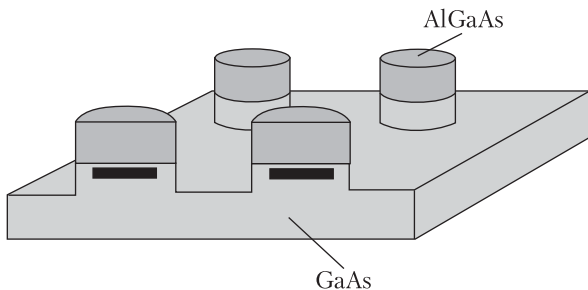


Рис. 2. Квантові точки, сформовані травленням на межі двох напівпровідників. Ділянки, де перебувають замкнені електрони, позначено чорним кольором

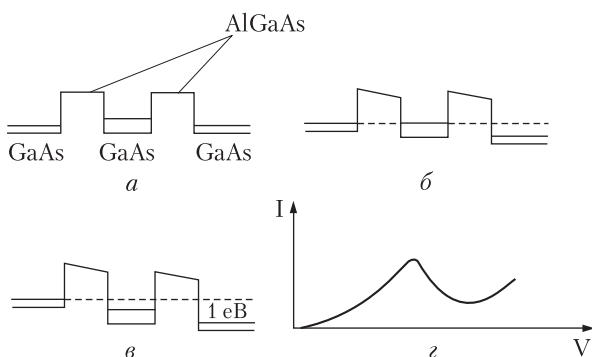


Рис. 3. Схема роботи резонансного тунельного діода: *a* – різниця потенціалів дорівнює нулю; *b* – на прилад подано резонансну напругу, за якої струм максимальний; *в* – напруга, більша за резонансну; *г* – вольт-амперна характеристика

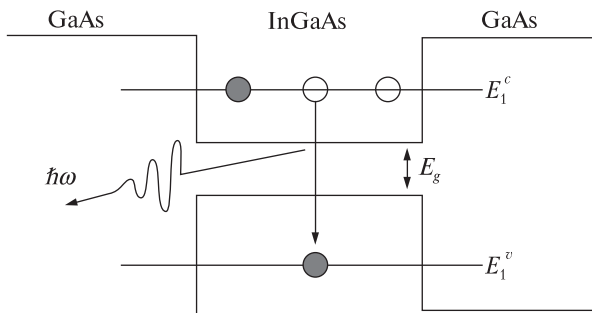


Рис. 4. Енергетична структура лазера на квантовій ямі

Такі квантові наноструктури можна вирощувати з різних матеріалів, однак найчастіше використовують поєднання арсеніду галію (GaAs) і твердого розчину $Al_xGa_{1-x}As$, в якому частину атомів галію заміщено атомами алю-

мінію. Показник x зазвичай змінюється в межах від 0,15 до 0,35. Ширина забороненої зони в арсеніді галію становить 1,5 еВ, а в твердому розчині $Al_xGa_{1-x}As$ вона зростає зі збільшенням показника x . Так, у AlAs ($x = 1$) ширина забороненої зони дорівнює 2,2 еВ, тобто вона на 0,7 еВ більша, ніж у GaAs. Щоб виростити квантову яму, необхідно під час росту структури змінювати хімічний склад атомів, які напильють на вирощуваний шар. Спочатку потрібно виростити шар широкозонного напівпровідника $Al_xGa_{1-x}As$, потім шар вузькозонного GaAs, і нарешті, знову шар $Al_xGa_{1-x}As$ [9].

У процесі вирощування квантових точок (рис. 2), які утворюються на межі поділу напівпровідників GaAs і AlGaAs, у шар AlGaAs додають домішкові атоми – донори електронів. Електрони цих атомів переміщуються в напівпровідник GaAs, у ділянку з меншою енергією, однак вони не можуть відійти дуже далеко, оскільки притягуються до позитивно заряджених іонів домішки. Електрони зосереджуються біля самої межі гетеропереходу з боку арсеніду галію і утворюють двовимірний електронний газ [4]. Процес формування квантових точок починається з нанесення на поверхню AlGaAs серії масок, кожна з яких має форму кола і є діелектриком. Після цього здійснюють глибоке травлення, щоб видалити весь шар AlGaAs і частково шар GaAs. У результаті електрони виявляються замкненими в утворених циліндрах, діаметри яких становлять ~ 500 нм [9].

У квантових точках рух електронів обмежено в трьох вимірах і енергетичний спектр повністю дискретний, як і в атомі. Тому квантові точки можна розглядати як штучні атоми, хоча кожна з них містить десятки і сотні тисяч атомів. Квантова точка може містити один або кілька вільних електронів, їх кількість визначається концентрацією донорних атомів.

Розглянемо принципи дії двох основних приладів сучасної квантової електроніки, заснованих на квантових ефектах взаємодії електронів зі штучно створеними бар'єрами у нанометровому діапазоні.

Резонансний тунельний діод складається з двох бар'єрів, розділених ділянкою з малою

потенційною енергією — квантовою ямою (рис. 3). У цій ямі є один або кілька дозволених дискретних рівнів енергії електрона. Характерна ширина бар'єрів і ями між ними становить кілька нанометрів. Ділянки навколо бар'єрів відіграють роль резервуарів електронів провідності, до яких примикають контакти [10]. Струм, що протікає через подвійний бар'єр, залежить від величини прикладеної напруги. Зауважимо, що потенціал у такому приладі різко знижується переважно на ділянці подвійного бар'єру, оскільки ділянки ліворуч і праворуч від нього мають високу провідність. Якщо прикладена напруга є малою і енергія електронів, що прямують на бар'єр зліва, менша за енергію дискретного рівня в ямі, то прозорість бар'єру, а отже, і струм, який протікає в ньому, будуть малими. Струм досягає максимального значення, коли енергія електронів, що прямують на бар'єр, дорівнює енергії дискретного рівня. За вищих напруг енергія електронів стає більшою, ніж енергія дискретного рівня, і тунельна прозорість зменшується [3].

Отже, вольт-амперна характеристика резонансного тунельного діода має максимум (якщо в ямі поміщається не один, а кілька дискретних рівнів, то і максимумів буде декілька). На графіку праворуч від максимуму є спадна ділянка, де струм зменшується зі зростанням напруги, — ділянка негативного диференціального опору, завдяки чому резонансний тунельний діод можна використовувати для генерації електромагнітних коливань [10].

Іншим приладом квантової електроніки, що використовує розмірні квантові ефекти в напівпровідникових структурах, є *напівпровідниковий лазер на квантових ямах* (рис. 4). Двовимірну квантову яму утворено двома шарами широкозонного напівпровідника, до яких приєднані контакти, а між ними знаходиться шар вузькозонного напівпровідника [3]. З подаванням електронів через один контакт на зв'язаний рівень у зоні провідності створюється інверсія заселеності, й електрони в процесі вимушеної емісії випромінюють кванти світла, переходячи на дискретний рівень у валентній зоні, звідки вони потрапляють на інший контакт. Енер-

гія кванта при цьому визначається шириною забороненої зони і розміщенням двох дискретних рівнів у квантовій ямі [11].

Такі лазери мають істотні переваги перед звичайними напівпровідниковими лазерами. Так, при зменшенні розмірів квантової ями змінюються енергії дискретних рівнів у зоні провідності, і у валентній зоні частота, що генерується лазером, зростає. Крім того, у двовимірному електронному газі легше створити інверсню населеність, тому лазери на квантових структурах дуже економічні, потребують меншої густини струму для досягнення порогу генерації і вирізняються високою ефективністю — до 60% електричної потужності перетворюється на когерентне лазерне випромінювання [11].

Також можливе застосування фотодетекторів, що працюють за принципом квантових ям. Розроблено спосіб отримання подібних датчиків на основі нанокристалів графену, які мають надвисоку фоточутливість [12].

Нанокompозитні структури на основі вуглецю

Уперше фулерен C_{60} було виявлено в 1985 р., у 1990 р. став можливим синтез чистих фулеренів у грамових кількостях, а за дослідження структурних та фізико-хімічних властивостей C_{60} у 1996 р. Г. Крото, Р. Керла і Р. Смоллі удостоєно Нобелівської премії з хімії. Нині відомо вже багато різновидів фулеренів та фулереноподібних систем, однак серед них C_{60} вивчено якнайкраще [13].

Фулерени можна розглядати як нелінійні оптичні матеріали другого порядку, які зумовлюють різке зниження прозорості та мають високий ступень здатності до вторинної поляризації. Ці властивості уможливають використання фулеренів як основи для оптичних затворів-обмежувачів інтенсивності лазерного випромінювання [14]. Зокрема, підвищенню інтересу до самоорганізації фулеренів при формуванні різних функціональних вузлів сонячних батарей і польових транзисторів сприяла можливість забезпечення ними високих

оптоелектронних характеристик при перетворенні світлової енергії, а також наявність фотопровідності у спектральному діапазоні [15]. Спектр фотопоглинання фулеритових плівок знаходиться в діапазоні 280–680 нм, а квантовий вихід, тобто ймовірність утворення електронної пари при поглинанні одного фотона, становить 0,9.

При ультрафіолетовому лазерному опроміненні фулеренвмісних наноструктурованих матеріалів спостерігаються різні ефекти, які можна використати в нанотехнологічних, біологічних, медичних та фармацевтичних розробках, а поглиблене їх вивчення дозволить розширити сферу застосування наноматеріалів [16].

Метод мас-спектрометрії з лазерною десорбцією/іонізацією (ЛДІ МС), особливо матрично-активованою (МАЛДІ МС), використовують для аналізу на молекулярному рівні як індивідуальних речовин, так і їх складних сумішей, адсорбованих на поверхні наноструктурованих носіїв. Цей метод дослідження є ефективним у вивченні складних наносистем на основі вуглецю, таких як нанотрубки, терморозширений графіт, наноалмази, які можна використовувати як підкладки для ЛДІ. Особливо продуктивним цей метод виявився у дослідженнях механізмів хімічних реакцій на поверхні наноструктурованих систем, а також особливостей іонізації, фрагментації та агрегації молекул фулеренів, передусім C_{60} , у поверхневому шарі підкладки під дією лазерного опромінення [17].

Утворення іонів та хімічні реакції молекул фулерену залежать переважно від природи та властивостей поверхні, на яку вони нанесені, від умов нанесення та механізму іонно-молекулярних реакцій, які відбуваються в іонному джерелі мас-спектрометра. Показано, що плазмонний резонанс, як наслідок багатофотонного збудження молекули фулерену в конденсованому стані, є початковою стадією та основним механізмом постачання енергії для лазерно-індукованої іонізації, фрагментації, агрегації та хімічних реакцій, що відбуваються як в адсорбованому стані, так і в іонному джерелі мас-спектрометра в процесі експерименту [18].

Метод ЛДІ МС дозволяє також синтезувати нові фулереноподібні форми, яких не було у вихідному зразку. Є принципова відмінність між мас-спектрами, одержаними при вивченні різних алотропних форм вуглецю. Зокрема, виключно для іонів фулерену C_{60} спостерігається інтенсивна втрата нейтральних фрагментів C_2 під дією лазерного опромінення. У роботі [13] показано, що існує мінімальне значення потужності лазерного опромінення для C_{60} , нанесеного з розчину на поверхню кремнію, починаючи з якого в мас-спектрі спостерігається іон $[C_{58}]^+$ – найінтенсивніший фрагмент фулерену. Зростання потужності лазерного опромінення супроводжується монотонним зростанням відносної інтенсивності іонів-фрагментів, які можна описати загальною формулою $[C_{60-2n}]^+$, де n змінюється від 1 до 4.

Аналіз мас-спектрів фулеренів наочно демонструє, що фрагментація відбувається під час лазерної десорбції/іонізації і супроводжується утворенням своєрідних структур, таких як C_{60-2n} (де n дорівнює 1, 2 або 4), енергія та геометрична структура яких відрізняється від вихідної молекули [17].

У процесі МАЛДІ МС-фрагментації та агрегації C_{60} на поверхні зразки наносили на стандартну сталеву підкладку та на поверхню монокристалу кремнію з розчинів у CCl_4 , CH_3I і C_5H_5N . У всіх мас-спектрах спостерігали агрегацію молекул фулерену, а також фрагментацію цих агрегатів, зумовлену вилученням фрагментів C_2 , C_4 , C_6 тощо. Як агрегація, так і фрагментація спостерігається переважно для фулеренів, адсорбованих на поверхні кремнію, порівняно зі спектрами, одержаними при іонізації з поверхні сталеві підкладки. Це явище можна пояснити ефективним поглинанням лазерного променя поверхневим шаром кремнію. Слід зазначити, що для тієї самої підкладки ефект агрегації/фрагментації значно менший при осадженні плівки з розчину C_{60}/C_5H_5N ($\epsilon = 12,3$) порівняно з C_{60}/CH_3I ($\epsilon = 7,0$). Агрегація/фрагментація молекул фулерену в процесі лазерної десорбції найбільш виражена для насичених розчинів для обох типів підкладок (сталь і кремній) [18].

Додатково встановлено: молекулярний іон дає найбільшу інтенсивність у мас-спектрі; іони-фрагменти $[C_{60-2k}]^+$ наявні для $k = 0-5$; іони-агрегати $2[C_{60-2k}]^+$ спостерігаються в мас-спектрі для $k = 1-11$; для високих мас характерні групи агрегатів, що відповідають 3, 4, 5 і навіть більшій кількості молекул фулерену, причому максимум інтенсивності розподілу їх максимумів зміщується в бік менших мас порівняно з відповідним агрегатом [17].

З аналізу результатів квантово-хімічних досліджень випливає, що порівняно з молекулярною формою, термодинамічно найвигіднішим є механізм фрагментації катіон-радикала фулерену C_{60}^{+} . Одержані дані свідчать на користь того, що саме дефекти фулерену 5-7-5 внаслідок особливостей симетрії відіграють важливу роль у фрагментації іонів C_{60}^+ під дією лазерного опромінення [18].

З літературних джерел отримано інформацію про можливість застосування фулеренів у інноваційному методі лікування онкологічних захворювань — фотодинамічній терапії, яка забезпечує цільову доставку протипухлинних лікарських засобів. На культурі клітин фібросаркоми людини HT1080 було продемонстровано можливість фотоіндуктивного лікування злоякісних новоутворень водорозчинним комплексом фулерену C_{60} з поліетиленгліколем (ПЕГ). Результати дослідження свідчать про збільшення в 6,5 раза протипухлинної активності фотоіндуктивної терапії при застосуванні фулеренів, а також про те, що C_{60} має в 2,4 раза більшу спорідненість до онкологічних клітин, ніж до здорових. Отже, наноккомпозит C_{60} -ПЕГ можна застосовувати як фотосенсибілізатор для фотодинамічної терапії з обмеженими побічними ефектами в здорових клітинах та переважним синтезом реактивних форм кисню в ракових клітинах [19].

В іншому дослідженні вивчали наноккомпозит, що містив фулерени, на поверхні яких були закріплені наночастинки оксиду заліза (НЧОЗ), ПЕГ та гематопорфірин монометилового ефіру (ГПМЕ). З метою забезпечення цільової доставки композиту до його складу було включено НЧОЗ, тоді як ГПМЕ вико-

ристовували для підсилення фотодинамічної протипухлинної терапії фулеренів. Протипухлинна активність спостерігалася як *in vitro* на культурах клітин, так і *in vivo* — у дослідях на мишах [20].

Наноккомпозитні структури на основі наночастинок металів

Методи синтезу наноккомпозитних матеріалів, що містять металічні наночастинки певної форми і розміру, поділяються на хімічні, термодинамічні, радіологічні, електролітичні, а також методики вакуумного випаровування. Серед наночастинок простих речовин особливе місце посідають металеві наночастинки, а також їх ансамблі — острівкові металеві плівки, розміщені на діелектричних підкладках [16].

Оптичні властивості наночастинок золота та інших благородних металів зумовлені квантово-розмірними ефектами і відіграють помітну роль лише у разі розмірів частинок, менших за 10 нм. Разом з тим, змінення оптичних властивостей спостерігаються вже за розмірів наночастинок металів, менших, ніж довжина хвилі видимого світла (500 нм) [21]. Класичні розмірні ефекти в оптиці наночастинок спричинені локальним посиленням електричного поля на поверхні і збудженням поверхневих плазмонів, тобто когерентним збудженням усіх вільних електронів провідності. Цей розмірний ефект визначається граничними умовами на поверхні наночастинки, оскільки об'ємний плазмон, що збуджується в макроскопічному металевому зразку, має резонансну частоту при набагато вищих рівнях енергії [4].

У сучасних технологіях металеві наночастинки відіграють дедалі більшу роль. Навіть якщо обмежитися лише застосуваннями, основаними на оптичних властивостях металевих наночастинок, то й вони виявляються досить різноманітними і численними. У наночастинок золота, срібла, лужних металів оптичні властивості визначаються переважно плазмонами, тобто колективними коливаннями вільних електронів відносно іонного базису [22].

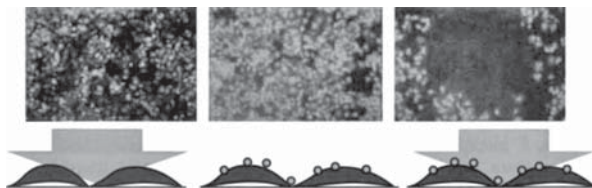


Рис. 5. Зображення ракових клітин, контрастованих за допомогою кальцеїну (світлий колір вказує на живі клітини): ліворуч — клітини, опромінені тільки лазером (без наночастинок); у середині — оброблені наночастинками, але не опромінені лазером; праворуч — оброблені наночастинками і опромінені лазером (чорна пляма відповідає мертвим клітинам, що загинули внаслідок нагрівання наночастинок випромінюванням)

Оптичні характеристики наночастинок металів у воді

Метал	Довжина хвилі максимуму поглинання $\lambda_{\text{макс}}$, нм	Концентрація досліджуваних зразків, л · моль ⁻¹ · см ⁻¹
Кадмій	260	$2,0 \cdot 10^4$
Нікель	215, плече ~350	$4,7 \cdot 10^3$
Кобальт	<200	$1,3 \cdot 10^4$
Палладій	230	$6,1 \cdot 10^3$
Палладій-Н ₂	265	$4,5 \cdot 10^3$
Платина	215	$5,8 \cdot 10^3$
Срібло	380–410	$(1–3) \cdot 10^4$
Золото	510–540, зростання в УФ-ділянці	$(1,5–3,0) \cdot 10^3$
Мідь	565, зростання в УФ-ділянці	$2,5 \cdot 10^3$
Олово	200	$5,0 \cdot 10^3$
Ртуть	300	$1,8 \cdot 10^4$
Талій	220	$1,3 \cdot 10^4$
Свинець	210	$3,0 \cdot 10^4$
Вісмут	253	$4,2 \cdot 10^3$

Збудження плазмонів можна стимулювати оптичним випромінюванням з виникненням резонансів у спектрах поглинання і розсіювання (що не характерно для масивних металів) у разі збігу частоти стимулювального випромінювання з власною частотою плазмона. Параметри плазмонного резонансу — величина, положення в спектрі і півширина смуги — залежать від матеріалу частинки, її форми, розміру, структури, складу та стану навколишньо-

го середовища. При цьому інтенсивності як поглинання, так і розсіювання в максимумі смуги надзвичайно великі. Тому смуги плазмонного резонансу можуть бути ефективними показниками в дослідженнях наночастинок та середовища навколо них [23].

Специфічна властивість нанорозмірних металевих частинок виявляється в багаторазовому посиленні оптичного поля поблизу їх поверхні. Особливо привабливою є та обставина, що посилення відбувається тільки в безпосередній близькості від частинки, забезпечуючи високу селективність і локалізацію впливу, знижуючи водночас вимоги як до джерела випромінювання, так і до середовищ, через які проходить промінь [24].

Спектр поглинання водного розчину наночастинок срібла розміром 2–4 нм має максимум смуги плазмонного резонансу у фіолетовій частині видимого спектра (390–450 нм). Розчини наночастинок золота мають максимум поглинання також у видимій ділянці — від 510 до 540 нм, наночастинок міді — 550 нм (зелена частина видимого спектра). Оскільки максимум смуги плазмонного резонансу перебуває у видимій ділянці спектра, розчини таких наночастинок мають інтенсивне забарвлення, при цьому розміри частинок можна підібрати так, щоб цей максимум припадав на різні частини видимого спектра [7]. Нині ми вже маємо можливість отримувати кольорові фотографії окремих наночастинок. У таблиці підсумовано відомі на сьогодні дані про оптичні властивості індивідуальних металевих наночастинок, які мають сферичну форму і діаметр 3–10 нм [25].

Інтенсивність розсіювання світла наночастинками металів набагато вища за інтенсивність випромінювання флуоресціюючих молекул, що дає змогу застосовувати їх у дослідженнях біологічних процесів у тканинах як новий клас міток. Використання наночастинок срібла як міток, попередньо зв'язаних з антитілами, дозволяє ідентифікувати хромосомні аномалії. Золоті та срібні наночастинки можуть бути використані як мітки в хімічних і біологічних сенсорах. Наночастинок золота

застосовують також у фототермальній терапії для діагностики злоякісних новоутворень і знищення ракових клітин (рис. 5) [26–28].

Напівпровідникові фотоприймачі можна зробити тоншими без зменшення їх ефективності, якщо на поверхні розмістити металеві наночастинки. Це дасть змогу не лише зекономити дорогий матеріал, а й збільшити швидкодію приладу [29]. Посилення і локалізація зовнішніх електромагнітних полів поблизу металеві наночастинки дозволить окреслити реальні підходи до одержання сигналів комбінаційного розсіяння від надмалих кількостей речовини [30]. Органічні речовини утворюють тонку плівку на поверхні наночастинок; при обробленні лазером навколо цих «систем» формуються поверхневі плазмони, які взаємодіють з випромінюванням і посилюють розсіяння. Спектри, отримані в такий спосіб, характеризують органічну речовину — лінії на спектрі досить інтенсивні і їх можна ідентифікувати, на відміну від спектрів, одержаних у традиційних методах [29, 30].

Застосування нанокомпозитних матеріалів

Практичне застосування різноманітних нанокомпозитних структур є найбільш перспективним для електронної техніки нових поколінь. Слід ураховувати, що при переході до нанометрових структур чітко виявляється квантовомеханічна природа квазічастинок у твердому тілі. У таких випадках квантові ефекти наноматеріалів (розмірне квантування, конфайнмент, тунелювання, інтерференція електронних станів тощо) відіграватимуть основну роль у перебігу фізичних та фізико-хімічних процесів у таких об'єктах, у функціонуванні приладів на їх основі [31].

Застосування наноматеріалів зумовлено їх новими, порівняно з однорідними матеріалами, оптичними і каталітичними властивостями. Так, оптоелектроніка, оптичний зв'язок, створення логічних елементів оптичних обчислювальних машин і елементів комутації для оптоелектроніки, запису і зберігання інфор-

мації потребують створення нових наноструктур з високими нелінійно-оптичними характеристиками [8]. Наприклад, нанокомпозити на основі монокристалів $(\text{NH}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_2)_2\text{CuCl}_4$, $(\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_4)_2\text{CoCl}_2\text{Br}_2$ і $(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3)_2\text{CuCl}_4$ можна використовувати як нелінійно-оптичні елементи, п'єзоперетворювачі, чутливі матеріали для сенсорів [32].

Збільшення питомої ваги електронних і оптоелектронних компонентів в оптичних, фізичних, біологічних, хімічних, медичних, машинобудівних та інших технологіях має важливе технічне, економічне й екологічне значення [16]. Завдяки можливості створювати наноматеріали з наперед заданими оптичними спектрами можна так «налаштувати» джерела випромінювання, щоб селективно впливати на біологічні і хімічні процеси, контролюючи їх за допомогою сигналів у певних спектральних діапазонах [8].

Учені з Великої Британії розробили новий тип оптичного пінцета, здатного захоплювати і переміщувати об'єкти з точністю до 1 нм, що дозволить краще маніпулювати окремими живими клітинами і, без сумніву, відкриє шлях до нових знань про динаміку внутрішньоклітинних процесів. Традиційний оптичний пінцет, створений десятиліття тому, — один з найважливіших сьогодні інструментів мікробіології, фізики, хімії, особливо корисний він у цитології. Оптичний пінцет ближнього поля використовує так звані «віртуальні фотони» для істотного зменшення обсягу зони захоплення частинок. Ідея нового методу дуже близька до ідеї мікроскопа ближнього поля, але вона дає можливість захопити наночастинку в зоні з розмірами, істотно меншими за довжину хвилі використовуваного лазера [8].

Оптичні мітки для дослідження біомолекул

Наночастинки кремнію кристалічної структури, сферичної форми, діаметром близько 10–50 нм після окиснення та зменшення кристалічного ядра добре люмінесціюють, що можна використати для діагностики і терапії онколо-

гічних захворювань. У роботі [33] описано метод отримання таких наночастинок кремнію зі стабільною люмінесценцією.

Встановлено можливість отримання яскраво люмінесціюючих міток у разі введення в комплекси лантанідів та ітрію кумарину як ліганду. При цьому поглинання спостерігається не лише в діапазоні 360–370 нм, а й на ділянці 440–450 нм, а спектр флуоресценції є вузьким з максимумом при 520 нм [34].

Для визначення структури біологічних об'єктів широко застосовують спектроскопічні методи вимірювання оптичної активності. За допомогою резонансного комбінаційного розсіювання зондують структуру клітин і визначають конформацію молекул протеїнів і ДНК, вивчають і класифікують третинні структури біологічних молекул [35]. Барвники, які флуоресціюють при лазерному збудженні, використовують для визначення водневого показника та іонних сил у клітинах, а також для дослідження специфічних ділянок у протеїнах. Результати інноваційних досліджень свідчать, що замість специфічних барвників з цією метою можна використовувати наночастинки золота [36] і срібла [37].

Застосування оптичних методів дослідження процесів поділу клітин з роздільною здатністю 1 нм також можливе за допомогою наночастинок металів [38, 39]. На окремих протеїнових молекулах спеціальними способами закріплюють флуоресцентні наночастинки. Підсвічені лазерним променем, такі наноструктури стають видимими в оптичний мікроскоп з чутливою цифровою камерою, що дозволить ученим відстежувати розташування і рух протеїнів усередині будь-якої клітини [38].

Посилення ефекту поглинання світла органічними і неорганічними молекулами в разі приєднання до них наночастинок золота є широко затребуваним методом у фармакології, цитології та біомедичній діагностиці [28].

Наявні методи дослідження біохімічних внутрішньоклітинних процесів (мікрокалориметрія, ЯМР та ЕПР) дозволяють оперувати лише макроскопічними зразками, які містять велику кількість клітин, або спричинюють

руйнування клітинної мембрани, що призводить до загибелі клітин і не дає можливості вивчати біохімічні реакції *in situ* в реальному часі. В останні роки динаміку перебігу внутрішньоклітинних процесів досліджують методами класичної абсорбційної спектроскопії, оскільки більшість біологічних молекул поглинають випромінювання видимої частини спектра. Посилити світіння біомолекул можна прикріпленням до них наночастинок золота (20–30 нм). Так, молекула цитохрому С, що регулює метаболізм у клітині, поглинає світло з довжиною хвилі близько 550 нм. Наночастинки Au посилюють ефект поглинання світла молекулами цитохрому, оскільки частота плазмонного резонансу в них близька до частоти поглинання самих молекул, внаслідок чого уможливорюється процес резонансного перенесення енергії, який характеризується появою певних особливостей — так званих «провалів» у спектрі поглинання частинок золота. Подібні експерименти проведено також з молекулами гемоглобіну, що містять прикріплені наночастинки срібла [4, 40].

Тривають дослідження з вивчення хімічних, фізико-хімічних, біологічних, фармакологічних властивостей фулеренів, зокрема C_{60} , які мають великі перспективи застосування в нанотехнологіях [13].

Висновки

Перехід до розмірів об'єктів порядку десятків або одиниць нанометрів зумовлює якісно нову ситуацію, за якої квантові ефекти (тунелювання, розмірне квантування, інтерференційні ефекти) починають помітно впливати на фізичні (в тому числі й оптичні) процеси в наноструктурах.

Квантові розмірні ефекти наночастинок використовують у роботі таких приладів, як резонансні тунельні діоди для генерації електромагнітних коливань; економічні лазери на квантових ямах; надчутливі фотодетектори; більш тонкі та швидкодійні напівпровідникові фотоприймачі, на поверхні яких розміщено металеві наночастинки. Нанокompозитні ма-

теріали можна застосовувати як нелінійно-оптичні елементи, п'єзоперетворювачі, чутливі матеріали для сенсорів.

У дослідженнях *in vivo* та *in vitro* підтверджено ефективність наночастинок при лікуванні онкологічних захворювань. Отримано інформацію про можливість застосування фулеренів у фотодинамічній терапії, яка забезпечує цільову доставку протипухлинного препарату. Наночастинки золота використовують також у фототермальній терапії для діагностики злоякісних новоутворень і знищення ракових клітин. Крім того, наночастинки металів добре

люмінесціюють, що може бути корисним у діагностиці і терапії онкологічних захворювань.

Інтенсивність розсіювання світла наночастинками металів перевищує інтенсивність випромінювання найяскравіших флуоресціюючих молекул, що дозволяє розглядати їх як новий клас міток у дослідженнях біологічних процесів у різних тканинах. Наночастинки золота і срібла вже використовують як мітки в хімічних і біологічних сенсорах. Їх властивості дають також можливість одержувати детальну інформацію про структуру і поведінку досліджуваних біомолекул.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Патон Б.Є., Москаленко В.Ф., Чекман І.С. та ін. Нанонаука і нанотехнології: технічний, медичний і соціальний аспекти // Вісн. НАН України. — 2009. — № 6. — С. 76–80.
2. Абрамов Н.В., Багацкая А.Н., Белякова Л.А. и др. Наноматериалы и нанокompозиты в медицине, биологии, экологии. — К.: Наук. думка, 2011. — 444 с.
3. Мазуренко В.В., Руденко А.Н., Мазуренко В.Г. и др. Наночастицы, наноматериалы, нанотехнологии: уч. пособ. — Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. — 83 с.
4. Учебно-методический комплекс дисциплины «Оптические свойства нанокompозитов» для подготовки бакалавров по тематическому направлению деятельности национальной нанотехнологической сети «Композитные наноматериалы». — СПб.: СПбГУ, 2011. — 132 с.
5. Носач Л.В., Савченко Д.С., Власенко О.М. Одержання і характеристика кластерів срібла на поверхні нанодисперсного кремнезему // Укр. наук.-мед. журн. — 2011. — № 4. — С. 78.
6. Kreibitz U., Vollmer M. Optical Properties of Metal Clusters. — Berlin: Springer, 1995. — 529 p.
7. Серов И.Н., Марголин В.И., Жабров В.А. и др. Резонансные явления в наноразмерных структурах // Инженерная физика. — 2004. — № 1. — С. 18–32.
8. Вейко В.П. Опорный конспект лекций «Лазерные микро- и нанотехнологии в микроэлектронике». — СПб.: НИУ ИТМО, 2011. — 141 с.
9. Shen M., Cao W. Electronic band-structure engineering of GaAs/Al_xGa_{1-x}As quantum well superlattices with substructures // Mater. Eng. B. — 2003. — V. 103. — P. 122–127.
10. Romeira B., Javaloyes J., Ironside C. et al. Excitability and optical pulse generation in semiconductor lasers driven by resonant tunneling diode photo-detectors // Opt. Express. — 2013. — V. 21, N 18. — P. 20931–20940.
11. Cheng H.C., Lee C.P. Investigation of quantum dot passively mode-locked lasers with excited-state transition // Opt. Express. — 2013. — V. 21, N 22. — P. 26113–26122. — doi: 10.1364/OE.21.026113.
12. Cheng S.H., Weng T.M., Lu M.L. et al. All carbon-based photodetectors: an eminent integration of graphite quantum dots and two dimensional graphene // Sci. Rep. — 2013. — V. 3, N 2694. — doi: 10.1038/srep02694.
13. Ōsawa E. Looking back the most beautiful molecule C₆₀: after quarter century of discovery // Вісн. НАН України. — 2012. — № 9. — С. 30–38.
14. Yang G., Si Y., Su Z. Theoretical study on the chiroptical optical properties of chiral fullerene C₆₀ derivative // J. Phys. Chem. A. — 2011. — V. 115, N 46. — P. 13356–13363. — doi: 10.1021/jp204860x.
15. Shen Y., Nakanishi T. Fullerene assemblies toward photo-energy conversions // Phys. Chem. Chem. Phys. — 2014. — V. 16, N 16. — P. 7199–7204. — doi: 10.1039/c4cp00221k.
16. Чекман І.С., Ульберг З.Р., Маланчук В.О. та ін. Нанонаука, нанобіологія, нанофармація. — К.: Поліграф плюс, 2012. — 328 с.
17. Pokrovskiy V.O., Grebenyuk A.G., Demianenko E.M. et al. Laser desorption/ionization of fullerenes: experimental and theoretical study // Chem. Phys. Technol. Surf. — 2013. — V. 4, N 1. — P. 78–91.

18. *Snegir S.V., Gromovyi T.Y., Pokrovskiy V.O.* Laser desorption/ionization mass spectrometry of fullerene C₆₀ deposited onto the polished steel and silicon targets // *Phys. Met. Adv. Technol.* — 2006. — V. 28. — P. 255–261.
19. *Asada R., Liao F., Saitoh Y. et al.* Photodynamic anti-cancer effects of fullerene [C₆₀]-PEG complex on fibrosarcomas preferentially over normal fibroblasts in terms of fullerene uptake and cytotoxicity // *Mol. Cell. Biochem.* — 2014. — V. 390, N 1–2. — P. 175–184. — doi: 10.1007/s11010-014-1968-8.
20. *Shi J., Yu X., Wang L. et al.* PEGylated fullerene/iron oxide nanocomposites for photodynamic therapy, targeted drug delivery and MR imaging // *Biomater.* — 2013. — V. 34, N 37. — P. 9666–9677. — doi: 10.1016/j.biomaterials.2013.08.049.
21. *Остроухов Н., Слепцов В., Тягинский А. и др.* Оптические свойства золы серебра при их агрегации // *Фотоника.* — 2011. — Т. 29, № 5. — С. 38–41.
22. *Иванова В.С.* Введение в междисциплинарное наноматериаловедение. — М.: Саинс-Пресс, 2005. — 208 с.
23. *Dhawan A., Muth J.* Plasmon resonances of gold nanoparticles incorporated inside an optical fibre matrix // *Nanotechnol.* — 2006. — V. 17. — P. 2504–2511.
24. *Chien-Ying T., Tien-Li C., Ramesh U. et al.* Electrical detection of protein using gold nanoparticles and nanogap electrodes // *Jpn. J. Appl. Phys.* — 2005. — V. 44. — P. 5711–5716.
25. *Ершов Б.Г.* Наночастицы металлов в водных растворах: электронные, оптические и каталитические свойства // *Рос. хим. журн.* — 2001. — Т. 45, № 3. — С. 20–30.
26. *Krasteva N., Guse B., Besnard I. et al.* Gold nanoparticle/PPI-dendrimer based chemiresistors. Vapor-sensing properties as a function of the dendrimer size // *Sens. Actuat. B.* — 2003. — V. 92, N 1–2. — P. 137–143.
27. *Haes A.J., Hall W.P., Chang L. et al.* A localized surface plasmon resonance biosensor: first steps toward an assay for Alzheimer's disease // *Nano Lett.* — 2004. — V. 4, N 6. — P. 1029–1034.
28. *Савичева И.С.* Резонансное рассеяние излучения наночастицами различной формы. — Самарский гос. ун-т, 2013. — 71 с.
29. *Lim S., Mar W., Matheu P. et al.* Photocurrent spectroscopy of optical absorption enhancement in silicon photodiodes via scattering from surface plasmon polaritons in gold nanoparticles // *J. Appl. Phys.* — 2007. — V. 101. — doi: 10.1063/1.2733649.
30. *Seok-Soon K., Seok-In N., Jang J. et al.* Plasmon enhanced performance of organic solar cells using electrodeposited Ag nanoparticles // *Appl. Phys. Lett.* — 2008. — V. 93. — doi: 10.1063/1.2967471.
31. *Прошкин В.А.* Оптические свойства микросужений и квантовых точек с примесными центрами атомного и молекулярного типа во внешних электрическом и магнитном полях: дис. канд. физ.-мат. наук: 01.04.05. — 2008. — 153 с.
32. *Капустяник В.* Наноферойки — нові ефекти, властивості, можливості // *Журн. фіз. досліджень.* — 2013. — Т. 17, № 1. — С. 1702–1722.
33. *Владимиров А.Г., Коровин С.Б., Пустовой В.И.* Люминесценция кремниевых наночастиц // *Rusnanotech-08: матер. I Междунар. форума по нанотехнологиям (3–5 дек. 2008, Москва).* — С. 767–769.
34. *Дударь С.С., Свешикова Е.Б., Ермолаев В.Л.* Сенсбилизация флуоресценции молекул красителей в наночастицах из комплексов металлов // *Опт. и спектр.* — 2010. — Т. 109, № 4. — С. 605–617.
35. *Чекман І.С., Радзієвська С.О.* Словник-довідник з наноауки: англо-укр. — К.: Задруга, 2013. — 296 с.
36. *Liao X., Chen Y., Qin M. et al.* Au-Ag-Au double shell nanoparticles-based localized surface plasmon resonance and surface-enhanced Raman scattering biosensor for sensitive detection of 2-mercapto-1-methylimidazole // *Talanta.* — 2013. — V. 117. — P. 203–208.
37. *Qu L.L., Song Q.X., Li Y.T. et al.* Fabrication of bimetallic microfluidic surface-enhanced Raman scattering sensors on paper by screen printing // *Anal. Chim. Acta.* — 2013. — V. 792. — P. 86–92.
38. *Liu C., Sahoo S., Tsao M.* Acridine orange coated magnetic nanoparticles for nucleus labeling and DNA adsorption // *Colloids Surf. B.* — 2013. — V. 115. — P. 150–156. — doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.11.003.
39. *Rogers N., Claire S., Harris R. et al.* High coating of Ru(II) complexes on gold nanoparticles for single particle luminescence imaging in cells // *Chem. Commun. (Camb).* — 2014. — V. 50, N 5. — P. 617–619.
40. *Liu G., Long Y., Choi Y. et al.* Quantized plasmon quenching dips nanospectroscopy via plasmon resonance energy transfer // *Nature Methods.* — 2007. — V. 4. — P. 1015–1017.

Стаття надійшла 07.07.2014

И.С. Чекман¹, В.А. Покровский², Д.С. Савченко¹

¹ Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца
бульвар Т. Шевченко, 13, Киев, 01601, Украина

² Институт химии поверхности им. А.А. Чуйко НАН Украины
ул. Генерала Наумова, 17, Киев, 03164, Украина

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОМАТЕРИАЛОВ

В статье обобщены данные литературы и результаты собственных исследований авторов, касающиеся оптических свойств наноматериалов. Рассмотрены квантовые размерные эффекты наночастиц в работе таких приборов, как резонансные туннельные диоды, лазеры на квантовых структурах и сверхчувствительные фотодетекторы. Описана возможность использования наночастиц металлов как нового класса меток в исследованиях биологических процессов в различных тканях, что обусловлено интенсивностью рассеяния света нанометаллами, которая заметно превосходит интенсивность излучения наиболее ярких флуоресцирующих молекул. Дополнительно рассмотрены оптические свойства фуллеренов C_{60} вместе с возможным их использованием в медицинской практике.

Ключевые слова: оптические свойства, квантовые размерные эффекты, оптические метки, наночастицы металлов, наноуглерод, нанокompозиты.

I.S. Chekman¹, V.A. Pokrovskiy², D.S. Savchenko¹

¹ Bogomoletz National Medical University
13 T. Shevchenko Blvd., Kyiv, 01601, Ukraine

² Chuiko Institute of Surface Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine
17 General Naumov St., Kyiv, 03164, Ukraine

OPTICAL PROPERTIES OF NANOMATERIALS

Literature data and the results of authors' researches concerning the optical properties of nanomaterials are summarized in the review. We consider quantum size effects of nanoparticles in resonant-tunneling diodes, quantum-dot lasers and hypersensitive photodetectors. It was given an account of possible metal nanoparticles use as a new class labels in the study of biological processes in various tissues, due to the intensity of light scattering by nanometals that significantly exceed the brightest emission intensity of fluorescent molecules. In addition, the optical properties of fullerene C_{60} were considered, with their possible applications in medical practice.

Keywords: optical properties, quantum size effects, optical tags, metal nanoparticles, carbon nanomaterials, nanocomposites.



ОНОПРІЄНКО

Валентин Іванович — доктор філософських наук, професор, завідувач відділу методології та соціології науки Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України

НОБЕЛІАНА УППСАЛИ

Частина II

ЛАУРЕАТИ НОБЕЛІВСЬКОЇ ПРЕМІЇ МИРУ

Лауреати Нобелівської премії миру, вихованці Уппсальського університету, — яскрава ознака соціальної політики, яка впродовж півстоліття здійснювалася у Швеції і була спрямована на побудову «народного дому».

Ідеї соціальної держави у Швеції

Вирішальним чинником, що спричинив появу у шведів прагнення до соціальної організації держави на основі рівних можливостей, стало географічне розташування регіону. Віддаленість цих територій слугувала природною перешкодою для проникнення культурних і соціально-політичних європейських порядків. Римський вплив поширювався на Британію, Піренейський півострів, землі між річками По і Рейн, однак по інший бік Балтійського моря, у Скандинавії, він майже не відчувався. Унаслідок цього сучасні Франція, Німеччина, Велика Британія переживали однакові історичні процеси — переважання релігії в суспільному і політичному житті, жорстку феодальну систему, Реформацію, епоху Ренесансу. У Швеції ці процеси не знайшли свого повного вираження. Католицька церква тут була істотно обмежена рамками установлень окремих шведських областей. У звичайному житті шведів християнство поєднувалося з язичницькими уявленнями, а церковні обряди вбудовувалися в наявний суспільний порядок. Селяни обирали священників, сплачували церковну десятину, дотримувалися церковних канонів, але священнослужитель був відповідальним перед ними. Пізніше ці фактори суттєво вплинули на поширення серед населення протестантських ідей. Позиції дворянства, як і духовенства, були доволі слабкими. Наріжним каменем шведського суспільства було селянство. Це була аграрна нація, заснована на бідному, проте вільному селянстві, яка не знала кріпацтва і феодальної традиції. Відсутність чітко визначених меж між соціальними групами позбавила Швецію гострих внутрішніх конфліктів, притаманних країнам Західної

Європи, і підготувала основу для утвердження таких соціал-демократичних цінностей, як свобода, рівність і солідарність. Шведська соціал-демократія була дуже тісно пов'язана з національним світоглядом і пошуком компромісів і на побутовому, і на політичному рівнях. Специфічний шведський «суспільний договір» значно відрізнявся від соціальних відносин у багатьох інших країнах Європи [1].

Ще одним фактором, який вплинув на всеосяжність і універсальність соціальної держави у Швеції, була відносна етнічна гомогенність населення. Успіху модерністського соціально-політичного курсу на етапі індустріалізації сприяло те, що вже на ранній стадії стали очевидними конфлікти інтересів між капіталом і працею. Ці конфлікти виростили безпосередньо зі становища, в якому опинилося трудове населення Швеції до ХХ ст. Середній дохід робітника при 10- або навіть 11-годинному робочому дні і шестиденному тижні не дозволяв йому підтримувати гідний рівень життя. Він був змушений виживати у вкрай скрутних умовах. Мізерний раціон харчування, постійне недоїдання, різноманітні хвороби, важкі умови на виробництві встановили природний бар'єр між капіталом і працею. Крім того, більша частина трудового населення не мала права голосу.

Згодом шведський робітничий рух перетворився на єдину потужну силу. Соціал-демократичну партію і профспілки створювали одні й ті самі люди, що походили із суспільних низів. Це сприяло стрімкому розвитку руху з поширенням організаційних осередків по всій країні. З погляду соціал-демократів, колективна власність має бути організована через профспілкові організації («синдикалізм»), і робітничі кооперативи можна розглядати як один із варіантів цієї форми власності. Робітничий рух у Швеції вирізнявся прагненням до самонавчання і пошуку компромісів з найгостріших соціально-політичних питань. Соціал-демократія не зіткнулася з конкуренцією з боку інших партій, оскільки історично для Швеції не було властиве класове протистояння. Зародження «держави загального добробуту» відбувалося в умовах загальнона-

ціональної підтримки, хоча соціал-демократи завжди знаходили компроміси для співпраці з іншими партіями.

Держава добробуту — кінцева мета соціал-демократів. Її ретельно побудовано на принципах універсалізму, рівності, соціальних цивільних прав та ефективності. Вимога обтяжливих державних витрат є неодмінною умовою підтримки оптимальних стандартів соціальних послуг і пільг. Соціалізм, за словами першого прем'єр-міністра Швеції від соціал-демократичної партії, лауреата Нобелівської премії миру Я. Брантінга, є не що інше, як відкриття очей для соціального процесу. В основу ідеї «народного дому» покладено як культурно-історичні передумови, пов'язані з автономним суспільним розвитком та національною гомогенністю, так і соціал-демократичну ідеологію. Модерністські ідеї соціальної перебудови, з одного боку, змінили мислення і спосіб життя шведів, а з іншого, — були породженням їх власного світосприйняття. Соціал-демократичні орієнтири і унікальна форма «держави загального добробуту» є результатом багатого будівництва політичної культури в цій країні [2].

Піввіковий досвід побудови шведської моделі соціальної держави сприяв формуванню когорти соціально активних політичних діячів, інтелігенції, вчених, які зробили величезний внесок не лише у вирішення соціальних проблем своєї країни, а й у міжнародну справу боротьби за мир, розв'язання глобальних проблем сучасності. Їх діяльність було високо оцінено у світі, деяким із них, у тому числі пов'язаним з Уппсальським університетом, було присуджено Нобелівські премії миру.

Лауреати Нобелівської премії миру

Карл Ялмар Брантінг (Karl Hjalmar Branting) (1860—1925) — політик, перший прем'єр-міністр Швеції від соціал-демократичної партії, лауреат Нобелівської премії миру (1921) «за зусилля в мирному вирішенні суперечки Швеції з Норвегією і за роботу в Лізі Націй» [3].



Карл Ялмар Брантінг
(Karl Hjalmar Branting)

Навчався в університетах Уппсали і Стокгольма. Здобувши освіту з математики і астрономії, працював помічником директора Стокгольмської обсерваторії. Ще в студентські роки він захоплювався ліберальною політичною філософією і в 1884 р. остаточно залишив наукову стезю, присвятивши себе журналістиці.

Карл Брантінг разом з Августом Пальмом стояв біля витоків Соціал-демократичної партії Швеції (СДПШ). У 1886 р. він став головним редактором центрального друкованого органу партії — газети *Socialdemokraten*. За 31 рік свого життя, відданого цій газеті, Брантінг перетворив її на провідне політичне видання країни. У 1896 р. він був першим представником соціал-демократів у парламенті, з 1907 р. і до самої смерті — головою виконкому СДПШ. Поступово соціал-демократи стали третьою партією в до того традиційно двопартійній політичній системі Швеції. У 1917 р. вони ввійшли до складу уряду, і Брантінг отримав портфель міністра фінансів. Цей уряд здійснив конституційну реформу, надавши право голосу всім громадянам чоловічої статі. У 1920 р. коаліція з лібералами розпалася, після чого Брантінг сформував свій перший уряд, проте, не маючи підтримки парламенту, був змуше-

ний піти у відставку. У 1921—1923 рр. він знову став прем'єр-міністром, однак цього разу йому довелося зіткнутися з коаліцією лібералів і консерваторів. Лише на виборах 1924 р. соціал-демократи отримали впевнену більшість у парламенті, і Брантінг став прем'єром утретє, проте, на жаль, у 1925 р. за станом здоров'я він пішов з цієї посади.

Карл Брантінг залишив яскравий слід у міжнародних відносинах початку ХХ ст. Йому вдалося мирним шляхом владнати конфлікт, пов'язаний з відділенням Норвегії від Швеції в 1905 р. Під час Першої світової війни він симпатизував Антанті, але наполягав на нейтралітеті країни. Брантінг боровся за міжнародну солідарність профспілкового руху; був учасником Паризької мирної конференції 1919 р., агітував за вступ своєї країни до Ліги Націй і представляв у ній Швецію до 1923 р. Він був «конституційним пацифістом» — противником використання військової сили як заходу примусу і гарантії виконання рішень Ліги Націй. Арбітраж, на його думку, був ідеальним способом вирішення міжнародних конфліктів.

Ларс Олоф Йонатан Седерблом (Lars Olof Jonathan Söderblom) (1866—1931) — священик, екуменіст, архієпископ Уппсали, лауреат Нобелівської премії миру (1930) «в ознаменування заслуг у досягненні миру через релігійне об'єднання» [3]. Його іменем відзначено день 12 липня в лютеранському календарі святих.

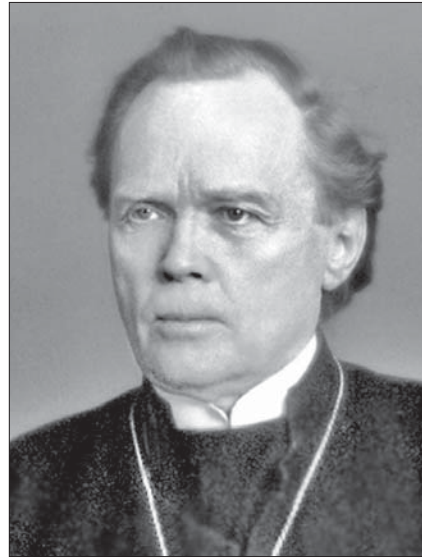
Натан Седерблом народився у сім'ї священика, відданого християнина із сильним особистим почуттям віри. Вирішивши піти по стопах батька, Натан вступив до Уппсальського університету, де вирізнявся своїми інтелектуальними та ораторськими здібностями, особистим шармом, енергією. Ще у студентські роки він став прихильником ідеї єдності всіх церков світу. У 1886 р. Седерблом здобув ступінь з теології, а в 1893 р. був висвячений у пастори лютеранської церкви. Прослуживши деякий час капеланом у психіатричній лікарні в Уппсали, Седерблом став пастором шведської церкви в Парижі, де прожив 7 років. Саме в Парижі перетнулися шляхи двох великих шведів.

Парафіянами Седерблюма були відомі скандинавські художники, дипломати, бізнесмени, у тому числі й Альфред Нобель. Водночас Седерблюм працював над дисертацією, темою якої обрав вивчення поняття загробного життя в зороастризмі. У результаті в 1901 р. він став першим іноземцем, який здобув ступінь доктора теології на протестантському факультеті Сорбонни.

Досвід роботи у Франції посилив початкове прагнення Седерблюма досягти «вільного союзу» всіх християнських церков. У 1901 р. він повернувся до Швеції і очолив кафедру теології в Університеті Уппсали, час від часу читав лекції з історії релігії в Лейпцизькому університеті, написав серію книг з історії, психології та філософії релігії. Обдарований учений і педагог, Седерблюм сприяв розвитку справжнього теологічного ренесансу в Скандинавії. На його лекції з порівняльного релігієзнавства збиралися натовпи студентів і колег, завдяки особистій чарівності й могутньому розуму він став популярним не лише в університетському, а й у церковному середовищі. У 1914 р. Седерблюма було призначено архієпископом Уппсали.

Як один із засновників Загальносвітового союзу церков за міжнародне порозуміння Седерблюм готував його сесію в 1914 р., однак початок Першої світової війни зіпсував усі плани. Він намагався організувати екуменічну конференцію в 1917 р., але знову-таки через війну багатьом делегатам було відмовлено у виїзді. У своїй діяльності Седерблюму довелося стикнутися з консерватизмом французьких, німецьких та американських церковних кіл, ізоляціонізмом східного християнства і відвертою опозицією з боку римо-католицької церкви. Лише в 1925 р. йому вдалося провести представницьку загальну християнську конференцію, на якій було обговорено єдине екуменічне віровчення, проблему примирення різних теологічних поглядів і досягнення загального миру. Результатом цієї роботи стало створення в 1948 р. Всесвітньої ради церков.

Натан Седерблюм з гордістю прийняв обрання його членом Шведської академії наук



Ларс Олоф Йонатан Седерблюм
(Lars Olof Jonatan Söderblom)

у 1921 р. і присудження Нобелівської премії миру в 1930 р. У 1931 р. він розпочав курс лекцій у рамках Гіффордівських читань у Единбурзі, але встиг прочитати тільки перший цикл. 12 липня 1931 р. Седерблюм помер від серцевого нападу [4].

Даг Яльмар Агне Карл Хаммаршельд (Dag Hjalmar Agne Carl Hammarskjöld) (1905–1961) — державний діяч, Генеральний секретар ООН, організатор першої миротворчої операції ООН у Єгипті (1956), поет, журналіст, лауреат Нобелівської премії миру (1961) «за діяльність в ООН» (посмертно) [3].

Даг Хаммаршельд народився в місті Йончепінг у сім'ї видатного державного діяча Яльмара Хаммаршельда. Шведський дворянський рід Хаммаршельдів відомий з XVI ст. Серед його представників переважали чиновники і військові, але були й письменники, історики, юристи.

Наприкінці життя Даг Хаммаршельд згадував: «Від багатьох поколінь воїнів і державних людей я успадкував переконання, що щастя приносить тільки беззавітна праця на благо країни і людства. Ця служба вимагає не лише зневажання особистих інтересів, а й уміння



Даг Яльмар Агне Карл Хаммаршельд
(Dag Hjalmar Agne Carl Hammarskjöld)

відстоювати свої переконання». Батько Дага був професором юриспруденції, спеціалізувався з питань міжнародного права, брав участь у Другій Гаазькій конференції з міжнародного права (1907), що наклало відбиток на кар'єру його дітей: у майбутньому міжнародним правом займалися і сам Даг, і два його старших брати.

У 1907 р. батько Дага обійняв посаду губернатора, і вся сім'я переїхала до Уппсали. У роки Першої світової війни Яльмар Хаммаршельд був прем'єр-міністром Швеції (1914–1917) і водночас військовим міністром. Мати Дага, Агнес, була родичкою шведського літературного класика Карла Юнаса Луве Альмквіста. Саме з впливом матері були пов'язані літературні інтереси і заняття Дага.

Даг Хаммаршельд вступив до Уппсальського університету і перші два роки вивчав історію Франції та французьку літературу, а також соціальну філософію, політекономію. У 1925 р. він здобув ступінь бакалавра мистецтв, у 1928 р. — ступінь з економіки, в 1930 р. — з юридичних наук, а в 1935 р., вже у Стокгольмському університеті — докторський ступінь з політичної економії. Цей предмет на якийсь час повністю заволодів його увагою, і

темою дисертації став теоретико-історичний огляд ринкових тенденцій.

Однак покликання і родинні традиції врешті-решт привели Хаммаршельда на державну службу. У 1930 р. він почав працювати в урядовому комітеті з проблеми безробіття, його ініціативність помітили й запросили до міністерства фінансів. Разом із братом Бо, заступником секретаря міністерства соціального забезпечення, Даг Хаммаршельд розробив чимало законів, що відкрили шлях до створення «держави загального добробуту». Вважають, що саме він увів термін «планова економіка». У 1941–1948 рр. він очолював Банк Швеції — найвпливовішу фінансову структуру країни.

Під час Другої світової війни Швеція, залишаючись нейтральною країною, надавала підтримку Норвегії, і як член департаменту фінансів Хаммаршельд вів переговори з Лондоном про кредитування норвезького уряду у вигнанні. Це завдання потребувало великого такту й обережності, щоб уникнути конфлікту з Німеччиною. У 1945 р. він домовлявся про першу торговельну угоду між Швецією і Великою Британією. Хаммаршельд зазвичай широко залучав групи експертів, які вивчали проблему з усіх боків, підсумовував рекомендації, потім знову аналізував проблему і виробляв рішення. Такий підхід чимало сприяв його успіху в міжнародній діяльності.

У 1946 р. Хаммаршельда було призначено фінансовим експертом міністерства закордонних справ. Він був прихильником європейського економічного співробітництва, представляв Швецію на організаційній нараді 1947 р. за «планом Маршалла», як віце-голова виконкому Європейського економічного співтовариства брав участь у підготовці спільних економічних проектів «зміни всієї структури європейської торгівлі». У 1948 р. він став заступником міністра закордонних справ Швеції, а в 1951 р. — безпартійним державним міністром, відповідальним за зовнішньоекономічні зв'язки.

Усіляко сприяючи політичній кооперації, Хаммаршельд водночас не схвалював ідею військових блоків, наполягаючи на нейтралітеті

Швеції у протистоянні Сходу та Заходу. Тому він протривав членству Швеції в НАТО, але підтримував участь країни в Раді Європи і Європейському економічному співтоваристві. На цей період припав і початок активної діяльності Хаммаршельда в ООН. Він брав участь у двох сесіях Генеральної Асамблеї ООН: 1951 р. — у складі шведської делегації, а рік по тому він уже очолював делегацію своєї країни. У квітні 1953 р. Дага Хаммаршельда було обрано Генеральним секретарем ООН, а в 1957 р. його переобрали ще на п'ять років. На цьому посту він брав безпосередню участь у врегулюванні приблизно 20 міжнародних криз.

На початку 50-х років у ООН склалася непроста ситуація. Радянський Союз звинувачував попереднього Генерального секретаря Трюгве Лі в пособництві США у Корейській війні, Сполучені Штати відкликали кількох своїх представників, підозрюючи їх у комуністичних симпатіях, міжнародне співтовариство схилилося до думки, що Секретаріат ООН більш не є незалежним і неупередженим органом. Щоб покласти край цій тенденції, Хаммаршельд реорганізував Секретаріат, прагнучи відстояти його незалежність від держав-учасниць, скоротив вплив своїх заступників, позбавив ФБР права контролювати американських службовців ООН.

Далі Хаммаршельд спрямував зусилля на зміцнення позицій ООН у міжнародній дипломатії. Першим великим успіхом на цьому шляху стало звільнення в 1955 р. американських пілотів, яких китайська влада утримувала ще з часів Корейської війни.

У вересні 1956 р. виникла так звана Суецька криза — Єгипет націоналізував Суецький канал, що призвело до конфронтації з Ізраїлем, Великою Британією і Францією. У листопаді, коли британський флот вирушив до берегів Єгипту, щоб взяти канал під свій контроль, Хаммаршельд оголосив про створення за дорученням Генасамблеї спеціальних миротворчих збройних сил ООН.

Це була перша в історії миротворча операція під командуванням ООН, основана на принципах, сформульованих Хаммаршельдом, — опе-



Даг Хаммаршельд біля будівлі ООН

ративне втручання в конфлікт і оприлюднення інформації про події. Показавши свою високу ефективність, такий підхід став одним з основоположних шляхів вирішення міжнародних конфліктів. Ще одним ефективним засобом запобігання конфліктам Хаммаршельд вважав так звану «превентивну дипломатію» — проведення переговорів з усіма сторонами конфлікту на найранніших стадіях розвитку кризи. Він прагнув перетворити ООН з всесвітнього форуму скарг і взаємних докорів на міжнародного охоронця миру, віддавав перевагу особистим зустрічам з лідерами країн, встановлюючи з ними довірчі стосунки.

Інша близькосхідна криза вибухнула в 1958 р., коли Йорданія і Ліван звернулися по військову допомогу до США і Великої Британії проти сусідніх арабських держав. Хаммаршельд зміг переконати сторони вирішити суперечку мирними засобами.

У 1959—1960 рр. Хаммаршельд активно опікувався проблемами Африки, пов'язаними

насамперед з проголошенням багатьма країнами цього континенту державної незалежності. У липні 1960 р. він ініціював скликання Ради Безпеки ООН у зв'язку з ситуацією в Республіці Конго. 30 червня 1960 р. ця країна проголосила незалежність від Бельгії, проте центральна влада нової держави була ще досить слабкою, в армії почалися заколоти. Лідер сепаратистських сил провінції Катанга Моїз Чомбе проголосив провінцію незалежною від Конго і закликав на допомогу бельгійські збройні сили. Президент Конго Жозеф Касавубу і прем'єр-міністр Патріс Лумумба, розцінивши дії Бельгії як втручання у внутрішні справи суверенної держави, направили в ООН прохання негайно забезпечити захист країни від агресії. 14 липня Рада Безпеки ООН ухвалила резолюцію, якою доручила Генеральному секретарю надати військову допомогу уряду Республіки Конго. Хаммаршельду вдалося зробити це в дуже стислі терміни — перші підрозділи миротворчих сил висадилися в зоні конфлікту вже наступного дня. Однак Патріс Лумумба ще більше ускладнив ситуацію, телеграфувавши радянському лідеру Микиті Хрущову, що проситиме допомоги СРСР, якщо західні держави не припинять «агресії» в Конго.

Критика, яка і раніше лунала з різних боків на адресу Хаммаршельда, посилилася, радянське керівництво болісно відреагувало на початок переговорів Хаммаршельда з лідером повстанців Моїзом Чомбе. На сесії Генасамблеї восени 1960 р. Микита Хрущов різко засудив діяльність ООН у Конго, звинуватив генсека ООН у «колоніалістичних діях», заявивши, що тому «не вистачає мужності, щоб піти у відставку». Відповідь Хаммаршельда часто називають історичною: *«Подавши у відставку в нинішньому важкому і небезпечному становищі, я віддав би Організацію на поталу всім вітрам. Я не вправі це зробити, бо відповідальний перед усіма державами-членами... Не Радянському Союзу і... не іншим великим державам потрібні Об'єднані Нації для захисту своїх інтересів: це потрібно всім іншим... Я залишуся на своїй посаді до завершення мого терміну, служити-*

му Організації в інтересах усіх цих націй доти, доки вони вважають, що я повинен це робити». Проте тиск з боку СРСР лише посилювався, після того як Патріса Лумумбу на початку 1961 р. вбили прихильники Чомбе.

17 вересня 1961 р. під час свого вже четвертого візиту до Конго Хаммаршельд вилетів зі столиці Леопольдвіля до міста Ндола, де була запланована його зустріч з лідером повстанців Моїзом Чомбе. Ситуація на той час загострилася, сили сепаратистів почали чинити активний опір, і Хаммаршельд вважав за потрібне домовитися про початок переговорів. При заході на посадку літак Генерального секретаря ООН зазнав катастрофи, всі 10 пасажирів і 6 членів екіпажу загинули [4].

Дага Хаммаршельда було удостоєно Нобелівської премії миру 1961 р. — уперше в історії премію присудили посмертно. На кошти, отримані від Нобелівського комітету, було засновано Фонд імені Хаммаршельда, мета якого, як сказано в статуті, — «сприяти соціальному, політичному, економічному прогресу народів, майбутнє яких Хаммаршельд брав так близько до серця».

Багато років потому Генеральний секретар ООН Кофі Аннан сказав: *«Його мудрість і скромність, його бездоганна чесність і цілеспрямована відданість обов'язку встановили для всіх службовців міжнародного співтовариства, і передусім для його наступників, такий високий стандарт поведінки, що відповідати йому дуже непросто. І немає кращого правила для Генерального секретаря, якщо пошук вирішення кожної нової проблеми він почне з того, що поставить собі питання: «А як вчинив би в цьому випадку Хаммаршельд?».*

Альва Мюрдаль (Alva Myrdal) (1902—1986) — дипломат, політик і соціолог, громадський діяч, віце-президент Міжнародної федерації ділових і працюючих жінок; лауреат Нобелівської премії миру (1982) «за значний внесок у справу роззброєння» [3].

Альва Мюрдаль народилася в Уппсалі в сім'ї будівельного підрядника Альберта Реймера. Вона зростала в соціально активній атмосфе-

рі, завжди цікавилася справами батька, члена Шведської соціал-демократичної партії, який багато уваги приділяв організації робітничих кооперативів. Прослухавши курси соціології, філософії, психології і шкільної педагогіки в Стокгольмському університеті, в 1924 р. Альва здобула ступінь бакалавра. Того ж року вона вийшла заміж за молодого економіста, майбутнього нобелівського лауреата з економіки (1974) Гуннара Мюрдаля, який мав тоді юридичну практику в Стокгольмі.

Мюрдаль поглиблювала свою освіту в Англії та Німеччині, разом із чоловіком за грантом Рокфеллерівського фонду в 1929–1930 рр. здійснила поїздку до США, проводила дослідження у Колумбійському університеті, потім упродовж року навчалася в Женеві.

У 1934 р. Альва Мюрдаль здобула ступінь магістра в Уппсальському університеті. Тоді ж разом із чоловіком вона опублікувала спільне дослідження «Криза в проблемі населення» («Kris i befolkningsfragan»), яке принесло авторам міжнародне визнання. У 30-х роках шведські соціал-демократи досягли в суспільстві такого впливу, що мали змогу здійснити основні соціальні реформи. Книга подружжя Мюрдаль підказувала уряду, що слід забезпечувати благополуччя всіх дітей, незалежно від фінансового стану їхніх батьків. Альву запросили на роботу до урядового комітету із забезпечення житлом і призначили радником Королівської комісії з питань населення, а рік по тому вона заснувала Педагогічний інститут дошкільного навчання і була його директором до 1948 р. Здобувши репутацію прихильниці прогресивних педагогічних методів, Мюрдаль була членом багатьох національних комітетів і комісій, зокрема з реформи освіти, післявоєнного розвитку, з питань біженців тощо. Вона також стала головою тимчасової комісії Всесвітньої ради з дошкільної освіти. У 1938–1947 рр. була віце-президентом Міжнародної федерації ділових і працюючих жінок. У роки Другої світової війни Альва Мюрдаль як відомий член СДПШ відіграла провідну роль у розвитку руху за політичну та економічну рівність шведської жінки, причому вона прагнула



Альва Мюрдаль (Alva Myrdal)

вирішувати завдання фемінізму насамперед в економічній сфері.

Після Другої світової війни діяльність Альви Мюрдаль більшою мірою була пов'язана з міжнародними відносинами. У 1946 р. вона представляла Швецію на Паризькій конференції ООН з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО), наступного року стала консультантом проекту «Міжнародне порозуміння через школи», у 1949–1950 рр. очолювала департамент соціальних проблем ООН, а в 1950–1955 рр. головувала у відділенні ООН з суспільних наук (на той час це був найвищий пост в ООН, який посідала жінка). На цих посадах вона координувала проекти, що стосувалися прав людини, свободи інформації, становища жінки, зловживання наркотиками, проблеми стрімкого зростання населення.

У 1955 р. Альву Мюрдаль було призначено шведським послом в Індії. Її організаторські здібності викликали глибоку повагу прем'єр-міністра Джавахарлала Неру і всього індійського народу.

Повернувшись до Швеції в 1961 р., Мюрдаль стала спеціальним помічником міністра закордонних справ з питань роззброєння, очолювала шведську делегацію на Женевській

конференції ООН із роззброєння (1962). Водночас її було обрано депутатом шведського парламенту, як міністр без портфеля вона входила до складу уряду з 1966 по 1973 р. Під час переговорів з роззброєння в Женеві Мюрдаль відіграла важливу роль, очоливши групу неприєднаних країн, що дозволило сформувати третю силу і чинити тиск на дві наддержави з метою прийняття конкретних кроків із роззброєння. Своїм досвідом на Женевських переговорах вона поділилася з читачами у книзі «Гра в роззброєння» («The game of disarmament»), де піддала критиці небажання СРСР і США припинити гонку озброєнь з витратами величезних коштів, які могли б піти на охорону здоров'я, житлове будівництво і освіту. Розуміння необхідності професійного підходу до проблеми роззброєння спричинило її активну участь у заснуванні авторитетної незалежної інституції — Стокгольмського міжнародного інституту дослідження проблем миру (SIPRI).

За діяльність у галузі роззброєння Альву Мюрдаль було нагороджено багатьма міжнародними і національними преміями миру, в тому числі Нобелівською премією миру (1982).

Прихильниця реформ у дусі традиції європейського демократичного соціалізму, Мюрдаль розпочала свій шлях у боротьбі за мир на

національному рівні. Після вступу Швеції в ООН її турбота про рівність і соціальну справедливість піднялася на новий щабель. Однак найбільшу тривогу викликала гонка озброєнь, і хоча Мюрдаль пишалася відмовою Швеції від ядерної зброї в 1968 р., вона неодноразово висловлювала розчарування тим, що, незважаючи на багаторічні переговори, гонка озброєнь прискорюється, а мілітаризація економіки і національного життя майже всіх країн світу лише посилюється.

Замість післямови

Побудова в Швеції «держави загального добробуту» мала наслідками соціальну активність населення, значні успіхи в розвитку науки та освіти. Швеція традиційно славиться якістю своєї освіти. Нинішнього благополуччя цієї бідної на ресурси північної країни багато в чому вдалося досягти саме завдяки праці висококваліфікованих робітників, прекрасно підготовлених інженерів і вчених. В останні десятиліття через демографічні проблеми та низку інших причин шведи роблять усе, щоб залучити якомога більше закордонних студентів. Швеція може дозволити собі (і це важлива перевага) безкоштовно навчати всіх, незалежно від громадянства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лебедев А.С. Истоки социального государства в Швеции // Вестн. Ленингр. гос. ун-та им. А.С. Пушкина. — 2012. — Т. 4, № 4. — С. 104–112.
2. Эспинг-Андерсен Ё. Создание социал-демократического государства благосостояния // Создавая социальную демократию. Сто лет Социал-демократической рабочей партии Швеции / под ред. К. Мисгельда, К. Молина, К. Омарка. — М., 2001. — С. 71–111.
3. Лауреаты Нобелевской премии мира. Спецпроект Белорусской виртуальной библиотеки. — <http://library.by/special/nobel>.
4. Оноприенко В.И. Уппсальский университет. Века истории. Достижения. Личности. — К.: Информ.-аналит. агентство, 2014. — 192 с.

В.И. Оноприенко

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

NOBELIANA OF UPPSALA

Часть 2. Лауреаты Нобелевской премии мира

Лауреаты Нобелевской премии мира, воспитанники Уппсальского университета, — яркая черта социальной политики, которая осуществлялась в Швеции на протяжении полстолетия и была направлена на построение «народного дома».

V.I. Onopriyenko

Dobrov Center for Scientific and Technological Potential
and Science History Studies of NAS of Ukraine
60 Tarasa Shevchenko St., Kyiv, 01032, Ukraine

NOBELIANA OF UPPSALA

Part 2. Nobel Peace Prize Laureates

Nobel Peace Prize laureates, alumni of Uppsala University — a prominent feature of social policy, which was carried out in Sweden over half a century and was aimed at building a “people’s home”.

ПРОКОПЕНКО

Віталій Анатолєвич — доктор технічних наук, заступитель директора по науковій роботі Інституту біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренко НАН України

КОВЗУН

Ігорь Григорєвич — доктор хімічних наук, професор, вєдущий науковий співробітник Інституту біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренко НАН України

УЛЬБЕРГ

Зоя Рудольфівна — доктор хімічних наук, професор, директор Інституту біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренко НАН України

Посвящается:

30-лєтїю открития явления избирательной гетерокоагуляции минеральных коллоидных частиц с микроорганизмами

30-лєтїю Інституту біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренко НАН України

100-лєтїю со дня рождення академіка НАН України Ф.Д. Овчаренко

80-лєтїю со дня рождення академіка РАЕН Н.В. Перцова

СОЗИДАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОГО ОТКРЫТИЯ

30 лет назад учеными-коллоидниками было открыто явление избирательной гетерокоагуляции минеральных коллоидных частиц с микроорганизмами. В статье кратко раскрыта суть, теоретическое и практическое значение этого открытия. При изучении данного явления сотрудники Института биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины получили фундаментальные и прикладные результаты, которые впоследствии легли в основу новейших научных направлений: биокolloидной химии, биогеохимии, коллоидных биотехнологий, а в их рамках — биосинтеза наноразмерных частиц металлов и их соединений, нанофармации, наномедицины и нановетеринарии, биогеотехнологий, биокolloидной экологии.

Согласно Положению об открытиях и изобретениях, определение научного открытия звучит следующим образом: «открытием признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих **коренные изменения** в уровень познания» [1]. В государственном реестре Госкомизобретений СССР под № 361 зарегистрировано открытие в области коллоидной химии «Явление избирательной гетерокоагуляции минеральных коллоидных частиц с микроорганизмами» (с приоритетом 16.12.1981 в части экспериментального обнаружения явления и 11.05.1983 в части его теоретического обоснования). Авторы открытия — Ф.Д. Овчаренко, Н.В. Перцов, З.Р. Ульберг, В.Р. Эстрела-Льопис, Б.С. Коган [2].

Впервые в общем виде суть этого открытия была сформулирована в докладе Федора Даниловича Овчаренко и Нико-

лая Валериевича Перцова на заседании Президиума АН СССР 25 февраля 1982 г. Доклад вызвал оживленную дискуссию, в которой приняли участие Президент АН СССР академик А.П. Александров, академики П.Л. Капица, Г.К. Скрыбин, А.В. Сидоренко, А.А. Баев, Б.А. Ласкорин и др. Выступающие отмечали новизну и большое научное и практическое значение открытого явления. Дальнейшее развитие эта тема получила на заседании Президиума АН УССР 5 мая 1982 г., где от имени авторов открытия с докладом выступил академик АН УССР Ф.Д. Овчаренко. В обсуждении доклада участвовали Президент АН УССР академик Б.Е. Патон, академики АН УССР П.Г. Костюк, К.М. Сытник, В.П. Кухарь, К.Б. Яцимирский. При дальнейшем рассмотрении предмета открытия в Госкомизобретений СССР к дискуссии были подключены ведущие специалисты многих научных центров страны в области

коллоидной химии, биологии, геохимии, обогащения металлов.

Через год, 11 мая 1983 г., постановлением Президиума АН УССР «с целью концентрации усилий ученых на дальнейшем развитии научных исследований, эффективности научно-практических разработок в области коллоидной биотехнологии обогащения золота и других металлов» было создано Отделение природных дисперсных систем под руководством академика Ф.Д. Овчаренко. На его базе в ноябре 1991 г. организован Институт биокolloидной химии (ИБКХ), который возглавила доктор химических наук, профессор З.Р. Ульберг. За прошедшие годы коллективом ученых Института выполнен большой комплекс экспериментальных и теоретических работ, которые подтвердили основные положения открытия и определили области их научного и практического использования (рис. 1).

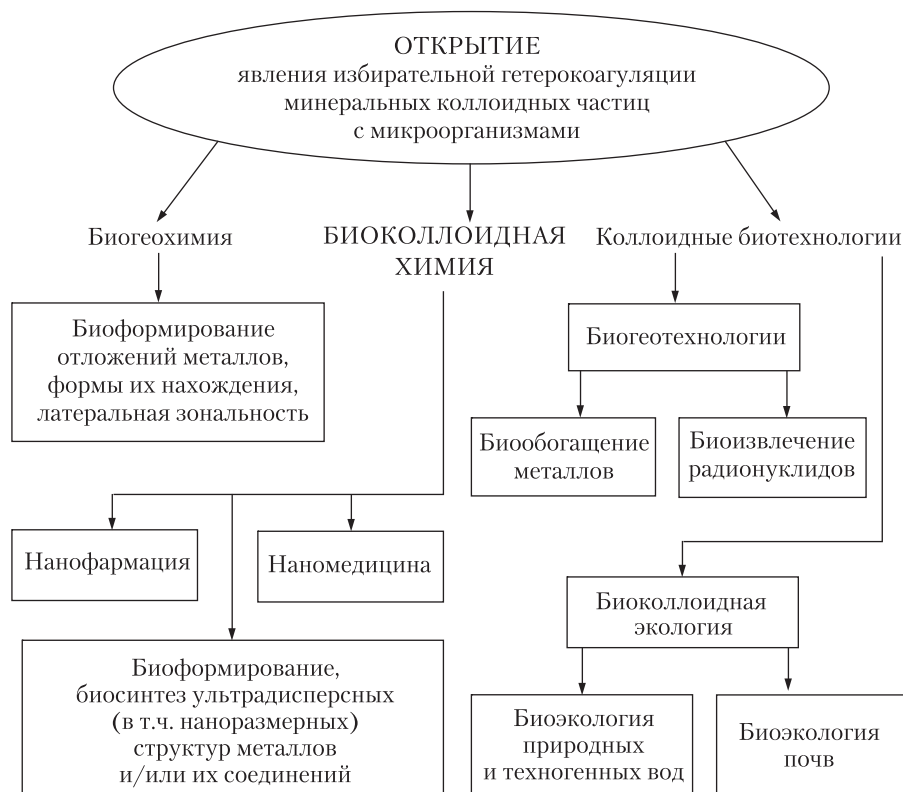


Рис. 1. Области научного и практического использования основных положений открытия

Среди уникальных научных направлений, возникших на основе открытия указанного явления, прежде всего следует отметить создание, становление и развитие новой науки — биокolloидной химии, основным содержанием которой является изучение взаимодействий между объектами живой и неживой природы. Живая клетка как неравновесная термодинамическая система, обусловленная работой электрогенных насосов, синтезирующая и выделяющая продукты своего метаболизма в окружающую дисперсионную среду, изменяя ее состав не только в окружении клетки, но и во всем объеме, становится общепризнанным специфическим объектом коллоидной химии. Основной характеристикой метаболизирующих клеток, представляющих термодинамически неравновесную систему, является трансмембранный потенциал, особенно та его часть, которая ассоциирована с внешним двойным электрическим слоем. При дальнейшем изучении этих систем для описания взаимодействий между биологическими клетками потребовался учет дополнительных механизмов в основополагающей в коллоидной химии теории устойчивости дисперсных систем — теории ДЛФО (Дерягина — Ландау — Фервея — Овербека). Так, был разработан коллоидно-биохимический механизм процессов гетерокоагуляции живых клеток с коллоидными минеральными частицами в прямой зависимости от метаболизма клетки или ее физиологической активности [3, 4]. Концепция, положенная в основу этого механизма, впервые рассматривает движение частиц вблизи живой клетки (диффузиофорез), обратимое и необратимое адгезирование их на поверхности клетки и проникновение внутрь нее через плазматическую мембрану [5–7].

Исследования механизмов и процессов, лежащих в основе заложенного природой селективного взаимодействия биологических клеток с коллоидными минеральными частицами, позволили сформулировать понятие металлофильности как генетически детерминированного свойства, отражающего систему взаимодействий клеток с микро- и наночастицами

минеральной природы. Такие взаимодействия включают: 1) способность клеток аккумулировать, в том числе и селективно, металлы в количествах, значительно превышающих таковые в окружающей среде; 2) свойство металлорезистентности клеток микроорганизмов; 3) неспособность клеток микроорганизмов развиваться на средах, лишенных определенных металлов [8].

В изучении природы избирательности была определена роль структурного и метаболического факторов во взаимодействии клетка — частица. Нами показано, что особенности химического строения клеточной поверхности обуславливают различия в способности живых клеток концентрировать частицы, тогда как особенности протекания метаболических энергопреобразующих процессов контролируют вариабельность в величине аккумулирующей активности клеток одного вида. Фиксация ультрадисперсных частиц металлов на поверхности и внутри клетки происходит с использованием нескольких механизмов [5, 9]. Мы установили два основных механизма концентрирования, имеющих принципиальные отличия. Первый — пассивная локализация металлов за счет электростатических, координационных и других типов связывания металлов структурными компонентами клеточной мембраны. Второй — метаболизмозависимая аккумуляция металлов, присущая исключительно живым объектам и связанная с функционированием ферментных систем клетки, которые обеспечивают обмен веществом и энергией с внешней средой. В этом плане нами впервые был определен и исследован механизм энергозависимого и избирательного накопления металлов прокариотическими и эукариотическими клетками.

Результаты этих фундаментальных исследований стали основой двух прикладных направлений коллоидной биотехнологии, разрабатываемых в Институте в последние годы (рис. 1). Это, во-первых, создание и использование в промышленности ряда биотехнологических процессов обогащения из руд таких металлов, как золото, платина, вольфрам, ниобий и др.

[10, 11] (биокolloидная технология, названная нами «Биоселект»), а во-вторых, биоэкологические технологии для очистки почв, природных и технологических вод, разрушения особо токсичных реагентов [12].

В качестве высокоселективных флокулянтов и сорбентов в процессах флотации и седиментации при извлечении высокодисперсных металлов использовались интактные клетки микроорганизмов. На рис. 2 представлены клетки *Bacillus sp.* с адгезированными на их поверхности частицами золота и биокосный агрегат клеток *Bacillus sp.*, извлекаемый из руды и обогащенный золотом. Использование таких эффективных материалов позволило повысить промышленное извлечение металлов на 5–25%.

Клеточные окислительно-восстановительные реакции микроорганизмов были задействованы в биотехнологиях разложения токсичных соединений. На рис. 3 показан внешний вид установки для разложения цианидов в пульпе после экстракции из нее золота, что обеспечивает дополнительное извлечение металла (биотехнология «Биоцитан»). Объем перерабатываемой установкой пульпы составляет 25 м³ в сутки.

Указанные разработки защищены более чем 20 патентами Украины, США, Канады, ЮАР, Бразилии, России.

Имея большой опыт работы в золотодобывающей промышленности, ИБКХ им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины был включен в число организаций, которым поручалось формирование концепции создания золотодобывающей промышленности Украины, а также координация работ по технологическому обеспечению создаваемого золотодобывающего комплекса. Институт был определен головной научной организацией при подготовке Государственной программы «Золото Украины» на 1995–2000 и 2000–2010 гг. (протокол совещания КМ Украины от 06.06.95, № 347). Программа включала, в частности, использование технологических разработок Института при обогащении руд Клинцовского, Майского и других месторождений Украинского щита. Сотрудники ИБКХ

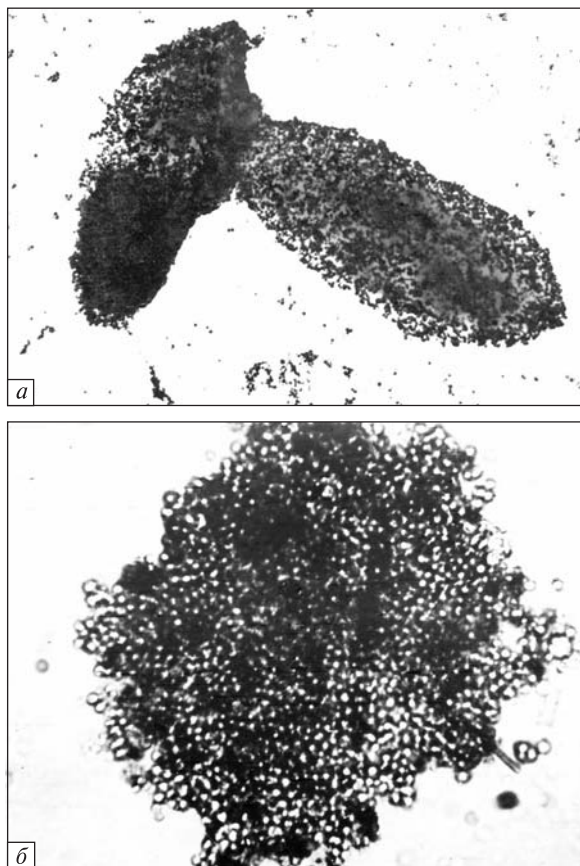


Рис. 2. Полученные с помощью электронной микроскопии изображения клеток *Bacillus sp.* с адгезированными на их поверхности частицами золота (а) и биокосный агрегат клеток *Bacillus sp.*, извлекаемый из руды и обогащенный золотом (б)



Рис. 3. Установка для разложения цианидов в пульпе

создали экономическую и технологическую концепцию освоения Мужиевского золотоносного месторождения, а также строительства и введения в промышленную эксплуатацию соответствующего обогатительного предприятия. В качестве главного технологического процесса была предложена наиболее эффективная и экологически безопасная для Закарпатского региона биофлотационная технология. В соответствии с рекомендациями Института принята схема расположения главных производственных участков. На практике были применены разработанные учеными ИБКХ технологии одностадийного аффинажа сплавов золота с высоким содержанием свинца и сульфидов, оборотного водоснабжения, произведена закладка выработанного шахтного пространства, выполнено ТЭО строительства предприятия с учетом требований, предъявляемых к экологически чистому региону Закарпаття.

Следует особо отметить высокий профессионализм и организационный талант профессора Н.В. Перцова, проявившиеся в процессе выполнения этих сложных технологических работ. В 1999 г. он и профессор З.Р. Ульберг были награждены Почетными грамотами Кабинета Министров Украины «за значительный вклад в создание золотодобывающей и золотоперерабатывающей промышленности...». Эта тематика и сегодня остается одним из приоритетных научных направлений в деятельности Института, проводится подготовка специалистов, развивается научная, технологическая и аналитическая база.

Полученные ранее фундаментальные результаты в последние годы нашли успешное применение в области **нанофармации и наномедицины**. Основой для этих исследований стали изученные нами механизмы и процессы взаимодействия наночастиц металлов (золота, серебра, железа, висмута) с эукариотическими клетками (в данном случае клетками тканей и органов лабораторных животных). В Институте разработаны методы получения наночастиц металлов и их водных и органических дисперсий путем химического восстановления из разбавленных растворов. Такие наночастицы

характеризуются монодисперсностью, строго сферической формой, монофазностью, чистотой поверхности, биосовместимостью.

С целью направленного использования наночастиц металлов в фармакологии параллельно с отработкой методики получения частиц проводилась работа по оценке их безопасности, разрабатывался системный подход для оценки потенциальных рисков при их использовании. В части создания нормативно-методической базы для оценки безопасности наночастиц металлов были разработаны и утверждены следующие документы:

1) в области гуманной медицины — в 2013 г. Государственным экспертным центром МОЗ Украины утверждены «Методические рекомендации по оценке биобезопасности лекарственных препаратов» (разработчики — Институт медицины труда НАМН Украины, Институт биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины, кафедра клинической фармакологии Киевского медицинского университета). По сути, сделаны первые шаги для официального признания Минздравом Украины такой отрасли, как нанофармакология;

2) в области ветеринарной медицины — разработаны и утверждены Научно-техническим советом Государственного комитета по ветеринарии «Методические рекомендации по оценке биобезопасности наноматериалов органической и неорганической природы методом определения генотоксичности щелочным гель-электрофорезом» и «Методические рекомендации по определению биобезопасности частиц металлов в составе пробиотиков с целью повышения их эффективности» (2011).

На основе этих регламентных документов в ИБКХ НАН Украины создан банк наночастиц металлов, охарактеризованных по физико-химическим свойствам, которые уже сегодня используются для разработки лекарственных препаратов. В ходе этих исследований обнаружен фундаментальный эффект, состоящий в том, что степень риска (опасности) при использовании наночастиц зависит от их размера. В данной области Институт проводит исследования по таким основным направлениям:

1) разработка фармакологических препаратов для лечения туберкулеза, сепсиса, нозокомиальных инфекций; 2) создание иммунобиологических препаратов, пробиотиков, вакцин; 3) разработка противоанемийного препарата на основе наночастиц железа; 4) создание наноконструкций целевой доставки кардиотропных и антипоптозных препаратов [13–16]. Основная концепция, выдвигаемая авторами этих работ, состоит в том, что частица не только выступает в качестве платформы для векторной доставки лекарств в клетки-мишени (направление drug delivery [17–19]), но и сама оказывает **направленное терапевтическое действие**.

В рамках этой концепции создано несколько субстанций на основе наночастиц металлов и их конъюгатов с лекарственными препаратами. Так, разработан наноконъюгат на основе изоиазида и частиц золота и серебра для лечения резистентных форм туберкулеза (заказчик — Государственное агентство по вопросам науки, инноваций и информатизации Украины) [20]. Завершены доклинические испытания препарата на основе наночастиц золота и серебра для челюстно-лицевой хирургии. Кроме повышенной, в сравнении с традиционными препаратами, антибактериальной активности наночастиц при их использовании наблюдается усиление процесса регенерации тканей [14].

Нозокомиальные инфекции занимают четвертое место по частоте причинной летальности вслед за болезнями сердечно-сосудистой системы. Результаты исследований показали, что частицы висмута имеют мощный потенциал бактерицидного действия в отношении особо опасных инфекций: лептоспироз, сифилис, боррелиоз, сибирская язва, сальмонеллез. Активно ведутся работы по использованию наночастиц висмута в ветеринарии [21]. Разработан, получен и прошел доклинические испытания противоанемийный препарат нового поколения «Нанофер» на основе наночастиц железа, который выпускается в виде капсул или сиропа для лечения железодефицитной анемии и анемии хронических заболеваний. «Нанофер» демонстрирует значительно более

высокие показатели по накоплению железа и трансферрина в сыворотке крови по сравнению с коммерческим препаратом последнего поколения «Мальтофер». Важным преимуществом «Нанофера» является и то, что при внутривенном введении препарата отмечено существенно пролонгированное повышение пролиферативной функции клеток костного мозга, характеризующееся высокими показателями митотического индекса [22].

В кардиотерапии используются как терапевтические свойства наночастиц золота, так и возможность применения их для векторной доставки лекарств. На основе наночастиц золота разработан конъюгат с кардиотропным препаратом «Левосимендан» для лечения сердечной недостаточности. Полученный конъюгат эффективно накапливается в кардиомиоците и оказывает положительное влияние на уровень энергетических затрат сердечной мышцы. Это позволяет пациенту избежать таких негативных явлений, сопутствующих использованию «Левосимендана», как, например, тахикардия [16].

Еще одной областью науки, где рассматриваемое открытие, его объекты и закономерности оказались весьма полезны и важны, является геохимия, или, точнее, **биогеохимия** (рис. 1). Работы, которые собственно и привели к формулированию открытия, начинались с изучения механизмов образования черносланцевых (углеродосланцевых) формаций, содержащих значительные концентрации тонкодисперсного золота. В геологической науке установлено, что коллоидное состояние характерно и для ряда других минеральных веществ и систем, особенно в зоне гипергенеза [23]. Осадочные месторождения образуются на дне морей и океанов, россыпные — на дне рек и побережий морей, а месторождения выветривания — на поверхности континентов. Однако роль микроорганизмов в этих процессах во многом еще остается неясной.

Уже первые исследования, проведенные с черносланцевыми материалами, а также с золотосодержащими осадками шельфов Японского моря, позволили выделить микроорганизмы, активно взаимодействующие с золотом в ион-

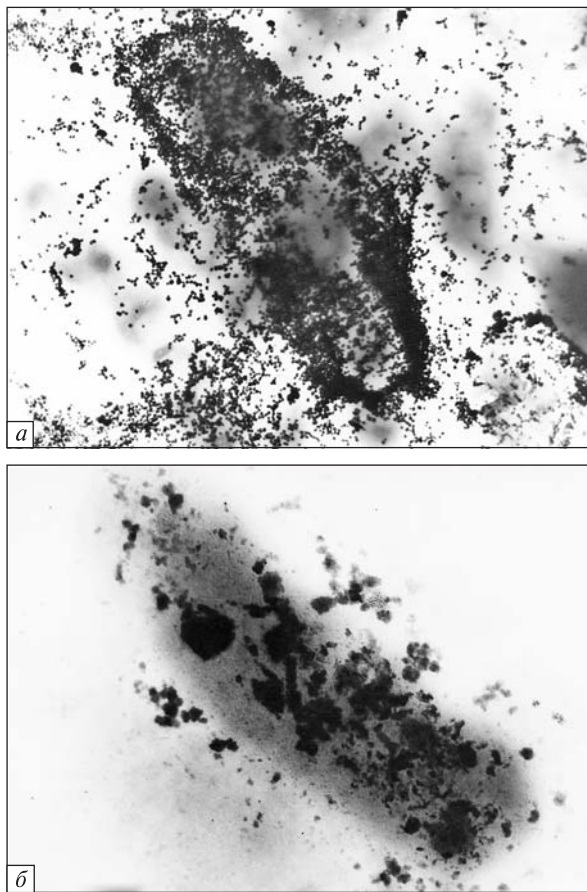


Рис. 4. ПЭМ-изображения, демонстрирующие модель природного процесса перекристаллизации золота клетками культуры *Bacillus subt.*: *a* — клетка с адгезированными ультрадисперсными частицами золота; *б* — клетка с выделенными ею в результате перекристаллизации на своей поверхности частицами золота

ном и коллоидном состоянии, обладающие способностью осуществлять окислительно-восстановительные реакции с растворением и последующей кристаллизацией золота и, что не менее важно, резистентные к высоким концентрациям этого металла.

Эти уникальные штаммы микроорганизмов были выделены среди многих морфологических видов клеток, а их средство к золоту и способность аккумулировать его в виде тонкодисперсной фазы значительно превышала адсорбированные количества других сопутствующих металлов, содержащихся в исследуемых

природных материалах. При этом было показано, что наиболее сильное взаимодействие с золотом проявляют природные ассоциативные культуры (бактериальные биогеоценозы) в сравнении с музейными штаммами.

Биогеоценозы подобного типа, развиваясь во внешних, мористых областях барьерной системы река — море с повышенной металлоносностью, могут служить одним из биогеохимических механизмов стока тонкодисперсных металлов в формирующемся зональном ореоле.

Так возникла идея использования таких флокул — биокосных агрегатов, образующихся в результате селективного взаимодействия микроорганизмов с минеральными частицами, для экстракции металлов из руд. Выделенные металлофильные в отношении золота микроорганизмы после дополнительной селекции и адаптации к золоту вошли в коллекцию музея микроорганизмов ИБКХ им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины, Государственную коллекцию микроорганизмов Украины, а также в Европейскую коллекцию в качестве технологических штаммов, используемых в биотехнологических процессах извлечения тонкодисперсного золота [24–26]. Постоянная трансформация металлов микроорганизмами есть одна из форм их существования в природных системах. На рис. 4 представлены снимки, сделанные с помощью электронного микроскопа, которые демонстрируют модель природного процесса перекристаллизации золота клетками культуры *Bacillus subt.*, выделенными на золотоносной отмели Японского моря.

На первой стадии имеет место процесс клеточного растворения ультрадисперсных частиц золота, адгезированных клеткой, а на второй — клеточная кристаллизация металла из образованного ею раствора в виде более крупных частиц на поверхности и внутри клетки. Благодаря реализации этого процесса в природных условиях становится возможным спустя определенное время вернуться к обогащению уже отработанных ранее отвалов золотоизвлекательных фабрик.

В природе реализуются подобные механизмы биогенного формирования месторождений

других металлов в виде устойчивых соединений, образующихся путем восстановления металлов из растворов клетками микроорганизмов. На рис. 5 представлены микрофотографии осадков различных металлов. Эта уникальная способность микроорганизмов трансформировать растворимые формы металлов в нерастворимые минеральные была положена в основу биотехнологических процессов обезвреживания почв, содержащих тяжелые металлы и радионуклиды [27].

Сегодня эти исследования получают дальнейшее развитие в основных направлениях научных и прикладных работ ИБКХ им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины:

- биокolloидная химия и физика природных и синтетических дисперсных систем и материалов, биологические наносистемы и биосенсорные нанотехнологии; биотехнологии обогащения минерального сырья и защиты окружающей среды;

- коллоидная химия и физика дисперсных систем и материалов; наноразмерные коллоидные системы и материалы; принципы, методы и технологии их использования в промышленности; макрокинетика и фрактальные свойства дисперсных систем;

- физико-химическая механика и геомеханика природных и техногенных дисперсных систем, в том числе с участием микроорганизмов.

О значительной роли исследований, проводимых в ИБКХ им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины, убедительно свидетельствует ряд фундаментальных трудов сотрудников Института, опубликованных во всемирно известных научных издательствах: *Nanoscience: Colloidal and Interfacial Aspects* (2010); «Нанонаука, нанобіологія, нанофармація» (2012); «Сополимерные гидрогели медицинского назначения. Синтез, свойства и применение» (2011); «Компьютерное моделирование физических систем» (2011) и др. Кроме того, ученые Института принимали участие в подготовке и написании разделов в таких авторитетных коллективных монографиях, как *Encyclopedia of Colloid and Interface Sci-*

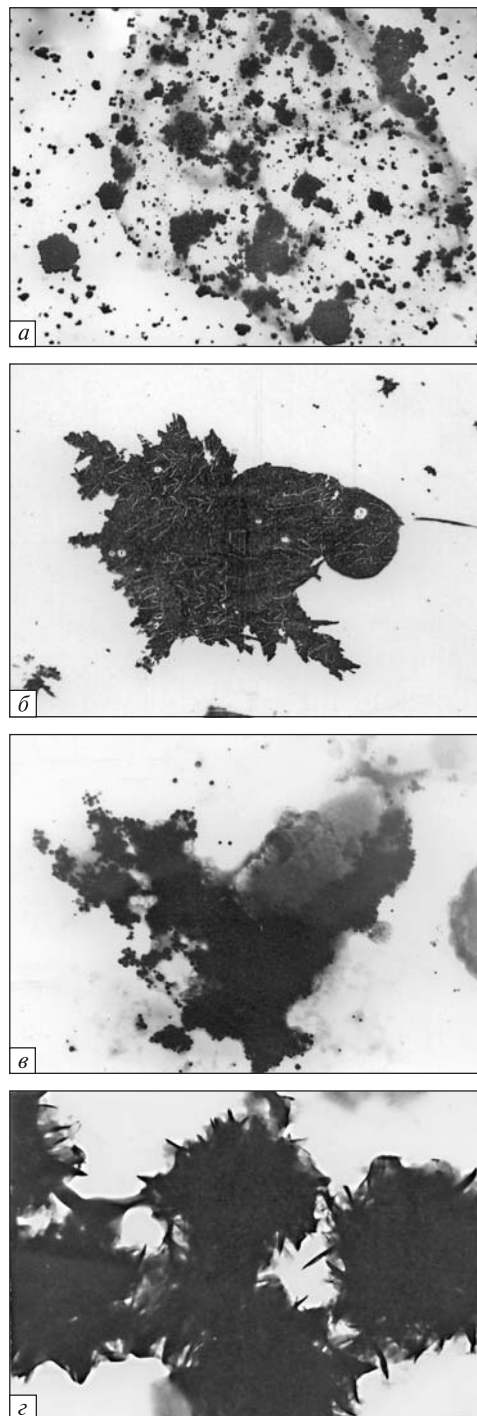


Рис. 5. Микрофотографии дисперсных фаз, восстановленных клетками микроводоросли *Chlorella vulg.* из соответствующих растворов: золота (а); смеси оксидов и гидроксидов серебра (б); оксидов и гидроксидов меди (в); диоксида марганца (г)

ence (2013); Colloid and Interface Chemistry for Nanotechnology (2013); Transport and Reactivity of Solutions in Confined Hydrosystems (2014).

Особо следует подчеркнуть, что, несмотря на имеющийся большой арсенал прикладных технологических разработок, приоритетом в деятельности ИБКХ всегда являлась фундаментальная наука. Поэтому и неслучайно, что научный коллектив Института объединил в себе авторов трех научных открытий, имеющих непреходящее значение в современной коллоидной химии:

1) явления адсорбционного понижения прочности, или эффекта Ребиндера (открытие № 28, 1964 г.) — акад. РАЕН Н.В. Перцов;

2) вкратце описанного выше явления избирательной гетерокоагуляции минеральных коллоидных частиц с микроорганизмами (открытие № 361, 1983 г.) — д.х.н., проф. З.Р. Ульберг; акад. РАЕН Н.В. Перцов; акад. НАН Украины Ф.Д. Овчаренко, к.х.н. В.Р. Эстрела-Льопис;

3) явления диффузиофореза (открытие № 376, 1989 г.) — д.х.н., проф. З.Р. Ульберг.

Материалы, полученные при всесторонних исследованиях этих явлений, а также новые результаты деятельности Института по указанным выше направлениям стали основой формирования в ИБКХ трех научных школ: физико-химия дисперсных минералов, биокolloидная химия, электроповерхностные явления в дисперсиях и наносистемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Положение об открытиях и изобретениях. Госкомитет СССР по делам открытий и изобретений. — М., 1981.
2. Овчаренко Ф.Д., Перцов Н.В., Ульберг З.Р., Эстрела-Льопис В.Р., Коган Б.С. Диплом на Открытие № 361. — Госкомизобретений СССР, гос. регистрация 20.12.1990.
3. Dukhin A.S., Ulberg Z.R., Karamushka V.I., Gruzina T.G. Peculiarities of live cells' interaction with micro- and nanoparticles // Adv. Colloid Interface Sci. — 2010. — V. 159, N 1. — P. 60–71.
4. Ulberg Z.R., Gruzina T.G., Pertsov N.V. Colloidal Chemical Properties of Biological Nanosystems. Biomembranes // Nanoscience: Colloidal and Interfacial Aspects / Ed. V.M. Starov. — London, New York: CRC Press Taylor&Francis Group, LLC, 2010. — P. 269–305.
5. Ulberg Z.R., Dukhin A.S., Karamushka V.I. Interaction of energized bacteria cells with particles of colloidal gold: peculiarities of the process // Biochim. Biophys. Acta. — 1992. — V. 1134. — P. 89–95.
6. Dukhin A.S., Karamushka V.I., Ulberg Z.R., Abidor I.G. On the existence of an intramembrane field stabilization system in cells // Bioelectrochem. Bioenerg. — 1991. — V. 26, N 2. — P. 131–138.
7. Дерягин Б.В., Духин С.С., Ульберг З.Р., Дворниченко Г.Л. Диплом на Открытие «Явление диффузиофореза» № 376. — Госкомизобретений СССР, гос. регистрация 21.12.1989.
8. Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Перцов Н.В., Гарбара С.В. Механизм биогенного формирования аутигенных включений золота в тонкодисперсные осадки // ДАН СССР. — 1985. — Т. 284, № 3. — С. 711–716.
9. Ульберг З.Р., Грузина Т.Г., Резниченко Л.С., Дибкова С.М. Біологічні системи різного рівня організації і наночастинки золота // Нанонаука, нанобіологія, нанофармація. — К.: Поліграфплюс, 2012. — С. 190–227.
10. Волобаев И.И., Марочко Л.Г., Ульберг З.Р. Высокоселективные биофлокулянты для извлечения ультрадисперсных частиц золота // Коллоид. журн. — 2012. — Т. 74, № 4. — С. 454–459.
11. Ващенко А.А., Марочко Л.Г., Ульберг З.Р. Извлечение тонкодисперсного золота из руд методом биофлокулярной флотации // Коллоид. журн. — 2006. — Т. 68, № 4. — С. 445–452.
12. Ульберг З.Р., Подольська В.І. Біотехнології в золотодобувній промисловості // Вісн. НАН України. — 2011. — № 3. — С. 14–29.
13. Ульберг З.Р., Воробйова А.М., Грузина Т.Г. та ін. Наночастинки золота як потенційний агент цільової терапії патологій серцево-судинної системи // Вісн. проблем біології і медицини. — 2012. — Т. 1, № 3. — С. 106–112.
14. Маланчук О.В., Ульберг З.Р., Рибачук А.В. та ін. Антимікробна активність наночастинок срібла // Доповіді НАМН України. — 2012. — Т. 18, № 3. — С. 384–388.
15. Оцінка безпеки лікарських препаратів: методичні рекомендації. — Затв. Наук.-експерт. радою Держ. експерт. центру МОЗ України (протокол № 8 від 26.09.2013). — К., 2013. — 108 с.

16. Мохнатий С.І., Воробйова Г.М., Ступіна О.С. та ін. Використання наночастинок золота для цільової доставки кардіотропних препаратів // Щорічник наукових праць Асоціації серцево-судинних хірургів України. — 2013. — Вип. 21. — С. 314–317.
17. Ziu W.T. Nanoparticles and their biological and environmental application // J. Biosci. Bioeng. — 2006. — V. 102, N 1. — P. 1–7.
18. Sanchez A., Tobio M., Gonzalez Z. et al. Biodegradable micro- and nanoparticles for parenteral drug delivery // Adv. Drug Deliv. Rev. — 2004. — N 56. — P. 1257–1272.
19. Ульберг З.Р., Грузина Т.Г., Карпов О.В. Нанотехнології в медицині: роль колоїднохімічних процесів // Вісн. НАН України. — 2008. — № 8. — С. 28–41.
20. Ульберг З.Р., Чекман І.С. Нанофармакологія: міждисциплінарний аспект наукових досліджень // Сучасні проблеми токсикології. — 2013. — Т. 55, № 1–2. — С. 32–37.
21. Karnaukova A.Yu., Reznichenko L.S., Gruzina T.G. et al. Bismuth nanoparticles as antimicrobial substance in effective struggle with high pathogen microorganisms // Clusters and Nanostructured Materials (CNM-3): Proc. Int. Meeting (14–17 Oct. 2012, Uzhorod, Ukraine). — P. 170.
22. Reznichenko L., Doroshenko A., Gruzina T. et al. Iron nanoparticles effectiveness for new antianemic preparations development // NANOCON-2013: Proc. 5th Int. Conf. (16–18 Oct. 2013, Brno, Czech Republic). — P. 556–560.
23. Чухров Ф.В. Коллоиды в земной коре. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — С. 671–675.
24. Перцов Н.В., Ульберг З.Р., Козан Б.С. и др. Механизм биогенного концентрирования металлов в шельфовых зонах дефицита наноса // Геохимия. — 1990. — № 1. — С. 112–116.
25. Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Гарбара С.В. и др. Биогеохимическое формирование металлоносных зон в прибрежных тонкодисперсных осадках // ДАН УССР, Сер. Б. — 1985. — С. 44–48.
26. Овчаренко Ф.Д., Ульберг З.Р., Перцов Н.В., Козан Б.С. Механизмы биогенного концентрирования металлов в шельфовых зонах дефицита наносов // ДАН УССР, Сер. Б. — 1989. — № 1. — С. 19–22.
27. Baldi F., Kukhar V.P., Ulberg Z.R. Bioconversion and removal of metals and radionuclides // Perspectives in Bioremediation. Technologies for Environmental Improvement. NATO ASI Series. — 1997. — V. 19. — P. 75–90.

V.A. Prokopenko, I.G. Kovzun, Z.R. Ulberg

Інститут біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка Національної академії наук України
бульвар Академіка Вернадського, 42, Київ, 03680, Україна

ТВОРЧИЙ ПОТЕНЦІАЛ НАУКОВОГО ВІДКРИТТЯ

У статті коротко висвітлено суть, теоретичне і практичне значення відкритого 30 років тому вченими-колоїдниками явища вибіркової гетерокоагуляції мінеральних колоїдних частинок з мікроорганізмами. Отримані вченими Інституту біоколоїдної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України при його вивченні фундаментальні і прикладні результати лягли в основу новітніх наукових напрямів: біоколоїдної хімії, біогеохімії, колоїдних біотехнологій, а в їхніх рамках — біосинтезу нанорозмірних частинок металів і їх сполук, нанофармації, наномедицини і нановетеринарії, біоготехнології, біоколоїдної екології.

V.A. Prokopenko, I.G. Kovzun, Z.R. Ulberg

Ovcharenko Institute of Biocolloidal Chemistry of National Academy of Sciences of Ukraine
42 Academician Vernadsky Blvd., Kyiv, 03680, Ukraine

THE CREATIVE POTENTIAL OF SCIENTIFIC DISCOVERY

In summary the article reveals the essence, theoretical and practical values of discovered by the colloid chemistry scientists 30 years ago the phenomenon of selective heterocoagulation of colloidal mineral particles with microorganisms. Fundamental and applied results obtained by scientists of Ovcharenko Institute of Biocolloidal Chemistry of NAS of Ukraine during studying of the discovery formed the basis of modern scientific trends: biocolloidal chemistry, biogeochemistry, colloidal biotechnology, and within them — biosynthesis of nanosized particles of metals and their compounds, nanopharmacy, nanomedicine and nanoveterinary, biogeotechnology, biocolloidal ecology.



ДОРОШЕНКО

Андрій Миколайович — секретар секції Наукової ради з нових матеріалів при МААН, аспірант кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

КОНСТРУКТИВНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ МЕДИЦИНИ

Засідання секції Наукової ради з нових матеріалів при Міжнародній асоціації академій наук

27 травня 2014 р. на базі Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України відбулося четверте щорічне засідання секції «Конструктивні і функціональні наноматеріали для медицини» Наукової ради з нових матеріалів при Міжнародній асоціації академій наук.

27 травня 2014 р. у стінах Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України вже вчетверте на засідання секції «Конструктивні і функціональні наноматеріали для медицини» Наукової ради з нових матеріалів при Міжнародній асоціації академій наук (президент — академік Б.Є. Патон) зібралися вчені-матеріалознавці, фізики, фармакологи, фармацевти, морфологи, мікробіологи, гігієністи, екологи, клініцисти, хіміки, біологи з провідних медичних і академічних закладів України для обговорення проблем синтезу, безпеки, властивостей та застосування наноматеріалів у медицині й фармакології. Робота цієї Секції є гарним прикладом успішної міждисциплінарної співпраці науковців різних галузей.

Очолив чергове засідання Секції провідний учений-фармаколог, завідувач кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця, член-кореспондент НАН України і НАМН України, професор І.С. Чекман. Серед учасників засідання були присутні два академіки НАН України, один академік НАМН України, два члени-кореспонденти НАН України, два члени-кореспонденти НАМН України, 6 докторів і 7 кандидатів наук. Приємно відзначити, що в роботі Секції активну участь взяли 16 молодих учених.

Під час засідання Секції було заслухано 17 наукових доповідей, у яких наведено результати міждисциплінарних досліджень з вивчення властивостей наноматеріалів, що становлять



Учасники засідання секції «Конструктивні і функціональні наноматеріали для медицини». 27 травня 2014 р.

значний внесок у розвиток вітчизняної наномедицини і нанофармакології. У ході роботи Секції обговорювалися такі основні наукові напрями:

1. Вивчення фармакологічних властивостей нанометалів і їх композитів з органічними речовинами.

2. Синтез і вивчення властивостей нових наноматеріалів.

3. Перспективи застосування нанотехнологій у підвищенні ефективності протипухлинної терапії.

4. Розроблення методів вивчення токсикологічних властивостей і безпеки наноматеріалів.

5. Вивчення взаємодії нанооб'єктів (каліксаренів, наночастинок) з субклітинними структурами.

6. Перспективи застосування наноматеріалів з антибактеріальними властивостями для лікування захворювань, спричинених мультирезистентними штамами мікроорганізмів.

7. Розроблення нанокомпозитів з функціями багатоцільових нанороботів для застосування в медицині та біології.

8. Застосування підходу нанорозмірного драг-дизайну при створенні нових лікарських засобів.

9. Поняття про наномікроніку як науку, що вивчає властивості об'єктів розміром 100–1000 нм.

10. Використання нанорозмірних каліксаренових асоціатів для внутрішньоклітинної доставки генів.

У доповіді академіка НАМН України, члена-кореспондента НАН України **І.М. Трахтенберга** і доктора біологічних наук **Н.М. Дмитрухи** (Інститут медицини праці НАМН України) «Наночастинки металів, їх токсичні властивості, методи визначення» було зацентовано увагу на тому, що дослідження токсичних властивостей наночастинок відрізняється від класичних підходів медико-біологічного експерименту. І.М. Трахтенберг торкнувся питання екстраполяції даних, отриманих *in vitro* та *in vivo*, перенесення результатів доклінічного дослідження на людину, а також поставив проблему розроблення антидотів для лікування потенційних отруєнь наноматеріалами. Він наголосив також на медичних і екологічних на-



Виступ академіка НАМН України, члена-кореспондента НАН України І.М. Трахтенберга



Виступ академіка НАН України В.Ф. Чехуна



Виступ академіка НАН України Б.О. Мовчана

слідках забруднення навколишнього середовища сполуками свинцю, зокрема внаслідок ліквідації аварії на ЧАЕС у 1986 р.

Директор Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України академік НАН України **В.Ф. Чехун** навів результати дослідження, присвяченого застосуванню нанотехнологій для підвищення вибіркової дії цитостатиків. Він повідомив, що зростання резистентності пухлинних клітин до протипухлинних засобів може бути зумовлене посиленням експресії деяких білків, які відповідають за метаболізм заліза. Експериментально показано, що застосування нанозаліза дозволяє подолати резистентність пухлинних клітин до цисплатину, що, можливо, пов'язано з впливом нанозаліза на експресію цих білків. Крім того, доповідач звернув увагу присутніх на те, що наночастинки можуть непередбачувано впливати на біологічні системи. Так, нанооб'єкти можуть не лише мати протимікробний ефект для лікування інфекцій, викликаних антибіотикорезистентними штамми, а й виступати «нанокаталізаторами», що посилюють життєдіяльність мікроорганізмів.

У доповіді засновника Міжнародного центру електронно-променевої технології Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона академіка НАН України **Б.О. Мовчана** йшлося про застосування електронно-променевого методу отримання рідких субстанцій з наночастинками металів. Доповідач зосередив увагу присутніх на розмір-залежних властивостях наночастинок, а також на необхідності дослідження співвідношення хімічного складу наноматеріалів та їх біологічної активності.

Професор **Т.В. Звягінцева** (Харківський національний медичний університет) у своїй доповіді представила результати експериментів зі встановлення спектра фармакологічної активності та безпеки мазей з наночастинками срібла, зокрема дані стосовно ранозагоювальної активності, гострої токсичності, алергізуючої та сенсibiliзуючої дії.

У доповіді кандидата фармацевтичних наук **Ю.І. Губіна** було наведено результати дослі-

джень, проведених науковим колективом Національного фармацевтичного університету під керівництвом члена-кореспондента НАН України, професора В.П. Черниха, зі створення та дизайну фармацевтичних наноматеріалів. Доповідач запропонував використання термінів «наномікроніка» і «наномікронна частинка» — частинка мікронних розмірів (від 100 до 1000 нм), яка складається з двох і більше наночастинок. Наномікроніка, на думку вченого, покликана заповнити наявний сьогодні пробіл між «нано» і «мікро».

Доповідь завідувача відділу біохімії м'язів Інституту біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України, члена-кореспондента НАН України, професора **С.О. Костеріна** було присвячено дослідженню циклічних олігомерів фенолів як нових афінних супрамолекулярних ефекторів для таргетної модуляції функціональної активності АТР-гідролаз та іонних pomp гладеньком'язової клітини.

Кандидат хімічних наук **Р.В. Родік** з Інституту органічної хімії НАН України представив результати дослідження із застосування нанорозмірних каліксаренових асоціатів для внутрішньоклітинної доставки генів.

Завідувач лабораторії мікробіології, вірусології та мікології ДУ «Інститут урології НАМН України» доктор біологічних наук, професор **А.В. Руденко** присвятила свою доповідь значенню антибіотикорезистентності у клінічній практиці та шляхам її подолання за допомогою наночастинок металів. Доповідач запропонував розробити наноструктуровані полімерні матеріали з антимикробними та антимикотичними властивостями для створення виробів медичного і ветеринарного призначення (дренажі, катетери тощо), а також для захисту як людини, так і різних конструкційних споруд та матеріалів у промисловості, житлових приміщеннях тощо.

У доповіді доктора фізико-математичних наук, професора **П.П. Горбика** з Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України йшлося про синтез, властивості, медико-біологічне і екологічне застосування нових магніточутливих поліфункціональних нанокомпозитів.



Виступ кандидата фармацевтичних наук Ю.І. Губіна



Виступ члена-кореспондента НАН України С.О. Костеріна



Виступ професора А.В. Руденко

Кандидат хімічних наук **О.М. Гончар** (Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України) повідомив про результати вивчення металовмісних біологічно-активних поліуретанових наноматеріалів з метою застосування їх у медицині.

У виступах аспірантів кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

А.М. Дорошенка, А.О. Прискоки та П.В. Сімонова, які працюють під керівництвом члена-кореспондента НАН України і НАМН України, професора І.С. Чекмана, було наведено результати досліджень з вивчення фармакологічної активності і безпечності перспективних для застосування у медицині наночастинок і наноматеріалів, а саме наночастинок заліза, срібла і міді.

А.Н. Дорошенко

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

КОНСТРУКЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
НАНОМАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Заседание секции Научного совета по новым материалам
при Международной ассоциации академий наук

27 мая 2014 г. в Киеве на базе Института электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины состоялось четвертое ежегодное заседание секции «Конструкционные и функциональные наноматериалы для медицины» Научного совета по новым материалам при Международной ассоциации академий наук.

A.M. Doroshenko

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

CONSTRUCTIONAL AND FUNCTIONAL
NANOMATERIALS FOR MEDICINE

Section Meeting of the Scientific Council for Novel Materials
of the International Association of Academies of Sciences

The Fourth annual meeting of the section "Constructional and Functional Nanomaterials for Medicine" of the Scientific Council for Novel Materials of the International Association of Academies of Sciences have taken place at Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine in Kyiv on 27 May, 2014.

ГАМАЛІЯ

Віра Миколаївна –
доктор історичних наук,
завідувач кафедри суспільних та
гуманітарних наук Державного
економіко-технологічного
університету транспорту

ЧЕРЕВИЧНИЙ

Геннадій Семенович –
кандидат історичних наук,
доцент кафедри новітньої
історії України Київського
національного університету
імені Тараса Шевченка

КРИМ В ІСТОРІЇ, КУЛЬТУРІ, ЕТНОНАЦІОНАЛЬНІЙ ТА ГЛОБАЛЬНІЙ ПОЛІТИЦІ

**Рецензія на книгу «Крим: шлях крізь віки.
Історія у запитаннях і відповідях»
К.: Інститут історії України, 2014**

У книзі «Крим: шлях крізь віки. Історія у запитаннях і відповідях» (відп. ред. В.А. Смолій; упоряд. Г.В. Боряк), виданій в Інституті історії України НАН України, учені-історики і сходознавці зробили спробу відповісти на актуальні запитання щодо найрізноманітніших сторінок багатовікової історії Криму та народів, які населяли його з найдавніших часів.

Ця досить великого формату книга відразу привертає увагу. Сьогодні Крим у всіх на слуху: і в Україні, і в Росії, і в Європі, і в усьому світі. Видання охоплює понад 120 статей, написаних як академічними, так і університетськими істориками, культурологами, сходознавцями, політологами, мовознавцями. Ці дуже різнопланові статті, викладені в популярній формі, ґрунтуються на новітніх наукових підходах та широкій джерельній базі. Крім деяких загальновідомих фактів, традиційних оцінок та інтерпретацій у книзі наведено й цілком новаторські спостереження, оригінальні авторські думки, погляди, несподівані висновки і прогнози. Відповідальний редактор видання академік НАН України В.А. Смолій у вступному слові пише:

Минуле Криму багате на події – величні і щасливі, трагічні й героїчні, власне, як і історія будь-якого іншого регіону з давньою, складною і суперечливою історією...

Перебуваючи на перетині міграційних потоків, півострів за кількатисячолітню історію дав прихисток низці племен, назви яких нині відомі тільки науковому загалу. Тривалий час його історія була пов'язана із скіфами, що заснували тут свою державу... Таврида з її строкатим населенням була частиною еллінського світу... Багата історична спадщина Давньої Греції була успадкована Римською імперією, в сфері впливів якої Крим перебував до VI ст. ...Крим перебував на перетині політичних та



економічних інтересів провідних європейських та азійських держав; втім, це не заперечувало одночасного існування тут низки незалежних держав та державних утворень, що постійно вели між собою боротьбу.

У війнах промайнула епоха набігів кочовиків. Скіфська держава була знищена в другій половині III ст. н.е. готами, вони у свою чергу в IV ст. н.е. були витіснені гунами. Після розпаду Римської імперії Крим потрапив до сфери впливу Візантії... Врешті, коли берегів Чорного моря у боротьбі з печенігами сягнули інтереси молоді Київської держави, тут з'являються і намагаються зміцнювати свою присутність русичі. 988 р. (за іншими джерелами — 989 р.) князь Володимир, оволодівши Корсунем, прийняв офіційне хрещення, що започаткувало поширення християнства на Русі. В XII ст. більшу частину півострова захопили половці. Середньовіччя стало часом тяжких випробувань для жителів півострова: постійні набіги кочовиків та облоги фортець, як правило, закінчувалися трагічно — населення винищувалося чи виводилося в рабство, господарство приходило в занепад. Таким чином тут з'явилися і татари, які після перемоги над руськими військами на р. Калка зайшли в Крим на зимівлю і підпорядкували степову зону Ординському царству. Після розпаду Золотої Орди в степовому Криму вони створили власну державу (1441), яка невдовзі потрапила під протекторат Оттоманської Порти.

Традиційно населення всіх імперій..., яким історично належав Крим, було строкатим. У нетривалі часи мирного існування тут уживалися різні етнічні та етноконфесійні громади. З часом відпрацьовувалися моделі мирного співіснування, розподілу праці. Вони були універсальними впродовж майже трьох тисячоліть: степовий Крим з його посушливим різким кліматом служив прихистком кочовикам та їхнім багатотисячним табунам худоби; прибережну смугу посилено колонізували вихідці з Греції, Італії, Передньої Азії. Вони будували міста, займалися ремеслами і промислами, торгівлею, виробництвом вина. Етнічні групи в Кримському ханаті мали доволі сприятливі умови для свого розвитку: християнські й караймські свя-

тині співіснували із столицею ханату та ханським палацом, райя були заможними господарями й надійними платниками податків. Тоді не Крим належав Росії, а сама вона була васалом Ханату і до 1680 р. платила йому данину. Суперечності, що природно виникали в багатонаціональному і багатоконфесійному суспільстві, були використані згодом, коли Крим потрапив до сфери життєвих інтересів зміцнілої Російської імперії...

Володарювання російських імператорів у Криму тривало до 1917 р. За цей час його татарське населення зменшилося більше як на 450 тис. осіб. На нові землі спрямовувалися потоки російських й українських переселенців (передусім — селян), а також з'явилися іноземні колоністи, для яких російський уряд створював досить сприятливі умови. На 1917 р. найбільшим у етнічній структурі населення Криму (понад 41% всього населення) стали росіяни. Однак така ситуація спостерігалася лише в містах. У степовому Криму співвідношення етнічних груп мало децю інший вигляд: тут існували майже рівноцінні громади росіян, українців, татар і німців.

До епохи революційних потрясінь народи Криму підійшли із різним політичним багажем, істотно відрізнявся рівень їхнього культурного розвитку, гострота соціальних суперечностей. Традиційно ситуацію ускладнював геополітичний фактор. Це й стало підосновою жорсткого протистояння політичних сил на півострові. Впродовж кількох років війн і революцій в Криму змінилося вісім урядів, які запроваджували діаметрально протилежні політичні та соціально-економічні моделі суспільного існування. Переможницею із запеклої політичної і воєнної боротьби вийшла радянська Росія, що включила Крим як автономну республіку до складу Російської Федерації.

Історія Криму до 1783 р. була історією співіснування та змагання середземноморської і кочової культур, і саме відмінність у способах життєдіяльності забезпечувала їхнє тривале добросусідство. Кочовики не знали мореплавства і століттями були змушені вдаватися до

посередництва мешканців прибережної смуги. Після 1783 р. порубіжність Криму визначалася складними відносинами Росії і Туреччини, у вигаді від якої в середині ХХ ст. опинилася Україна.

Географічне розташування Півдня України на порубіжжі християнської і мусульманської цивілізацій зумовило кілька принципових особливостей у його розвитку. Це був такий тип соціокультурного освоєння території, який у демографії називають відкритим, з високою питомою вагою міграційних процесів, причому міграційна рухливість мала яскраве етнічне забарвлення. Найхарактерніша особливість Криму як ареалу розселення і господарського регіону сформувалася вже в наші часи на основі його автономного статусу. У 1991 р. автономія в унітарній державі утворювалася як прийнятний для різних політичних сил компроміс, здатний мінімізувати ризики конфліктогенності.

Тільки на початку ХХ ст. найбільшим у відносному значенні (понад 41 %) етносом Криму стали росіяни. Стрімке збільшення російської громади було пов'язане з революційними подіями на теренах Російської імперії. Крим перетворився на штаб-квартиру російського білогвардійського руху, транзитний пункт біженців та політичних емігрантів, місце дислокації іноземних військ. У середині 1920-х років етнополітична ситуація в Криму загалом стабілізувалася. У 1926 р. тут мешкало 301,4 тис. росіян (42,2%), 179,8 тис. татар (25,2%), 77,4 тис. українців (10,8%), 39,9 тис. євреїв (5,6%), 43,6 тис. німців (6,1%), 16,0 тис. греків (2,2%), 11,4 тис. болгар (1,6%), 0,7 тис. вірмен (1,5%), решту — 33,8 тис. (4,7%) становили представники інших етносів.

Утворення Кримської Автономної Соціалістичної Радянської Республіки у складі Російської СФРР було проголошено на установчому з'їзді у Сімферополі, який проходив 7–11 листопада 1921 р. З'їзд затвердив конституцію автономії, обрав ЦВК рад та голову РНК. Серед 50 членів КримЦВК було 15 татар. Автономія створювалася як територіальна, проте її політико-правовий статус не був

чітко окреслений, а своєрідний «татарський антураж» пояснювався насамперед прагненням правлячої партії створити поле для такого компромісу з кримськотатарським національним рухом, який на практиці означав би його нейтралізацію. У процесі прийняття такого рішення велику роль відігравала загальна нестабільність ситуації на півострові, поновлення спроб з боку українського уряду поставити Крим під свій контроль. Міф про Кримську АСРР як «національну автономію» і сьогодні тисне на суспільну свідомість.

На 1939 р. у Криму проживало 1,126 млн осіб, за роки Другої світової війни чисельність населення зменшилася до 379 тис. Крим не лише обезлюднів, а й занепав економічно. Навіть до початку 1950-х років не було відновлено посівні площі. Територія під садами зменшилася на 6 тис. га. Порівняно з довоєнним періодом півострів скоротив щорічний продаж державі зерна майже у п'ять разів, овочів — удвічі, тютюну — втричі.

Україна надавала зруйнованому і позбавленому засобів виробництва регіону значну допомогу у відбудові заводів і фабрик, будівництві, водопостачанні. Унаслідок цього кримська й українська економіки дедалі більше інтегрувалися. Було споруджено Сімферопольське та Старо-Кримське водосховища, Північно-Кримський канал. Металургійні заводи УРСР приймали агломерат із Керчі, флюси — з Балаклавського рудника.

У 1989 р. загальна чисельність населення в Криму становила 2,430 млн осіб, у тому числі росіян — 1,630 млн осіб, українців — 626 тис., білорусів — 50 тис., кримських татар — 38 тис. Повернулася з депортації частина німців, вірмен, болгар, греків, розпочався процес повернення корінного народу Криму — кримськотатарського. Нині кримських татар налічується близько 300 тис. осіб. Визнання кримських татар корінним народом не лише зміцнює правові гарантії розвитку кримськотатарської спільноти в Україні та розширює механізми її впливу на суспільно-політичне життя півострова, а й вимагає подальшої роботи державних органів та інститутів громадянського

суспільства щодо узгодження положень декларації з чинною правовою системою, створення соціально-економічних підвалин для втілення їх у життя.

За переписом 2001 р. у Криму проживало 2,024 млн осіб. З них росіяни становили 58 %, українці — 24 %, кримські татари — 12 %, білоруси — 1,4 %. Крім того, на півострові мешкають вірмени, болгари, греки, євреї, німці та представники інших національностей. 48 % населення Криму — народжені поза його межами.

Рецензована книга є дуже інформативною і цікавою, чому сприяє обраний авторським колективом формат, діалогова форма викладення матеріалу через запитання та відповіді. Надзвичайно широкий спектр цих запитань охоплює якнайширше коло проблем сучасної історичної науки. На нашу думку, варто лише з невеликими скороченнями навести питання, що обговорюються на сторінках видання, часто-густо нетривіальні й неочікувані.

У розділі «Загальні питання» запропоновано для обговорення такі теми:

- Як особливості фізичної географії Криму впливали на його історичний розвиток?
- Чи можна стверджувати, що історія України починається з Криму?
- Яке місце посів Крим в історії людства?
- Що мають на увазі, коли говорять про культурно-цивілізаційну своєрідність Криму?
- Київ і Крим за доби Відродження: чужі світи, антагоністи чи партнери?
- Як Великі географічні відкриття стали економічно-цивілізаційним рубіконом Криму й України?
- Які історичні назви мав Кримський півострів?
- Як відображали Крим на стародавніх картах?
- Які сучасні етноси утворилися на Кримському півострові?
- Якими мовами розмовляло й писало населення на Кримському півострові?

• Як відбувалися процеси етнічної взаємодії у Криму?

- Що означає статус корінного народу?
- Які держави існували на території Кримського півострова у давнину?

• Чому, попри вигідне географічне положення на перехресті цивілізацій, у Криму існувало мало самостійних та економічно потужних держав?

- Скільки разів Росія анексувала Крим?
- Як і за рахунок яких факторів населення Криму стало переважно російським?

• Скільки референдумів відбулося на території Криму в XX—XXI ст.?

- Чим цікава давня історія «Артеку»?
- Яку роль відіграв Крим у житті українських істориків?

• Що являє собою культурна спадщина Криму?

У розділі «Кризь віки» всебічно розглянуто такі питання:

• Що нам відомо про перших мешканців Криму?

- Хто населяв Крим в античну добу?
- Хто такі греки Криму та яка їх історична доля?

• Ким і коли були засновані перші держави на території Криму і якими були особливості їх розвитку?

• Як Велике переселення народів вплинуло на етнополітичну ситуацію на Кримському півострові?

• Що являли собою візантійські володіння на Кримському півострові?

• Яке місце посідав Крим у міжнародній діяльності держави Русь?

• Яку роль відіграв кримський фактор у хрещенні Русі-України?

• Що нам відомо про давньоруське Тмутарканське князівство?

• Які наслідки мала генуезька колонізація у Криму?

- Які наслідки мала османська работоргівля для Кримського півострова?
- Що призвело до утворення Кримського ханату?
- Яким був державний устрій Кримського ханату?
- Яким було становище Кримського ханату в Османській імперії?
- Чи існували аутентичні портрети кримських ханів?
- Що спричиняло людоловські набіги Кримського ханату на сусідні території?
- Як відбувалися татарські напади на українські землі?
- Коли між українськими козаками і кримськими татарами було підписано першу союзню угоду?
- Яку роль відіграли кримські татари в подіях революції українського народу середини XVII ст.?
- Як кримські хани впливали на політику Української козацької держави в 1670-х — на початку 1680-х років?
- Відколи Росія почала завойовувати Крим?
- Яку участь брали запорожці у завоюванні Криму Росією?
- Які причини та найближчі наслідки мала депортація греків із Кримського ханату 1778 р.?
- Як відбувалася легітимація завоювання Криму Російською імперією на початку 1770-х років?
- Яка доля спіткала останнього кримського хана?
- Хто став власником найбільш родючих земель півострова?
- Як в Ахтіярській затоці постав Севастополь?
- Наскільки резонансними були виселення кримських татар із Російської імперії як контингенту для неї «небезпечного»?
- Як змінився національний склад населення Криму за півстоліття після ліквідації ханату?
- Що являла собою економіка Криму в першій половині XIX ст.?
- Яким був життєвий рівень населення України за часів Кримської війни?
- Чому Кримська війна 1853—1856 рр. стала явищем міжнародного суспільного життя?
- Чому першою в Україні можна вважати британську залізницю Балаклава—Севастополь?
- Як був представлений Крим у Державній думі Російської імперії (1906—1917)?
- Що спільне та відмінне в українському і кримськотатарському національних рухах у 1917 р.?
- Коли й ким було ухвалено першу в історії Криму конституцію?
- Чи робила Українська Народна Республіка доби Центральної Ради спроби включити Кримський півострів до складу України?
- Як вирішувалося кримське питання у ході українсько-російських мирних переговорів 1918 р.?
- Чому гетьман Павло Скоропадський улітку 1918 р. вдався до економічної блокади Криму?
- Як вирішувалося питання про автономію Криму у складі Української Держави восени 1918 р.?
- Чи багато кому відомо, що в 1918 р. Крим міг стати частиною Німецької імперії з ініціативи місцевого населення?
- За яких обставин було створено Кримську Соціалістичну Радянську Республіку?
- Якою ціною дісталася взяття Перекопу в листопаді 1920 р.?
- Що спричинило голод 1921—1923 рр. у Криму?
- Якими були наслідки червоного терору в Криму 1920—1921 рр.?
- Як здійснювалася політика коренізації в Криму?
- Кримська автономія у 1920—1930-х роках: національна чи територіальна?

- Під тиском яких політичних та ідеологічних настанов відбувалися зміни адміністративно-територіального устрою Криму за радянських часів?
- Коли і як виникла ідея єврейської автономії в Криму?
- Як проводилася колективізація сільського господарства у Кримській АРСР?
- Як відбувалася індустріалізація Криму 1928—1938 рр.?
- Якими були наслідки терору проти кримськотатарської інтелігенції (1928—1930)?
- Що нам відомо про Великий терор у Криму (1937—1938)?
- Як проходили оборонні бої Червоної армії у 1941—1942 рр. на Кримському півострові?
- Чи діяли під час Другої світової війни у Криму підпільні структури ОУН?
- Чи мав колабораціонізм у Криму якісь унікальні риси?
- У ході яких операцій Кримський півострів було визволено від німецько-румунських окупантів?
- Як діяв Чорноморський флот ВМФ СРСР під час війни?
- Як відбувалася депортація народів Криму у часи Другої світової війни?
- Яких втрат зазнали кримські татари в роки Другої світової війни?
- У чому полягають міжнародне значення та актуальність уроків Кримської конференції 1945 р. для України?
- Як жили кримські татари в місцях поселення після депортації?
- Як змінювався національний склад населення Криму у другій половині ХХ ст.?
- Чому виник міф про царський подарунок Микити Хрущова?
- Як відбувалася інтеграція Кримської області до складу УРСР?
- Що собою являла українізація Криму в 1950-х роках?
- Що собою являв кримськотатарський національний рух у 1950—1980-х роках?
- Які наслідки мало створення кримської автономії у складі України?
- Якою була ситуація з викладанням мови та історії України в навчальних закладах Автономної Республіки Крим за роки української незалежності?
- Що зробила Україна в справі відновлення історичної справедливості щодо репресованих народів?
- Як відбувалася адаптація кримськотатарського населення у Криму?
- Яке значення мало кримське питання для становлення та розвитку українсько-російських відносин у 1991—2014 рр.?
- Які інтереси переслідувала Російська Федерація, анексувавши Автономну Республіку Крим?
- Як кримська криза лютого — березня 2014 р. вплинула на європейську та глобальну безпеку?
- Якою є позиція міжнародного співтовариства щодо анексії Криму Російською Федерацією?
- Який міжнародно-правовий потенціал має Україна для боротьби за повернення контролю над Кримом?

У книзі приділено увагу й місцю Криму в науковому ландшафті України. Наприклад, Морський гідрофізичний інститут у серпні 1961 р. було передано з АН СРСР до системи Академії наук УРСР, а в 1963 р. перебазовано до Севастополя. Заходами Уряду України та АН УРСР Інститут було фактично створено наново. Він стрімко увійшов до радянської і світової океанологічної науки, ставши визнаним авторитетом у галузі вивчення фізичних процесів у Світовому океані, автоматизації океанографічних досліджень і морського приладобудування. Останніми роками Морський гідрофізичний інститут був одним із провідних океанологічних центрів у світі, до його скла-

ду входило 14 наукових відділів і 4 відділення, спеціальне конструкторсько-технологічне бюро, видавничо-поліграфічне підприємство та експериментальне відділення НАН України (сміт Кацівелі). Інститут укомплектовано висококваліфікованими науковими кадрами, серед яких 2 академіки НАН України, 4 члени-кореспонденти НАН України, 27 докторів і 70 кандидатів наук.

Кримський науковий центр НАН України і МОН України, заснований у 1997 р. з метою підвищення ролі науки в розробленні та реалізації в Україні ефективної регіональної політики, орієнтованої на поєднання загальнодержавних і регіональних інтересів, успішно співпрацював майже з усіма науково-дослідними установами та вищими навчальними закладами півострова, такими як Відділ сейсмології Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України, Карадазька науково-дослідницька геофізична обсерваторія, Карадазький природний заповідник, Керченський державний морський технологічний університет, Кримська лазерна обсерваторія при Головній астрономічній обсерваторії НАН України, Кримське відділення Інституту сходознавства ім. А.Ю. Кримського НАН України, Кримське відділення Українського державного геологорозвідувального інституту, Кримський гуманітарний університет, Кримський державний медичний університет ім. С.І. Георгієвського, Кримський інженерно-педагогічний університет, Кримський національний заповідник «Херсонес Таврійський», Кримський республіканський НДІ фізичних методів лікування і медичної кліматології ім. І.М. Сеченова, Кримський філіал Інституту археології НАН України, Морський гідрофізичний інститут НАН України, Національна академія природоохоронного і курортного будівництва, Національний інститут винограду і вина «Магарач», Національний науковий центр «Нікітський ботанічний сад», НДІ «Кримська астрофізична обсерваторія», Океанологічний центр НАН України, Південна дослідна станція Інституту сільськогосподарської мікробіології, Півден-

ний НДІ морського рибного господарства і океанографії, Південний філіал «Кримський агротехнологічний університет» Національного університету біоресурсів і природокористування України, Севастопольський національний технічний університет, Севастопольський університет ядерної енергії і промисловості, Сімферопольський художній музей, Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Український інститут спелеології і карстології, Український НДІ дитячої курортології і фізіотерапії, Центральний музей Тавриди.

Специфіка Кримського наукового центру полягає в тому, що він приділяв велику увагу розвитку інноваційної діяльності, адаптації виробництва науково-технічної, інноваційної продукції регіону до умов функціонування в ринковому середовищі, розробленню конкретних сценаріїв комерціалізації відповідних видів діяльності, створенню організаційно-економічних механізмів просування інтелектуальної продукції на сучасних ринках та реалізації принципів партнерських відносин бізнесу, науки, освіти і влади у процесі формування в регіоні економіки інноваційного типу.

Насамкінець звернімося знову до думок редактора книги.

У складі України Крим здобув право суб'єктності у політичному житті та широку автономію. Так само особливий статус, згідно з Конституцією, мав Севастополь. Разом з тим, докорінна зміна етнополітичної ситуації в Криму в контексті складного й болісного перехідного періоду, що супроводжував розбудову незалежної України, перетворилася на фактор перманентної політичної нестабільності. Адже низка політичних сил не лише в Україні, а й за її межами існувала за рахунок міцно вживлених у масову свідомість ідеологічних стереотипів та невирішених соціальних питань. Це не лише не сприяло гармонізації взаємин сусідніх народів, а й культивувало зерна розбрату між ними.

Події останнього часу підтверджують цю думку. Із подивом загалом толерантне суспільство побачило, як оживають і набирають вбивчої сили ідеї про зверхність одного народу над

іншим, про належність території, що є невід'ємною частиною України, іншій державі. Здавалося б, за цей час мали місце безліч перемог і здобутків, які є предметом гордості та наслідком спільної долі народів, що населяють Крим. Однак невпинно розповсюджувалися конфронтаційні настрої, які вміло підживлювалися та культивувалися і, зрештою, створили сприятливі умови для відторгнення Криму від України і включення його до складу РФ. Отже, одних лише гасел про братерську єдність та інтернаціоналізм, як показав історичний досвід, виявилось замало. Так само надто мало пересічні мешканці Криму та України знають про спільні сторінки історії, культуру, побут та звичаї свої та своїх сусідів. Адже історія Криму та народів, що складають його сьгоднішнє етнічне обличчя, невичерпна. У ній багато ще недослідженого, багато й такого, що вже ніколи не буде дослідженим внаслідок відсутності або цілеспрямованого знищення джерел. Однак і того, що достеменно відомо нині, достатньо, аби стверджувати: у причорноморському цивілізаційному просторі Крим і південно-західні руські

(згодом — українські) землі перебували в одній системі координат. Це був непростий процес. Змінювалися епохи, економічна, політична та інституційна моделі їх існування, накопичувалися історичний досвід та традиції, урізноманітнювалися форми і контакти між людьми (від конфронтаційних до лояльних і дружніх). Адже сила зброї — це лише один із можливих інструментів вирішення питань, пов'язаних із територією, формуванням життєвого і навіть духовно-мовного середовища. Спектр цих факторів є незрівнянно ширшим, стійкішим та універсальнішим.

Порушення Російською Федерацією міжнародних правових норм і зобов'язань, військова агресія проти України та протизаконна анексія Криму створили, крім політичних і економічних, також безліч майнових і громадянсько-правових проблем, що потребують нагального розв'язання. Україна готує низку матеріалів до міжнародних судів. Проте сьогодні важливо також налагоджувати контакти і дипломатичним шляхом вирішувати питання власності, культурної спадщини, комунікацій та інші.

ТАНЬШИНА

Алла Владимировна —
кандидат педагогических наук

К 60-летию
научной деятельности
академика НАН Украины
В.Г. Барьяхтара

НЕЗАБЫВАЕМОЕ

В истории науки всегда есть неординарные личности, которые еще при жизни становятся легендами. Один из них — наш современник — известный ученый в области теории твердого тела и физики магнитных явлений, Герой Украины, академик Национальной академии наук Украины Виктор Григорьевич Барьяхтар.

Наука приносит тройную пользу:
пользу знаний, пользу возможности
действовать и пользу выражения
определенной человеческой личности.

Карл Фридрих фон Вайцекер

Жизненный путь Виктора Григорьевича Барьяхтара начался в Мариуполе, в учительской семье с весьма скромным достатком. Выбор научной стези был предопределен еще в школе — Виктор Барьяхтар твердо решил стать физиком. И отнюдь не случайно судьбоносные обстоятельства четко отложились в его памяти:

«В июле 1948 года участвовал в первом в своей жизни «секретном» совещании. Представитель физтеха рассказал нам, победителям физических и математических олимпиад Луганска, об атомной бомбе и о том, что такое оружие должно быть создано в СССР, и призвал нас ехать учиться в Москву на физтех. Вскоре после этого мой друг по школе Сергей Ермаков дал мне на одну ночь почитать книжку Г.Д. Смита «Атомная энергия для военных целей». Естественно, я сразу решил стать ядерщиком.

На физтех, однако, по личным причинам я так и не попал, а поступил на физический факультет Ленинградского университета». (Здесь и далее цитируется монография В.Г. Барьяхтара «Моя траектория». — К.: Наукова думка, 2010.)

В декабре 1951 года произошло неожиданное (но ключевое!) событие в его жизни. Студент 3-го курса Ленинградского государственного университета Виктор Барьяхтар в числе лучших студентов страны был переведен на вновь созданное специаль-



Академик НАН Украины
Виктор Григорьевич Барьяхтар



Слева направо: В.Г. Барьяхтар, А.И. Ахиезер, С.В. Пелетминский, К.Н. Степанов. 1966 г.

ное отделение Харьковского государственного университета, которое по специальному постановлению советского правительства было сориентировано на подготовку высокопрофессиональных специалистов для бурно развивающейся ядерной отрасли СССР.

Поначалу Виктору приходилось нелегко: учебная программа ядерного отделения была чрезвычайно насыщенной. Но со временем стало полегче. Усердие и целеустремленность закалили характер юноши, а также способствовали развитию уверенности в собственных силах.

Студент Виктор Барьяхтар попал на глаза к одному из авторитетнейших физиков-теоретиков УССР Александру Ильичу Ахиезеру, который совмещал тогда научную работу в Харьковском физико-техническом институте с преподавательской деятельностью в Харьковском государственном университете имени А.М. Горького. А.И. Ахиезер приметил не только неординарные способности этого молодого человека, но и его трудолюбие. Счастливым даром судьбы можно считать их дальнейшее научное сотрудничество.

По окончании в 1954 году Харьковского государственного университета Виктор Григорьевич Барьяхтар был зачислен в теоретический отдел Харьковского физико-технического института, который возглавлял его УЧИТЕЛЬ.

И надо отдать должное Александру Ильичу Ахиезеру — он умел-таки распознавать таланты. Спустя много лет Виктор Григорьевич Барьяхтар не без гордости резюмировал:

«Александром Ильичем Ахиезером была создана «команда»: Ахиезер — Барьяхтар — Пелетминский, которая проработала в дружбе, согласии и с общепризнанными успехами 16 лет (1956—1972). Я не знаю другой такой столь квалифицированной команды, которая так согласованно и так продолжительно работала бы вместе».

Александр Ильич тепло относился ко всем своим ученикам, но особенно выделял Сергея Пелетминского и Виктора Барьяхтара. Их он ввел в свою семью и часто говорил: «У меня три сына — Леся, Витя и Сережа». Леся, Илья Ахиезер, — родной сын Александра Ильича, Витя и Сережа крепко дружили между собой.

Обращает на себя внимание и следующий факт: в 1972 году Александр Ильич Ахиезер искренне поддержал самостоятельный «выход в свет» своего любимого ученика — направление В.Г. Барьяхтара в Донецкий физико-технический институт. И не ошибся.

В Донецке прошло становление его воспитанника и как самостоятельного ученого, и как талантливого организатора науки (в 1973—1982 гг. — руководитель отдела, заместитель

директора Донецкого физико-технического института).

И как де-факто: в 1978 году Виктор Григорьевич Барьяхтар был избран академиком и членом Президиума Академии наук УССР, а также председателем Донецкого научного центра. В этом же году он стал и одним из первых в Донецке лауреатов премии имени К.Д. Синельникова АН УССР, а в 1980-м — заслуженным деятелем науки и техники Украины.

По этому поводу небезынтересны детали из уст самого Виктора Григорьевича Барьяхтара:

«Без ложной скромности могу отметить, что с моим переездом в Донецк его авторитет как крупного научного центра по физике магнитных явлений сильно вырос и укрепился...»

С этого времени начался новый этап в моей жизни, когда я стал много и серьезно заниматься научно-организационной работой. Сил у меня было много. Что такое усталость я не знал и не понимал. Хорошее здоровье позволяло мне успешно сочетать «бюрократию» с творческой научной работой.

И в то время, и особенно сейчас, я глубоко убежден, что человек без крупных индивидуальных научных результатов не имеет права (и ни в коем случае не должен допускаться) до высоких руководящих должностей. В свое время Ландау красноречиво мне объяснял, что имеет место быть такое явление: дурак, пропущенный в НАУКУ, обязательно пролезет на руководящий пост и начнет командовать «науковцами» (выражение Ландау) и пить их кровь. По терминологии Ландау это гнусы, и с ними нужно бороться. Жизнь неоднократно и убедительно демонстрировала, что Ландау был абсолютно прав».

В 1982 году Виктор Григорьевич Барьяхтар был переведен в Киев. Президент Академии наук УССР академик Борис Евгеньевич Патон предложил ему возглавить республиканское Отделение физики и астрономии.

Но Виктору Григорьевичу не так-то и легко было принять это предложение. Хотя, несомненно, научное признание было приятно. Молодой ученый ясно понимал, что берет на себя ответственность за состояние всей физической



На международной конференции по нелинейным явлениям. Слева направо: А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, Е.М. Лифшиц (первый оппонент по кандидатской диссертации Виктора Григорьевича). Киев. 1984 г.

науки УССР. И это было не только огромное доверие, но и огромная ответственность:

«Снова надо было серьезно думать и определять стратегию и тактику работы на посту академика-секретаря Отделения физики и астрономии...»

После недолгих, но всесторонних размышлений, мне показалось правильным сосредоточить работу на таких направлениях:

1. Взаимодействия с Отделением физики и астрономии Союзной Академии;
2. Работать больше на местах с институтами;
3. Организовать научные дискуссии на заседаниях бюро Отделения и, особенно, во время годовых сессий Отделения;
4. Общаться как можно больше с членами Отделения лично (путь к сердцу ученого лежит через беседы с ним о его научных результатах).

Практически восьмилетний опыт работы на посту академика-секретаря показал, что в основном это было правильно».

Также весомы и последующие этапы его жизненного пути:

1982—1985 гг. — руководитель отдела Института теоретической физики АН УССР;

1985—1989 гг. — директор Института металлофизики АН УССР;



Академик А.И. Ахиезер со своими учениками. Слева направо: академики НАН Украины Я.Б. Файнберг, А.И. Ахиезер, В.Г. Барьяхтар, С.В. Пелетминский. Харьков. Конец 90-х годов



Слева направо: первый вице-президент НАН Украины академик А.П. Шпак, президент НАН Украины академик Б.Е. Патон, нобелевский лауреат академик РАН Ж.И. Алферов, вице-президент НАН Украины академик А.Г. Наумовец, советник Президиума НАН Украины академик В.Г. Барьяхтар. Киев. 2004 г.

1985—1989 гг. — руководитель отдела теоретической физики Института металлофизики АН УССР;

1987—1989 гг. — руководитель Научного центра по материаловедческим проблемам высокотемпературной сверхпроводимости Государственного комитета науки и техники АН СССР.

В конце 1989 года Виктор Григорьевич Барьяхтар был избран на должность вице-президента Академии наук УССР. В нелегкие же для Украины постсоветские годы (1993—1997) занимал пост первого вице-президента.

И время тогда было не только очень трудное, но и смутное. Многие потеряли и жизненные ориентиры, и систему ценностей.

В этот самый сложный период, насыщенный весьма противоречивыми событиями, Академия наук Украины смогла не только выжить, но и сохранить научный потенциал Украины. Да и президент Академии наук УССР академик Борис Евгеньевич Патон нашел в лице Виктора Григорьевича Барьяхтара именно то надежное плечо, на которое можно положиться и доверять.

Весьма показателен и следующий факт: В.Г. Барьяхтар был одним из первых, кто имел мужество открыто выразить свое несогласие с мнением Академии наук СССР по поводу строительства Чернобыльской атомной электростанции. Впоследствии ему пришлось непосредственно быть и в гуще послеаварийных событий: возглавлять «мозговой центр» Академии наук УССР — Оперативный штаб по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Особо следует подчеркнуть тот факт, что тогдашние своевременные научно-организационные мероприятия Оперативного штаба реально способствовали максимальному смягчению последствий аварии для всего ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.

На сегодняшний день уже рассекречены принципиально важные на тот момент документальные материалы Академии наук УССР и обнародованы по официальному постановлению НАН Украины в историко-докумен-

тальном сборнике «Чернобыль: документы и материалы».

Но Виктор Григорьевич Барьяхтар не только неравнодушный, а и неистощимый энтузиаст науки. Судите сами. В 1995 году именно по его инициативе впервые в истории Украины было создано научно-исследовательское учреждение совершенно нового типа — Институт магнетизма НАН и МОН Украины.

Будучи директором-организатором института, В.Г. Барьяхтар изначально сумел собрать не просто сведущих специалистов, а истинных энтузиастов науки. И — что особенно важно — ему также удалось привнести атмосферу научной доброжелательности и неподдельно равных отношений в свой коллектив.

Как в любом коллективе, не обходится и без форс-мажора (*vis maior*): случаются и трения, и разногласия. Но с легкой руки директора все решается интеллигентно (хотя и... по полной программе). Кстати, Виктор Григорьевич бестактности по отношению к коллегам никогда не позволяет (как бы ни «искрила» ситуация).

На сегодняшний день самый сложный этап — научно-организационный — уже пройден. Ныне Институт магнетизма — это признанный научный центр международного уровня. И это факт. Недаром же говорят: «Что посеешь, то и пожнешь».

Еще один принципиальный факт — Виктор Григорьевич Барьяхтар весьма серьезно озабочен будущим физической науки Украины. Это не пустые слова. Обладая уникальной научной прозорливостью, воспитал уже не одно поколение талантливых ученых. Многие из них обязаны ему не только своим вступлением в науку, но и благополучием дальнейшей научной карьеры.

О масштабах его научной школы говорит ее география: ученики Виктора Григорьевича широко востребованы не только в Украине, но и за ее пределами.

Вызывает уважение и его многолетняя педагогическая деятельность (в Харьковском государственном университете, а также в Донецком и Киевском университетах). Кроме того, В.Г. Барьяхтар — организатор и первый декан

физико-математического факультета Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

Не будет преувеличением сказать, что без поддержки семьи трудно было полноценно самореализоваться. И надо отдать должное Клавдии Семеновне: как хранительница домашнего очага и как мать его детей она по-женски мудро взяла на себя нелегкое бремя их повседневного быта. Ограждая мужа от будничных забот, предоставила ему тем самым необходимые условия для его всепоглощающей научной и научно-организационной деятельности. (*Cherchez la femme!*)

Известно также, что Виктор Григорьевич обладает несомненным литературным даром. Да и к тому же замечательный собеседник (с потрясающей эрудицией и отменным чувством юмора!). Яркий пример тому — автобиографическая монография «Моя траектория».

Импонирует и то, что, будучи по характеру жизнелюбивым и теплым человеком, в житейском плане В.Г. Барьяхтар исключительно достоин и отзывчив.

Уместно заметить, что еще Эммануэль Кант высказал небезынтересную мысль, которая ничуть не устарела и поныне: «Добродетель

предполагает мужество, а мужество — врагов». Виктор Григорьевич Барьяхтар, несмотря на выпавшие на его долю испытания, сумел сохранить порядочность и душевное целомудрие. Ведь известно: потеряв совесть, человек теряет и Бога внутри себя. Его же душа свободна от всякого чванства, поскольку все в жизни достиг благодаря замечательным Учителям, своим способностям, здоровью и исключительному трудолюбию.

Бросается в глаза и исключительная демократичность нашего современника: Виктор Григорьевич абсолютно не высокомерен и прост в общении. Главное для него — дело, а не популярность-слава.

Послесловие

«Я верю, что, осознав грозящую опасность, человечество стряхнет с себя власть техники, перестанет хвастаться своим всемогуществом и вернется к действительным ценностям, которые поистине разумны и необходимы: к миру, любви, скромности, уважению, удовлетворенности, высокому искусству и истинной науке».

М. Борн. «Моя жизнь и взгляды».
М.: Прогресс, 1973. — С. 105.

КАРПЛОВСЬКА

Євгенія Анатоліївна — доктор філологічних наук, професор, завідувач відділу структурно-математичної лінгвістики Інституту української мови НАН України

ВІДДАНІСТЬ МОВИ ТА МОВОЗНАВСТВУ

До 75-річчя члена-кореспондента НАН України
Н.Ф. Клименко

22 жовтня 2014 р. член-кореспондент НАН України, доктор філологічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу структурно-математичної лінгвістики Інституту української мови НАН України Ніна Федорівна Клименко, а з нею мовознавча громада України й зарубіжжя відзначатимуть подвійний ювілей — 75-річчя від дня її народження та 50-річчя її невтомної й плідної наукової праці на мовознавчій ниві.

Народилася Ніна Федорівна Клименко 22 жовтня 1939 р. у місті Черкаси. Робітнича сім'я Федора Даниловича і Мотрі Нечипорівни Клименків не мала великих статків, дітей своїх батьки змалечку привчали до праці, поваги до людей, до життя по совісті. Цим батьківським заповітам Ніна Федорівна зберігає незмінну вірність. У 1956 р. із золотою медаллю вона закінчила середню школу № 1 у Черкасах. Того ж 1956 р. стала студенткою відділення російської мови та літератури філологічного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка.

1958 рік став початком нового важливого етапу в її житті — формування Н.Ф. Клименко як всесвітньо відомого сьогодні вченого-еллініста, засновника в 1999 р. разом із професором Олександром Даниловичем Пономаревим — іншим відданим учнем Андрія Олександровича Білецького і Тетяни Миколаївни Чернишової — першої в Україні кафедри елліністики в Київському університеті. У 1961 р., після закінчення університету, Ніна Федорівна розпочала свій трудовий шлях в Українському товаристві дружби та культурних зв'язків із зарубіжними країнами у Києві. Наступного року в Інституті мовознавства ім. О.О. Потебні АН УРСР було відкрито відділ теорії української мови та структурно-математичної лінгвістики, яким керував авторитетний український мовознавець М.А. Жовтобрюх. Групу фахівців зі структурно-математичної лінгвістики очолила В.С. Перебийніс. З цього наукового осередку й виросла академічна школа структурної, прикладної, математичної, а



Ніна Федорівна Клименко

згодом і комп'ютерної лінгвістики, яка стала фундаментальним теоретичним і практичним напрямом сучасного мовознавства. У 1964 р. Н.Ф. Клименко вступила до аспірантури Інституту мовознавства ім. О.О. Потебні з цієї спеціальності.

Темою кандидатської дисертації вона обрала вивчення словотвірної системи сучасної української мови за допомогою новітніх структурних і формально-логічних методів, зокрема, аплікативної породжувальної моделі С.К. Шаумяна. Застосування нових методів структурного аналізу мови відкривало нові перспективи одержання якісно відмінних ґрунтовних теоретичних і практичних результатів. Після закінчення аспірантури в 1967 р. і до сьогодні Н.Ф. Клименко — співробітниця спершу Інституту мовознавства, а з 2011 р. — Інституту української мови НАН України.

1970 рік — успішний захист дисертації «Система афіксального словотворення сучасної української мови» і здобуття ступеня кандидата філологічних наук з нової спеціальності 10.02.21 — структурна, прикладна та математична лінгвістика. За матеріалами цієї дисертації в 1973 р. вийшла друком її однойменна монографія, в якій уперше ґрунтовно описано той «будівельний матеріал», з якого творять українське слово.

1969 року світ побачив пробний зошит «Частотного словника сучасної української художньої прози», який Ніна Федорівна готувала разом з іншими співробітниками відділу під керівництвом В.С. Перебийніс. Цей новий для української лексикографії тип словника у двох томах вийшов друком у 1981 р. в академічному видавництві «Наукова думка». Він становив статистичну модель функціонування лексичної, граматичної, словотвірної, стилістичної систем української мови в прозових художніх творах українських письменників — визнаних майстрів слова.

Цей період у науковій діяльності Н.Ф. Клименко позначений її участю, вже як відомого фахівця з морфеміки, словотворення та морфології сучасної української мови, у створенні авторитетних колективних академічних праць.

Колектив Інституту мовознавства протягом 1969—1973 рр. за редакцією академіка І.К. Білодіда видав 5-томну академічну граматику української мови «Сучасна українська літературна мова». Як результат дальшого вивчення проблематики, опрацьованої в томі «Морфологія» цієї граматики, із зосередженням уваги на дискусійних і малодосліджених явищах, було видано колективну монографію «Морфологічна будова сучасної української мови» (1975) за редакцією М.А. Жовтобрюха. Перу Н.Ф. Клименко тут належить розділ «Морфологічна будова композитів».

1979 року колектив співробітників відділу структурно-математичної лінгвістики на чолі з М.М. Пещак видав монографію «Морфемна структура слова». Ця оригінальна праця подала формально-логічні моделі морфемної будови змінюваних українських слів різних частин мови, які уможливили встановлення їхніх парадигматичних класів. Н.Ф. Клименко написала для неї такі розділи, як «Способи класифікації словозмінних парадигм», «Сполучваність ознак змінних прикметників у межах слова», «Структурні властивості словозмінних основ прикметників».

Цього ж, 1979, року світ побачила колективна монографія «Словотвір сучасної української літературної мови», яка на довгі роки визначила напрями досліджень у галузі теорії і практики сучасної української дериватології. Для цієї праці Н.Ф. Клименко написала розділ про способи творення складних слів «Словоскладання. Аббревіація». На великому й розмаїтому мовному матеріалі вона розробила струнку і водночас всеохопну класифікацію всіх типів кількакореневих слів — композитів, юстопозитів та аббревіатур за їхньою частиномовною належністю, способами творення, типами словосполук, з якими вони співвідносяться, формально-семантичною будовою. Згодом ці підходи творчо розвинуто в її монографії «Словотворча структура і семантика складних слів у сучасній українській мові» (1984). 1985 року за її матеріалами Н.Ф. Клименко захистила докторську дисертацію зі спеціальності «українська мова».

Кінець 1970-х – 1980-ті роки ознаменовано жвавим і плідним обговоренням проблем комп'ютеризації лінгвістичних досліджень і виробленням єдиного підходу до формування фондів національних мов як фактографічної і процедурної основи їх дослідження. М.М. Пещак, Н.Ф. Клименко, В.С. Перебийніс з доповідями про концепцію створення машинного фонду української мови беруть у ці роки активну участь у загальносоюзних нарадах у Москві (1983, 1987, 1989), на яких предметом зацікавленого обговорення був широкий комплекс проблем, пов'язаних з реалізацією проєктів створення машинних фондів мов народів СРСР. Результатом цієї напруженої новаторської праці стали колективні монографії «Формалізовані основи семантичної класифікації лексики» (1982), «Лексична семантика в системі «людина-машина» (1986) та «Украинский семантический словарь. Проспект» (1990), одним із провідних авторів яких виступила Н.Ф. Клименко. Зусилля дослідників були зосереджені на розробленні принципів створення лінгвістичних баз даних і баз знань про мову – основи її машинного фонду як інформаційно-довідкової, навчальної, редакційно-видавничої та власне дослідницької лінгвістичної системи, на створенні машинних версій традиційних словників української мови й автоматичному укладанні на їх основі словників нових типів.

У 1986 р. після відходу В.С. Перебийніс на заслужений відпочинок Н.Ф. Клименко очолила відділ структурно-математичної лінгвістики Інституту мовознавства. З 1988 р. під її керівництвом група співробітників відділу (Л.І. Комарова, Є.А. Карпіловська, Н.В. Сніжко) розпочала виконання нової планової теми «Автоматизація досліджень з морфології сучасної української мови». Ця тема поклала початок багаторічним плідним дослідженням з вивчення за допомогою комп'ютера морфемної та словотвірної підсистем сучасної української мови, створення українських електронних словників. Одним з провідних завдань стало формування надійної фактичної основи для таких досліджень – комп'ютерного генерального реєстру українських слів, а згодом і



комп'ютерного морфемно-словотвірного фонду української мови у відділі структурно-математичної лінгвістики Інституту мовознавства. У кінці 1991 р. було завершено створення першої версії генерального реєстру. У ньому було подано відомості про морфемну будову, семантичні, функціональні й частотні характеристики понад 170 тис. українських слів, розміщених в авторитетних і різноманітних словниках другої половини ХХ ст. Цього ж року на основі цього реєстру Н.Ф. Клименко разом із Є.А. Карпіловською та програмістами В.С. Карпіловським і Т.І. Недозим уклала новий для української і в цілому слов'янської лексикографії

частотно-валентний «Словник афіксальних морфем української мови».

Упродовж непростих 1990-х років, позначених для Національної академії наук України браком фінансування і гальмуванням через це видання наукових праць, впливом висококваліфікованих кадрів і внаслідок цього скороченням наукових осередків, Ніна Федорівна Клименко продовжує невпинно працювати в улюбленій царині мовознавчої науки. Спектр тем її публікацій цих років красномовно засвідчує широту її наукових пошуків, зацікавлень, неослабну жадобу пізнання та руху до нових дослідницьких обривів: 1991 р. у видавництві «Радянська школа» виходить її книжка для молоді «Як народжується слово», написана цікаво, жваво, дотепно, на величезному свіжому фактичному матеріалі; 1993 р. разом з І.Р. Вихованцем і Є.А. Карпіловською вона видає за редакцією В.М. Русанівського розширений курс самовчителя для російськомовних читачів «Вивчаємо українську мову», в якому пише розділ «Складні випадки словотворення»; 1998 р. світ побачили одразу дві праці Н.Ф. Клименко, адресовані викладачам і студентам-україністам, — підручник «Основи морфеміки сучасної української мови» (перевиданий 2000 р.) та посібник «Словотвірна морфеміка сучасної української літературної мови», підготовлений разом з її ученицею Є.А. Карпіловською.

Початок XXI ст. для українського мовознавства відзначений подією особливої ваги. 2000 року у видавництві «Українська енциклопедія» імені М.П. Бажана світ побачила перша в історії мовознавства енциклопедія «Українська мова». У цій унікальній праці, що узагальнила відомості про систему української мови, її історію, контакти з іншими слов'янськими і неслов'янськими мовами, про пам'ятки української мови та літератури, видатних українських та зарубіжних мовознавців, які досліджували українську мову, Н.Ф. Клименко належать близько 130 персоналій і статей з проблем словотворення та морфеміки української мови. На сьогодні вийшли друком уже 2-ге (2004) і 3-тє (2007) видання енциклопедії, істотно доповне-

ні важливими статтями з актуальних проблем українського мовознавства.

Творча й наукова активність Н.Ф. Клименко з роками лише набуває нової якості. З відкриттям кафедри елліністики вже 10 років у її науковому доробку поєднуються два потужні дослідницькі струми: україністика та елліністика, як у самостійному, так і в зіставному висвітленні широкого спектру проблем. Новий імпульс дослідженням з улюбленого словотворення дало зацікавлення Ніни Федорівни тенденціями оновлення української мови, динамічними процесами в її лексиконі. Підсумком численних виступів і публікацій 2000—2007 рр. з проблем української неології став розділ Н.Ф. Клименко «Роль словотворення у сучасній українській номінації» у виданій за її редакцією разом з Є.А. Карпіловською та Л.П. Кислюк монографії «Динамічні процеси в сучасному українському лексиконі» (2008).

Н.Ф. Клименко з 2004 р. бере активну участь у роботі Комісії зі слов'янського словотворення при Міжнародному комітеті славістів, постійно друкує свої праці у виданнях цієї високоавторитетної міжнародної організації. Важливим здобутком української дериватології став опублікований 2005 р. гніздовий «Шкільний словотвірний словник сучасної української мови», який разом з Н.Ф. Клименко уклали Є.А. Карпіловська і Л.П. Кислюк.

Протягом останнього десятиліття тривала й активна творча діяльність Ніни Федорівни на полі елліністики. За її участю і завдяки її енергії оприлюднено такі важливі праці, як «Новогрецько-український словник» (2005) разом з О.Д. Пономаревим та Є.К. Чернухіним, «Українсько-новогрецький словник» (2008) разом з О.Д. Пономаревим і А.О. Савенком, «Новогрецька література в українських перекладах» (2005), укладена разом з О.Д. Пономаревим, «Новогрецька література: Антологія» (2008), укладена разом з О.Д. Пономаревим і С.Є. Перепльотчиковою, «Практичний курс новогрецької мови» (1999) разом з О.Д. Пономаревим і Є.К. Чернухіним.

2009—2014 рр. для Н.Ф. Клименко були плідними на публікації. Вийшов друком пер-

ший в українській лексикографії «Граматичний словник сучасної української літературної мови. Словозміна» (2011). Нині під її керівництвом колектив його укладачів працює над створенням електронної версії словника як комп'ютерної дослідницької та інформаційно-довідкової системи. Триває наполеглива праця Н.Ф. Клименко над підготовкою зіставної граматики української та новогрецької мов, метою якої є виявлення в них спільного (типології) й відмінного, національно самобутнього (характерології). Вагомим здобутком на цьому напрямку наукових пошуків Н.Ф. Клименко стала колективна монографія «Українська елліністика» (2010), написана під її керівництвом. Особливе місце в науковому доробку Н.Ф. Клименко останнього часу посідають праці з історії українського мовознавства. У Львові побачила світ колективна монографія за її редакцією «Неперервна філологія: класичні, візантинологічні та неоелліністичні студії в Україні ХХ століття» (2014). Її разом з Н.Ф. Клименко підготували У. Головач, Л. Павленко, А. Савенко та А. Ясіновський. Н.Ф. Клименко у цій праці разом з А.О. Савенком написала розділ «Українська неоелліністика: шляхи розвою».

Академічна громада, колеги по мовознавчому цеху у вишах України гідно оцінили багаторічну плідну наукову й педагогічну діяльність Ніни Федорівни Клименко, обравши її 2006 р. членом-кореспондентом НАН України зі спеціальності «мовознавство». Президія НАН України у 2009 р. нагородила її відзнакою «За наукові досягнення». Того ж року Салоніцький університет імені Аристотеля увінчав Н.Ф. Клименко золотим вінком, а 2013 р. Грецька Республіка за визначні заслуги в розвитку духовних і культурних зв'язків між Україною і Грецією та за виняткові досягнення й відданість Грецькій Освіті нагородила Н.Ф. Клименко високою урядовою нагородою Греції — Орденом Добродійності (*Τάγμα της Ευποΐας*).

Вітаючи Ніну Федорівну Клименко з її подвійним ювілеєм, колеги, учні, друзі, всі, хто її любить і шанує, а в її особі любить і шанує Слово, Науку, Просвіту, Культуру, зичать ювілярці міцного здоров'я, сил і наснаги здійснити нові цікаві задуми, які дадуть потужний імпульс для розвитку української мови, науки та культури, сприятимуть прогресу українського суспільства, піднесенню авторитету Української держави у світі.

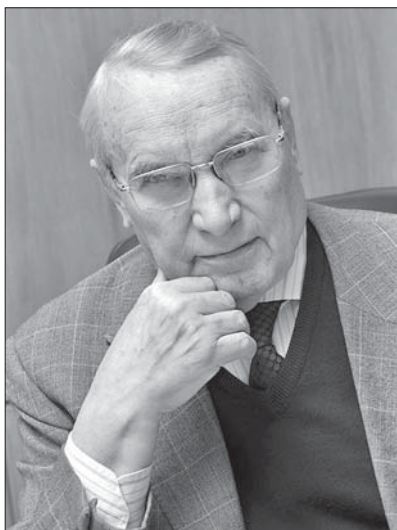


60-річчя академіка НАН України І.В. КРІВЦУНА

Відомий український учений, доктор технічних наук (2003), лауреат Державної премії України (2011), академік НАН України (2012) **Ігор Віталійович Кривцун** народився 21 жовтня 1954 р. в м. Костянтинівка Донецької області. Після закінчення в 1976 р. Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка працює в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, нині — на посадах завідувача відділу і заступника директора. З 2010 р. очолює кафедру в НТУУ «КПІ».

Головний напрям наукової діяльності І.В. Кривцуна — теоретичні дослідження і математичне моделювання фізичних явищ у низькотемпературній технологічній плазмі (зварювальні дуги, плазмові струмені, оптичний та інші види газового розряду), а також процесів взаємодії електродугової плазми і лазерного випромінювання з матеріалами, які обробляють в умовах дугового, плазмового, лазерного та гібридного зварювання, наплавлення і нанесення покриттів. У роботах І.В. Кривцуна набула подальшого розвитку теорія електромагнітних властивостей просторово неоднорідних плазмових і плазмовоподібних систем різної геометрії. Розроблено методіку розрахунку спектрів спонтанного випромінювання дугової плазми, енергетичних коефіцієнтів поглинання і відбиття лазерного випромінювання для системи «приповерхнева плазма—метал». Розвинуто методи розрахунку складу, теплофізичних властивостей, транспортних коефіцієнтів і оптичних характеристик термічної плазми зварювальних дуг.

Широке визнання здобули праці І.В. Кривцуна, присвячені гібридним лазерно-дуговим і лазерно-плазмовим процесам зварювання й оброблення металів. Уперше виявлено особливості лазерного і комбінованого лазерно-плазмового нагрівання частинок дрібнодисперсних металевих і керамічних матеріалів. Розроблено новітні гібридні процеси (лазерно-мікроплазмового зварювання металів малих товщин, лазерно-плазмового порошкового наплавлення і напилення керамічних матеріалів, лазерно-плазмового нанесення алмазних і алмазоподібних покриттів), для практичної реалізації яких створено інтегровані лазерно-дугові плазмотрони, що не мають аналогів у світі.



80-річчя члена-кореспондента НАН України М.М. СЕРГІЄНКА

Видатний офтальмолог, член-кореспондент НАН і НАМН України, доктор медичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України **Микола Маркович Сергієнко** народився 4 жовтня 1934 р. в м. Слов'янську Донецької області. Після закінчення Харківського медичного інституту був співробітником Донецького медичного інституту. У період 1972—1977 рр. очолював кафедру офтальмології Дагестанського медичного інституту. У 1978 р. став завідувачем кафедри офтальмології Національної медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупика і обіймав цю посаду впродовж 30 років. Нині Микола Маркович є професором цієї кафедри.

Свою наукову і практичну діяльність М.М. Сергієнко присвятив проблемам оптичної системи ока, фізіологічної оптики, короткозорості, інтраокулярної корекції і мікрохірургії ока. Він значно розвинув масштаби імплантації інтраокулярних лінз, завдяки чому в середині 80-х років Україна стала однією з передових країн Європи в цій галузі. Запатентована модель інтраокулярної лінзи М.М. Сергієнка стала базовою для використання, налагоджено виробництво інтраокулярних лінз, кількість операцій з імплантацією лінзи сягнула 20 тисяч, що повністю забезпечило потребу населення країни і дало змогу вирішити проблему інвалідності внаслідок катаракти. У 1988 р. починає функціонувати створений за ініціативою М.М. Сергієнка Київський центр мікрохірургії ока, який під його керівництвом невдовзі став провідним офтальмологічним закладом в Україні, вийшовши, зокрема, на світовий рівень хірургії катаракти. Наприкінці 90-х років за ідеєю М.М. Сергієнка було створено перший у світі аберометр хвильового спектру, який зробив переворот у галузі корекції зору і на сьогодні залишається поза конкуренцією. М.М. Сергієнко продовжує творчу роботу, зосередившись на розробленні моделі штучного кришталика нового покоління — кришталика з перемінною оптичною силою.

Свій ювілей Микола Маркович Сергієнко зустрічає в розквіті сил і таланту. У цій людині поєдналися чуйне серце, світлий розум, багаті знання і любов до праці. Колеги, учні, пацієнти і створений ним колектив бажає йому міцного здоров'я, творчої наснаги та успіхів у його благородній праці.



70-річчя члена-кореспондента НАН України М.П. КУЛІША

Знаний учений у галузі фізики, доктор фізико-математичних наук, професор, член-кореспондент НАН України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки **Микола Полікарпович Куліш** народився 8 жовтня 1944 р. у с. Полковниче Маньківського району Черкаської області. У 1967 р. закінчив фізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка і відтоді постійно працює в Університеті, пройшовши шлях від асистента до професора, заступника декана і заступника проректора з наукової роботи. З 1994 р. очолює кафедру фізики функціональних матеріалів.

Наукова діяльність М.П. Куліша досить різноманітна – він вивчає міжатомні кореляції у сплавах; кореляції при дифракції і дифузному розсіянні; властивості вуглецевих наноструктур; вплив опромінення на характеристики функціональних і медичних матеріалів. Під його керівництвом досліджено плівки фулеритів, легованих металами та опромінених швидкими зарядженими частинками. Показано, що таке оброблення спричинює полімеризацію плівок внаслідок перенесення заряду від атомів металу до молекул C_{60} . Їх фізико-хімічні характеристики змінюються завдяки трансформації кристалічної структури, що дає змогу отримати унікальні елементи наноелектроніки, оптики та медицини.

М.П. Куліш приділяє багато часу й уваги навчально-методичній роботі для підготовки фахівців з фізики наноструктур та радіаційної медицини. Він входить до складу кількох спеціалізованих рад із захисту дисертацій, підготував 7 кандидатів наук. Микола Полікарпович співпрацює з провідними вченими з університетів Німеччини, Швеції, Угорщини, Литви та інших країн. Він автор більш як 250 наукових праць.

Наукова громадськість, колеги та учні вітають Миколу Полікарповича з ювілеєм, зичать йому міцного здоров'я, натхнення і нових творчих здобутків.



70-річчя члена-кореспондента НАН України Ю.А. ДРОЗДА

Знаний учений у галузі математики, член-кореспондент НАН України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки **Юрій Анатолійович Дрозд** народився 15 жовтня 1944 р. у Києві. Упродовж 1969—2006 рр. працював на кафедрі алгебри і математичної логіки Київського національного університету імені Тараса Шевченка (у 1980—1998 рр. — завідувач кафедри). З 2006 р. — завідувач відділу алгебри Інституту математики НАН України.

Поле наукової діяльності Ю.А. Дрозда досить широке — теорія зображень та її застосування, алгебраїчна геометрія і алгебраїчна топологія, а також теорії кілець та модулів. Розробив алгоритм зведення для матричних задач, за його допомогою довів гіпотезу про дихотомію «ручні — дикі» для матричних задач та зображень скінченновимірних алгебр, а також для похідних категорій модулів над скінченновимірними алгебрами. Дав критерії ручності для алгебр Коена — Маколея. Побудував функтори віддзеркалень і функтори Кокстера для зображень частково впорядкованих множин. Розробив техніку застосування матричних задач до стабільної гомотопічної теорії поліедрів. Описав похідні категорії модулів над нодальними алгебрами та когерентних пучків над циклічними конфігураціями проєктивних прямих, а також побудував тілтинг-теорію для алгебр Ауслендера проєктивних кривих з подвійними особливими точками.

Ю.А. Дрозд є членом редакційних колегій міжнародних журналів «Algebras and Representation Theory», «European Journal of Mathematics», «Український математичний журнал» та «Algebra and Discrete Mathematics». Юрій Анатолійович співпрацює з провідними вченими з університетів Німеччини, Бразилії, Швеції, Китаю та інших країн. Підготував 29 кандидатів і 4 докторів наук.

Наукова громадськість, колеги та учні вітають Юрія Анатолійовича з ювілеєм, зичать йому міцного здоров'я, натхнення і нових наукових здобутків.



70-річчя члена-кореспондента НАН України В.О. КОЧЕЛАПА

Відомий учений у галузі теорії напівпровідників та напівпровідникових приладів, доктор фізико-математичних наук (1984), професор (1988), член-кореспондент НАН України (2012), лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (2006) та премії НАН України ім. С.І. Пекаря (2001) **В'ячеслав Олександрович Кочелап** народився 29 жовтня 1944 р. в Києві. Уся його наукова діяльність пов'язана з Інститутом фізики напівпровідників НАН України, де він працює з 1966 р. після закінчення Київського національного університету імені Тараса Шевченка, від 1986 р. — на посаді завідувача теоретичного відділу Інституту.

Основні наукові результати В.О. Кочелапа стосуються фізики рівноважних і нерівноважних процесів у конденсованих середовищах, зокрема процесів у матеріалах сучасної наноелектроніки, оптоелектроніки та квантової електроніки. Він активно працює над теорією новітніх напівпровідникових систем і приладів. Для його досліджень, завжди присвячених найбільш фундаментальним і актуальним питанням цих наукових галузей, характерний глибокий та ґрунтовний аналіз, намагання виявити якісно нові явища та запропонувати інноваційні шляхи вирішення проблем.

В.О. Кочелап є автором більш як 250 робіт, у тому числі 4 монографій. Більшість його досліджень опубліковано в найбільш рейтингових міжнародних журналах. Дві книги В'ячеслава Олександровича — «Quantum Heterostructures for Microelectronics and Optoelectronics» (1995) та «Introduction to Nanoelectronics. Science, Nanotechnology, Engineering, and Applications» (2009) розійшлися великим накладом у США і Європі та були перевидані в Азії.

В.О. Кочелап належить до відомої наукової школи академіка С.І. Пекаря, він працював з такими визначними її представниками, як професори Е.Й. Рашба, К.Б. Толпиго, З.С. Грибніков. Останні 25 років В'ячеслав Олександрович є лідером цієї школи. Він підтримує творчі зв'язки з ученими багатьох країн світу, веде значну науково-організаційну роботу.



60-річчя члена-кореспондента НАН України С.І. ЛЯШКА

Видатний учений у галузі обчислювальної математики і оптимального керування, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, член-кореспондент НАН України **Сергій Іванович Ляшко** народився 12 жовтня 1954 р. у Києві. Після закінчення механіко-математичного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка у 1977–1991 рр. працював в Інституті кібернетики НАН України, де пройшов шлях від аспіранта до головного наукового співробітника. З 1991 р. Сергій Іванович працює в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на посаді завідувача кафедри обчислювальної математики факультету кібернетики.

Основний напрям наукової діяльності С.І. Ляшка — розроблення теорії та методів розв’язування задач оптимального керування, зокрема задач виродженого оптимального керування лінійними системами, які виникають у фізиці, економіці, екології, медицині тощо (імпульсне, точкове та інші види керування). У роботах Сергія Івановича та його учнів вивчено комплекс проблем оптимального керування системами з розподіленими параметрами: від концептуального аналізу моделей і постановок оптимізаційних задач, доведення існування узагальнених розв’язків рівнянь, що описують відповідні моделі, оптимальних керувань та керованості — до побудови й дослідження властивостей різноманітних чисельних методів оптимізації та розв’язання рівнянь математичної фізики і створення програмних комплексів керування системами і розпізнавання образів.

Сергій Іванович є автором понад 200 наукових робіт, у тому числі 5 монографій, широко відомих у світі. Він підготував 7 докторів і 12 кандидатів наук.

Очолоючи протягом 23 років кафедру обчислювальної математики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, яка є провідним центром наукової думки України, Сергій Іванович створив потужну наукову школу з теорії оптимізації розподілених систем.



60-річчя члена-кореспондента НАН України А.П. ЗАГНІТКА

Відомий український мовознавець, доктор філологічних наук (1992), професор (1994), член-кореспондент НАН України (2012), лауреат премії ім. О.О. Потебні НАН України (2013), заслужений працівник освіти України (2008), дійсний член НТШ (2011), член НСП України (2011) **Анатолій Панасович Загнітко** народився 14 жовтня 1954 р. у с. Кацмазові на Вінниччині. У 1977 р. закінчив Донецький національний університет, де й працює з 1981 р. і донині. З 1993 р. — завідувач кафедри української мови та прикладної лінгвістики ДонНУ, від 2014 р. — також декан філологічного факультету.

Наукові дослідження А.П. Загнітка охоплюють питання граматичного ладу української та інших слов'янських і германських мов; структури й ієрархії морфологічних і синтаксичних категорій; аналізу текстових категорій та одиниць.

Одержав вагомі результати в галузі теоретичного аналізу граматичного ладу української мови з виявом корпусу його одиниць і категорій; загальної теорії синтаксису і морфології; філософії мови; психолінгвістики та дискурсології. Особливе місце в його науковій діяльності посідає вивчення різних аспектів функціональної, ідеографічної, відмінкової та конструктивної граматики. Анатолій Панасович сформував наукову школу з теоретичної, функціональної та контрастивної граматики.

А.П. Загнітко — автор понад 700 наукових і науково-навчальних праць, засновник і науковий редактор видання «Лінгвістичні студії», що входить до міжнародних наукометричних баз, член редколегій журналів «Українська мова» та «Світогляд», наукових вісників багатьох українських і зарубіжних університетів.

А.П. Загнітко входить до складу Правописної комісії, був членом Міжгалузевої лінгвістичної комісії при Кабінеті Міністрів України, ВАК України, Атестаційної колегії МОН України. Він є керівником Всеукраїнського наукового граматичного семінару, головою Всеукраїнської асоціації граматистів, організатором I—VIII Міжнародних граматичних читань, співкерівником міжнародних програм з дослідження граматики слов'янських прийменників і типології слов'янських предикатів.

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

From conference hall of Presidium of NAS of Ukraine (10 September 2014) 3

SCIENTIFIC REPORTS

Kushnir R.M. Modeling and optimization in the thermomechanics of inhomogeneous solids (*by materials of scientific report at the meeting of Presidium of NAS of Ukraine 18 June 2014*) 10

ARTICLES AND REVIEWS

Reznikov O.H., Polumbryk O.M., Balion Y.H., Polumbryk M.O. Pro- and antioxidant systems and pathological processes in humans 17

Chekman I.S., Pokrovskiy V.A., Savchenko D.S. Optical properties of nanomaterials 30

SCIENCE AND SOCIETY

Onopriyenko V.I. Nobeliana of Uppsala (*Part 2. Nobel Peace Prize laureates*) 42

SCIENTIFIC TRENDS

Prokopenko V.A., Kovzun I.G., Ulberg Z.R. The creative potential of scientific discovery 52

SCIENTIFIC FORUMS

Doroshenko A.M. Constructional and functional nanomaterials for medicine (*Section Meeting of the Scientific Council for Novel Materials of the International Association of Academies of Sciences*) 62

BOOK REVIEWS

Gamaliya V.M., Cherevychnyi G.S. The Crimea in history, culture, ethnonational and global politics (*review of book "Crimea: way through centuries. History in questions and answers"*) 67

PERSONALITIES

Tanshyna A.V. Unforgettable (*to 60th anniversary of scientific activities of academician of NAS of Ukraine V.G. Baryakhtar*) 75

PEOPLE OF SCIENCE

Karpilovska Ye.A. Loyalty to language and linguistics (*to 75th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine N.F. Klymenko*) 81

БИТАЄМО

60th anniversary of academician of NAS of Ukraine I.V. Krivtsun 86

80th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine M.M. Sergiyenko 87

70th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine M.P. Kulish 88

70th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine Yu.A. Drozd 89

70th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine V.O. Kochelap 90

60th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine S.I. Lyashko 91

60th anniversary of corresponding member of NAS of Ukraine A.P. Zagnitko 92

Засновник — Національна академія наук України
вул. Володимирська, 54, Київ, 01601, Україна
Видавець — Видавничий дім «Академперіодика» НАН України
вул. Терещенківська, 4, Київ, 01004, Україна
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової
інформації серія КВ № 8923 від 1 липня 2004 р.

Редактори:

Л.Є. КАНІВЕЦЬ, А.О. ЧЕПИЛЕНКО

Адреса редакції:

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

тел./факс (38044) 234-71-18

E-mail: visnyk@nas.gov.ua

Електронна версія: www.visnyk-nanu.org.ua

Технічний редактор *Т.М. Шендерович*

Комп'ютерне верстання *В.М. Каніщева*

Підписано до друку 03.10.2014. Формат 84 × 108/16. Гарн. Петербург.
Ум. друк. арк. 9,66. Обл.-вид. арк. 10,14. Тираж 333 прим. Зам. 4014

Видавець і виготовлювач Видавничий дім «Академперіодика» НАН України
вул. Терещенківська, 4, Київ, 01004, Україна

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

© Президія Національної академії наук України, 2014

© Академперіодика, 2014