ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

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

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор
Б.Є. ПАТОН

Заступник
головного редактора,
науковий редактор
В.Л. БОГДАНОВ

Штатний заступник
головного редактора
О.О. МЕЛЕЖИК

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

8
2012

ЗМІСТ

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (20 червня 2012 року) 3

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

В.П. Кухар, Б.Р. Кияк, В.І. Онопрієнко. Надбання, проблеми та перспективи грантової підтримки науки (за матеріалами доповіді на спільному засіданні Президії НАН України, Колегії Держагентства з питань науки, інновацій та інформатизації України та Ради ДФФД 30 травня 2012 року) 6

ГРАНІ НАУКИ

Б.Ю. Жиляєв. Що було на початку 13

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

О.С. Лопухін, В.М. Єремєєв. Виникнення живої речовини на первісних планетах сонячної системи (ретроспективний погляд) 19

В.М. Степанчук, Ж.М. Матвіїшина, С.М. Рижов, С.П. Кармазиненко. Початкове заселення і подальше освоєння території України давньою людиною: синтез археологічних і палеогеографічних даних 34

ФОРУМИ

Н.В. Войтенко, О.П. Любанова. Всесвітній тиждень мозку 2012 47

НАУКОВІ НАПРЯМИ

А.М. Гольцев, О.Ф. Дембновецький, В.І. Бойко, Т.М. Дудченко, Ф.Н. Пацюк. Розвиток досліджень з проблем кріобіології та кріомедицини в Національній академії наук України 54

ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК

В.І. Іриценко, Л.С. Файнзільберг. Персоніфіковані засоби цифрової медицини — крок до здоров'я 62

МОЛОДІ ВЧЕНІ

О.В. Сорокін. Люмінесцентні молекулярні нанокластери: фундаментальні властивості, технічні та біомедичні застосування 71

РЕЦЕНЗІЇ

І.С. Чекман. Вода — це саме життя! (рецензія на книгу В.В. Турова і В.М. Гунька «Кластеризованная вода и пути ее использования») 76

ВІТАЄМО

80-річчя члена-кореспондента НАН України Г.М. Бутенка 80

70-річчя члена-кореспондента НАН України В.Ф. Опришка 82

60-річчя члена-кореспондента НАН України В.І. Пехньо 84

60-річчя члена-кореспондента НАН України Б.І. Лева 86

60-річчя члена-кореспондента НАН України О.В. Мамченка 88

НОВИНИ НАУКИ 90

ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ (20 червня 2012 року)

Виїзне засідання Президії Національної академії наук України на запрошення президента — генерального конструктора Державного підприємства «АНТОНОВ» академіка НАН України Д.С. Ківи.

На запрошення президента — генерального конструктора Державного підприємства «АНТОНОВ» академіка НАН України Д.С. Ківи 20 червня 2012 р. було проведено виїзне засідання Президії Національної академії наук України на базі ДП «АНТОНОВ».

На початку засідання члени Президії НАН України в приміщенні складального цеху ДП «АНТОНОВ» мали змогу ознайомитися з результатами науково-технічних робіт, виконаних ДП «АНТОНОВ» у співпраці з установами НАН України. В експозиції було представлено літаки, демонстраційні зразки, моделі та стенди.

Далі учасники засідання заслухали наукову доповідь академіка НАН України **Дмитра Семеновича Ківи «Стан та перспективи наукових досліджень у галузі літакобудування і нові проекти ДП «АНТОНОВ»**.

В обговоренні взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, директор Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України академік НАН України В.В. Скороход, директор Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України член-кореспондент НАН України В.В. Харченко, директор Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України академік НАН України М.В. Новіков, заступник директора Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України академік НАН України Л.М. Лобанов, директор Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України академік НАН України О.М. Івасишин, директор Головної астрономічної обсерваторії НАН України академік НАН України Я.С. Яцків.

Президія НАН України зазначила, що літакобудування є пріоритетною й перспективною галуззю національної економіки, одним із найважливіших чинників науково-технічного розвитку та національної безпеки України, що має велике соціальне значення, а Державне підприємство «АНТОНОВ» — найголовнішою ключовою ланкою загальнодержавного промислового комплексу України й об'єктом загальнонаціональної гордості.

Науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи зі створення нової авіаційної техніки належать до категорії критичних технологій. Вирішення науково-технічних проблем розвитку літакобудування потребує широкого залучення вітчизняного науково-технічного потенціалу, насамперед учених НАН України.

На засіданні було зауважено, що Національна академія наук України має давні добрі стосунки з Державним підприємством «АНТОНОВ», основу яких було закладено ще за часів керівництва підприємством видатного авіаконструктора, засновника конструкторського бюро академіка АН УРСР Олега Костянтиновича Антонова. Розвиток наукової бази і проведення науково-дослідних робіт установами НАН України та ДП «АНТОНОВ» є невід'ємною складовою частиною сучасного літакобудування, що забезпечує високий конкурентоспроможний рівень літаків «АНТОНОВ» на ринках світу. Останніми роками сформувалися такі напрями співпраці:

- дослідження втомної міцності, ресурсу та надійності авіаційних конструкцій і зниження їхньої ваги;
- дослідження фізико-механічних властивостей нових авіаційних металевих і композиційних матеріалів, розроблення

Академіки НАН України Б.Є. Патон та Д.С. Ківа у приміщенні цеху ДП «АНТОНОВ»

Члени Президії НАН України на виїзному засіданні в ДП «АНТОНОВ»

конструкцій з них та практичне застосування у вітчизняному авіабудуванні, у тому числі впровадження нових технологій серійного виробництва таких конструкцій;

• дослідження аеродинамічної досконалості авіатехніки, зокрема із широким впровадженням перспективних числових та експериментальних методів, розроблення сучасних схем і компонування нових літаків;

• створення стенду з відпрацювання аварійної посадки на воду сухопутних літаків;

• розвиток та впровадження інформаційних технологій, створення інтегрованої комп'ютерної системи розроблення, виробництва і супроводження авіатехніки впродовж її життєвого циклу.

Завдяки тісній співпраці установ Національної академії наук України та ДП «АНТОНОВ» нині досягнуто значних результатів. Розроблено метод трирівневого (ієрархічного) визначення характеристик опору руйнуванню тонколистових металів, який є складовою частиною якісно нового підходу до здійснення інженерних оцінок цілісності й залишкової міцності металевих конструкцій авіаційної техніки.

Розроблено та впроваджено у серійне виробництво літаків Ан-148/158 вітчизняні високоефективні в'язані сітки блискавкозахисту з полімерних композиційних матеріалів.

З метою підвищення ресурсу виробів із титанових сплавів ВТ1-0, ПТ7М, зокрема зварних, розроблено та впроваджено у виробництво технологію вакуумного термічного оброблення з формуванням поверхневих шарів регламентованої структури та рівня зміцнення.

Для місцевого відновлення поверхні розроблено технології наплавлення і локального, після наплавлення, термічного оброблення струмами високої частоти деталей з високоміцного титанового сплаву ВТ22, які оцінюють на етапах стендових випробувань та підконтрольної експлуатації.

Розроблено технологію нанесення полімернаповненого антифрикційного покриття, що містить фторопласт-4Д та графіт, на робочі поверхні кульових компенсаторів нової конструкції з титанового сплаву ВТ1-0 для роботи в умовах тертя і температур до 300°С, які проходять комплексні ресурсні випробування на стенді ДП «АНТОНОВ».

Розроблено технології електронно-променевого та аргонодугового по шару флюсу зварювання листів з титанових сплавів, зокрема сплаву Т110, для виготовлення зварних елементів конструкцій.

Нині розробляється технологія виготовлення алюмомідних прутків для електричних шин розподільчих пристроїв літака Ан-70.

Для підвищення триботехнічних характеристик і втомної довговічності робочої поверхні гідроциліндрів та штоків з високоміцного сплаву ВТ-22 розробляється іонно-плазмова технологія, плазмові технологічні

пристрої і спеціальне обладнання для модернізації вакуумної установки нанесення покриттів «Булат-6», що дасть змогу обробляти внутрішню та зовнішню поверхні циліндрів та штоків діаметром від 20 до 120 мм.

Триває проведення робіт в інших напрямах, у тому числі в рамках затверджених програм співробітництва, які мають науково-практичний інтерес та є перспективними для вітчизняного літакобудування.

Результати багатьох спільних науково-технічних робіт знайшли своє втілення в конструкціях нових регіональних пасажирських літаків Ан-148 та Ан-158, транспортного літака короткого злету й посадки Ан-70, модернізованих варіантів важкого транспортного літака Ан-124.

Особливої актуальності набуває сьогодні впровадження новітніх наукових розробок і технологій у зв'язку з початком повномасштабного проектування нового середнього транспортного літака Ан-178, що розробляють на заміну всесвітньо відомого транспортного літака Ан-12.

Плідність співпраці ДП «АНТОНОВ» з науковими установами НАН України, зокрема з Інститутом кібернетики ім. В.М. Глушкова, Інститутом програмних систем, Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем НАН України і МОНмолодьспорт України, Інститутом механіки ім. С.П. Тимошенка, Інститутом технічної механіки НАН України і ДКА України, Інститутом проблем міцності ім. Г.С. Писаренка, Інститутом гідромеханіки, Інститутом металофізики ім. Г.В. Курдюмова, Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Фізико-механічним інститутом ім. Г.В. Карпенка свідчить про необхідність подальшого розвитку та розширення науково-технічних зв'язків між ДП «АНТОНОВ» та НАН України.

Разом з тим Президія НАН України звернула увагу на недостатній обсяг виконуваних досліджень і рівень практичного використання їхніх результатів у такій високотехнологічній та наукоємній галузі промисловості, як літакобудування, що певною мірою зумовлено відсутністю відповідних державних програм, спрямованих на її розвиток, і все ще недостатнім рівнем науково-технічного співробітництва організацій авіабудівного комплексу України з науковими установами НАН України.

Підсумовуючи виступи, які пролунали під час засідання, академік НАН України Б.Є. Патон зазначив, що доповідь академіка НАН України Д.С. Ківи була присвячена актуальним питанням наукових досліджень у галузі літакобудування та новим проектам підприємства. Вона свідчить про важливість і плідність співпраці наукових установ Національної академії наук України з науковцями ДП «АНТОНОВ». Він наголосив, що значна кількість отриманих суттєвих результатів уже знайшла своє втілення в літаках Ан-124, Ан-70, Ан-148, Ан-158 та буде впроваджуватися в нових проектах підприємства, зокрема в Ан-178.

Високої оцінки було удостоєно творчу ініціативу та ділову активність керівництва ДП «АНТОНОВ», яке не лише зберегло підприємство, а й успішно розвиває його, створюючи нові літаки світового класу.

Б.Є. Патон висловив упевненість, що співробітництво між установами НАН України та ДП «АНТОНОВ» буде і надалі розширюватись, а обсяг виконуваних досліджень та рівень практичного використання їхніх результатів у такій високотехнологічній та наукоємній галузі промисловості, як літакобудування, — постійно зростатиме.

Відповідно до Генеральної угоди про науково-технічне співробітництво в галузі авіації між НАН України і ДП «АНТОНОВ» установами НАН України в найближчі роки будуть здійснюватися науково-технічні роботи в таких напрямах:

- дослідження нових авіаційних металевих і композиційних матеріалів та їх практичне застосування у вітчизняних літаках;
- підвищення аеродинамічної досконалості літаків, у тому числі розроблення повного аеродинамічного компонування із застосуванням числових методів досліджень;
- розроблення і впровадження новітніх технологій у літакобудуванні;
- подальше впровадження передових інформаційних технологій упродовж усіх етапів життєвого циклу авіатехніки.

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

В.П. КУХАР, Б.Р. КИЯК, В.І. ОНОПРІЄНКО

НАДБАННЯ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГРАНТОВОЇ ПІДТРИМКИ НАУКИ

За матеріалами доповіді голови Державного фонду фундаментальних досліджень академіка НАН України В.П. Кухаря та співдоповіді голови Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України академіка НАН України В.П. Семиноженка на спільному засіданні Президії НАН України, Колегії Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України і Ради Державного фонду фундаментальних досліджень, присвяченому 20-річчю ДФФД 30 травня 2012 року

Створення вітчизняних фондів підтримки науки — одна з найважливіших організаційних новацій на пострадянському просторі. Державний фонд фундаментальних досліджень (ДФФД) — державна установа, що централізовано підтримує наукові дослідження. Робота цієї організації здійснюється на основі низки принципів. Фонд підтримує найактивніших і найвидатніших дослідників, незалежно від їхнього віку, місця проживання, роботи і т.д. Основоположним у діяльності ДФФД є принцип здійснення керівництва конкурсними проектами представниками наукових кіл. У цьому й полягає свобода наукової спільноти самостійно обирати напрями пошуку і методику досліджень. Самі ж учені мають бути вільні від міркувань економічного чи якогось іншого ненаукового характеру й керуватися тільки інтересами пізнання. В основу діяльності Фонду покладено модель наукового самоврядування, призначену для практичного використання. Вона збігається з організацією наукового співтовариства як вільної асоціації.

Ці засадничі положення доповнюються механізмом наукової експертизи, яка є основним способом прийняття рішень у фондах підтримки науки. Суть цього механізму полягає в тому, що рішення про виділення державних коштів приймають самі вчені. У результаті функціонування наукової експертизи вчені набувають права самостійно визначати, які напрями є найважливішими для розвитку науки в певний час і які проекти заслуговують на фінансування.

Започаткована в США модель Національного наукового фонду поширилася в усьому світі. Згадаймо, наприклад, Національний фонд природничих наук Китаю, Німецьке науково-дослідне товариство, Російський фонд фундаментальних досліджень, ДФФД. Ця модель вдало поєднує контроль за витрачанням державних коштів із можливістю вчених самостійно формувати фронт наукових досліджень і ухвалювати рішення про підтримку конкретних наукових робіт. Наукова експертиза, яка передбачає обов'язковий розгляд незалежними фахівцями будь-якого поданого проекту, є відкритим способом розподілу бюджету, сприяє конкуренції і передбачає зрозумілі механізми контролю (оцінювання за встановленими критеріями, регулярні звіти і т.д.). Хоча зміст пропонованих дослідницьких проектів

залишається, як і раніше, незрозумілим для пересічної людини, яка не має спеціальної освіти, у неї з'являється впевненість, що розподіл коштів здійснюється за допомогою демократичної процедури. Іншою перевагою такої наукової експертизи є те, що вона частково вирішує проблеми, пов'язані з прогнозуванням результатів фундаментальних досліджень: важко оцінити, що суспільство отримає за витрачені кошти, але компетентні фахівці можуть принаймні вирішити, наскільки конструктивно поставлене завдання, чи під силу його розв'язання колективу, що збирається його виконувати, і чи є це дослідження необхідним для подальшого розвитку науки.

ДФФД було створено при Комітеті з науково-технічного прогресу в 1992 р. відповідно до статті 35 Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність». Постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1992 р. на перший конкурс грантової підтримки науки було перераховано 450 млн крб, що за підсумками експертизи дозволило з 4500 поданих заявок надати гранти 1215 проектам із 288 наукових інституцій. Фонд був покликаний слугувати як додаткове, альтернативне джерело підтримки ініціативних ідей та розробок вітчизняних науковців і мав стати невід'ємною ланкою повного інноваційного циклу, що охоплював би і Державні науково-технічні програми, і Державний інноваційний фонд.

З часом коло і специфіка проведених Фондом конкурсів розширились — це були конкурси ініціативних ідей та розробок за визначеними пріоритетами, цільові й тематичні, регіональні й інноваційно-орієнтовані, видавничі й міжнародні, на здобуття грантів Президента України для підтримки молодих науковців і докторів наук до 45 років. У 50 проведених ДФФД конкурсах різного спрямування взяли участь кілька десятків тисяч вітчизняних науковців, які подали понад 25 тисяч ініціативних проектів-запитів та одержали майже 5,5 тисяч грантів.

Визначальним чинником під час експертного відбору є актуальність авторської наукової ідеї та здатність виконавців (незалежно від їхнього статусу і наукових ступенів) реалізувати її. Брати участь у конкурсах могли і можуть вітчизняні науковці, які представляють усі галузі науки — академічну, університетську, галузеву. Серед лідерів — Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, НТУУ «Київський політехнічний інститут», Інститут молекулярної біології і генетики НАН України. Приклад конкурсу, проведеного Фондом спеціально для вищої школи, переможцями якого стали 207 проектів лише з 99 організацій, свідчить про низьку наукову активність і результативність обтяжених освітянськими проблемами науковців вищої школи. Реально наука вищої школи розвивається в тих університетах та інститутах, які змогли зберегти і розвинути взаємодію з академічною й галузевою наукою. За підрахунками, понад 30% науковців вищих навчальних закладів жодного разу не брали участі в конкурсах ДФФД.

Основний принцип діяльності ДФФД — відкритість, ідея свободи наукової творчості. Кожен із охочих має змогу ознайомитися на сайті Фонду (www.dffd.gov.ua) з усіма перипетіями конкурсних процедур, результатами досліджень і звітами. ДФФД забезпечує нову мотивацію для праці найбільш активних і висококваліфікованих спеціалістів.

Деякі кількісні показники щодо розподілу коштів Фонду наведено в таблиці та на рис. 1.

Діяльність ДФФД у 2011 р. було забезпечено коштами державного бюджету в обсязі понад 30 млн грн. У держбюджеті 2012 р. всього на фундаментальні дослідження передбачено понад 3,25 млрд грн. У наявному інноваційному ланцюжку ДФФД займає скромне місце з бюджетним фінансуванням, меншим ніж 1% від фінансування всієї фундаментальної науки. До речі, майже такі ж самі обсяги коштів (понад 30,9 млн грн) передбачено для наукових і науково-технічних розробок Міністерства надзвичайних ситуацій України.

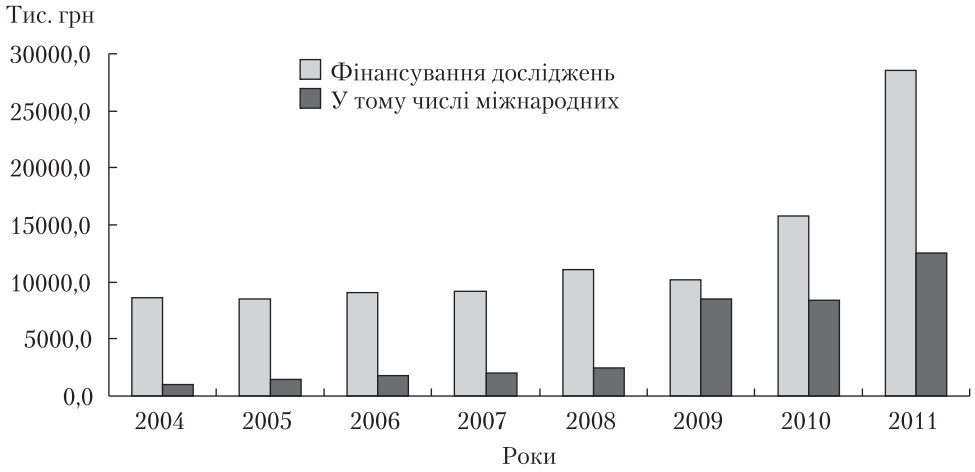


Рис. 1. Обсяги фінансування проектів ДФФД у 2004–2011 рр.

Фундаментальні наукові дослідження з часом стають усе складнішими і дорожчими, тому дедалі важливішою є кооперація, об'єднання фінансових та інтелектуальних ресурсів, що дає змогу реалізовувати масштабні проекти. У сфері міжнародної наукової співпраці визначальним є лозунг: «Світ знань об'єднує», тому цілком закономірним стає зростання рівня міжнародної кооперації. Серед пріоритетів ДФФД — налагодження контактів вітчизняних учених із зарубіжними колегами в рамках спільних проектів, що підтримуються на конкурсних і паритетних засадах, і з аналогічними фондами фундаментальних досліджень за кордоном (Білорусі, Росії, Німеччини, Франції, США, Японії). Рейтингування та відбір спільних наукових проектів здійснюється за результатами двосторонньої експертизи, що підвищує її якість та відповідність світовим науковим стандартам. Серед міжнародних проектів слід відзначити:

- 96 спільних проектів ДФФД і Російського фонду фундаментальних досліджень;
- 64 спільні проекти ДФФД і Білоруського республіканського фонду фундаментальних досліджень;
- 6 спільних конкурсних проектів ДФФД і CNRS (Франція);

Обсяги коштів держбюджету на фінансування проектів ДФФД у 2004–2012 рр.

Рік	Фінансування витрат на дослідження і розробки, тис. грн	Зміни фінансування, % до попереднього року	Зміни фінансування, % до 2004 р.
2004	8632,9	—	—
2005	8467,7	98,1	98,1
2006	9064,9	107,1	105,0
2007	9182,8	101,3	106,4
2008	11127,6	121,2	128,9
2009	10163,4	91,3	117,7
2010	15758,8	52,4	182,5
2011	28496,9	180,8	330,1
2012 (план)	28497,0	100,0	330,1

• 4 спільні проекти ДФФД і DFG (Німеччина);

• 5 матеріалознавчих проектів за підсумками спільного конкурсу ДФФД і NSF (США);

• 6 спільних проектів ДФФД, БРФФД і РФФД за чорнобильською й екологічною тематикою;

• триває конкурс спільних проектів ДФФД і Японського товариства сприяння науці.

Орієнтуючись на досягнення наукових результатів світового рівня, Держінформнауки України зініціював створення, а ДФФД фінансово підтримав нові гібридні структури науки. Спочатку було надано цільову тематичну підтримку 8 створеним науково-навчальним центрам нанотехнологічного спрямування. Позитивним кроком на цьому шляху стала і Проблемна (ключова) лабораторія молекулярної та клітинної біології, рівень і результативність якої оцінила міжнародна експертна рада, визнавши цей пілотний проект успішним. За підсумками його виконання опубліковано 34 статті у високорейтингових наукових журналах, придбано сучасне обладнання на суму 4 млн грн.

Широке використання Фондом можливостей міжнародного співробітництва (понад 60% усіх підтриманих проектів) дає змогу паритетно підтримувати наукові ідеї та розробки високого рівня коштами різних сторін, об'єднувати інтелектуальні й фінансові ресурси, оцінювати запити із залученням як українських, так і зарубіжних експертів, що сприяє підвищенню якості експертної процедури відбору й оцінювання пріоритетних проектів.

ДФФД щороку проводить два конкурси для підтримки грантами Президента України наукових досліджень молодих учених і докторів наук — це 77 грантів молодим кандидатам, докторантам і докторам наук, а також 20 грантів докторам наук до 45 років, що дає можливість виконавцям також узяти участь у міжнародних конференціях, придбати необхідне наукове обладнання (рис. 2).

Хоча нині сформувалася досить розгалужена система підтримки молодих дослідників і витрати за цією статтею є значними (гранти, премії, стипендії та ін.), жодним чином не можна стверджувати, що це спричинило істотні зміни в науці. Навпаки, загострюються проблеми розриву наступності в засвоєнні дослідницьких навичок, а також у поколіннях дослідників, різкого зниження привабливості наукової праці і професії вченого. Доводиться констатувати, що немає аналітичного супроводу молодіжних наукових програм, системи оцінювання коротко- і довгострокових ефектів від їх реалізації. В умовах, коли кількість таких програм збільшується, вкрай важливо враховувати їхню ефективність. Поки ж очевидно, що передбачених цілей ці програми не досягають.

Як альтернативу такому підходу слід розглядати участь молодих дослідників у міжнародних наукових проектах, які отримали підтримку в ДФФД. Працюючи в міжнародному співтоваристві, молодий дослідник не лише оволодіває новими методами і виходить на передній край досліджень, а й засвоює етичні норми і культуру наукової професії. Велике значення має також залучення молодих науковців до світової інформаційної магістралі — публікації в рейтингових міжнародних виданнях.

Двадцятирічний досвід діяльності ДФФД, її результативність та ефективність є певним свідченням реалізації вказаних принципів. За даними 2011 р., загальним обсягом бюджетних коштів ДФФД (близько 30 млн грн) профінансовано 280 грантових проектів за 13 конкурсами, результатом виконання яких стали 823 журнальні публікації, 616 доповідей на наукових конференціях, 16 монографій, 23 патенти.

Враховуючи довгостроковість отримання результатів запланованих досліджень, важливою умовою оцінювання фундаментальних досліджень повинна стати загальнодержавна інформаційна мережа, уніфіковані бази даних якої мають поповнюватися відповідними електронними звітами всіх основних розпорядників коштів. ДФФД, виявляючи тенденції,

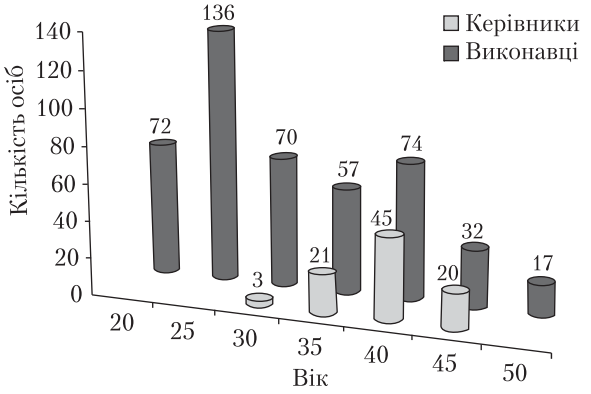


Рис. 2. Розподіл за віком керівників і виконавців поданих проектів конкурсу Ф35 (на гранти Президента України для докторів наук до 45 років)

течії, пріоритети наукових досліджень, напрями майбутнього розвитку, використовує створені електронні бази проектів, звітів, які дають змогу визначати рейтинг науковців, рівень їхніх наукових публікацій. А як виміряти ефективність, коли мова йде про гуманітарні науки? Інформаційно-аналітична система мусить об'єднати всі напрями підтримки науки й постійно наповнюватись і поліпшуватись. Крім того, маємо використати «переваги відстаючих», тобто не розвивати відверто безперспективні напрями, а на підставі результатів наукового пошуку концентруватися на найперспективніших. Сьогодні наука перебуває на стадії зростання конвергентності — стрімкого зближення, взаємопроникнення різних наук і технологій. Сучасний формат ініціативних проектів — це ставка на міждисциплінарність, реалізувати яку можуть лише тимчасові творчі об'єднання — колективи виконавців конкурсних проектів Фонду.

У ДФФД створена і успішно функціонує власна система експертизи проектів, яка поєднує формалізовані оцінки з оцінками експертів з усіх напрямів досліджень. Конкурсна система, загальновизнана світовою науковою спільнотою як демократична і гнучка, є ефективною і результативною, тому доцільно ширше запроваджувати грантову підтримку вітчизняного наукового потенціалу.

Можливості грантової системи великі. Так, Російський фонд фундаментальних досліджень щороку організовує конкурси:

- ініціативних наукових проектів;
- проектів видання монографій, збірників статей і навчальних посібників;
- проектів створення та розвитку інформаційних, обчислювальних і телекомунікаційних ресурсів для проведення фундаментальних досліджень;
- проектів створення центрів колективного користування унікальними приладами та обладнанням;
- проектів організації наукових експедицій;
- проектів організації всеросійських і міжнародних конференцій, нарад, симпозіумів;
- поїздок російських учених на закордонні конференції.

Однак бюджет РФФД, як і науковий бюджет Росії загалом, зростає — за період з 2003 р. він збільшився втричі, і в плани уряду входить збереження таких темпів зростання. Звичайно, таких можливостей у ДФФД немає. Фонд прагне підтримувати різні ініціативи, але здатний робити це тільки ексклюзивно. Помітний слід, наприклад, залишив конкурс видавничих проектів. Узагалі підтримка наукового друкарства в Україні — одне з першорядних завдань, якщо ми не хочемо, щоб випуск наукових монографій перетворився на суцільний «самвидав».

До речі, найважливішим принципом діяльності Національного наукового фонду США (NSF) є стабільність і достатність фінансування, що дає змогу реалізовувати довгострокові проекти, які відкривають наукову перспективу. Однак ресурси американського фонду не можна порівняти з можливостями ані ДФФД, ані РФФД. Є колосальна різниця в обсягах доступного фінансування, що безпосередньо впливає на ставлення вчених до цих фондів. Якщо для американців NSF є основним джерелом коштів і від отримання гранту фактично залежить, чи буде плановане дослідження здійснене, чи ні, то грант ДФФД завжди має допоміжне значення. Провести ґрунтовне дослідження в галузі

сучасної фізики або біології на 12 тис. доларів просто неможливо, тому основну частину коштів учені змушені залучати з інших джерел.

Великі очікування ДФФД пов'язує з тими змінами, які запропоновано в новому проекті Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність». Проектом передбачено законодавче закріплення принципів і критеріїв конкурсного виділення коштів на наукові дослідження, ототожнення конкурсного відбору наукових проектів з тендерними процедурами, створення системи різних фондів, а також уточнення термінології з урахуванням нових реалій, зокрема легітимізація поняття грант. Ці вкрай необхідні вдосконалення законодавчої бази ще попереду.

Отже, технологічний прорив можливий лише на міцному науковому фундаменті. Для цього мусимо відновити культ знань, підняти престиж науки, ширше залучати до неї здібну молодь, достойно підтримувати ті пріоритетні напрями і розробки, які поки що існують у вітчизняній науці.

Гострою проблемою є визначення шляхів, темпів і способів розвитку науки, якого можна досягти лише тоді, коли існує соціальне замовлення на наукові розробки, там, де є зв'язки між наукою, виробництвом та освітою, а влада стимулює налагодження таких зв'язків. Інноваційній економіці, гасла й обіцянки якої декларуються впродовж усіх років незалежності, потрібна наука високого рівня, а її ефективність може бути забезпечена в умовах взаємовигідного партнерства держави та бізнесу. Проте маємо ряд свідчень неефективності державної політики в науково-технологічній сфері. З іншого боку, не реалізуються конкретні кроки, щоб переконати суспільство і насамперед владу в можливостях вітчизняної науки. Чи прислухаються в урядових структурах до наукової спільноти? Чи вміє держава користуватися досягненнями власної науки?

Керівництво Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України визнає, що в українській науці є нині певний «кризовий застій», зумовлений фінансовою скрутою: у 2011 р. показник наукоємності ВВП був найнижчим за останні 9 років і становив 0,73%, а за рахунок коштів загального фонду державного бюджету — 0,29%. Фундаментальні дослідження в Україні було профінансовано 11 головними розпорядниками бюджетних коштів за 15 бюджетними програмами. Майже 98% видатків упродовж останніх 5 років припадає на 6 головних розпорядників: Національну академію наук, Національну академію аграрних наук, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту, Національну академію медичних наук, Національну академію педагогічних наук і Держінформнауки. Україна витрачає на фундаментальну науку за питомою вагою майже втричі менше, ніж розвинені зарубіжні країни. До того ж за 3 останні роки частка витрат на фундаментальні дослідження постійно зменшується. Протягом 2009–2012 рр. вона знизилася з 0,24 до 0,20% ВВП. Такий стан забезпеченості коштами, безумовно, негативно позначається на результативності цього напряму науки.

Основною ідеєю розробленого Державним агентством з питань науки, інновацій та інформатизації України проекту Концепції реформування системи фінансування й управління науковою і науково-технічною діяльністю є створення умов та активний перехід від базового фінансування наукових установ до грантового фінансування наукових проектів і наукових колективів. Цей проект передбачає збереження теперішніх обсягів базового фінансування діяльності бюджетних наукових установ з урахуванням щорічного збільшення обсягів мінімальної заробітної плати та росту цін і тарифів на оплату послуг зв'язку, енергоносіїв та комунальних послуг. Додаткове фінансування як фундаментальних наукових досліджень (у вигляді грантів), так і прикладних досліджень і розробок, що будуть виконуватись у рамках державних наукових і науково-технічних програм, а також державного замовлення на створення новітніх технологій,

здійснюватиметься на конкурсній основі. Ефективною організаційною новацією є розширення практики залучення провідних іноземних експертів до оцінювання проектів, поданих на фінансування за рахунок коштів державного бюджету. У цій ситуації повинна зростати роль ДФФД як інструменту розподілу бюджетних асигнувань на проведення системних фундаментальних досліджень, які потребують суттєвого збільшення обсягів фінансування. Проект Концепції передбачає створення Державного фонду гуманітарних досліджень, а також Державного фонду технологічних досліджень.

З метою інтеграції вітчизняної науки у світову фундаментальну науку передбачено збільшення обсягів бюджетного фінансування для виконання наукових проектів у межах міжнародного науково-технічного співробітництва, звільнення від оподаткування операцій із виконання наукових досліджень і розробок, що здійснюються за рахунок коштів, одержаних у вигляді грантів від міжнародних наукових організацій, у тому числі й операцій із закупівлі обладнання для виконання робіт за такими грантами. З метою забезпечення доступу українських науковців до міжнародних наукових баз даних, паперових та електронних наукових видань удалося домогтися виділення додаткових коштів для Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського, яка, власне, й працює в цьому напрямі.

З іншого боку, науковий бюджет в Україні — це бюджет виживання; потрібні інші джерела (приватні, бізнесові, різні фонди) для надання грантової підтримки, а також прозорість фінансових потоків. Наприклад, у США лише для підтримки біологічних досліджень діє кілька тисяч фондів, більшість із яких приватні, оскільки є розуміння важливої ролі науки для розвитку країни. У Росії теж існують приватні фонди підтримки науки та інновацій.

Потрібно сформувати такі пропозиції нових технологій та розробок, які зацікавлять і комерційні, і державні структури, дадуть користь вітчизняній економіці. І тоді вже спільними зусиллями можна реалізувати запропоновані проекти і програми.

Б.Ю. ЖИЛЯЄВ

ЩО БУЛО НА ПОЧАТКУ

Мало хто знає, що таке Всесвіт, але багато хто чув, що він нескінченний і виник у момент Великого Вибуху близько 14 мільярдів років тому. Що знає пересічний громадянин про Всесвіт? У побутовому сенсі він уявляє собі Всесвіт як величезний простір, заповнений зірками і галактиками. І якщо летіти в ньому зі швидкістю світла 14 мільярдів років, то долетиш до тієї межі, звідки до нас ще не приходило світло, отже, про ту частину світобудови ми нічого не знаємо. Так само, як до Колумба ніхто не підозрював, що є Південна Америка та інші континенти. Однак це правильно лише в побутовому сенсі. І як говорив Ричард Фейнман, немає у фізиці більш ненадійного радника, ніж здоровий глузд.

Всякая теория Вселенной неизбежно
приходит к одной личности,
именно к Тебе
УОЛТ УИТМЕН
«На берегу голубого Онтарио»

ПРО ПОХОДЖЕННЯ ВСЕСВІТУ

Будь-які міркування про Всесвіт мають скороминущий характер. Немає чіткого — у філософському, фізичному і математичному сенсі — визначення Всесвіту. Отже, ми намагаємося розмірковувати про те, що точно не визначено. Як тотальний об'єкт, Всесвіт перебуває поза сферою фізичного дослідження. З ним не можна експериментувати так, як це можна робити з бактерією чи елементарною частинкою.

З фізичного погляду теоретичний аналіз найбільш ранніх стадій розвитку Всесвіту в рамках рівнянь загальної теорії відносності (ЗТВ) стикається з непереборними труднощами. Як зазначають автори одного університетського підручника з сучасної геометрії для студентів-математиків МДУ, *«аналіз рівнянь Ейнштейна — трансцендентно складна задача»* [1]. Проблему походження Всесвіту намагався вирішувати Піфагор, займаючись *«витлумаченням світу»*. Відоме також учення про *«досвітове буття Логосу»* в дусі апостола Іоанна – про те, що було до створення світу. Як зауважив індійський філософ С. Чаттерджі, аналіз проблем, що виходять за межі фізичного досвіду, належить, на жаль, вже не до компетенції фізики, а метафізики. При цьому важливо розуміти, де закінчується фізика і починається метафізика.

Є ще фізики, які пам'ятають ОАС (Об'єднаний астрофізичний семінар), що процвітав у Москві в 60-ті роки. На нього з'їжджалися з усього Союзу. Медіаторами були академіки Яків Зельдович, Віталій Гінзбург (нобелівський лауреат), професор Йосип Шкловський. У дискусіях та виступах був відчутний невловимий флюїд — тон задавали теоретичні медитації Зельдовича, яким вторував словесний пуантилізм учасників семінару. Це був інтуїтивний, абсолютно нестрогий, нелогічний потік свідомості, як нині кажуть — брейнстормінг, що часом здавався нісенітницею, такий собі словесний калейдоскоп, в якому раптом виникали перлини. З них потім, не відразу, склалася, сформувалася сучасна космологія — наука про походження Всесвіту. Цей московський ОАСівський стиль проіснував з десяток років. Він і нині ще живий в малих осередках по всьому світу,

в середовищі спеців із квантової теорії поля, що займаються теорією струн і квантовою гравітацією. Там, у цих осередках народжується все нове, що утверджується в сучасній космології. У цих колах є свої архати. Серед них професор Андрій Лінде [2], колишній московський фізик, співробітник Стенфордського університету (США), один із авторів теорії інфляційної космології, що радикально змінила наші уявлення про Всесвіт за останні два десятиліття.

ДО ІСТОРІЇ ВСЕСВІТУ. КВАНТОВА ГРАВІТАЦІЯ

Вік Всесвіту оцінюють приблизно в 14 мільярдів років. Природно виникає запитання: а що було раніше? Для цього потрібно здійснити подорож у минуле. Проте, як пише академік В. Рубаков, видатний російський фахівець із космології, наївне продовження еволюції назад у часі до «початку», до моменту Великого Вибуху приводить до нескінченності: нескінченної густини речовини, нескінченної температури. Як сьогодні стає зрозуміло, «початку» не було, було безпочаткове минуле.

Загальна теорія відносності створювалася в припущенні, що континуальний, тобто неперервний, опис простору-часу зберігається на як завгодно малих масштабах. Планк і Гейзенберг із самого початку здогадувалися, що континуальний опис реального світу, ймовірно, зазнає невдачі через квантові ефекти у гравітації. Оперуючи трьома фундаментальним константами — гравітаційною сталою G Ньютона, швидкістю світла c і сталою Планка h, — можна скласти унікальні комбінації розмірності планківських довжини $L_p = \sqrt{(Gh/c^3)}$, її чисельне значення ~10^{-33} см, і часу $L_t = \sqrt{(Gh/c^5)}$, ~10^{-43} с, а також характерної планківської енергії $E_p = \sqrt{(hc^5/G)}$ ~10^{19} GeV і планківської густини $\rho_p = c^5/(G^2h) = 5{,}4\cdot10^{93}$ г/см^3. Такі значення величин перебувають далеко за межами, в яких оперує сучасна експериментальна фізика. Тому неможливість дослідної перевірки робить усі космологічні сценарії продуктом чистого розуму.

Фізика процесів на масштабах, більших і менших від планківської довжини простору й часу L_p і L_t, має відрізнятися хоча б через те, що учасниками гри по різні боки бар'єра є різні сили. Передбачається, що на відстанях, менших від планківської довжини L_p, стають важливими квантові ефекти в геометрії простору і часу. Якщо їх ігнорувати і продовжувати користуватися класичним континуальним описом, в обчисленнях з'являються нескінченності, тобто нісенітниця. Планківський час L_t ~10^{-43} с, як зазначає Лінде, — це момент, починаючи з якого ми вперше можемо розглядати Всесвіт у термінах нормального простору-часу. Це «після», а «до» — самі поняття простору і часу стають невизначеними.

КВАНТОВО-МЕХАНІЧНИЙ ОПИС ВСЕСВІТУ НА РАННІЙ СТАДІЇ РОЗВИТКУ

Квантова механіка як наука склалася для пояснення будови й поведінки матерії на рівні атомів, молекул і елементарних частинок. Цю сферу прийнято називати мікросвітом, на відміну від макросвіту — Всесвіту. Якщо говорити про величини, то атом водню має розмір, що становить п'ять сотих нанометра, а електрон ще в шістнадцять тисяч разів менший. Саме мікросвіт — арена, де панують квантові закони.

Квантова механіка описує поведінку частинок у просторі та часі на основі ймовірнісних законів. Імовірнісні властивості частинок визначаються так званою хвильовою функцією. Частинка у квантовій механіці перестає бути точно прогнозованим об'єктом. Принципово важливим моментом стає і те, що деякі характеристики частинок перестають бути неперервними. Так, енергія, кількість руху (імпульс), кількість обертання (спін) можуть ставати дискретними, тобто квантами. Не можна виключити й того, що можуть набувати дискретної структури й самі простір і час.

Фундаментальною особливістю квантової фізики є співвідношення невизначеності. Зі співвідношення невизначеності Гейзенберга $\Delta E\cdot\Delta t \geq h$, де h — стала Планка,

можна стверджувати, що на достатньо малих інтервалах часу Δt невизначеність енергії частинок ΔE може ставати настільки великою, що стан системи вже не можна розглядати як стаціонарний, тобто незмінний у часі. Для стаціонарності необхідно, щоб невизначеність енергії ΔE була меншою, ніж відстані між сусідніми дискретними рівнями енергії в енергетичному спектрі речовини. Квантова механіка задає цілком визначений набір значень енергії для кожного конкретного стану речовини. Навіть у випадку макроскопічного тіла на початковій стадії розвитку Всесвіту можна знайти таке значення Δt, коли ця умова перестане виконуватися. У такому разі опис стану системи за допомогою квантово-механічної хвильової функції стає нездійсненним, оскільки немає даних для її побудови. З цього можна зробити лише один висновок — на найраніші стадії свого розвитку Всесвіт не міг бути *стаціонарним,* тобто він міг існувати тільки змінюючись. А це вже дещо. І цей висновок має глобальний характер і стосується Всесвіту загалом. Таким чином, абсолютно несподівано виявилося, що на найраніших стадіях розвитку Всесвіту рухом матерії в ньому керували не звичні для нас закони механіки Ньютона й Ейнштейна, а неясні та важкі для розуміння пересічного громадянина закони квантової механіки. Коли Всесвіт мав планківський вік ~10^{-43} с, мікросвіт і макросвіт були єдині й неподільні. Це означає, що не можна було сказати, ЩО і ДЕ знаходиться та З ЧОГО складається. Такий стан світу називають Планківською ерою, а матеріальний субстрат — «просторово-часовою піною». А ось квантово-механічну теорію цієї «піни» не створено досі.

ПРИЧИННИЙ ГОРИЗОНТ. ГУМАНІТАРНИЙ ВИКЛАД ФІЗИЧНОЇ КОСМОЛОГІЇ

Відомо, що галактики розбігаються. Ще Е. Хаббл у 20-х роках минулого століття встановив, що чим далі галактика, тим з більшою швидкістю вона віддаляється від нас. Уже відомі галактики, які віддаляються від нас з релятивістськими швидкостями, тобто зі швидкостями, порівнянними зі швидкістю світла. Цей феномен пояснюють як розширення Всесвіту, тобто, з геометричного погляду, як збільшення радіуса кривизни нашого світу. Просту аналогію, яка допомагає зрозуміти суть явища, можна провести на прикладі повітряної кульки, яку надувають. Надуваючи кульку, ми збільшуємо її радіус, тобто змінюємо кривизну її поверхні. А якщо уважно проаналізувати, то комашки, що сидять на поверхні такої кульки, виявили б, що вони віддаляються одна від одної. До того ж, чим далі, тим з більшою швидкістю. При цьому самого факту надування кульки комашки могли б і не помітити.

Кривизна простору обмежує наше бачення світу, ми бачимо світ лише до горизонту подій. Нас не дивує, що, перебуваючи в Києві, ми не бачимо Москви. Ми живемо на викривленій поверхні Землі і бачимо предмети тільки до горизонту. Подорожуючи в минуле Всесвіту, ми б звернули увагу, що розміри горизонту скорочуються, тому що кривизна простору обернено пропорційна вікові Всесвіту. Настав би момент, коли горизонт скоротився б до розміру Галактики, Сонця, Землі, електрона... Звідси ясно, що в історії Всесвіту були моменти, коли, виходячи з причинних міркувань, у ньому не могли існувати навіть елементарні частинки. Якщо горизонт скорочується до розміру елементарної частинки, то гравітаційна сила і «польові сили», що визначають електромагнітну/слабку/сильну взаємодію і, відповідно, будову елементарної частинки, зрівнюються за величиною, і з частинкою щось мало б статися. Що? — Фазовий перехід. Найслабша серед взаємодій — гравітаційна — у міру заглиблення в історію Всесвіту набирала б «сили», об'єднувалася з іншими взаємодіями, доки не настала б епоха «Великого об'єднання».

Фазові переходи зазвичай супроводжуються порушеннями симетрії та появою нових просторово організованих структур. Усім відомо, що зі зміною температури вода зазнає фазових перетворень, переходячи з газоподібного стану в рідину або лід. І ми чітко

усвідомлюємо, як значно різняться ці фази за внутрішньою будовою і зовнішнім виглядом. Подібні структури — топологічні дефекти — як наслідок порушення симетрії під час фазових переходів у матерії Всесвіту утворювалися на найраніших стадіях його розвитку. Такі структури називають струнами, текстурами, монополями, бранами. Вони, ніби поручик Кіже, існують, але вигляду не мають. Їх шукають, але поки що не знаходять. Вони залишаються справжньою інтригою фізики й астрономії вже не один десяток років.

ІЄРАРХІЯ ЧАСТИНОК І СВІТІВ

Найважливішим моментом квантової космології виявилася необхідність використання теорій простору з кількістю вимірів понад три.

Тривимірний характер нашого світу не порушується на масштабах аж до ~1 мм, що підтверджує експериментальна перевірка закону тяжіння Ньютона. Це означає, що всі три закони Ньютона прекрасно описують рух матеріальних частинок під дією гравітаційних сил. Якби простір не був тривимірним, ми б одразу, як наслідок, помітили відхилення в рухах планет. Додаткові просторові виміри з'являються в теоріях, що пояснюють будову і номенклатуру елементарних частинок. Вони виявляються лише на мікроскопічних масштабах, порівнянних з планківською довжиною. Ці додаткові виміри компактні. Вони нагадують туго згорнуті паперові кульки, що мають складну структуру і мізерно малий розмір. На великих масштабах наш простір тривимірний.

Теорія струн (топологічних дефектів, згаданих вище) описує весь спектр елементарних частинок (її ще називають М-теорією). Вона містить 7 додаткових компактних вимірів. Крім того, вона описує й цілу низку об'єктів з протяжними вимірами — бран (мембран). Тривимірні протяжні об'єкти назвали 3-брани, чотиривимірні — 4-брани і так далі. Наш Всесвіт — 3-брана, занурена у простір вищої розмірності — Мультивсесвіт. Світи, подібні до нашого Всесвіту, пов'язані в ньому лише тим, що обмінюються з ним гравітонами (квантами гравітаційного поля) і гіпотетичними, ще не відкритими частинками, що слабко взаємодіють з матерією [3].

Дивовижним чином особливості будови елементарних частинок матерії на найменших масштабах виявилися пов'язаними з будовою Всесвіту на грандіозних просторових масштабах. Подібно до того, як геометрія Рімана визначила структуру рівнянь загальної теорії відносності, було встановлено, що фізичні властивості елементарних частинок тісно пов'язані з будовою комплексних геометричних просторів Калабі – Яу. Виявилося, що вигляд простору Калабі – Яу впливає на маси частинок, властивості взаємодій і сил у матеріальному світі. Отже, властивості елементарних частинок і початкові космологічні умови у Всесвіті виявилися тісно пов'язаними через геометрію різноманіття Калабі — Яу.

БАГАТОВИМІРНІ ПРОСТОРИ КАЛУЦИ – КЛЕЙНА І КАЛАБІ – ЯУ. ДЕЯКІ ПИТАННЯ БАГАТОВИМІРНОЇ ФІЗИКИ

Існування додаткових просторових вимірів постулювали математики Калуца і Клейн у 1919 р. У нас, 3D-спостерігачів, немає органів чуття, які дали б нам можливість сприймати ці додаткові виміри. Однак на прикладі сценарію Калуци – Клейна можна простежити всі головні особливості сучасних багатовимірних моделей М-теорії.

У найпростішому випадку додамо до нашого тривимірного світу один додатковий просторовий вимір z. Повний набір координат у (4+1)-вимірному просторі-часі — це $(x_\mu; z)$, $\mu = 0, 1, 2, 3$. За низьких енергій фізика буде (3+1)-вимірною, якщо координата z буде компактною (згорнутою) з деяким радіусом R, що визначає характерний розмір додаткового просторового виміру. Це означає, що z змінюється в обмежених розмірах, від 0 до $2\pi R$. Інакше кажучи, 4-вимірний простір є циліндричним, причому три його виміри x_1; x_2; x_3 нескінченні, а четвертий вимір z — це круг радіуса R. Зауважимо, що на

масштабах, більших від R, спостерігач «не бачить» додаткового 4-го виміру. Йому здається, що він живе в тривимірному світі.

Зазначимо важливий факт: компактні (згорнуті) виміри простору мають колосальну внутрішню енергію. Навіть такі потужні прискорювачі, як адронний колайдер, не можуть подолати тих сил, що діють в околі згорнутих вимірів. Структура матерії на рівні масштабів, порівнянних з планківською довжиною, прихована від нас грандіозним енергетичним бар'єром. Нагадаємо, що планківська енергія $E_p = \sqrt{(hc^5/G)} \sim 10^{19}$ GeV.

Квантова механіка струн оперує з 10 просторовими і 1 часовим вимірами. Причому 3 просторових і 1 часовий вимір виявляються нескінченними, а решта — згорнутими. Чому 10 вимірів? Для 11 і більшого числа вимірів у теорії з'являються безмасові частинки зі спіном 2, що є неприйнятним з теоретичного та експериментального погляду.

Маси й заряди елементарних частинок визначаються модами коливань струн. А моди коливань залежать від розмірів і форми додаткових компактних вимірів. Мимоволі виникає аналогія зі скрипкою, в якій гармонійне поєднання чотирьох струн, класичної форми інструмента і резонаторних отворів визначають специфічний тембр звуку.

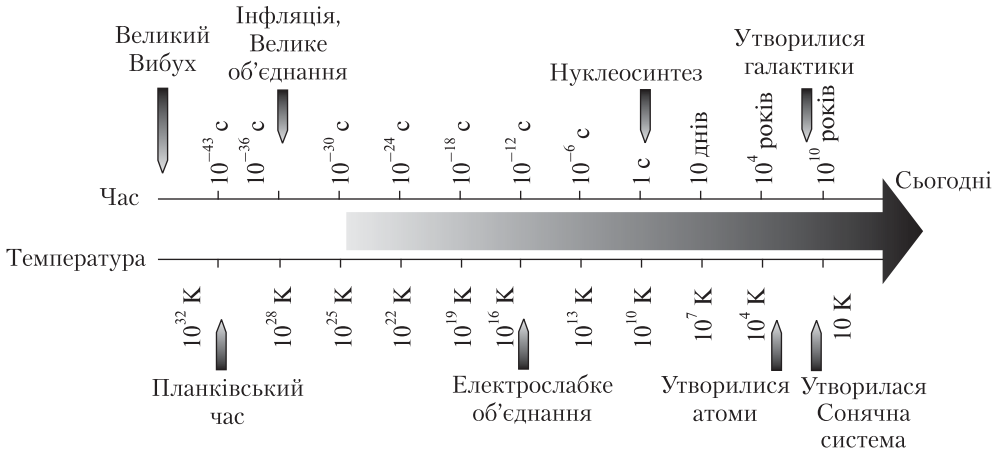
В реальному світі додаткові виміри згорнуті не в циліндричні поверхні, як припускали Калуца і Клейн, а в простори складнішої природи. У 1984 р. було знайдено, що рівняння теорії струн задовольняє клас 6-вимірних комплексних геометричних просторів Калабі — Яу.

Отже, наш Всесвіт містить додаткові виміри. Відповідно до теорії струн у кожній точці нашого простору є шість додаткових вимірів, згорнутих у химерну форму просторів Калабі – Яу. Ці виміри — невід'ємна частина структури нашого простору і є всюди. Вони настільки малі й так туго скручені, що не можуть бути виявлені за допомогою найсучаснішого експериментального обладнання. Розміри згорнутих вимірів становлять $\sim 10^{-33}$ см.

З ДОРОЖНЬОЇ КАРТИ ВСЕСВІТУ

Загальноприйнятою моделлю утворення Всесвіту є модель Великого Вибуху. Квантові ефекти відігравали вирішальну роль у планківську еру ($\sim 10^{-43}$ с від моменту народження Всесвіту). Вони мали велике значення аж до 10-денного віку Всесвіту, коли завершився нуклеосинтез і утворення атомів (див. рис.). При цьому Всесвіт являв собою розпечену масу з температурою близько 10 млрд градусів. Потім знадобився майже мільярд років для охолодження матерії та утворення Галактики і нашої Сонячної системи.

Трансформації речовини на рівні елементарних частинок відбувалися від моменту



Календар Всесвіту

часу, що обчислюється мізерно малою величиною близько 10^{-32} с, до приблизно однієї секунди від початку творення. Початок цієї епохи іменують *Великим об'єднанням*. Ще далі в глиб часів, протягом неуявно малого проміжку часу, від 10^{-34} до 10^{-32} с панувала *Інфляція*.

Модифікація моделі Великого Вибуху, що охоплює період експоненціального розширення на ранній стадії розвитку Всесвіту, називається Інфляцією. В типовому інфляційному сценарії експоненціальне розширення почалося приблизно в 10^{-34} с після початку часу і закінчилося, коли Всесвіт став у сотню разів старшим (тобто після приблизно 10^{-32} с). Упродовж цього інтервалу часу (так званої *Інфляційної епохи*) всі відстані у Всесвіті збільшилися приблизно в 10^{50} разів. Горизонт подій зріс із 10^{-24} см до 300 млн світлових років. Інфляція полягала радше в розширенні простору, ніж у русі частинок у ньому.

Інфляційний сценарій розвитку Всесвіту розробили у 80-ті роки Алан Гус [4] (Alan Guth) з Массачусетського технологічного інституту і Андрій Лінде [2] зі Стенфордського університету (США).

Отже, маємо таку картину світу. Зі співвідношення невизначеності $\Delta t \sim h/\Delta E$ випливає, що планківська енергія ~10^{19} GeV відповідає вікові Всесвіту ~10^{-43} с. Відразу після Планківської ери простір-час мав 11-вимірну структуру (10 просторових і один часовий вимір). Це була арена існування елементарних частинок, усі 10 просторових вимірів мали приблизно однаковий планківський розмір. Далі три виміри почали розширюватися до нескінченності, а решта (циклічні) — залишилися згорнутими. Розміри згорнутих вимірів становлять ~10^{-33} см. Такими вони залишаються і понині. На великих масштабах Всесвіт набув звичного вигляду тривимірного просторового об'єкта.

У допланківську еру ($< \sim 10^{-43}$ с від моменту народження Всесвіту) самі поняття часу і простору втрачають фізичний сенс через квантові флуктуації. Перефразовуючи слова Іоанна Богослова, можна сказати: «Часу ще не було», втім, простору також...

ЯК І КОЛИ ПОНЯТТЯ ЧАСУ І ПРОСТОРУ ВТРАЧАЮТЬ ФІЗИЧНИЙ СЕНС

Народження Всесвіту належить до періоду Планківської ери, коли метрика просторучасу ще не описувалася рівняннями загальної теорії відносності (ЗТВ). У цей період просторові координати і час, що входять до рівнянь ЗТВ, не можуть слугувати засобом опису руху частинок матерії через квантовомеханічне співвідношення невизначеності. Інакше кажучи, квантові флуктуації метрики виключають можливість розгляду еволюції Всесвіту на ранніх стадіях у термінах траєкторій і проміжків часу, тобто координатно-часового подання. Грубо кажучи, при цьому не можна чітко визначити, ЩО і ДЕ знаходиться та КОЛИ відбувається.

З фізичного погляду народження Всесвіту можна розглядати як квантовий стрибок, тобто квантовий перехід з допланківської ери в постпланківську. При цьому в квантовій фізиці вважається безглуздим ставити питання про просторову і часову структуру власне стрибка.

Відповідно до методології квантової фізики такий стрибок можна розглядати тільки в імовірнісному сенсі. При цьому обов'язково потрібно вказати всі можливі рівні переходів, а також імовірності переходів між рівнями (так звані матричні елементи). На етапі сучасних знань вказати це, на жаль, неможливо. Тому всі теорії, що не враховують фундаментальних основ квантової фізики, мають спекулятивний характер.

Те, що було ще раніше, називають порізному: Допланківська ера, Pre-Big Bang, Досвітове існування Логосу... Більше про це знають лише пророки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т.* Современная геометрия. Методы и приложения. — М.: Наука, 1986. — 760 с.
2. Andrei Linde, Professor of Physics // http://www.stanford.edu/~alinde/.
3. *Greene B.* The Elegant Universe. Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory. — New York: Vintage Books, 2000. — 464 p.
4. Alan Guth, Victor F. Weisskopf Professor of Physics //http://web.mit.edu/physics/people/ faculty/guth_alan.html.

СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

УДК 550.47:552.6:56

О.С. ЛОПУХІН [1], В.М. ЄРЕМЄЄВ [2]

[1] Морський гідрофізичний інститут Національної академії наук України
вул. Капітанська, 2, Севастополь, 99011, Україна

[2] Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського Національної академії наук України
просп. Нахімова, 2, Севастополь, 99011, Україна

ВИНИКНЕННЯ ЖИВОЇ РЕЧОВИНИ НА ПЕРВІСНИХ ПЛАНЕТАХ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ (РЕТРОСПЕКТИВНИЙ ПОГЛЯД)

У рамках концепції В.І. Вернадського про живу речовину, як універсальний розвиток матерії у Всесвіті, розглянуто найдавніші рештки форм життя в метеоритах і на Землі. Зародження мікробіальних екосистем на планетах земного типу видається закономірним завершенням їх фізико-геохімічного становлення під час дегазації летких речовин, зокрема пари H_2O. Конденсація пари в інтерфейсі з космосом спричинювала зледеніння поверхні планет і обводнення хондритової кори. Теплова емісія надр, зволожена кора і дегазація створювали оптимальні умови для впорядкованої хімічної еволюції вуглецевих сполук і виникнення прокаріотів, завершуючи еволюцію косної матерії. Вже давно відомі їхні морфологічно характерні рештки у вуглистих хондритах і звичайному хондриті Саратов, що підтверджує гіпотезу про обводненість їхньої родоначальної планети. Зволожена хондритова кора планет під захистом прагідросфери являла собою специфічний природний гідротермальний інкубаторій для виникнення живої речовини на первісних планетах Сонячної системи, що може бути властиво також іншим зоряним світам.

Ключові слова: первісні планети, дегазація, хондритова кора, прагідросфера, гідротермальність, прокаріоти, метеорити, метеофосилії, мікрофосилії докембрію.

Природа проста і не розкошує надмірними причинами
ІСААК НЬЮТОН

Початок XXI століття виявився вельми примітним для фундаментального природознавства. У 2001 р. академік Георгій Олександрович Заварзін доповів Президії РАН власну концепцію становлення біосфери у процесі адитивної еволюції ціанобактеріальних угруповань докембрію, аж ніяк не заперечуючи при цьому дарвінізм як такий: *«Единство времени и пространства, провозглашенное А. Гумбольдтом, — необходимая основа взаимодействий в настоящем. Таким образом, сохранение старого есть условие существования нового. Поэтому сохранение всей системы живых существ (старых даже больше, чем новых) — необходимое условие, а не упущение незавершенной эволюции. В функциональном отношении происходит наложение, а не второочередная замена, т.е. эволюция совершается аддитивно. <...> Эволюция микробных сообществ — основная движущая сила биогеохимической эволюции биосферы. <...> Сообщество <...> собирается из филогенетически удаленных видов организмов, <...> осуществляя тесные трофические отношения между ними»* [1]. Висловлювання Г.О. Заварзіна цілком відповідає основному постулату екології про нестійкість ізольованої популяції і високу стійкість

© О.С. Лопухін, В.М. Єремєєв, 2012

генетично структурованого угруповання. Про це, до речі, ще в 1931 р. писав В.І. Вернадський: *«...первое появление жизни при создании биосферы должно было произойти не в виде появления одного какого-нибудь вида организма, а в виде их совокупности, отвечающей геохимическим функциям жизни, должны были сразу появиться биоценозы»* [2].

По суті, варіації фізичних умов та геохімічні нюанси становлення планет, їх палеогеографія і загальна екологія біогенезу відповідають твердженням обох учених. Множинність інверсій передбіологічної хімічної еволюції спочатку сприяла біологічному різноманіттю прокаріотів, що виникали, та їхній функціональній орієнтації. Супрамолекулярна хімія нобелівського лауреата Жана-Марі Лена, як хімія запрограмованих молекул, що несуть інформацію, *«...определяет поведение молекулярных индивидуумов и популяций, их социальную и классовую структуру организованного сообщества индивидуумов, его устойчивость и хрупкость, стремление индивидуумов к объединению и обособлению, их избирательность, «эффективное сродство», способность узнавать друг друга»* [3]. Звідси легко простежується спряженість адитивної еволюції мікроорганізмів з передбіологічним компонуванням супрамолекулярних композицій і ансамблів (у цьому контексті — передусім вуглецевих сполук), які *«...представляют собой сложные конструкции заданной архитектуры. Они строятся самопроизвольно из большого числа комплементарных компонентов, хранящих на молекулярном уровне информацию о конкретных селективных взаимодействиях. Удивительный феномен такой самоорганизации можно сравнить разве что с самопроизвольной сборкой сложнейших пространственных структур и молекулярных машин в живой клетке»*. Не виключено, зауважує у своїй книзі Жан-Марі Лен, що *«однажды в лаборатории будет создана жизнь, основанная на других принципах, чем созданная природой»* [3]. Таке висловлювання при його зрозумілому пафосі не може не викликати певних побоювань, пов'язаних з долею нашої цивілізації.

За Г.О. Заварзіним, життя на Землі з самого початку слід розглядати як екосистему, що охоплює організми і середовище їх проживання, оскільки саме *«...обитаемость предшествует обитанию, как возможность реализации. Обитаемость означает, что геологическая система первична по отношению к биологической. <...> Последующее не может определять прошлое»* [4]. Слід визнати, що основою геологічної домінанти є водне середовище, яке здатне розчиняти практично всі біологічно активні елементи. Винятково висока теплоємність води позначається на дуже широкому температурному інтервалі можливого існування мікроорганізмів: від 120°С для «гіпертермофілів» (за тиску в так званій глибинній біосфері) до нижньої межі їх життєдіяльності — мінус 20°С [5]. Такий розкид може слугувати частковим поясненням прояву багатофункціональності ціанобактеріальних угруповань у докембрії, що відповідає суті їх адитивної еволюції (вони мали потребу одне в одному). Перші екосистеми на Землі та самопідтримування біосфери ґрунтувалися на біогеохімічних циклах ряду елементів (C, N, P, S, Fe, Ca). Каталіз здійснювався саме кооперативною взаємодією функціонально різних ціанобактеріальних угруповань екосистеми, основу якої становить трофічна піраміда первинних продуцентів — автотрофних мікроорганізмів. Джерелами вуглецю для них були геосферні ресурси, в тому числі результати планетарної дегазації, яка з самого початку забезпечувала необхідними елементами водне середовище і процеси біосинтезу. Зважаючи на цикл органічного вуглецю, біосфера була і є автономною екосистемою, в якій продукція врівноважується деструкцією [6]. Зростання біологічного різноманіття також відображується пірамідою, але поставленою на вершину, що демонструє екологічну сутність первинного угруповання, консервативність якого спостерігається й понині — релікти прокаріотів у Світовому океані. Щоб існувати тривалий час (врахо-

вуючи вичерпаність субстратів і накопичення продуктів метаболізму в середовищі), мікроугруповання має складатися з функціонально різних організмів — автотрофів і гетеротрофів.

Аналітичний огляд «Начальные этапы эволюции биосферы» Г.О. Заварзін розпочав настановним посилом: *«Выявить неявные предвзятые аксиоматические положения, контролировать вытекающие из собственных интересов или моральных стремлений суждения, внимательно следить за возможным ошибочным пониманием объекта исследования вследствие ограниченности методических возможностей и перехода к необоснованным обобщениям»*, оскільки всі джерела недостовірності наявні в цій галузі [5]. Так званий прабатьківський «світ РНК» Г.О. Заварзін сприймає як «сапрофітний вірус», що не відповідає поняттю організму. Детально цей дивний світ описано у витонченому есе академіка О.С. Спіріна, де автор вивів три парадокси РНК (водний, конформаційний, геологічний) і на завершення прийшов до четвертого — усвідомленого агностицизму [7].

Феномен життя розглядає також геохімік академік РАН Е.М. Галімов у своїй однойменній книзі й у статтях як *«явление возрастающего и наследуемого упорядочения, присущее при определенных условиях химической истории соединений углерода»*, коли у процесах стійкої структуризації матерії ключову роль з передбіологічних часів відігравала молекула аденозинтрифосфату (АТФ). На відміну від конкурентної боротьби впорядкування не витісняє попереднє, а відкриває перспективу, торкаючись у певних межах і косної речовини [8–10]. Уявлення Е.М. Галімова логічно поєднуються з адитивною еволюцією, яка все ж включає тенденцію розвитку біорізноманіття і, швидше за все, охоплює весь світ живої речовини, що умисно не ворогує між собою. Єднання запропонованих концепцій і *«самопроизвольная самоорганизация»* супрамолекулярної хімії обіцяють обернутися світоглядною парадигмою всього сущого.

Ці настановні публікації далеко не вичерпують інформацію в обговорюваній сфері, проте підводять певну риску під дослідженнями минулого століття, характеризують насущні проблеми і вносять новизну в наші уявлення про зародження й еволюцію біосфери, виявляючи слабкі сторони цього вектора екзобіології. У науковій літературі та Інтернеті привертають увагу різноманітні спроби реставрації гіпотези панспермії С. Арреніуса (1859–1927). Ще у 80-х роках XX ст. астрофізики сер Фред Хойл (Fred Hoyle) і професор Чандра Вікрамасингх (Chandra Wickramasinghe), вивчаючи природу міжзоряного пилу, дійшли висновку про наявність у ньому субмікронних сферичних частинок вуглецю, а також органічних полімерів, які вони ототожнювали з мікроорганізмами, — близько 10^{52} окремих клітин у Галактиці [11]. До речі, на початку 90-х років харківські астрофізики встановили вуглецеві гранули у Крабовидній туманності, однак вони скромно обмежилися професійними міркуваннями про своє відкриття.

Є суперечлива думка про безводність і безплідність планети Земля в передархейську еру Hadean (Гадей) [1]. Життя на Землі пов'язують з метеоритним експортом. Залишається відкритим питання — як і де життя виникло і як зберегло «схожість» під час транспортування в нашу Сонячну систему, вік якої (4,56 Ga) в цьому разі підлягає перегляду, оскільки визначається за ізотопією свинцю в метеоритах, що впали на Землю.

Зважаючи на сучасні погляди на ранній Всесвіт без атомів і молекул, було запропоновано модель передбіологічної еволюції на певних першопланетах у Галактиці, результати якої поширюються всюди, в тому числі

[1] Передархейська ера Hadean — 4,56–3,8 Ga (1 Ga = 10^9 років) — найскладніша для реконструкції ранніх подій на Землі. В основу геологічної колонки її ввів відомий геохімік професор М. Шидловські (Manfred Schidlowski), який установив у метаосадових породах Західної Гренландії рекордну за віком (3,8 Ga) ізотопну сигнатуру біогенного вуглецю ($^{13}C/^{12}C$) [12, 13].

й у нашу Сонячну систему. Передбачається, що життя виникає одночасно на всіх планетах зоряних систем, куди потрапили «зародки» і де виявилися відповідні умови. Остання теза (і тільки вона!) цілком конструктивна з погляду загальної закономірності й упорядкованості геохімічних процесів становлення планет при домінуванні водню, коли фізичні умови сприяють їх обводненню і не перешкоджають біогенезу в поступальному розвитку матеріального світу. Інакше кажучи, виникнення живої речовини на первісних обводнених планетах є закономірним результатом перетворення косної речовини. Діалектично такий процес не може бути перерваний у часі й рознесений у просторі. Він підпорядковується філософському поняттю *haecceitas* — єдності часу і простору (тут і тепер). Г.О. Заварзін вважав, що саме ця сьогохвилинна даність вирішує «бути чи не бути» [14]. Аргументація тези про безперервність, єдність геохімічних процесів перетворення косної планетної речовини на речовину живу на тлі природних чинників, космогонічних уявлень минулого століття і вищезазначених новітніх розробок щодо зародження біосфери є метою цієї статті, яка при цьому не претендує на завершеність пропонованих міркувань. Вихідним фактом їх прийнято той феномен, що життя відбулося в нашій Сонячній системі.

Це стосується, передусім, інопланетних мікробіальних свідчень — решток прокаріотів, що зародилися в хондритовій корі родоначальної планети Фаетон. Його руйнування (як вважали раніше) на рубежі 4,0 Ga тому спричинило утворення поясу астероїдів і породило метеоритні бомбардування Землі. Падіння метеоритів (хондритів) триває понині, демонструючи при цьому найдавніший біоценоз, і приносить інформацію про матеріальний склад і вік Сонячної системи. Мінералогічні й хімічні співвідношення в метеоритах вказують на їх спільне родоначальне тіло, становлення якого (за ізотопними вимірами) завершилося приблизно 4,56–4,50 Ga тому, як і системи загалом. Ще в 60-х роках відомий геохімік академік О.П. Виноградов порівнював властивий Сонцю основний склад елементів (H, He, O, Ne, C, N, Si, Mg, S) з мантією Землі і силікатною фракцією хондритів, що є результатом фазового виплавлення планетної кори, яка нагадує гірські породи — дуніти. Бітумінозна речовина вуглистих хондритів є складною сумішшю, яка містить відновлені сполуки вуглеводнів. Будова всіх хондритів відносно крихка: порода складається з хондр — олівінових кульок діаметром 0,1–0,5 мм і більших. Міжхондровий простір вуглистих хондритів заповнює грудкувата суміш вуглецевої речовини і мінеральних зерен. Іноді відмічали уламкову будову, однак осадової текстури не спостерігали. Останнє свідчить про руйнування родоначального тіла метеоритів до початку на ньому вивітрювання й накопичення осадів [15]. На Землі ці процеси виявилися наприкінці ери Hadean у вигляді метаосадових порід Isua у Гренландії, що орієнтовно вказує на час руйнування Фаетона на рубежі 4,0 Ga. Сучасні дослідники здебільшого схильні визнавати мікробіальну природу біоморфних решток у метеоритах. Факт такого визнання однозначно свідчить про те, що раніше існувала геохімічно і фізично повноцінна і первинно обводнена родоначальна планета, що відповідає аксіомі: *ubi aqua — ibi vita*. Земне забруднення метеоритів можливе, але воно, з'явившись через 4,0 Ga, загалом легко розпізнається фахівцями.

Решткам прокаріотів у метеоритах, а також ранній органічній еволюції присвячена об'ємна праця відомого американського мікропалеонтолога професора Бартолом'ю Негі (Bartholomew Nagy) «Carbonaceous meteorites» [16]. Книга свого часу викликала в наукового співтовариства суперечливі реакції та збентеження: визнавати чи не визнавати біогенну природу виявлених у метеоритах характерних мікроструктур. Лише через 20 років сенсаційна знахідка марсіанського (?) метеорита у викопних снігах Антарктиди [17] зумовила подальший розвиток екзобіології та появу нових публікацій,

серед яких вартий уваги огляд Л.М. Герасименко та ін., присвячений електронно-мікроскопічному етапу в дослідженні біоморфних структур у космічному матеріалі [18]. Копіткі дослідження ранньої органічної еволюції виконав професор Г.Д. Пфлюг (H.D. Pflug) на прикладі вуглецевих мікроструктур хондрита Murchison та мікрофосилій смужкуватої залізистої формації Isua (3,85 Ga), формації Gunflint (≈ 2,0 Ga) Канади, формації Kromberg (3,4 Ga) системи Свазіленд, прокаріотів біоплівок строматоліту Bulawayo, Zimbabwe з вимірюванням їхніх лазерних мас-спектральних характеристик [19]. Вивченню органічної речовини в метеоритах присвячені роботи й багатьох інших авторів.

Цим поглибленим дослідженням передували роботи, розпочаті ще в XIX ст., а потім і 60-х років XX ст., коли широке розгортання палінологічної стратифікації нафтогазоносних відкладів палеозою ініціювало пошук спороподібних утворів у метеоритах. На конференції в Новосибірську (1962) старший науковий співробітник Всеросійського нафтового науково-дослідного геологорозвідувального інституту (ВНІГРІ) Б.В. Тимофєєв зробив повідомлення про знахідки біоморфних структур у звичайному хондриті Саратов. При цьому він підкреслив: *«...находки спор в метеоритах могут свидетельствовать о происхождении последних при распаде космического тела достаточно значительного размера и массы для былого существования на нем жизни и тем самым биосферы»* [20]. Це викликало неоднозначну дискусію і рішення провести контрольні аналізи цього хондрита (експонат музею Саратовського університету, впав у 1918 р., маса 221 кг). Аналізи виконував О.С. Лопухін у спеціалізованій лабораторії Управління геології Киргизії. Мацерація представлених зразків і подальше відокремлення органічної складової від мінеральної маси виявили *in situ* в чотирьох повторностях характерні мікроструктури, морфологія яких свідчила про їхню біогенну природу. Лабораторна контамінація виключалася. Консультації з мікробіологами різного профілю в ряді інститутів Москви, а також аналізи ґрунту з місця падіння метеорита не встановили подібності метеофосилій з відомими земними мікроорганізмами. Втім, обережність щодо знахідок у метеоритах усе ж відчувалася. Консиліум академіків — мікробіолог О.О. Імшенецький і астрофізик В.Г. Фесенков — рекомендував віднести метеофосилії хондрита Саратов до «організованих елементів» і опублікувати результати в журналі «Природа» [21]. Статтю згадано в монографії Г.П. Вдовикіна [15]; ілюстрацію метеофосилій наведено також у журналі «Вісник НАН України» як можливий аналог при інтерпретації наступних справді марсіанських знахідок [22, 23].

Сучасний інтерес до біоморфних структур у метеоритах, визнання багатьма фахівцями їхньої біогенної природи, а також характерна морфологія, в тім числі стадії репродукції метеофосилій звичайного хондрита Саратов, спонукають дати їм формальний опис у рамках бінарної назви *Phaetonia saratovi* (створюючи прецедент в астробіології). Ілюстрацію викопних прокаріотів наведено в порівнянні з морфологією та аналогічною репродукцією мікрофосилій з кальцифірів архею Єнгрської серії Алданського щита [2] (3,5 Ga), крем'янистих і карбонатних порід венду Північного Тянь-Шаню (≈ 0,65 Ga), а також з пупкуванням ціанобактеріальних колоній *Menneria* Lopukhin 1971 ex 2011 з тих самих відкладів (рис. 1) [24–27].

Мікроскопічні планктонні колонії являють собою невизначену кількість невиокремлених морт-клітин розміром від 0,5 до 3,0 мкм, агрегованих за життя в колоніальний слиз [24–26]. На рис. 1, *16* (×20000) наведено *Cyanobacteria* (ймовірно, бентосної природи) з формації Kromberg системи Свазіленд Південної Африки [19]. Їхня ультраструктура демонструє можливу подібність будови колоній *Menneria*.

[2] Колекція порід Алдану (Сибір) Г.Б. Гіммельфарба.

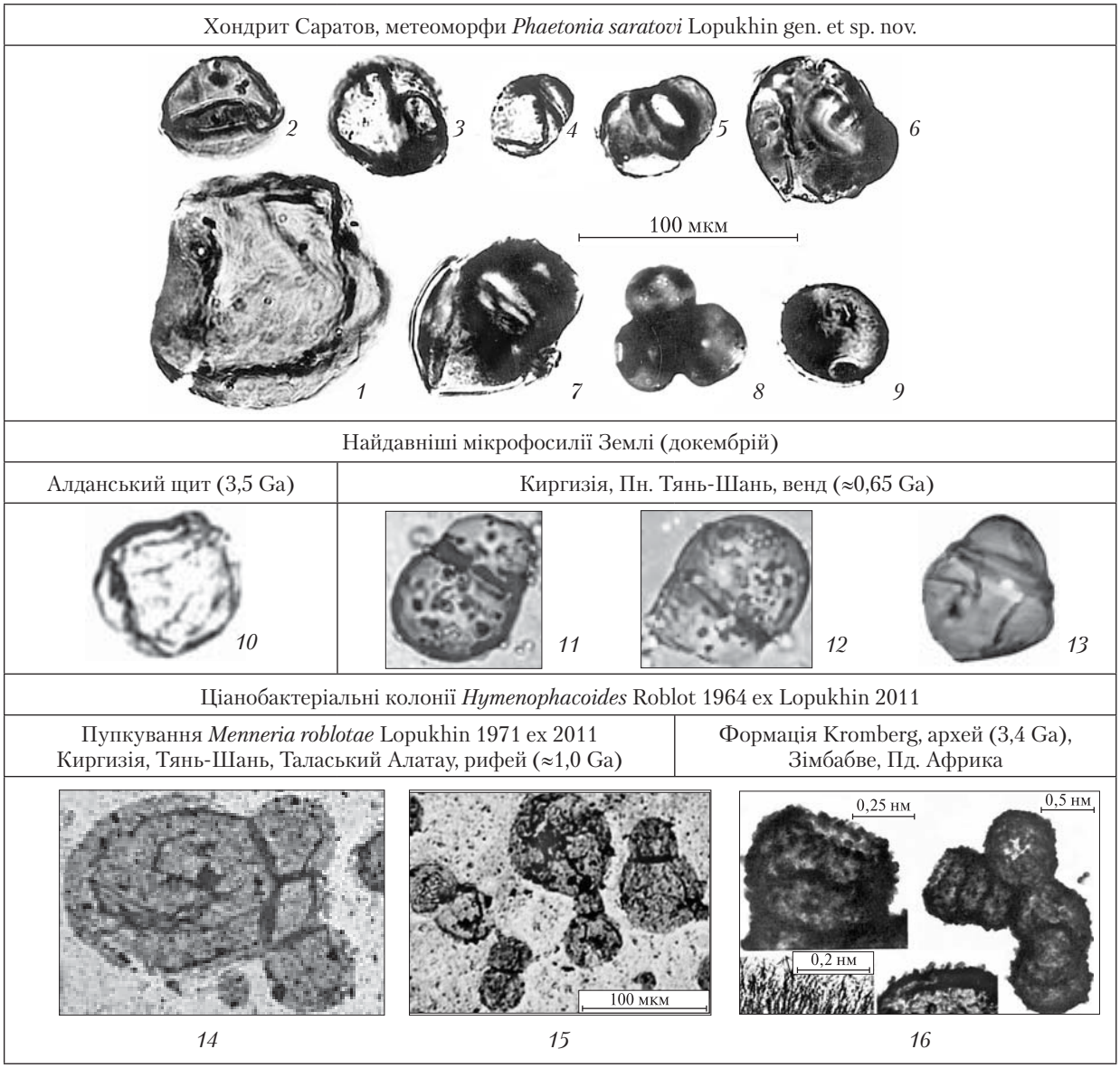


Рис. 1. Прокаріоти хондрита Саратов *Phaetonia saratovi* Lopukhin gen. et sp. nov. (1–9) у порівнянні з мікрофосиліями з відкладів венду Пн. Тянь-Шаню (Киргизія) і з ціанобактеріальними колоніями докембрію *Menneria roblotae* Lopukhin 1971 ex 2011. Збільшення від ×1000 до ×2000 разів

Метеоморфи звичайного хондрита Саратов є більш розвиненою генерацією окремих мікроорганізмів. Вони мають сірий, місцями чорний колір, розмір від 18 до 100 мкм. На рис. 1 їх розміщено в умовній послідовності вегетативного розмноження. Екземпляр розміром 100 мкм і подібна менша метеоморфа також з підгорнутим краєм (*1* і *2*) нагадують ціанобактеріальну колонію з кальцифірів Алданського щита *10*. Морфа *3* в порівнянні з *2*, ймовірно, відображує початок репродукції. Морфа *4* розділена пояском на дві різновеликі частини подібно до мікрофосилій венду Північного Тянь-Шаню (*11–13*) і ціанобактеріальних колоній докембрію, фіксованих в осадах на стадії пупкування й нерівного поді-

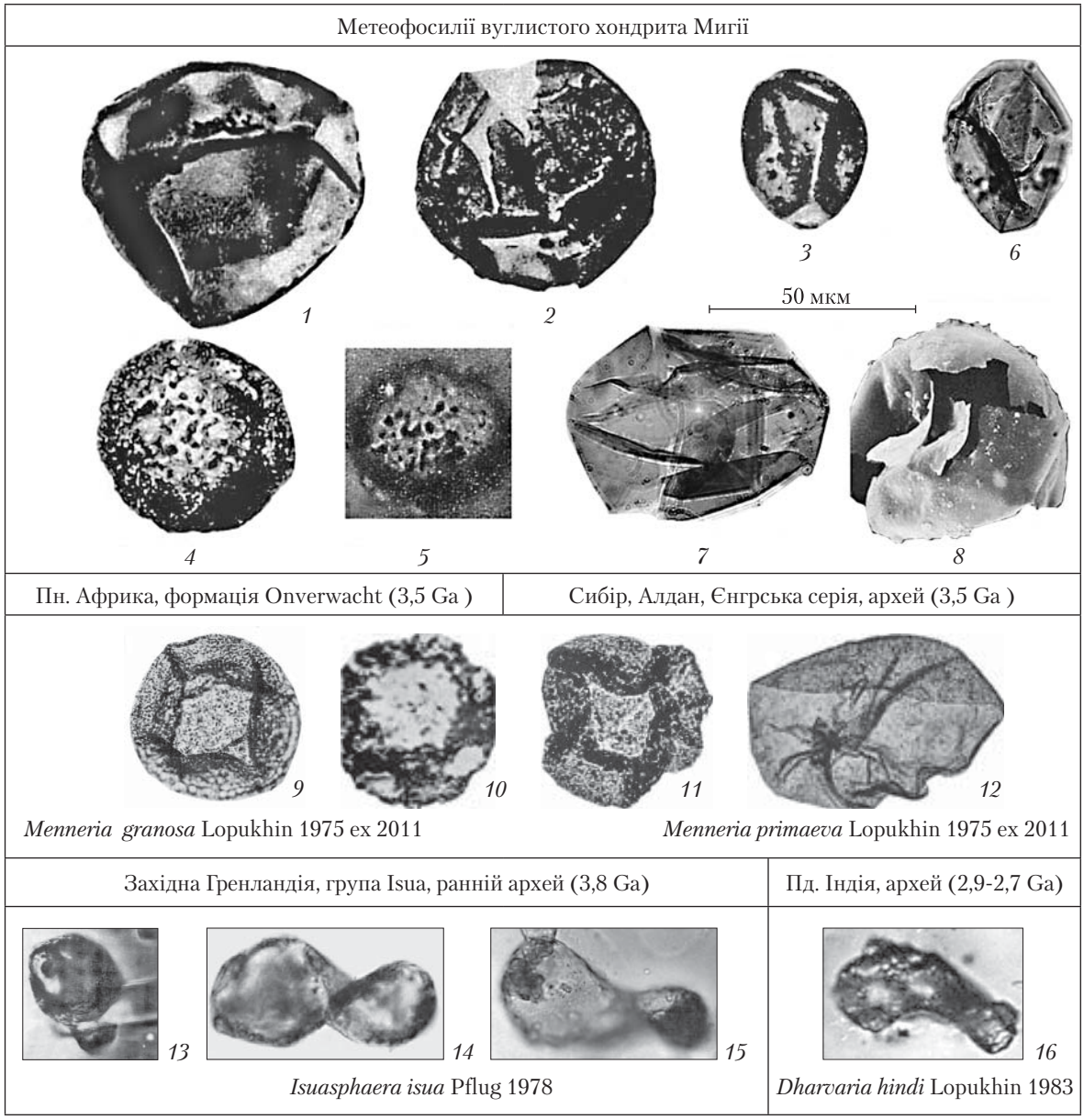


Рис. 2. Метеофосилії вуглистого хондрита Мигії у порівнянні між собою та з мікрофосиліями докембрію; 9, 11 і 12 — виділено з порід за допомогою мацерації та виявлено в препаратах; 10 — встановлено в шліфі (Engel, Nagy et al., 1968), так само як і 13–16; 13 — мікрофосилія пронизана найтоншим кристалом актиноліту, що додатково засвідчує знаходження *in situ*

лу (*14–15*). Метеоморфи *5–7* демонструють розширення пояска і його випинання (пупкування?), подібне до *13*. Можливо, цей процес зумовлював утворення тріад *8*, які розпадалися потім на окремі метеоморфи. Однак, схоже, це філогенетично інший мікроорганізм, як і *9* — сфероїд з піломами *Phaetonia sp.*

Таким чином, відкриття Б.В. Тимофєєва було підтверджено. Звичайний хондрит Саратов дійсно містить *in situ* рештки викопних прокаріотів. При цьому особливо важливим є встановлення їх вегетативної репродукції, що підтверджує біологічну сутність «організованих елементів» у метеоритах, вигляд

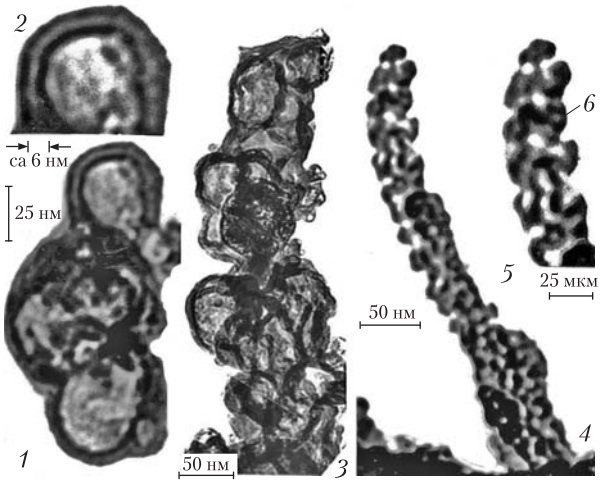


Рис. 3. Вуглисті мікроструктури в демінералізованому зрізі породи метеорита Мурчисон. Група бульбашок (глобул) (1, 3); глобула за збільшення (2), нитка (4), частина нитки за збільшення (3, 5), наноглобули (6) [19]

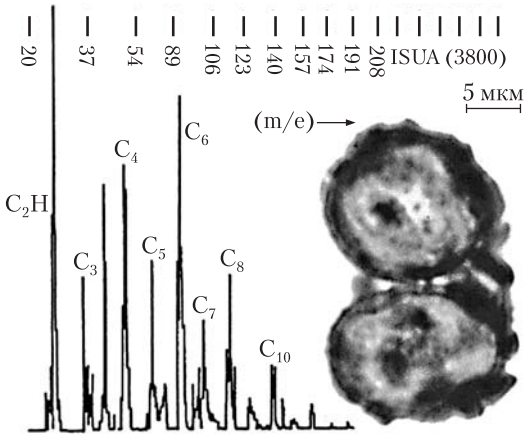


Рис. 4. Вуглисті мікроструктури смужкуватої залізистої формації Isua, Гренландія (≈3,85 Ga), подібні до прокаріотів Мурчисон, і лазерний мас-спектр (негативні іони) подібного екземпляра. Межі виміру ≈1 мкм у діаметрі [19]

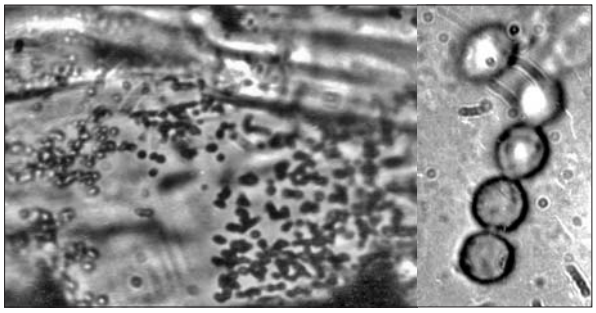


Рис. 5. Велика кількість розсіяних *Isuasphaera minima* і ланцюжок пікопрокаріотів (імерсійний об'єктив)

яких досить індивідуальний, незважаючи на подібність їхньої морфології із земними викопними мікроорганізмами. Звідси випливає їх спільне походження в Сонячній системі і ймовірність наявності подібних їм в інших світах Галактики. Факт їх походження у специфічному хондритовому горизонті, очевидно, незаперечний, — це єдине можливе пояснення їх наявності в метеоритах. Оскільки фазове виплавлення хондритової кори планет має бути закономірним явищем, то й у принципі стає очікуваним виникнення життя на подібних планетах у разі їх первісного обводнення. На жаль чи на щастя для землян — сказати важко, але приблизно 4,0 Ga тому планету Фаетон спіткала гравітаційна катастрофа і перервала еволюцію біосфери, що зародилася, фіксуючи в уламках (хондритах) рештки найдавнішого мікробіального життя, зокрема прокаріотів *Phaetonia saratovi* Lopukhin.

Б.В. Тимофєєв вивчав також вуглистий хондрит Мигії, який містив примітивні сфероїдальні оболонки (рис. 2, *1–4*) [27]. Метеорит масою 8 кг упав 18 червня 1889 р. на територію Миколаївської області України. Деякі з метеоморф виявляють помітну подібність до мікрофосилій формації Fig Tree архею Південної Африки (*5*) і рифею Тянь-Шаню (*6* і *7*). За допомогою СЕМ у цих відкладах було виявлено більш подібну напівзруйновану оболонку (*8*) [28]. На відміну від мікрофосилій *6* і *7*, а тим паче від *Phaetonia saratovi*, метеофосилії Мигії візуально тендітні й ніби «неживі». Тому умовно їх можна подати (за О.І. Опаріним) як пробіонти, які були проміжною ланкою і передували появі прокаріотів [29]. За М. Руттеном, в екосистемі планети переджиття і життя могли тривалий час співіснувати [27], підтримуючи тим самим еволюцію і, можливо, сприяючи трендам біорізноманіття. Останнє помітно виявилося в іншому, популярному серед дослідників вуглистому хондриті Оргей (впав у 1884 р. біля селища Orgueil у Франції, маса 11 кг). За потреби морфологічні аналоги виявлених у цьому хондриті біогенних мікроструктур можна знайти се-

ред раніше описаних мікроорганізмів докембрію (рис. 2). Різноманітність метеофосилій Orgueil дає змогу розглядати їх як генерацію прокаріотів, що виникла пізніше за хондрит Мигії, але передувала появі *Phaetonia saratovi*.

Складніше визначити «еволюційне» місце хондрита Мурчисон (Murchison), який порівняно недавно — у 1969 р. впав у Австралії (штат Вікторія) і важив 108 кг. Скоріше за все, виявлені в ньому мікроструктури передували виникненню *Phaetonia saratovi*. Ілюстрації зі статті H. Pflug [19] (рис. 3 і 4) дають змогу додатково переконатися в подібності метеоморф із земними докембрійськими мікрофосиліями. Всі разом вони характеризують ускладнення екосистеми Фаетона, розвиток його інфернальної біосфери, який припинився через катастрофу в Сонячній системі.

У шліфі з шаруватого кварциту (зразок Isua-2379, колекція професора Г.Д. Пфлюга) нами виявлено пікофосилії з виокремленими оболонками до 2 мкм у діаметрі (рис. 5, публікується вперше). Їх можна віднести до роду *Isuasphaera Pflug* під назвою *Isuasphaera minima*.

Отже, є багато цілком переконливих «організованих елементів», точніше — найдавніших прокаріотів, виявлених різними дослідниками у метеоритах — уламках планети, що існувала раніше. Прокаріоти цієї планети наочно демонструють виникнення життя в Сонячній системі практично слідом за її становленням. Формування планет земного типу та наступні геохімічні процеси визначали закономірність їх раннього обводнення як неодмінної умови майбутньої придатності для життя і самої можливості виникнення мікромешканців. Справедливість цієї тези підтверджує походження мікроорганізмів безпосередньо в хондритовій корі (*in situ*). Біогенне трактування природи метеофосилій здавна викликало певну недовіру, що збереглася й понині в окремих осіб. І це при тому, що якби подібні свідчення життя було виявлено в земних породах, їх біологічна ідентифікація виявилася б безперечною. Подібне твердження наведене в книзі М. Руттена в зіставленні метеофосилій хондритової кори з мікрофосиліями екосистем докембрію [27]. Фіксовані в хондритах рештки прокаріотів є представниками мешканців з різних районів родоначальної планети і, як ілюструють рис. 1–4, виявляють певні морфологічні відмінності між собою, що відповідає біорізноманіттю ценозу і що навряд чи можна очікувати в разі забруднення. Факт відмінності цих знахідок свідчить не лише про зародження, а й про розвиток екосистеми у відведені півмільярда років існування планети Фаетон. На Землі такий час знадобився для більш вражаючої еволюції — від трилобітів кембрію до динозаврів мезозою і приматів сучасності.

Походження подібних між собою *Phaetonia saratovi* і мікрофосилій венду Північного Тянь-Шаню (рис. 1) розділяє як простір (різні планети), так і час — майже чотири мільярди років. Уже згадувалося, що еволюція мікробіоти на Фаетоні з огляду на знахідки в метеоритах, відбувалася без ексцесів приблизно 400 млн років. Немає особливих причин сумніватися в такому розвитку прокаріотів у цей самий час — у передархейську еру Hadean (4,56–3,8 Ga) — і на Землі. Проте метеоритні бомбардування, що сталися після катастрофи Фаетона на рубежі 4,0 Ga, ускладнили екологічну ситуацію, і розвиток земних біоценозів значно сповільнився, виявившись лише наприкінці ери Hadean 3,8 Ga тому. В метаосадових породах групи Isua Західної Гренландії було виявлено найдавніші мікрофосилії Землі — *Isuasphaera isua* Pflug 1978 (рис. 2, *13–15*) [30]. Можна припустити, що вони виникли в хондритовій корі Землі раніше ніж 3,8 Ga і, вивільнені бомбардуваннями, опинилися в басейні осадонакопичення на території сучасної Гренландії. Через мільярд років морфологічно подібні мікрофосилії *Dharvaria hindi* Lopukhin 1983 було зафіксовано в осадах Дхарварського комплексу відкладів, пізній архей, 2,9–2,6 Ga (рис. 2, *16*) [22, 31]. За морфологією їх можна віднести до роду *Isuasphaera* Pflug 1978.

Звідси наріжним каменем наших уявлень під час реконструкції умов виникнення життя є, насамперед, найстародавніші органогенні мікроструктури — метеофосилії хондритів, специфічно структурована порода яких, утворена 4,56–4,50 Ga тому, відображує вік Сонячної системи загалом. Їхня морфологія в принципі подібна до мікрофосилій докембрійського періоду Землі і, ймовірно, виявиться такою на Марсі та інших планетах. Саме це — найраніше життя зниклої планети Фаетон — має бути аксіомою, слугувати відправною точкою і заповнювати в теоретичних побудовах щодо фундаментальної сфери зародження і еволюції біосфери на Землі відсутню початкову ланку. Численні метеоритні бомбардування Землі, Місяця і Марса, що відбулися в другій половині ери Hadean, мали б приносити на Землю в уламках хондритової кори значно більшу кількість мікроорганізмів, ніж виявлено в хондритах, які падають у наш час. Оскільки таке «вселення» відбувалося «тут і тепер» у Сонячній системі, а не прибуло з

Рис. 6. Райони виходу докембрійських відкладів і місцезнаходження ціанобактеріальних колоній родини *Hymenophacoides* Roblot 1964 ex Lopukhin 2011, рід *Menneria* Lopukhin 1971 ex Lopukhin 2011. Археозой: 3 — Кольський п-ів; 8 — Алданський щит; 13 — Пд. Індія; 15, 16 — Пд. Африка. Протерозой середній: 1 — Пн. Америка (≈2,0 Ga); 4 — Карелія; 11, 12 — Індія (≈2,0 Ga). Протерозой верхній: 2 — о-ви Маверс, 5 — Україна, Придністров'я; 6 — Поволжя, 7 — р. Лена, с. Чекурівка; 9 — Тянь-Шань; 10 — Монголія (Хубсугул); 14 — Пн.-Зах. Африка, синекліза Таудені; 17 — Австралія, формація Біттер-Спрінгс (1,0 Ga) (адаптовано з [25])

невідомих світів Галактики, стає цілком очевидною наявність лише викопних «вселенців», наприклад у метаосадових породах групи Isua Західної Гренландії віком ≈3,85 Ga. Саме тут крім описаних раніше *Isuasphaera isua* Г. Пфлюг виявив нанофосилії, дуже подібні до глобул хондрита Мурчисон (рис. 2–4) [19]. У шліфах з кременів, які професор Пфлюг люб'язно надав нам зі своєї колекції, було виявлено «розсип» пікофосилій розміром до 2 мкм з виокремленими оболонками (*Isuasphaera minima sp. nov.*, рис. 5). Можна вважати, що в еру Hadean всім цим організмам передувала еволюція більш ранніх примітивних пікопрокаріотів Землі, швидше за все з невиокремленими оболонками, типу мікроструктур з формації Kromberg (≈ 3,4 Ga) системи Свазіленд [19].

Отже, прихильники варіантів гіпотези панспермії С. Арреніуса дещо помиляються у своїх уявленнях. Більш того, якщо випробування мікроорганізмів космічним простором з його найжорсткішими впливами було б подолано, то під час потужного удару об Землю їх чекала б неминуча загибель від подальшого високотемпературного ефекту і спорадичних проривів магми [32].

Ймовірно, різкий перехід від інфернального середовища існування до відкритих водойм особливо згубно позначився на пікопрокаріотах без виокремлених захисних оболонок, очікуваних у первісному біогенезі. Подібні пікоорганізми найбільш очікувані при первісному біогенезі, як частина розмірного спектра мікроорганізмів з оптимальною питомою біологічною поверхнею (ефект S/V), що функціонально відповідає як біоенергетичній доцільності, так і початковому осмотрофному живленню. Пікопланктон сучасного океану на 3–4 порядки перевищує чисельність нано- і мікропланктону. Заселення ним первинних водойм відбулося наприкінці ери Hadean, і в осадах віком 3,5 Ga біомаса колоній пікопрокаріотів помітно домінувала (рис. 2).

На відміну від зниклого Фаетона еволюція прокаріотів з моменту їх виникнення в хондритовій корі на Землі, ймовірно, все ж

не припинялася, але була розтягнута в часі. Басейногенерувальні бомбардування [33] розбивали льодовий покрив, руйнували крихку хондритову кору Землі й звільняли мікромешканців. При зносі теригенного матеріалу вони заселяли басейни накопичення осадів. Усе це кардинально змінювало умови існування мікробіоти, переміщувало їх в іншу, часом згубну обстановку, але не могло повністю знищити життя, що вже виникло на величезній території нашої планети. Перешкодою стали також малі розміри прокаріотів, незіставленість череди падінь метеоритів з часовими масштабами мікроскопічного життя, а також його дуалізм: з одного боку, легка вразливість, з іншого — стійка виживаність у середовищі існування. Як би там не було, починаючи з осадів археозою (3,5 Ga) на Землі чітко виявилася значна мікробіальна експансія (рис. 6) [22, 24, 25].

Серед докембрійських мікрофосилій і прокаріотичних біоплівок, що складають строматолітові утворення, планктонні колонії ціанобактерій *Menneria* Lopukhin 1971 ex 2011 помітно переважали і містилися практично в усіх основних виходах осадових порід архею, за винятком Австралії, де їх пошук поки що не здійснювали. Тим самим фактичний матеріал доводить спільність зародження біосфери на двох планетах і ймовірність виявлення мікробіального життя на Марсі, первісна обводненість якого в наш час принципових сумнівів не викликає. Життя могло згаснути через несприятливу ситуацію на поверхні цієї планети, оскільки маса Марсу становить лише 0,1 маси Землі, а він також зазнавав метеоритних бомбардувань [23, 33].

З огляду на вищевикладене, походження життя логічно трактувати як закономірний результат геохімічного становлення планет, їх дегазації та обводнення, а також хімічної еволюції в хондритовій корі як на Фаетоні, так і на Землі і, ймовірно, на Марсі. Важливу передумову для розуміння умов виникнення життя на внутрішніх планетах земного типу створює діалектично аргументована гіпотеза первісно гідридної Землі В.М. Ларіна. У його геохімічній моделі водень, що домінує в хімії світобудови, висунуто на перший план, кисень — на другий, що дає змогу конструктивніше обговорювати найширший спектр біогеохімічних, геологічних і планетарних закономірностей. Автор гіпотези вважає, що слідом за акрецією і конденсацією протопланетної речовини *«...могли сформироваться водородсодержащее ядро с гидридной центральной зоной и металлическая мантия, мощность которой со временем увеличивалась за счет сокращения объема ядра <...>. Металлическая оболочка в процессе развития такой планеты постоянно «продувалась» водородом, поступающим из внутренних зон»* [34]. «Водневе продування» мантії зумовлювало оклюзію: маючи пухкі електронні оболонки, метали та кремній поглинали водень; при цьому утворювалися також вуглеводневі сполуки. Кисень збагачував зовнішні геосфери, забезпечуючи їх силікатно-окисну будову [34]. Попутно окиснювався й водень. В останні роки з походженням життя пов'язують H_2-окисні гідрогенотрофи: *«...когда биота в экосистеме может существовать на протоке и замыкание трофической цепи в цикл не представляется необходимым. Окисление H_2 не ведет к накоплению токсических продуктов»*. Звідси Г.О. Заварзін доходить важливого висновку: *«гидрогенотрофия как вероятный исходный тип метаболизма первичных продуцентов»* [5]. Академік М.О. Федонкін реконструює еволюцію водневого метаболізму як певну історичну послідовність: метаногенез, анаеробне окиснення метану, анаеробне окиснення аміаку, оксигенний фотосинтез, підкреслюючи, що *«водород был и остается важнейшим участником геохимических и биогеохимических процессов — от добиотических периодов до наших дней»* [35].

Переважання водню, його природний відтік з ядра і участь у загальній дегазації планет спричинювали утворення і виділення пари H_2O на поверхню поділу хондритової кори з космічним простором. Наднизька

температура зумовлювала конденсацію на частинках міжпланетного пилу і випадання крижаних опадів на гарячу поверхню планет (близько 1000°С) [36], де лід знову перетворювався на пару. Таке чергування могло сприяти появі значного намерзання льоду і, можливо, крижаного покриву над горизонтом води (за інформацією NASA, підлідний океан виявлено на супутнику Юпітера Європі). До речі, з діаметром 3140 км Європа може бути частиною зруйнованого Фаетона, оскільки самовільна поява води на малому небесному тілі малоймовірна.

Температурні колізії на поверхні планет ускладнювалися добовими й сезонними перепадами сонячної активності, яка, на думку академіка В.В. Адушкіна з колегами, в перші сотні мільйонів років виявлялася слабкіше на 25–30% [32], що також сприяло появі першого льодовикового періоду. Повніше опрацювання цієї проблеми потребує моделювання термодинамічної ситуації на межі поділу первозданної планети з космічним простором і відповідних розрахунків загальної дегазації, в тому числі пари H_2O.

Щоб там не було, поява крижаного щита мала б надійно захистити майбутній синтез живої речовини від впливу космосу. При цьому зберігалися теплова емісія надр і зволоження хондритової кори, де дегазація підтримувала оптимальну концентрацію розчинених речовин. Слідом за падінням температури кори нижче 100°С зберігалися прийнятні, без істотних перепадів, умови для синтезу, зокрема завдяки високій теплоємності води. Дегазація, крім привнесення біогенних речовин, створювала у воді бульбашкове середовище, що могло сприяти утворенню коацерватних систем О.І. Опаріна або мікросфер Р. Фокса [38]. Хондритова структура з безліччю активних (ювенільних) поверхонь з їхньою вільною енергією сприяла також адсорбції й полімеризації результатів незліченних хімічних перетворень різних сполук вуглецю, в тому числі ліпоїдів. Їхня роль у вигляді каталітичних підкладок (згідно з Е.М. Галімовим) досить імовірна, як і *«...существенная способность липидов формировать гидрофобные оболочки и таким образом осуществлять обособление эволюционирующей нуклеотидпептидной системы»* [10].

Отже, в хондритовій корі внутрішніх планет, зокрема Фаетона, природа створювала свого роду гідротермальний інфернальний інкубаторій самовільного (спонтанного) виникнення живої речовини. В міру прояву парникового ефекту в тропосфері крижаний покрив танув, і з'являлися водойми, чому на рубежі 4,0 Ga сприяли басейногенерувальні бомбардування. Великі метеорити дробили крижаний панцир і хондритову кору. Теригенний (передархейський) матеріал в процесі зносу, ймовірно, асимілювався під час утворення так званих зеленокам'яних поясів археозою, чим, можливо, і пояснюється відсутність (точніше, поки що незнаходження) на Землі порід аналогічного метеоритам віку (4,56–4,50 Ga).

Зародженню біосфери на внутрішніх планетах сприяла сукупність природних обставин, їх закономірні взаємозв'язок і взаємозумовленість: домінування водню і наднизька температура космосу, виплавлення специфічної хондритової кори й ударна дегазація (особливо C, O, H, N, S, P) у супроводі пари H_2O як предтечі прагідросфери. Подібні концептуальні вишуканості пояснюють закономірність ранньої хімічної еволюції і феномен виникнення життя на планетах земного типу.

Крижані комети, які час від часу залучаються у вигляді транспорту для «зародків» і/або як джерело води на Землі, швидше за все, також зобов'язані потужному крижаному покриву зруйнованої планети Фаетон. Механістична підміна природних процесів випадковим «принесенням зародків» у метеоритах зумовлює потребу в перегляді віку Сонячної системи, залишаючи за дужками науковий фундамент космогонії О.Ю. Шмідта, теорію походження життя Опаріна — Холдейна та інші всеосяжні дослідження XX ст. Як закономірна завершальна стадія безперервного розвитку матерії, походжен-

ня життя (за відповідних умов) має бути властиве будь-якому куточку Всесвіту, про що неодноразово висловлювався В.І. Вернадський.

Ситуативна інтерпретація подій у Сонячній системі припускає можливість аналогічного сценарію і для інших зоряних систем. Однак специфічних сигналів з космосу досі не почуто, що може свідчити як про наше невміння слухати, так і про обмежені ієрархічні рамки біологічної еволюції у світах Галактики. *«Ненаблюдаемость космического разума, вероятнее всего, связана с исторической краткостью существования цивилизации. Появляясь в разных точках Вселенной как результат эволюции, занимающей миллиарды лет, разумная жизнь, в своей высшей фазе, вероятно, длится недолго — может быть, лишь тысячелетия. В необъятном пространстве она вспыхивает и гаснет, подобно искрам, так что одновременное существование даже нескольких искр в обозримой Вселенной маловероятно»* (академік РАН Е.М. Галімов) [9, 10]. Інакше кажучи, земна цивілізація швидше унікальна, ніж повсюдна. На жаль, парадокс перманентної навмисної жорстокості Homo sapiens до себе подібних, що зберігається до цього часу, і адитивність еволюції самонеусвідомлюваного світу перебувають у небезпечному екологічному протиріччі.

Автори вдячні керівникові відділу взаємодії атмосфери і океану МГІ НАН України професору, доктору фізико-математичних наук В.В. Єфімову за добре ставлення до нашої роботи, слушні зауваження та рекомендації закцентувати увагу на ролі процесу обводнення планет. Дякуємо також співробітникам ІнБПМ НАН України за інформаційну підтримку наших пошуків.

Передархейська ера Hadean, послідовність подій (4,56–3,8 Ga)

Походження Сонячної системи (4,56 Ga) Концепція обводнення первозданних планет Сонячної системи як основний закономірний чинник виникнення живої речовини	
Завершення акреції. Геохімічне становлення планет, дегазація, в тому числі пари H_2O, формування хондритової кори, початок зледеніння	4,56–4,46
Утворення прагідросфери: крижаний покрив і водний горизонт. Передбіологічне впорядкування сполук вуглецю в хондритовій корі, виникнення прокаріотів. Становлення газової оболонки	4,46–4,36
Парниковий чинник, танення крижаного покриву. Катастрофа Фаетона, басейногенерувальне бомбардування Землі, Місяця і Марса, руйнування хондритової кори, поява зон зносу і водойм на Землі, їх заселення	4,36–4,00
Становлення газової оболонки клімату. Вивітрювання, ерозія, седиментація, в тому числі поховання прокаріотів. Перші метаосадові породи на Землі (3,8 Ga), найдавніші мікрофосилії *Isuasphaera isua* Pflug 1978 і сигнатури $^{13}C/^{12}C$	4,0–3,8
Початок ціанобактеріальної експансії на Землі	3,5

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Заварзин Г.А.* Становление биосферы // Вестник РАН. — 2001. — № 11. — С. 988–1001.
2. *Вернадский В.И.* Об условиях появления жизни на Земле // Изв. АН СССР. — 1931. — С. 633–653.
3. *Лен Ж.-М.* Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. — Новосибирск: Наука, 1998. — 334 с.
4. *Заварзин Г.А.* Составляет ли эволюция смысл биологии? // Вестник РАН. — 2006. — № 6. — С. 525–530.
5. *Заварзин Г.А.* Начальные этапы эволюции биосферы // Вестник РАН. — 2010. — № 23. — С. 1085–1098.
6. *Заварзин Г.А.* Первые экосистемы на Земле // Проблемы происхождения жизни. — М.: ПИН РАН, 2009. — С. 230–254.
7. *Спирин А.С.* Когда, где и в каких условиях мог возникнуть и эволюционировать мир РНК? // Палеонт. журн. — 2007. — № 5. — С. 11–19.
8. *Галимов Э.М.* Концепция устойчивого упорядочения и АТФ-зависимый механизм происхождения жизни // Проблемы зарождения и эволюции биосферы. — М.: Либроком, 2008. — С. 23–31.
9. *Галимов Э.М.* Что такое жизнь? Вместо введения // Проблемы зарождения и эволюции биосферы. — М.: Либроком, 2008. — С. 9–19.
10. *Галимов Э.М.* Феномен жизни.– М.: Едиториал УРСС, 2001. — 256 с.
11. *Hoyle F., Wickramasinghe Ch.* Proofs that Life is Cosmic // Mem. Inst. Fund. Studies, Sri Lanka. — 1982. — N 1. –155 p.
12. *Schidlowski M.* Beginnings of terrestrial life: Problems of the early record and implications for extraterrestrial scenarios // Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology (Proceedings of SPIE Conference, San Diego, California, USA, 20–22 July 1998). — V. 3441. — P. 149–157.
13. *Schidlowski M.* A 3,800-million-year isotopic record of life from carbon in sedimentary rocks // Nature. — 1988. — V. 333, N 6171. — P. 313–318.
14. *Заварзин Г.А.* Бытие и развитие: эволюция, сукцессия, хаэссеитас // Вестник РАН. — 2007. — № 4. — С. 334–340.
15. *Вдовыкин Г.П.* Углеродистое вещество метеоритов. — М.: Наука, 1967. –271 с.
16. *Nagy B.* Carbonaceous meteorites. — N.Y.: Elsevier Sci. Publ, 1975. — 747 p.
17. *McKay D.S., Gibson E.K, Thomas-Keprta K.L. et al.* Search for past life on Mars: possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH 84001 // Science. — 1996. — V. 273. — P. 924–930.
18. *Герасименко Л.М., Жегалло Е.А., Жмур С.И. и др.* Бактериальная палеонтология и исследования углистых хондритов // Палеонт. журн. — 1999. — № 4. — С. 103–125.
19. *Pflug H.D.* Earliest Organic Evolution. Essay to the Memory of Bartholomew Nagy // Precamb. Res. — 2001. — V. 106. — P. 79–91.
20. *Nagy B., Fredriksson K., Urey H.C. et al.* Electron probe microanalysis of organized elements in the Orgueil meteorite // Nature. — 1963. — V. 198. — P. 121–125.
21. *Лопухин А.С.* «Организованные элементы» в Саратовском метеорите // Природа. — 1966. — № 8. — С. 79–81.
22. *Лопухін О., Шидловський М.* Феномен мікробіальної експансії в археозої як прецедент пошуку та інтерпретації інопланетних аналогів // Вісник НАН України. — 2006. — № 5. — С. 18–38.
23. *Schidlowski M.* Paleobiological and Biogeochemical Vestiges of Early Terrestrial Biota: Baseline for Evaluation of Extraterrestrial Evidence // Perspectives in Astrobiology. — Amsterdam: IOS Press, 2005. — P. 146–169.
24. *Лопухин А.С., Лопухина О.А.* Колониальные пикофоссилии докембрия *Hymenophacoides* Roblot 1964: стадии их размножения как основной аргумент биогенной верификации // Геологич. журн. — 2011. — № 2. — С. 25–36.
25. *Lopukhin A.S.* Probable Ancestors of *Cyanophyta* in Sedimentary Rocks of Precambrian and Palaeozoic // Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. — 1976. — V. 98. — P. 297–315.
26. *Лопухин А.С.* Биофоссилии докембрия и некоторые проблемы их изучения // Проблемы осадочной геологии докембрия. — М.: Недра, 1975. — Вып. 4. — Кн. 2. — С. 169–173.
27. *Руттен М.* Происхождение жизни (естественным путем). — М.: Мир, 1978. — 411 с.
28. *Lopukhin A.S.* The Proterozoic and Early Cambrian phytoplankton of Tien Shan // Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar. — 1973. — V. 95. — P. 329–338.
29. *Опарин А.И.* Предисловие // Галимов Э.М. Природа биологического фракционирования изотопов. — М.: Наука, 1981. — 247 с.
30. *Pflug H.D.* Yeast-like Microfossils Detected in the Oldest Sediments of the Earth // Naturwissenschaften. — 1978. — V. 65. — P. 611–615.
31. *Лопухин А.С.* Представители рода *Dharvaria* в докембрии Южной Индии // Изв. вузов. Геология и разведка. — 1983. — № 5. — С. 132–135.
32. *Адушкин В.В., Витязев А.В., Печерникова Г.В.* В развитие теории происхождения и ранней эволюции Земли // Проблемы зарождения и эволюции биосферы. — М.: Либроком, 2008. — С. 275–296.
33. Ранняя история Земли / под ред. Б. Уиндли. — М.: Мир, 1980. — 620 с.
34. *Ларин В.Н.* Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). — М.: Агар, 2005. — 248 с.

35. *Ларин В.Н.* Гипотеза изначально гидридной земли. — М.: Недра, 1980. — 216 с.
36. *Федонкин М.А.* Роль водорода и металлов в становлении и эволюции метаболических систем // Проблемы зарождения и эволюции биосферы. — М.: Либроком. — 2008. — С. 417–437.
37. *Михайлов А.Е.* О начальных этапах формирования земной коры // Изв. вузов. Геология и разведка. — 1985. — № 1. — С. 9–13.
38. *Фокс Р.* Энергия и эволюция жизни на Земле. — М.: Мир, 1992. — 216 с.
39. *Дерпгольц В.Ф.* Вода во Вселенной. — Л.: Недра, 1971. — 223 с.

А.С. Лопухин [1], В.Н. Еремеев [2]

[1] Морской гидрофизический институт Национальной академии наук Украины
ул. Капитанская, 2, Севастополь, 99011, Украина
[2] Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины
просп. Нахимова, 2, Севастополь, 99011, Украина

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА НА ПЕРВОЗДАННЫХ ПЛАНЕТАХ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ (РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ВЗГЛЯД)

В рамках концепции В.И. Вернадского о живом веществе как универсальном развитии материи во Вселенной рассмотрены древнейшие остатки форм жизни в метеоритах и на Земле. Зарождение микробиальных экосистем на планетах земного типа представляется закономерным завершением их физико-геохимического становления при дегазации летучих веществ, включая H_2O. Конденсация пара в интерфейсе с космосом приводила к оледенению поверхности планет и обводнению хондритовой коры. Тепловая эмиссия недр, увлажненная кора и дегазация создавали оптимальные условия для упорядоченной химической эволюции углеродных соединений и возникновения прокариот, завершая эволюцию косной материи. Их морфологически характерные остатки известны в углистых хондритах и обыкновенном хондрите Саратов, что подтверждает гипотезу об обводненности их родоначальной планеты. Увлажненная хондритовая кора планет под защитой прагидросферы представляла собой специфический природный инкубаторий для возникновения живого вещества на первозданных планетах Солнечной системы, что может быть свойственно также иным звездным мирам.

Ключевые слова: первозданные планеты, дегазация, хондритовая кора, прагидросфера, гидротермальность, прокариоты, метеориты, метеофоссилии, микрофоссилии докембрия.

A.S. Lopukhin [1], V.N. Eremeev [2]

[1] Marine Hydrophysical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine
2 Kapitanskaya Str., Sevastopol, 99011, Ukraine
[2] Kovalevsky Institute of Biology of South Seas of National Academy of Sciences of Ukraine
2 Nakhimov Pr., Sevastopol, 99011, Ukraine

ORIGIN OF LIVING MATTER ON PRIMEVAL PLANETS OF SOLAR SYSTEM (RETROSPECTIVE VIEW)

Within V.I. Vernadsky's concept about the living matter as a universal development of the substance in the Universe we have considered the most ancient remains of life forms in meteorites and on the Earth. Origination of the microbial systems on the Earthlike planets seems to be logical ending of their physical & geochemical becoming under degassing of volatile substances including H_2O. Steam condensation in space interface led to glaciation of the planets' surface and inundation of chondrite crust. Thermal emission of the depths, moistened crust and degassing created the optimal conditions for regulation of chemical evolution of carbonaceous compounds and appearance of prokaryotes thus finishing the evolution of inert matter. Their typical morphological remains are known to have been found in carbonaceous chondrites and Saratov achondrite, which confirms the hypothesis about watering of their initial planet. Protected by the ur-hydrosphere the moisturized chondrite planet crust was a specific natural hydrothermal incubator for appearance of the living matter on the primordial solar system planets, which can be characteristic for other Stellar Worlds.

Keywords: primordial planets, degassing, chondrite crust, ur-hydrosphere, hydrothermal, procaryotes, meteorites, meteofossils, microfossils of Precambrian.

Стаття надійшла 10.12.2011 р.

УДК 902/903"632"551.8(477)

В.М. СТЕПАНЧУК[1], Ж.М. МАТВІЇШИНА[2], С.М. РИЖОВ[3], С.П. КАРМАЗИНЕНКО[2]

[1] Інститут археології Національної академії наук України
пр. Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210, Україна
[2] Інститут географії Національної академії наук України
вул. Володимирська, 44, Київ, 01034, Україна
[3] Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 60, Київ, 01601, Україна

ПОЧАТКОВЕ ЗАСЕЛЕННЯ І ПОДАЛЬШЕ ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ДАВНЬОЮ ЛЮДИНОЮ: СИНТЕЗ АРХЕОЛОГІЧНИХ І ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

Висвітлено головні соціокультурні й палеокліматичні аспекти перших етапів залюднення та подальшого освоєння території України в палеоліті. Підкреслено перспективність і ефективність співпраці археологів та палеогеографів у вивченні ранньої доісторії країни. Особливу увагу приділено конкретним проявам взаємодії природного середовища та первісного суспільства на різних часових зрізах.

Ключові слова: палеоліт, палеосередовище, палеогеографічні реконструкції, культурні адаптації та поведінкові стратегії, динаміка культурного розвитку.

ВСТУП

Головним завданням досліджень палеоліту України є реконструкції способу життя давніх суспільств в умовах минулих екологічних обстановок. Проте є істотні труднощі в реконструкціях господарського укладу і соціальної організації, оскільки досліджувані палеолітичні суспільства, так само як і умови їх існування, не мають прямих аналогів у сучасності. Отже, якомога об'єктивніші й детальніші реконструкції різних аспектів буття давніх колективів, у тому числі й палеогеографічних обстановок минулого, є вельми важливими для палеолітознавства. Реконструкції довкілля актуальні і власне для палеогеографії, і в цьому разі археологічні дані виступають додатковим, іноді суттєво важливим, джерелом для адекватного відтворення природного середовища та спрямованості його змін.

В окресленому взаємодоповненні даних палеогеографії й археології вбачається один із перспективних шляхів підвищення ефективності досліджень у галузі вивчення доісторії країни. Комплексність і багатоаспектність досліджень, безперечно, робить їх інформативнішими й об'єктивнішими. Ця закономірність справджується і стосовно інтегрування археологічних і природничо-наукових досліджень у вивченні четвертинного періоду. Історія взаємовідносин між природою і людиною може актуалізуватися також у кращому розумінні, а можливо, й у вирішенні сучасних екологічних проблем.

Досвід, набутий у процесі багаторічної спільної польової та лабораторної роботи палеогеографів і палеолітознавців на низці палеолітичних пам'яток різного часу, розташованих у різних куточках України, переконує, що така співпраця є стимулювальною і плід-

© В.М. Степанчук, Ж.М. Матвіїшина, С.М. Рижов, С.П. Кармазиненко, 2012

ною для обох галузей. Результатом співробітництва стало отримання важливих даних щодо еволюції ґрунтів і ґрунтового покриву, регіональних і фаціальних закономірностей ґрунтоутворення у зв'язку з просторово-часовою мінливістю навколишнього середовища, динамікою ґрунтових властивостей і процесів, реконструкцій природно-кліматичних умов проживання давньої людини, стратиграфічних умов залягання культурних шарів і часу їх формування, впливу природних умов на господарську діяльність і розселення давньої людини, соціально-історичних реконструкцій з використанням даних і методів археології, палеогеографії, ґрунтознавства та суміжних наук.

Об'єктами спільних археологічних і палеогеографічних (палеопедологічних) досліджень стали пам'ятки на Дніпрі, в Криму, на Закарпатті, Хмельниччині та Кіровоградщині. Вивчення цих пам'яток навряд чи можна вважати остаточно завершеними як в археологічному, так і в природничому сенсі. Проте вже сьогодні зрозуміло, що більшість із них безпосередньо стосується найбільш дискусійних, ключових проблем дослідження палеоліту в країні і подальше їх вивчення додасть багато нового для реконструкцій найдавніших етапів її історії. Зокрема, з'явилися нові дані з таких гостроактуальних проблем, як час, напрямки й обставини початкового заселення території країни; закономірності освоєння території сучасної України в середньому палеоліті; час і обставини зміни неандертальського населення анатомічно сучасними людьми. Істотно розширено базу даних щодо вивчення проблеми взаємозв'язку екологічних, соціальних і культурних аспектів палеолітичного суспільства.

ДОІСТОРІЯ УКРАЇНИ В ЗАГАЛЬНОГЕОГРАФІЧНОМУ, ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНОМУ ТА ПОВЕДІНКОВОМУ КОНТЕКСТАХ

Географічне положення України й особливості її орографії природним чином зумовлюють статус цього регіону як коридору заселення між Близьким Сходом, Азією та Європою. Його можна визначити і як певного роду «мутаційну зону», в якій стикалися і трансформувалися різнонапрямлені вектори поширення давніх колективів і культурних традицій.

Україна займає значний південно-східний сегмент Східноєвропейської рівнини, що простягається на схід від Карпат. Освоєння рівнинних просторів у палеолітичний час обмежувалося багатьма чинниками, серед яких найсуттєвішими є значніша континентальність клімату, а отже, і більша розпорошеність біологічних ресурсів, спорадичність виходів кам'яної сировини та відсутність природних сховищ. Усі ці екологічні «мінуси» давньому населенню доводилося компенсувати за допомогою вдосконалення наявних чи впровадження нових культурних адаптацій та поведінкових стратегій. Слід зауважити, що напрацювання первісним населенням різних варіантів культурних адаптацій відбувалося в процесі освоєння відкритих рівнинних просторів і в умовах численних та швидкоплинних палеоекологічних перебудов середнього і верхнього плейстоцену.

Буття первісного населення практично з усіх поглядів залежало від характеристик середовища, в якому воно проживало. Ця залежність була визначальною, безпосередньою і досить жорсткою. Стабільність життя (та й воно саме) була функцією різних аспектів природного оточення: рельєфу, клімату, рослинності, обводненості, доступності їжі, сховищ, каменю для виробів тощо.

Пізніше ця залежність поступово зменшувалася, долалася розвитком технічних засобів і різних адаптаційних стратегій. Однак вона, безумовно, зберігалася й у наступні періоди палеоліту: середній, що асоціюється з неандертальцями, і навіть верхній, що характеризується поширенням анатомічно сучасної людини. Визначальну роль довкілля в житті давньої людини було подолано лише в час максимуму останнього льодовиків'я, близько 20 тис. років тому.

Установлено, що для раннього, нижньопалеолітичного, часу для Східної Європи характернішим було тяжіння стоянок до

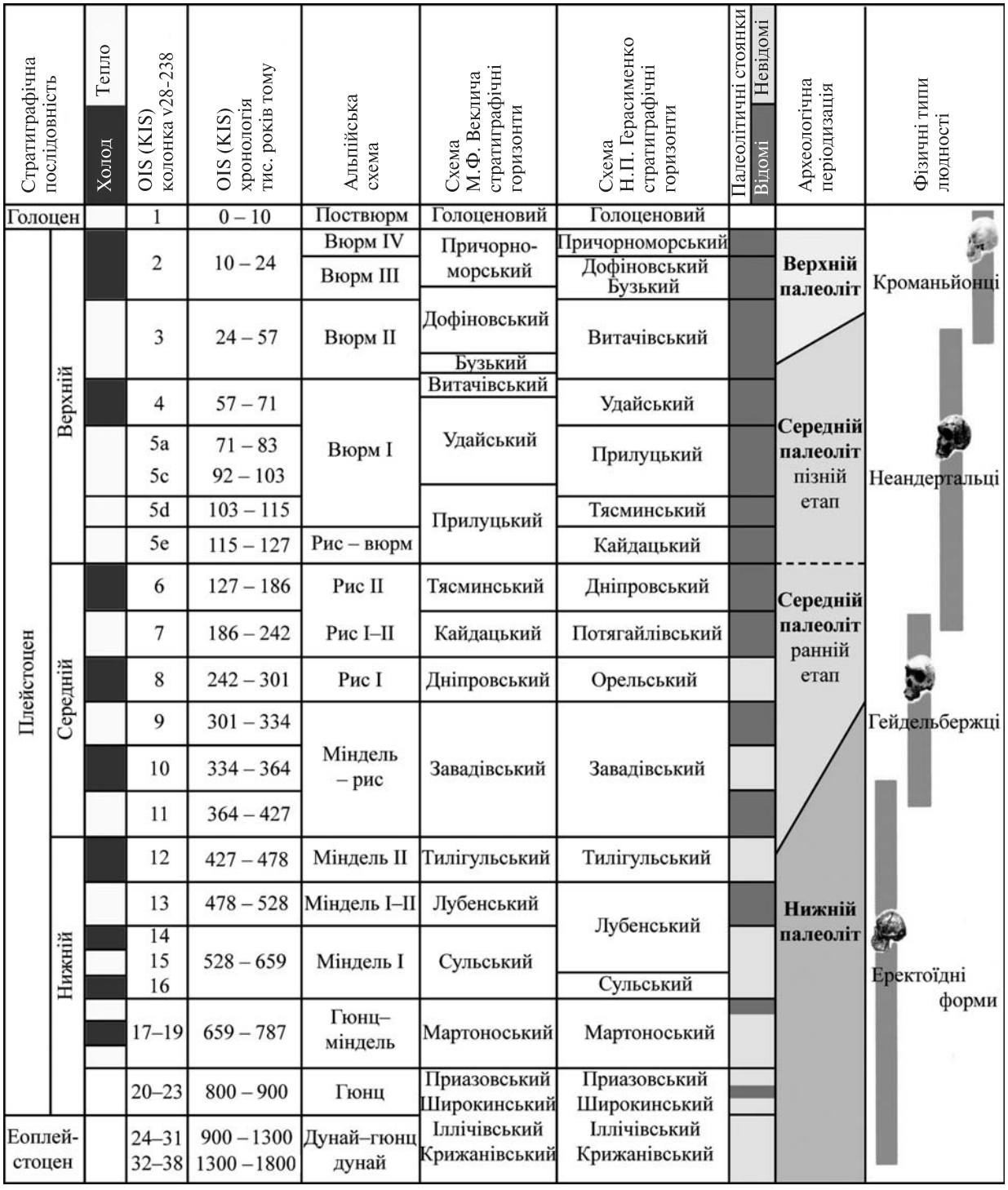


Рис. 1. Палеогеографічна (стратиграфічна) і археологічна періодизація [1–4]

морського узбережжя та передгір'їв. Надалі, в середньопалеолітичний час, найбільшу привабливість для населення, як це з'ясовується за матеріалами пам'яток України, мали ділянки розчленованого мозаїчного ландшафту передгір'їв, височин і долин великих річок, в яких поєднувалися біологічні, мінеральні та водні ресурси. Початкові етапи верхнього палеоліту, практично аж до часу максимуму останнього зледеніння, характеризувалися принципово схожими стратегіями освоєння території, принаймні, якщо йдеться про українські пам'ятки. Отже, слід очікувати, що впродовж більшої частини палеоліту в межах сучасної України потенційно найпривабливішими для освоєння мисливцями-збирачами були Закарпаття, Крим та зона Східного Причорномор'я.

ПОЧАТКОВИЙ ЕТАП ЗАСЕЛЕННЯ ТЕРИТОРІЇ СУЧАСНОЇ УКРАЇНИ

Витоки історії країни, початкове залюднення її території пов'язані з періодом нижнього палеоліту і віддалені від сучасності на багато десятків і сотень тисячоліть (рис. 1). Лише поодинокі та кількісно нечисленні групи людей потрапляли на рівнинні простори на схід від Карпатської дуги.

Ця проблематика напряму стосується рухів древнього населення з Африканського континенту, які були тісно пов'язані з міграціями представників великої фауни. Отже, заселення Євразії, найімовірніше, відбувалося сухопутним шляхом, через Аравійський півострів, і цілком справедливо вважають, що один з основних напрямів початкового проникнення древніх гомінід як до Європи, так і до Азії пролягав через Близький Схід. Щоправда, є чимало прибічників ідеї початкового проникнення древніх гомінід до Європи через Гібралтар або Сицилію, тобто початкове розселення *Homo erectus* чи *Homo heidelbergensis* не пов'язують жорстко ані з міграціями великих тварин, ані з сухопутними шляхами. Зазначимо принагідно, що ймовірність тих самих шляхів і напрямів розселення енергійно дискутується і для пізнішої важливої в історії людства події, а

Рис. 2. Напрями початкового заселення території України

саме — для двох етапів масового виходу з Африканського континенту анатомічно сучасної людини (рис. 2).

Початковий етап заселення території сучасної України вивчено ще недостатньо. Донедавна чи не єдиний приклад достовірної стратифікованої пам'ятки початкового періоду кам'яної доби становили сліди перебувань нижньопалеолітичної людини в Королевому на Закарпатті [5]. Проте слід узяти до уваги, що Королеве в географічному сенсі належить до Центральної Європи. Що ж стосується східноєвропейського сегменту, то лише останнім часом, зокрема в результаті робіт авторів у басейні Південного Бугу, з'явилися нові стратифіковані матеріали, які проливають світло на найраніші етапи освоєння в палеоліті півдня Східноєвропейської рівнини. На схід від Карпат стратифіковані знахідки нижньопалеолітичного часу наразі відомі у двох пунктах: Масловому на Кіровоградщині та Меджибожі на Хмельниччині. Обидва пункти датуються приблизно одним часом — ранніми фазами передостаннього міжльодовиків'я, близько 350–400 тис. років тому. Однак якщо для Маслового йдеться лише про кілька кам'яних виробів, знайдених у давніх відкладах, знахідки з Меджибожа є порівняно численними, а супровідні природничо-наукові дані як

для пам'яток нижнього палеоліту України є надзвичайно багатими й різноплановими. Наразі Меджибіж – єдине відоме в Україні місцезнаходження середньоплейстоценового віку, де кам'яні вироби та фауністичні рештки з ознаками трансформування людиною знайдено у стратиграфічних умовах та в супроводі повного спектра багатих біостратиграфічних свідоцтв [6]. В археологічному сенсі матеріали Меджибожа найбільш адекватно можна визначити як належні до найдавнішої технологічної моделі — олдованської, або відщепово-нуклеусної. Це дає можливість оцінювати Меджибіж як місцезнаходження, яке є потенційно дуже важливим для подальших досліджень ранніх етапів освоєння рівнинних просторів на схід від Карпат на початку середнього плейстоцену, близько 400 тис. років тому.

Загалом наявні дані свідчать про те, що заселення території в нижньому палеоліті мало характер множинного піонерного освоєння ареалів з багатими ресурсами невеликими групами з протяжними хронологічними лакунами між окремими епізодами заселення. Мова не може йти про тривале безперервне заселення і, таким чином, про спадковість населення і культурних традицій.

ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЇ СУЧАСНОЇ УКРАЇНИ В СЕРЕДНЬОМУ ПАЛЕОЛІТІ

Нижньопалеолітичний етап доісторії України, очевидно, був пов'язаний з певними еректоїдними предковими формами. Кінець етапу, а також початок середнього палеоліту, ймовірно, було відзначено поширенням гейдельберзької людини. Втім, оскільки знахідки кісткових решток цього часу в країні не відомі, це є припущенням, висловленим на підставі екстраполяції даних з інших територій [7]. Пізніші середньопалеолітичні пам'ятки України асоціюються вже з неандертальським населенням. Рештки неандертальців виявлено на кількох стоянках того часу, переважно кримських. Неандертальські поселення зосереджуються в географічно досить чітко лімітованих регіонах: на Закарпатті, в Подністров'ї, порожистій частині Дніпра, на Донбасі та в Криму [4]. Закономірності такого просторового розподілу можна пояснити географічною обмеженістю доступних і передбачуваних біологічних та мінеральних ресурсів. Так, поширення найбільш надійних і стабільних джерел сировини для виготовлення знарядь — корінних виходів кременю — практично збігається з локалізацією середньопалеолітичних пам'яток.

До одного з ареалів, що донедавна лишався білою плямою в палеолітознавстві, належить басейн р. Південний Буг. Проте, безумовно, цей регіон був перспективним для заселення в середньому палеоліті завдяки наявності мінеральних ресурсів у первинному і вторинному заляганні, багатим водним ресурсам та особливостям рельєфу. Про можливість відкриття стратифікованих пам'яток сигналізували, зокрема, й численні поверхневі знахідки. Останнім часом у басейні Південного Бугу автори виявили низку стратифікованих різночасових середньопалеолітичних пам'яток [8–13]. Отримані дані, серед іншого, дають змогу аргументовано стверджувати про присутність тут населення принаймні в тепліші проміжки часу між 130–30 тис. років тому.

Ритмічні кліматичні зміни плейстоцену супроводжувалися багаторазовими ландшафтно-кліматичними перебудовами і пов'язаними з ними змінами ресурсної бази. Множинний характер ландшафтно-кліматичних змін зумовлював ритмічність і повторюваність заселень і наступних запустінь ареалів у рамках *пульсуючої ареальної* моделі заселення [4] (рис. 3). Дані про поширення пам'яток у часі й просторі повністю відповідають такій моделі. Найбільш стабільно освоєними були регіони гір і височин з багатими та передбачуваними ресурсами на півдні й заході країни. Регіони Криму та Подністров'я могли виступати центрами повторного заселення інших територій в умовах демографічного зростання і, навпаки, слугувати рефугіумами в разі скорочення населення. Для більшого відтинку середнього

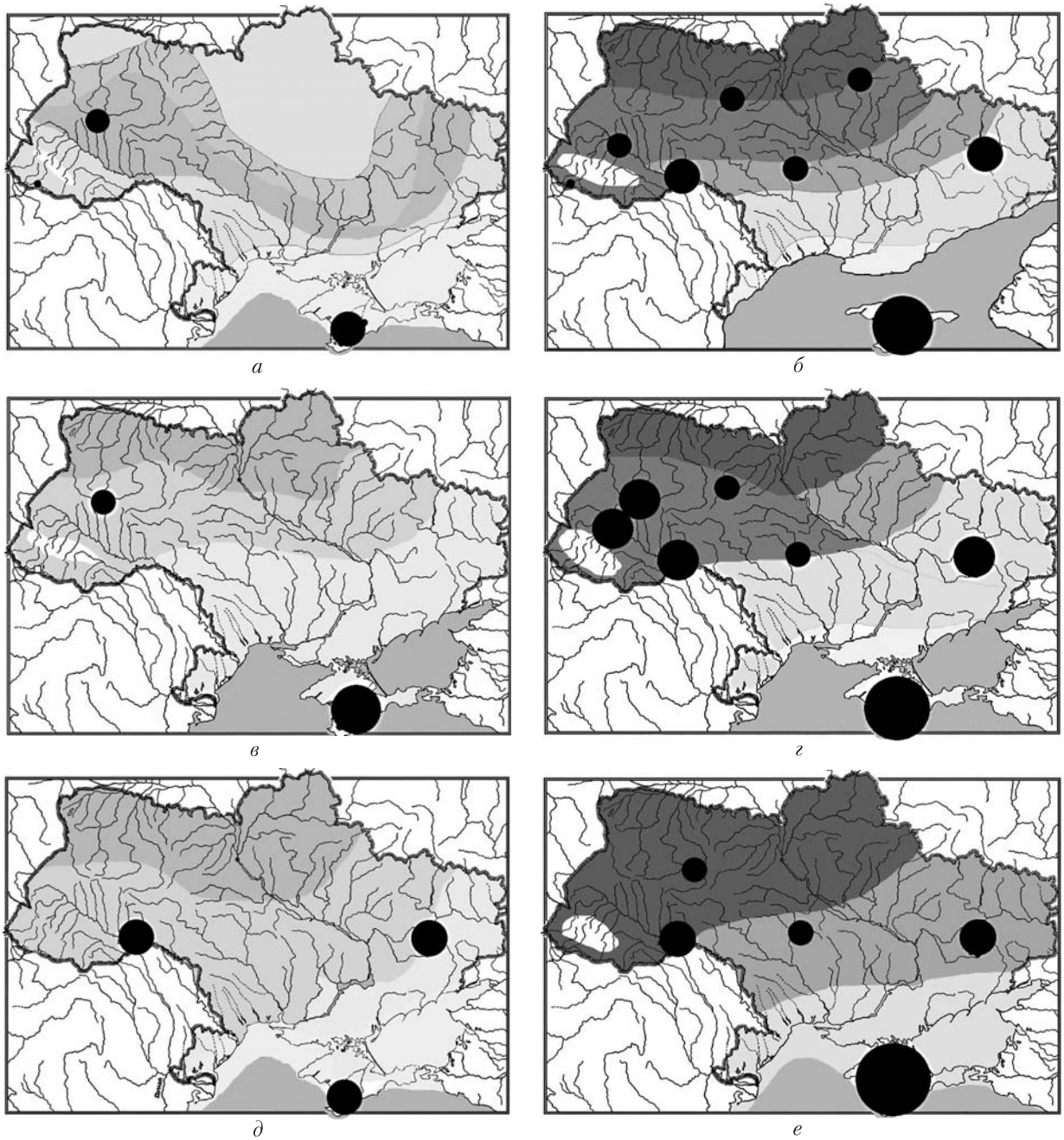


Рис. 3. Пульсації (●) холод-тепло. Кількість освоєних неандертальцями ареалів і щільність їх заселення зменшується в холодні (а – KIS 6 (dn): 186–127 тис. років тому; в – KIS 5d (ts): 115–103 тис. років тому; д – KIS 4 (ud): 71–57 тис. років тому) і навпаки, зростає у теплі (б – KIS 5e (kd): 127–115 тис. років тому; г – KIS 5c-a (pl): 103–71 тис. років тому; е – KIS 3 (vt): 57–24 тис. років тому) проміжки часу

палеоліту не можна говорити про постійне освоєння території України. Імовірнішим уявляється сценарій численних припливів і відтоків населення, що підтверджується археологічними даними. Тривалу присутність населення і, отже, його можливу культурно-генетичну наступність у межах стабільно освоєних ареалів можна припускати тільки для пізнього етапу середнього палеоліту.

ЗМІНА НЕАНДЕРТАЛЬСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ АНАТОМІЧНО СУЧАСНИМИ ЛЮДЬМИ

Як свідчать археологічні джерела, суспільство пізніх неандертальців, між 40–30 тис. років тому, мало ефективні технології, було стабільним і цілком життєздатним. Спеціальні порівняння застосовуваних технологій і стратегій життєзабезпечення колективів ранніх сучасних людей і неандертальців засвідчують, користуючись сучасним терміном, повну конкурентноспроможність *Homo neanderthalensis.*

Разом з тим на останньому етапі середнього палеоліту ареали, заселені неандертальцями, постійно скорочувалися, натомість усе ширші території заселяли групи *Homo sapiens.* Запропоновано широкий спектр пояснень такого перебігу подій — від дії природних чинників до фізичного знищення тубільного населення, проте загальноприйнятої думки немає. Одну з причин успішного поширення *Homo sapiens* і верхньопалеолітичної культури вбачають у нездатності неандертальців пристосуватися до погіршення екологічних умов кінця плейстоцену [14]. Проте вивчення характеристик довкілля стоянок неандертальців у діахронному плані не дає ніяких підстав вважати, що це населення не було в змозі адаптуватися до змін природного оточення [15]. Найпарадоксальніше пояснення, що принципово узгоджує природничі, археологічні, антропологічні та генетичні дані, полягає у припущенні мирного характеру контактів місцевого і прийшлого населення. Слід наголосити, що дані українських пам'яток цілком узгоджуються з таким сценарієм.

Хронологічно найпізніше неандертальське населення зосередилося в Криму. Зокрема, сліди його перебування фіксуються на деяких пам'ятках поблизу Білогорська [16]. Так, під час робіт на Заскельній VI (Колосовській) автори виявили рештки неандертальської стоянки, датованої 24–25 тис. років тому. Уявлення про те, що Крим був одним із останніх притулків європейських неандертальців, не викликає сумнівів, дискутуються лише дати найпізніших свідоцтв їхнього побутування. Інший відомий приклад дуже пізнього проживання *Homo neanderthalensis* досліджено на території Піренейського півострова. Відомі й середньопалеолітичні пам'ятки, вік яких зіставний з віком Заскельної VI, зокрема в районі Гібралтару.

ПРОБЛЕМА СПІВІСНУВАННЯ ДВОХ ТИПІВ НАСЕЛЕННЯ

Разом з тим в Україні відомі синхронні, навіть дещо давніші стоянки верхнього палеоліту, які пов'язують з анатомічно сучасною людиною. Загалом період зміни неандертальського населення анатомічно сучасною людиною тривав на території України, за останніми даними, близько 10 тис. років. В археологічному сенсі він характеризувався співіснуванням середньопалеолітичних та автентично верхньопалеолітичних культурних традицій (рис. 4). Слід наголосити, що середній палеоліт здебільшого є місцевим, «тубільним», а ось верхній палеоліт — безумовно, прийшлим. Простежується ще один, надзвичайно своєрідний варіант культурної традиції, що ввібрала в себе риси і неандертальської культури, і культури прийшлих людей сучасного вигляду. Такі симбіотичні явища зафіксовано в Україні в кількох стоянках, зокрема на Мірі під Запоріжжям, де авторський колектив проводив кількарічні дослідження.

Симбіотичний верхній палеоліт свідчить про певні контакти між культурно та фізично відмінними типами населення. Особливо важливими для розуміння того, що саме, коли саме і в який спосіб відбувалося в період зміни населення, є найпізніші неандертальські стоянки середнього палеоліту в

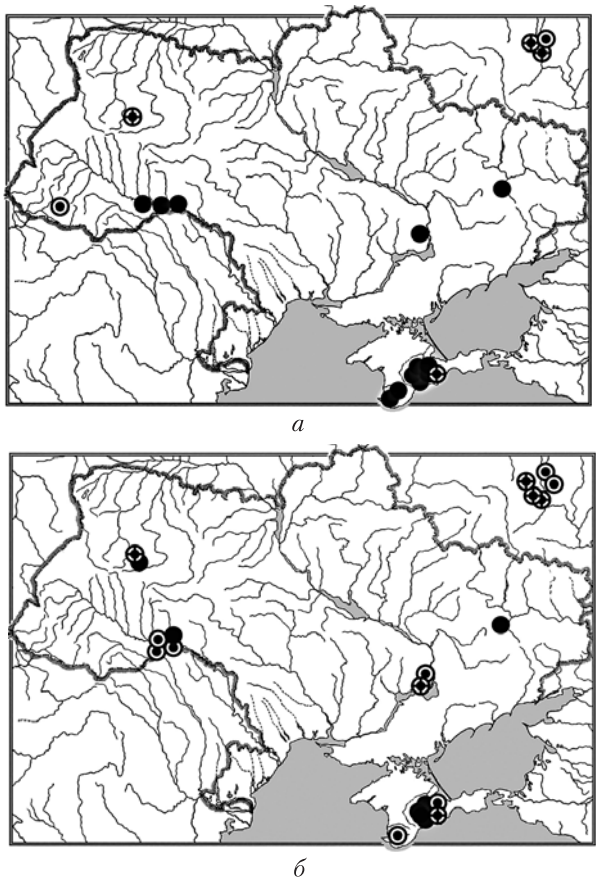
Криму і так звані симбіотичні пам'ятки періоду раннього верхнього палеоліту. Заскельна VI (Колосовська) в Криму і Міра у Подніпров'ї є класичними прикладами таких пам'яток і надзвичайно багаті на різноманітні джерела для дослідження соціокультурних і палеогеографічних обставин переходу від середнього до верхнього палеоліту.

ОСВОЄННЯ ТЕРИТОРІЇ ТА АДАПТАЦІЇ ПАЛЕОЛІТИЧНОГО НАСЕЛЕННЯ ДО ЗМІН ДОВКІЛЛЯ

Землі сучасної України займають значний південно-східний сегмент Східноєвропейської рівнини. Тут спостерігаються різні ландшафти, від гірських до рівнинних (загальний тренд кліматичних змін у плейстоцені можна простежити за даними таблиці) [2, 17–28]. Перепонами для освоєння рівнинних просторів у палеолітичний час виступало багато чинників, серед яких найвагомішим були більш суворі континентальні кліматичні умови, розосередженість різноманітних біоресурсів, переривчастість знаходжень кам'яної сировини, відносна відсутність (крім гірських територій) природних сховищ. Певні труднощі були і в освоєнні гірських ареалів.

Археологічні й природничі дані, добуті на стоянках різного географічного положення та різної хронологічної належності, дають змогу системно досліджувати ці питання в діахронному і синхронному планах, на різних зрізах розвитку матеріальної культури і технічної бази, для антропологічно різного населення, в різних палеокліматичних і ландшафтних умовах. Один із таких зрізів пов'язаний з переходом до верхнього палеоліту, коли в Україні співіснувало середньо- і верхньопалеолітичне населення, причому обидва демонструють близькі стратегії освоєння рівнинних просторів, хоча й різні культурні адаптації.

У період між 40–32 тис. років тому співіснуючі верхньо- і середньопалеолітичні групи населяли одні й ті самі біозони (степ та мозаїчні передгір'я) і ландшафти (височини й низькі гори) крайнього півдня країни. Ці



а

б

Рис. 4. Співіснування двох типів населення. Основні палеолітичні пам'ятки: C^{14} 40–32 тис. років (*а*); C^{14} 32–27 тис. років (*б*); ● — середній палеоліт, ⊕ — симбіотичний, ⊙ — автентичний верхній палеоліт

території характеризувалися багатством якісної кам'яної сировини та відносно більшою продуктивністю і стабільністю біоресурсів. Такий самий спосіб освоєння території притаманний і наступному хронологічному періоду між 32–28 тис. років тому. Середньопалеолітичні, автентичні верхньопалеолітичні оріньякські та симбіотичні верхньопалеолітичні поселення географічно збігаються в цей період, а ось гравет, навпаки, демонструє певну просторову локалізованість. Для цього періоду зафіксовано перші ознаки прогресуючого освоєння відкритих ландшафтів з менш передбачуваними біоресурсами й відсутністю корінних виходів крем'яної сировини.

Реконструйовані показники клімату для окремих етапів плейстоцену України

Індекс горизонту	Середньомісячна температура, °С		Середньорічна температура °С	Річна кількість опадів, мм	Клімат
	січня	липня			
sh	0...+12 +1...+3	+20...+21 +22...+24	+8...+10 +10...+11	650–750 550–650	Помірно теплий вологий, близький до субтропічного, на півдні близький до аридного
pr	–11...–12	+15...+16	–	400–500	Холодний, близький до перигляціального, на півдні м'який
mr	0...+1 +1...+2	+21...+22 +22...+23	+9...+10	800–1000 650–750 до 480–680	Помірно теплий, перехідний до субтропічного, близький до субтропічного
sl	–1...–2	+20...+21 +21...+22	–	700–900 550–650	Помірний холодний Помірно холодний, близький до аридного
lb	–1...–2 –1...+1	+20...+21 +21...+22	–	lb_{b2} 700–900 lb_{b1} 800–900 lb_{b2} 550–650 lb_{b1} 700–900	Помірно теплий, теплий, перехідний до субтропічного
tl	–16	+10	–	250–300	Перигляціальний, помірний сухий
zv	–1 0...+2	+21...+22 +22...+23	+12...+13	500–600 600–700 400–600	Помірний вологий Перехідний до субтропічного, змінно-вологий, близький до субтропічного
dn	–15...–34	+5...+6	–	200–250 до 100–150 (у південній тундрі)	Льодовиковий, прильодовиковий Перигляціальний (тундр), перигляціальний (степу), ксеротичного степу
kd	–2...–4 –2...–3	+19...+20 +20...+21	–	kd_{b2} 700–800 kd_{b1} 700–900 kd_{b2} 550–650 kd_{b1} 600–700	Помірний, вологіший за сучасний, помірно теплий
ts	–17...–18	+7...+8	–	350–375	Перигляціальний
pl	–2...+1	+20...+21 +21...+22	–	pl_{b2} 550–600 pl_{b1} 600–700 pl_{b2} 450–600	Помірно теплий, тепліший і вологіший за сучасний, помірно теплий
ud	–16...–17	+8...+9	–	350–400	Перигляціальний холодний
vt	–3...–5	+18...+20	–	400–550 350–450	Помірний, помірно теплий, помірно теплий субаридний
bg	–18...–19	+6...+7	–	200–250	Перигляціального лісостепу, перигляціального степу, ксеротичного степу
df	–6...–9	+17...+18	–	400–500 df_b 350–400 df_c 300–350	Помірно холодний, помірний сухий
pč	–10	–10...–15	–	250–300	Перигляціального лісостепу, перигляціального степу, ксеротичного степу

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ КОМПЛЕКСНИХ ПАЛЕОГЕОГРАФІЧНИХ І АРХЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАМ'ЯТОК ПАЛЕОЛІТУ

Значущість реконструкцій природного середовища для розуміння розвитку людського суспільства зростає від історичного часу в глиб віків. Складність проведення реконструкцій при цьому також зростає, оскільки число свідчень минулого, що збереглись, зменшується в часі. Тим важливішим є пошук методів, що сприяли б реконструкції природних умов минулого. І в цьому плані, як показують дослідження [8–13, 29, 30], підходи до реконструкцій палеоприродного середовища з позицій палеогеографії (палеопедології) є перспективними.

Об'єктом спільних палеогеографічних і археологічних досліджень є ґрунти і відклади мешкань людини від найдавніших часів до історичного часу включно, тобто ґрунти територій розміщення пам'яток археології — будь-яких слідів перебування людини.

Предметом таких комплексних досліджень є розшифрування інформації про природне середовище мешкання і діяльності людини, що закодована в «пам'яті» ґрунтів і відкладів. Якщо археологи «зчитують» знання про культурний розвиток людського суспільства, «закодовані» в археологічних пам'ятках, то палеогеографи розшифровують відомості про природне середовище часу існування людини, які зберігаються в «пам'яті» ґрунтів і відкладів у вигляді окремих стійких у часі ознак-властивостей. Розшифрування цієї інформації проводять на основі аналізу характеристик низки морфологічних, фізичних, хімічних, фізико-хімічних, біологічних та інших властивостей, їх поєднання і зміни за профілем.

Для дослідження викопних ґрунтів і відкладів, у тому числі й на археологічних об'єктах, ми використали мікроморфологічний аналіз, який є одним із основних у комплексі палеопедологічних методів.

Мікроморфологічний метод — це вивчення зразків ґрунту під мікроскопом у тонких зрізах з непорушеною структурою завтовшки 0,02–0,04 мм, коли зберігається природна структура і співвідношення окремих компонентів мікробудови [31–34]. Це дає можливість на мікроскопічному рівні розглядати ґрунт як систему і за умови знання діагностичних ознак спостерігати природний прояв ґрунтоутворювальних процесів у їх взаємодії та співвідношенні як у мікроскопічно малих об'ємах ґрунтової маси, так і в межах генетичних горизонтів і ґрунтового профілю загалом. Отже, ґрунт досліджують на всіх п'яти рівнях (ґрунтовий профіль — ґрунтові горизонти — морфони — ґрунтові агрегати — мікробудова ґрунтів). У цьому полягає головна особливість мікроморфології та її велика перевага перед усіма іншими методами ґрунтознавства [22, 33, 34].

Однак слід пам'ятати, що основна відмінна особливість мікроморфологічного методу полягає в тому, що він вивчає не власне процес ґрунтоутворення в його динаміці та взаємозв'язку з наявними умовами середовища, а лише його сліди, закріплені в різних ознаках і властивостях ґрунтів, тією чи іншою мірою змінених діагенетичними процесами. Важливим моментом під час вивчення мікробудови викопних ґрунтів і відкладів та їхнього генезису є вміння відрізняти первинні ознаки ґрунтоутворення від діагенетичних. Багато мікроскопічних деталей ґрунтової будови не змінюються впродовж тривалого часу, і в процесі вивчення можна встановити ознаки, які не виявляються іншими методами. Тобто стійкість ґрунтових ознак до діагенетичних перетворень неоднозначна. На думку вчених [33–36] їх можна розділити відносно фактора часу на стійкі (елементарна мікробудова, форми агрегатів і пористість, форма й мікробудова оптично орієнтованих глин, характер розподілу органічної речовини, структура глин і натеків), слабко стійкі (гумус і форми його зосередження, будова і розподіл залізистих і марганцевих мікроорштейнів) і нестійкі (новоутворення солей). Однак найбільше значення має характер агрегованості й пористості, структура і розподіл органічної речовини, оптично орієнтованих глин, кількість і будова новоутворень.

Загалом мікроморфологічний метод — це поєднання мікроморфологічного аналізу і синтезу під час вивчення мікробудови ґрунтів. Мікроморфологічний аналіз передбачає покомпонентне (скелет, плазма, агрегованість, пористість, органічна і глиниста частини, мінеральний скелет, новоутворення і мікроструктура) вивчення мікробудови ґрунтів, а мікроморфологічний синтез дає змогу узагальнити отримані дані й виявити систему головних генетичних типів ґрунтів за схемою властивості ґрунтів — елементарні ґрунтоутворювальні процеси — фактори ґрунтоутворення [22, 33, 34].

ВИСНОВКИ

Сучасний рівень розвитку науки та її подальший прогрес диктує потребу в максимальній інтеграції досліджень і виборі найбільш репрезентативних об'єктів, що містять інформацію для різних галузей знань. Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності й інформативності досліджень у сфері пізнання історії розвитку ґрунтів, природного середовища і суспільства є їх орієнтування на комплексне вивчення давніх археологічних пам'яток, які слід вивчати і як пам'ятки природи, що збереглися до наших днів [8, 22, 29, 30]. Можливість прямого порівняльного аналізу стану ґрунтів і ґрунтового покриву в різні історичні епохи дає змогу досить детально і повно розглянути особливості просторово-часової динаміки природного середовища та його окремих компонентів. Зокрема, з палеогеографічного погляду важливими є дослідження еволюції ґрунтів і ґрунтового покриву як відображення фізико-географічних умов минулого; з'ясування регіональних і фаціальних закономірностей формування ландшафтів у зв'язку з просторово-часовою мінливістю чинників навколишнього середовища; вивчення дрібної вікової динаміки змін ґрунтових властивостей і процесів. З іншого боку, комплексне вивчення археологічних об'єктів істотно доповнює і уточнює уявлення про матеріальні й духовні аспекти життя давньої людини, роль природного середовища у формуванні, функціонуванні та зникненні минулих суспільств. Еволюцію матеріальної культури давньої людини не можна розглядати окремо від природного оточення. Немає сумнівів, що періодичні екологічні зміни зумовили діяльність суспільства в напрямі активного пристосування до нових умов і оволодіння новими типами природних ресурсів.

Отже, вивчення пам'яток ранньої доісторії України є актуальним і зумовлює все тіснішу інтеграцію археології та природничих наук. Комплексні дослідження залучають у сферу спільних інтересів, з одного боку, фахівців у галузі археології, історії, етнографії, а з іншого — палеопедології, мікроморфології, мінералогії, палінології та інших дисциплін. Поєднання зусиль представників різних наук є запорукою поступу в дослідженні природи і давнього суспільства нашої країни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Веклич М.Ф., Сиренко Н.А., Матвишина Ж.Н. и др.* Стратиграфическая схема четвертичных отложений Украины. — К.: Наук. думка, 1993. — 40 с.
2. *Герасименко Н.П.* Розвиток зональних ландшафтів четвертинного періоду на території України: дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.04. — К., 2004. — 461 с.
3. *Gerasimenko N., Matviischina Zh., Rousseau D.-D., Kukla G.* Late Pleistocene environments of the Central Ukraine // The Ukraine Quaternary Explored. Volume of Abstracts of the SEQS 2001 Conference. (9–15 September 2001, Kyiv, Ukraine). — Kyiv, 2001. — P. 77.
4. *Степанчук В.Н.* Нижний и средний палеолит Украины. — Черновцы: Зелена Буковина, 2006. — 463 с.
5. *Гладилін В.М.* Найдавніше населення на території України // Давня історія України. — Т. 1. — К.: Наук. думка, 1997. — С. 17–44.
6. *Stepanchuk V., Ryzhov S., Rekovets L., Matviishina Zh.* The Lower Palaeolithic of Ukraine: Current Evidence // Quaternary International. — 2010. — V. 223–224. — P. 131–142.
7. *Зубов А.А.* Палеоантропологическая родословная человека. — М.: ИЭА РАН, 2004. — 552 с.
8. *Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П., Степанчук В.М.* Дрібна ритміка лесово-ґрунтових відкладів Побужжя на основі вивчення археологічних пам'яток // Фізична географія та геоморфологія. — 2009 — Вип. 56. — С. 272–282.

9. *Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П., Степанчук В.М., Рижов С.М.* Результати палеопедологічних (мікроморфологічних) та археологічних досліджень палеолітичного пам'ятника Меджибож // Фізична географія та геоморфологія. — 2010. — Вип. 2(59). — С. 123–129.
10. *Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П., Степанчук В.М., Рижов С.М.* Результати палеогеографічних і археологічних досліджень пізньопалеолітичного пам'ятника Плесна // Археологія і давня історія України. — 2011. — Вип. 6. — С. 52–62.
11. *Степанчук В.М., Рижов С.М., Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П.* Нові дані до вивчення ранніх етапів освоєння території Східноєвропейської рівнини у палеоліті // Кам'яна доба України. — 2009. — Вип. 11. — С. 25–40.
12. *Степанчук В.Н., Рыжов С.Н., Матвиишина Ж.Н., Кармазиненко С.П.* Новые данные к изучению палеолитических памятников в бассейне Южного Буга // С.Н. Бибиков и первобытная археология. — СПб: ИИМК РАН, 2009. — С. 114–119.
13. *Степанчук В.М., Рижов С.М., Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П.* Поновлення робіт на місцезнаходженні Меджибіж: результати 2008–2009 рр. // Кам'яна доба. — 2010. — С. 33–44.
14. *Вишняцкий Л.Б.* Культурная динамика в середине позднего плейстоцена и причины верхнепалеолитической революции. — СПб: СПбУ, 2008. — 251 с.
15. *Аникович М.В., Анисюткин Н.К., Вишняцкий Л.Б.* Узловые проблемы перехода к верхнему палеолиту в Евразии. — СПб: Нестор-История, 2007. — 336 с.
16. *Колосов Ю.Г.* Аккайская мустьерская культура. — К.: Наук. думка, 1986. — 224 с.
17. *Веклич М.Ф., Сіренко Н.О., Дубняк В.О.* та ін. Розвиток ґрунтів України в пізньому кайнозої. — К.: Наук. думка, 1973. — 224 с.
18. *Веклич М.Ф.* Проблемы палеоклиматологии. — К.: Наук. думка, 1987. — 190 с.
19. *Величко А.А.* Изменение климата и ландшафтов за последние 65 млн лет. — М.: Геос, 1999. — 256 с.
20. *Герасименко Н.П.* Розвиток зональних ландшафтів четвертинного періоду на території України: дис. ... доктора геогр. наук: 11.00.04. — К., 2004. — 461 с.
21. *Зубаков В.А.* Глобальные климатические события плейстоцена. — Л.: Гидрометеоиздат, 1986. — 287 с.
22. *Кармазиненко С.П.* Мікроморфологічні дослідження викопних і сучасних ґрунтів України. — К.: Наук. думка, 2010. — 120 с.
23. *Матвіїшина Ж.М., Герасименко Н.П.* Комплексний атлас України: карти палеоландшафтів для причорноморського, витачівського, лубенського, крижанівського часів. — К.: Картографія, 2005. — С. 45.
24. *Куница Н.А.* Природа Украины в плейстоцене. — Черновцы: Рута, 2007. — 240 с.
25. *Матвіїшина Ж.М., Герасименко Н.П., Передерій В.І.* Просторово-часова кореляція палеогеографічних умов четвертинного періоду на території України. — К.: Наук. думка, 2010. — 191 с.
26. *Мельничук І.В.* Палеоландшафти України в антропогені. — К.: Обрії, 2004. — 208 с.
27. *Матвіїшина Ж.М., Герасименко Н.П.* Національний атлас України. — К.: Картографія, 2007. — С. 221.
28. *Сиренко Н.А., Турло С.И.* Развитие почв и растительности Украины в плиоцене и плейстоцене. — К.: Наук. думка, 1986. — 188 с.
29. *Матвіїшина Ж.М., Рижов С.М., Кармазиненко С.П.* Результати педологічних і археологічних досліджень палеолітичної стоянки Малий Раковець IV на Закарпатті // Матер. XVII укр.-польс. сем.: Гляціал і перигляціал Українського Передкарпаття (15–18 вересня 2011, Самбір, Україна). — Львів, 2011. — С. 240–263.
30. *Рижов С.М., Степанчук В.М., Матвіїшина Ж.М., Кармазиненко С.П.* Плесна — новий пізньопалеолітичний пам'ятник на Волино-Подільській височині // Кам'яна доба. — 2011. — С. 88–100.

В.Н. Степанчук[1], Ж.Н. Матвишина[2], С.Н. Рыжов[3], С.П. Кармазиненко[2]

[1] Институт археологии
Национальной академии наук Украины
пр. Героев Сталинграда, 12, Киев, 04210, Украина
[2] Институт географии
Национальной академии наук Украины
ул. Владимирская, 44, Киев, 01034, Украина
[3] Киевский национальный университет
имени Тараса Шевченко
ул. Владимирская, 60, Киев, 01601, Украина

НАЧАЛЬНОЕ ЗАСЕЛЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ ОСВОЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ДРЕВНИМ ЧЕЛОВЕКОМ: СИНТЕЗ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Освещены основные социокультурные и палеоклиматические аспекты первых этапов заселения и последующего освоения территории Украины в палеолите. Подчеркнута перспективность и эффективность сотрудничества археологов и палеогеографов в изучении ранней доистории страны. Особое внимание уделено конкретным проявлениям взаимодействия природной среды и первобытного общества на различных временных срезах.

Ключевые слова: палеолит, палеосреда, палеогеографические реконструкции, культурные адаптации и поведенческие стратегии, динамика культурного развития.

V.N. Stepanchuk[1], Zh.N. Matviishina[2], S.N. Ryzhov[3], S.P. Karmazinenko[2]

[1] Institute of Archaeology
of National Academy of Sciences of Ukraine
12 Geroiv Stalingrada Ave., Kyiv, 04210, Ukraine
[2] Institute of Geography
of National Academy of Sciences of Ukraine
44 Volodymyrska Str., Kyiv, 01034, Ukraine
[3] Taras Shevchenko Kyiv National University
60 Volodymyrska Str., Kyiv, 01601, Ukraine

INITIAL PEOPLENING AND FURTHER COLONIZATION OF THE TERRITORY OF UKRAINE BY THE ANCIENT MAN: SYNTHESIS OF ARCHAEOLOGICAL AND PALAEOGEOGRAPHIC EVIDENCE

The main sociocultural and paleoclimatic aspects of the first stages of peoplening and further colonization of the territory of Ukraine during Palaeolithic are discussed. Potentials and effectiveness of cooperation of archaeologists and paleogeographists in studying of early prehistory of the country is stressed. Special attention is paid to chronologically different concrete examples of interrelations between environment and prehistoric society.

Keywords: Palaeolithic, paleoenvironment, paleogeographic reconstructions, cultural adaptations and behavioral strategies, dynamic of cultural development.

Стаття надійшла 27.03.2012 р.

ФОРУМИ

Н.В. ВОЙТЕНКО, О.П. ЛЮБАНОВА

ВСЕСВІТНІЙ ТИЖДЕНЬ МОЗКУ–2012

19–23 березня 2012 року в Києві відбувся Український тиждень мозку, що проходить у рамках Всесвітнього тижня мозку. Цю ініціативу було започатковано в 1996 році товариством Dana Foundation, яке об'єднує понад 500 провідних нейрофізіологів з усього світу. Під час таких заходів учені із самих різних галузей нейронауки в багатьох країнах світу намагаються привернути увагу громадськості до проблеми вивчення мозку та популярно розповісти про останні досягнення на цьому шляху. В Україні Тиждень мозку проводиться вже втретє за участю Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Українського товариства нейронаук та Українського наукового клубу.

Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України є сучасним науково-дослідним центром у галузі молекулярної фізіології, біофізики, нейрофізіології та патологічної фізіології й широко відомий не лише в Україні, а й за її межами. В Інституті вперше на теренах колишнього Радянського Союзу було застосовано методику мікроелектродних досліджень збудливих клітин, за допомогою якої отримано важливі дані про фізико-хімічні процеси в нервових і м'язових клітинах, механізми синаптичної передачі та іонні механізми збудження. Встановлено, що передавання нервових імпульсів між нервовими клітинами є головним процесом у функціонуванні мозку і лежить в основі всіх форм його інтегративної діяльності.

Отже, цілком зрозуміло, що саме співробітники Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця, очолюваного академіком НАН України О.О. Кришталем — знаним фахівцем у галузі фізіологічних процесів, що відбуваються в мембранах нервових клітин, започаткували проведення Тижня мозку в Україні. Вже третій рік поспіль наша країна бере участь у цій всесвітній акції, і з кожним роком кількість її прихильників та зацікавлених слухачів збільшується.

З метою розповсюдження й популяризації сучасних знань про діяльність головного мозку 19–23 березня 2012 р. у рамках Всесвітнього тижня мозку Інститут фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України, Українське товариство нейронаук та Український науковий клуб провели різноманітні заходи для широкого кола слухачів, які не є фахівцями в галузі нейрофізіології, а саме школярів, студентів і всіх охочих.

Уже традиційно, як і в попередні роки, у столичному Будинку вчених відбувся Круглий стіл за участю фахівців у галузі нейронауки та широких кіл громадськості. Минулого року темою засідання було питання «Що таке життя та свідомість з точки зору сучасної науки?». Відомі вчені в доступній для широкої громадськості формі розповіли про сучасні методи дослідження мозку, які застосовують для вивчення таких вічних понять, як життя та свідомість. Цього року проблеми мозку було висвітлено в медичному аспекті. Тема засідання Круглого столу–2012 була такою — «Хвороби мозку – погляд сучасної науки». У роботі Круглого столу взяли участь провідні українські нейрофізіологи: директор Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України академік НАН України О.О. Кришталь, провідний науковий співробітник цього ж Інституту доктор медичних наук, професор Г.Г. Скібо, вчений секретар Українського товариства нейронаук провідний науковий співробітник Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця, доктор біологічних наук Н.В. Войтенко. Головувала на засіданні виконавчий директор

На фото зліва направо: д.б.н. Н.В. Войтенко, проф. Г.Г. Скібо, к.б.н. Н.І. Шульга, академік НАН України О.О. Кришталь

Українського наукового клубу кандидат біологічних наук **Наталія Іванівна Шульга** — знаний учений у галузі молекулярної біології.

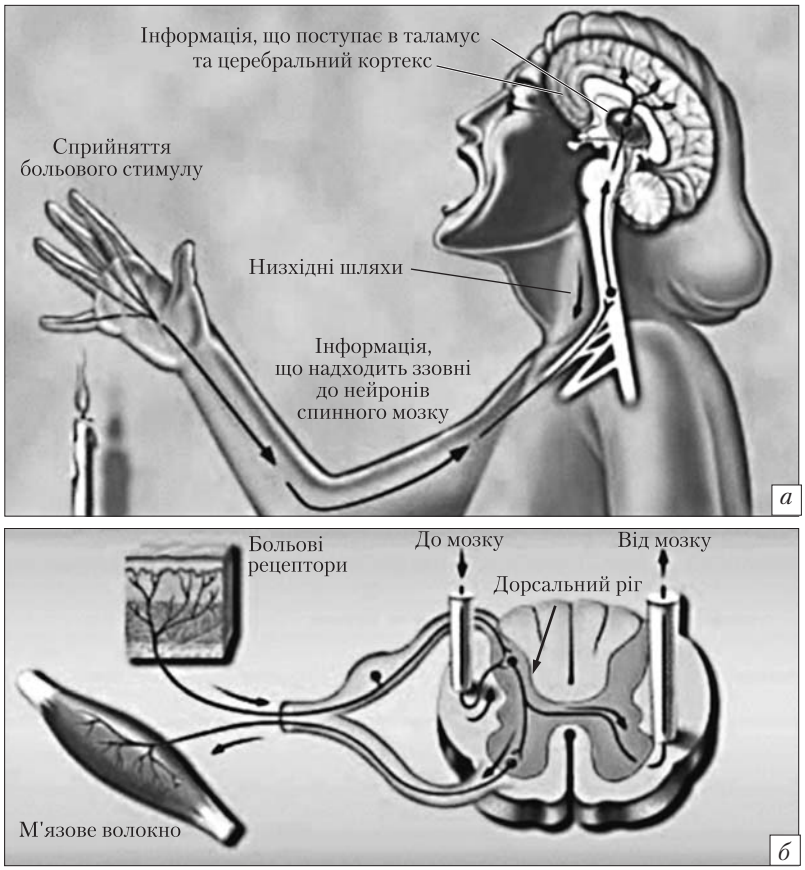
Відкрила засідання **Нана Володимирівна Войтенко**. Вона розповіла про актуальність і значущість цього заходу. Всесвітній тиждень мозку — акція, спрямована на поширення загальнодоступних знань про досягнення та відкриття в галузі вивчення мозку. Щороку в березні цей просвітницький захід об'єднує вчених із університетів, дослідницьких інститутів, клінік, представників державних структур, громадських організацій, професіоналів усього світу, щоб привернути увагу до наук, які досліджують мозок.

Цього року «Всесвітня ініціатива з дослідження мозку» відбувається вже всімнадцяте під егідою товариства Dana Alliance. Це некомерційна організація, метою якої є поширення інформації про мозок та досягнення й успіхи в його дослідженні в зрозумілому і доступному для широкої громадськості вигляді. Вона охоплює університети, медичні школи та навчально-дослідницькі центри, завданням яких є підвищення якості викладання і навчання в галузі нейронауки й охорони здоров'я, а також сприяння у виборі професії в сфері медицини та нейробіології. Проект орієнтовано на різнопланову аудиторію: від дошкільнят та учнів загальноосвітніх шкіл до студентів і випускників університетів, а також учителів біологічного профілю. Метою проекту є також створення унікальних навчальних матеріалів.

Академік НАН України **Олег Олександрович Кришталь** виступив зі змістовною лекцію, яка завдяки інтригуючій назві **«Чому в нас болить?»** зацікавила не лише вузьких спеціалістів, а й пересічних громадян. Проблема болю турбувала людство з прадавніх часів, адже біль супроводжує людину впродовж усього життя. Біль — не тільки захисна реакція організму, це — своєрідна емоція, що істотно впливає на поведінку людини, на її фізичний і психологічний стан. Над розшифруванням механізмів відчуття болю та пошуком ефективних знеболювальних засобів працюють тисячі вчених у всьому світі. Первинна рецепція болю має назву **ноцицепція** (лат. *nocere* — шкодити). За цю функцію відповідають спеціальні механізми іонної проникності мембран нервових клітин — ноцицептори. Вони збуджують сенсорні нейрони, сповіщаючи про потенційно шкідливий вплив на тканини тіла або про їх патологічний стан.

Провідну роль у ноцицепції відіграють рецептори, чутливі до АТФ (P2X) і протонів (ASIC), виявлені у мембранах сенсорних нейронів. Активатори ноцицепторів — протони та молекули АТФ — всюдисущі в живій природі. Практично всі функціональні порушення в організмі супроводжуються зміною pH — підкисленням, або ацидозом. Так, з ацидозом пов'язані ішемія, запалення, онкологія, переломи, гематоми. Рецептори протонів у сенсорних нейронах сигналізують про такі зміни. Через нейрони задньокорінцевих гангліїв спинного мозку інформація надходить до центральних таламічних нейронів і нейронів кори, де вона миттєво аналізується і вже у вигляді еферентних сигналів реалізується певною реакцією організму.

АТФ — універсальна молекула, що є одночасно і джерелом, і акумулятором енергії в живих організмах. Вона вивільнюється також під час численних патологічних станів. P2X-рецептори сигналізують про виділення



Шляхи передачі нервового больового імпульсу в мозок (*а*) та рефлекторна ноцицептивна дуга (*б*)

АТФ, збуджуючи сенсорні нейрони. Академік О.О. Кришталь нагадав, що в Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України він та його колеги на початку 80-х років минулого століття відкрили рецептор протонів і рецептор АТФ у мембрані нейронів. Вони були першими, хто зміг експериментально підтвердити гіпотезу, що саме через ці рецептори людина відчуває біль. Перед дослідниками постало завдання — знайти селективні блокатори ноцицепторів, адже це вирішило б проблему зняття хронічного та гострого болю в пацієнтів. Наявні нестероїдні протизапальні препарати (прототип — аспірин) мають обмежений спектр дії й численні побічні ефекти. Опіатам та їхнім похідним крім побічних ефектів притаманні такі недоліки, як звикання і наркотична залежність.

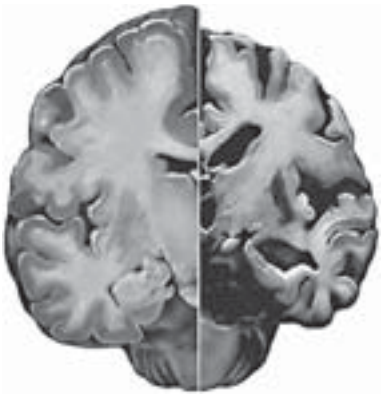
Проте на сьогодні, як наголосив академік О.О. Кришталь, немає ліків, які б селективно діяли на ноцицептори. Специфічні блокатори ноцицепторів (ASIC2,3 та P2X2,3) можуть стати протибольовими препаратами наступного покоління — справді «чистими» ліками, вільними від побічних дій. Над цим нині й працюють фізіологи, біофізики, хіміки та фармакологи в тісній співпраці з медиками. У пошуку засобів селективного впливу на ноцицептори вчені рухаються у трьох напрямах:

1) пошук спеціалізованих молекул у природі (токсини);

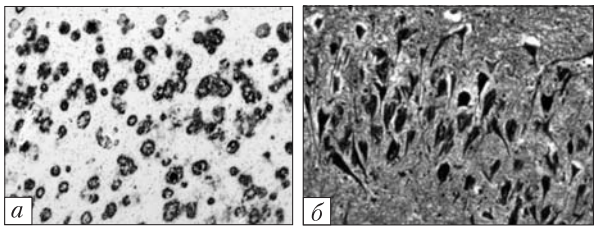
2) синтез нових малих молекул;

3) виявлення шляхів фізіологічного контролю механізмів ноцицепції.

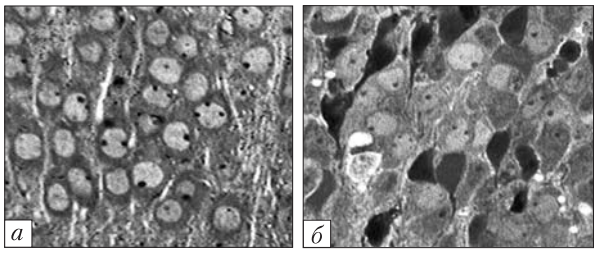
Так, дослідники Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України протестували



Здоровий мозок (зліва), мозок, пошкоджений хворобою Альцгеймера (справа)



Білкові агрегати в препараті ушкодженого мозку: *а* — амілоїдні бляшки (імунозабарвлення), *б* — нейрофібрилярні клубки (забарвлення за Bielschowski)



Відстрочені дегенеративні зміни нейронів СА1 зони гіпокампа в результаті ішемії: *а* — контрольні клітини, *б* — клітини після ішемії

компонент отрути павука РТ1, який ефективно блокує P2X3-рецептори. Показано, що РТ1 удвічі знижує рівень болю при запаленнях різноманітної природи. Спільно з українськими хіміками науковці розробляють специфічні молекули — новий хемотип селективних високоафінних блокаторів ASIC-рецепторів. Вони виявляють принципово новий механізм пригнічувальної дії рецепторів ASIC і є перспективними для розроблення препаратів проти ішемічного ушкодження.

Нарешті, одна з найактуальніших проблем — подолання болю при онкологічних захворюваннях, що є стійким до опіатів. Виявилося, що ракові клітини генерують сигнали, які впливають на чутливість сенсорних клітин до опіатів. Знайти молекулярну основу таких сигналів — це першорядне завдання, що наразі вирішується.

Далі присутні мали змогу послухати лекцію професора **Галини Григорівни Скібо «Природа нейродегенеративних захворювань»**. Професор Г.Г. Скібо багато років свого життя присвятила вивченню питання структурних змін у тканині мозку під час виникнення патологій. Вона зауважила, що нейродегенеративні захворювання виникають унаслідок прогресуючої дегенерації й загибелі нейронів, які входять до складу певних структур ЦНС, і спричиняють розрив зв'язків між відділами ЦНС. Нейродегенеративні захворювання призводять до вираженої інвалідизації пацієнтів. При цих хворобах розлади виникають не лише у вищій нервовій діяльності людини, а й охоплюють рухову сферу. У хворих порушується пам'ять, вони втрачають здатність до пересування та навички самообслуговування. Враховуючи значне поширення низки нейродегенеративних захворювань (наприклад, на хворобу Альцгеймера сьогодні у світі страждає понад 30 млн осіб), утримання таких хворих і симптоматичні методи їх лікування потребують великих витрат, порівнянних з витратами на лікування й утримання онкологічних хворих.

Найпоширенішими є такі нейродегенеративні захворювання, як хвороба Альцгеймера, хвороба Паркінсона, розсіяний склероз; менш часто трапляються бічний аміотрофічний синдром, хорея Хантінгтона, хвороба Німана — Піка, синдром Туретта, група захворювань, об'єднаних терміном «пріонні хвороби».

За даними сучасних клінічних і експериментальних досліджень, розвиток більшості нейродегенеративних захворювань визначають генетичні чинники. Генетично зумовлені, так звані сімейні, нейродегенеративні захворювання можуть виникати в пацієнтів молодого, середнього або навіть дитячого віку. Спорадичні випадки таких захворювань можна пояснити й набутою патологією внаслідок судинних розладів, інфекційного процесу, локалізованого в структурах ЦНС, інтоксикацій, травм. До загальних ознак нейродегенеративних захворювань слід віднести їхній тривалий латентний період (від 6 до 10 років).

Основою розвитку нейродегенеративних захворювань є порушення метаболізму і зміна структури клітинних білків з їх подальшим патологічним накопиченням у певних групах нейронів і токсичним впливом на клітину. Процес неконтрольованої агрегації цих аномальних білків з подальшим формуванням характерних внутрішньо- чи позаклітинних відкладень є ключовою ланкою патогенезу нейродегенеративних захворювань, що становлять групу протеїнопатій. Білкові агрегати утворюють амілоїдні бляшки, нейрофібрилярні клубки, тільця Леві, пріонові бляшки та інші відкладення в різних відділах нервової системи. Причини агрегації цих білків можуть мати генетично детермінований характер, а також бути пов'язаними з каскадом патологічних клітинних біохімічних процесів: надлишкового фосфорилування, глікозилування, активізації пероксидного окиснення тощо.

На жаль, для більшості нейродегенеративних хвороб немає радикальних методів лікування, що дали б змогу повністю зупинити патологічний процес. Можливості симптоматичної допомоги обмежені, причому на пізніх стадіях лікування особливо ускладнене і часто супроводжується соматичними патологіями. Згідно з сучасними уявленнями, вирішального значення у стратегії боротьби з нейродегенеративними захворюваннями надають максимально ранній діагностиці патологічного процесу, особливо діагностиці хвороби в її латентній стадії. Латентна стадія означає, що на клітинному і молекулярному рівні хвороба вже почалася і певна частина нейронів уже загинула, але людина поки що добре почувається і виглядає цілком здоровою. При цьому «запас міцності» центральної нервової системи дуже високий. Наприклад, симптоми бічного аміотрофічного склерозу виявляються лише на етапі, коли понад 50% рухових нейронів спинного мозку припиняють функціонувати, а хвороба Паркінсона входить у клінічну стадію тільки після загибелі більш як 70% нейронів, відповідальних за рухові функції.

Таким чином, нейродегенеративні захворювання становлять різнорідну групу зі складним і не з'ясованим до кінця патогенезом. Своєчасна діагностика на ранніх етапах, розроблення новітніх лікарських засобів, що зможуть впливати на нейрони на молекулярному рівні, здатні лише вповільнити темп розвитку патологічного процесу і поліпшити якість життя пацієнтів.

Обидві лекції викликали в аудиторії багато запитань, дискусія зацікавила всіх присутніх, а не лише фахівців. Слухачі просили дати поради: як же зберегти свій мозок здоровим, як запобігти старінню мозку, як допомогти хворим, що страждають на нестерпний біль? На жаль, фізіологічна наука не дає рецептів, але деякі рекомендації, перевірені практичною медициною, в той день усе ж прозвучали.

Безперечно, основною причиною, що з віком ускладнює діяльність мозку, є прогресуюча недостатність кровообігу, яку спричинюють різні судинні захворювання. Погіршення кровообігу, як відомо, зумовлює зниження рівня живлення мозку необхідними речовинами і киснем. Для запобігання судинним захворюванням слід дотримуватися порад, які кожен з нас знає, але, на жаль, часто порушує. Потрібно вести здоровий спосіб життя, не палити, дотримуватися принципів раціонального харчування, особливо з віком (бажано контролювати вживання жирної їжі або взагалі виключити її). Слід підтримувати фізичну активність,

стежити за вмістом цукру в крові та обов'язково контролювати рівень артеріального тиску. Крім здорового способу життя, який довше зберігає мозок молодим, необхідно його тренувати, як і будь-який інший орган. За статистикою, у людей розумової праці висока швидкість реакцій мозку зберігається набагато довше, і вони до глибокої старості розвивають свій інтелектуальний потенціал. Мозку також потрібна «їжа», він має бути постійно завантажений роботою, розумовою діяльністю, інакше внаслідок незатребуваності своїх функцій він починає «засинати».

Не можна нехтувати звичайними гігієнічними та загальнозміцнювальними методами. Передусім на стан центральної нервової системи впливає спосіб життя. Численними спостереженнями медиків доведено, що регулярні фізичні вправи на свіжому повітрі, позитивне мислення, відсутність стресів і надмірних розумових навантажень, цікаві захоплення, широке коло спілкування сприяють довготривалому збереженню здоров'я головного мозку. На противагу цьому, шкідливі звички, постійне отруєння організму продуктами розпаду алкоголю, нікотину та інших наркотичних препаратів, тривалі нервові навантаження, нездорове харчування не лише спричиняють серйозні соматичні та вегетативні порушення, а й призводять до непомітного накопичення дегенеративних змін у центральній нервовій системі.

Наприкінці засідання виконавчий директор Українського наукового клубу **Наталія Іванівна Шульга** зауважила, що з огляду на все вищевикладене першочерговими завданнями, які стоять перед ученими-нейрофізіологами, лікарями-неврологами, системою охорони здоров'я, громадськими організаціями та українським суспільством загалом, є прийняття державної програми розширення досліджень у галузі нейронаук, об'єднання зусиль українських учених і медиків із зарубіжними партнерами, надання допомоги пацієнтам із хворобою Альцгеймера, розсіяним склерозом, хворобою Паркінсона, іншими нейродегенеративними захворюваннями. Ця група хвороб є однією з головних медико-соціальних проблем сучасного суспільства, що зумовлено неухильним зростанням чисельності старших вікових груп населення, які найбільше піддаються ризику захворювання. За даними МОЗ України, в останні роки спостерігається тенденція до зростання захворюваності на нейродегенеративні хвороби в Україні. Так, лише за останні 5 років показники поширеності розсіяного склерозу в Україні зросли на 2,8%, а це понад 1,2 млн населення країни. Адже лише тоді, коли суспільство та влада усвідомлять той факт, що від цих хвороб не застрахований ніхто і що проти них немає ефективних ліків, а смертність та інвалідизація перевищують такі самі показники від онкологічних хвороб, можна буде розраховувати на збільшення фінансування сучасних медико-біологічних досліджень, спрямованих на пошуки новітніх методів ранньої діагностики й запобігання зростанню захворюваності населення.

Упродовж Тижня мозку в Україні провідні та молоді науковці Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України влаштовували у своїх лабораторіях зустрічі зі школярами 5–11 класів. Діти послухали цікаві лекції, подивилися науково-популярні фільми, взяли участь у практичних дослідах, що демонстрували роботу мозку та нервової системи, мали змогу побачити нервові клітини за допомогою мікроскопа.

Школярі з цікавістю дізналися, що в мозку людини є близько 100 млрд нервових клітин — нейронів, які мають різноманітну форму, розміри та виконують різні функції. Крім того, їм розповіли про провідну роль у функціонуванні мозку гліальних клітин: саме вони створюють матрикс нервової тканини, захищають нейрони та забезпечують їх існування. При цьому кількість гліальних клітин перевищує кількість нейронів у 50 разів! У доступній та цікавій формі лектори розповідали школярам, як працюють синапси — місця контакту між нейронами, а їх у людському мозку більш ніж 100 трильйонів! Значну увагу було приділено ролі синапсів

у передаванні інформації, процесі навчання та формуванні механізмів пам'яті.

За матеріалами лекції школярі самі робили висновки про необхідність «тренувати» свій мозок, удосконалювати пам'ять, уміло розподіляти розумові і фізичні навантаження, роботу й відпочинок. Розглядалися також питання про шкідливі звички людей та їх вплив на діяльність мозку і здоров'я загалом.

Вже не перший рік приходять діти до вчених, і таке спілкування дуже важливе. Адже вони замислюються над такими питаннями, як будова мозку, функціонування нейронів, механізми пам'яті, навчання, хвороби мозку. Це означає, що в майбутньому найдопитливіші з них продовжать досліджувати таємниці мозку людини, який є чи не найскладнішою організацією матерії у Всесвіті.

Такі заходи, як Тиждень мозку в Україні, мають величезне значення. Вони потрібні насамперед тому, що сприяють винесенню на широкий загал інформації про справжню ситуацію в країні щодо нейродегенеративних хвороб і наукових досліджень у цій галузі. Треба залучати до таких ініціатив політиків, бізнесменів, соціологів, журналістів, усіх тих, хто в той чи інший спосіб може вплинути на її поліпшення.

Школярі в гостях в Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

А.М. ГОЛЬЦЕВ, О.Ф. ДЕМБНОВЕЦЬКИЙ,
В.І. БОЙКО, Т.М. ДУДЧЕНКО, Ф.Н. ПАЦЮК

РОЗВИТОК ДОСЛІДЖЕНЬ З ПРОБЛЕМ КРІОБІОЛОГІЇ ТА КРІОМЕДИЦИНИ В НАЦІОНАЛЬНІЙ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

У статті стисло висвітлено діяльність Інституту проблем кріобіології і кріомедицини Національної академії наук України — першої в колишньому СРСР і в Україні установи такого профілю, наведено основні відомості про характер дії низьких і знижених температур на біологічні об'єкти різних рівнів організації (субклітинного, клітинного й організменого), подано результати науково-дослідних робіт, які дозволяють зробити висновки про оборотність холодового впливу, можливості його модифікаційної дії на біологічні структури, а також ефективність його використання при різних патологічних процесах.

Низькі температури здавна використовували для подовження терміну зберігання окремих харчових продуктів, зменшення симптомів деяких захворювань тощо. Це пояснювалося зовнішніми проявами впливу холоду на біологічні об'єкти, однак тривалий час не вивчалися механізми його дії на живу матерію. У минулому столітті збільшення масштабів використання людством холоду зумовило появу нової наукової фундаментальної дисципліни — кріобіології і кріомедицини [1].

В Україні дослідження в цьому напрямі було розпочато в 60-х роках XX ст. у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Вєркіна (ФТІНТ) АН УРСР. Особливу увагу було приділено низькотемпературному консервуванню біологічних об'єктів, зокрема еритромаси. За досягнення в цій галузі колективу авторів (Б.І. Вєркіну, М.С. Пушкарю, М.І. Шраго та ін.) у 1978 р. було присуджено Державну премію СРСР.

Початком діяльності Інституту в цьому напрямі стало вивчення кріобіологічного впливу на різні органи і тканини організму людини, визначення принципів будови кріохірургічної апаратури, розроблення методів і кріохірургічної апаратури для стоматології, гінекології, оториноларингології, онкології, дерматології тощо. Було також розроблено системи охолодження харчових продуктів під час транспортування і тривалого зберігання, запропоновано засоби життєзабезпечення підводних робіт за низьких температур.

З часом виникла потреба в поглибленому вивченні фахівцями медико-біологічного профілю біологічних аспектів взаємодії холоду з живою матерією та спрямуванні їхніх зусиль на опрацювання теоретичних підвалин нової науки, а також на вирішення відповідних прикладних завдань біології, медицини тощо.

У Харкові на базі наукових відділів ФТІНТ і Проблемної лабораторії Українського інституту вдосконалення лікарів МОЗ СРСР у 1972 р. було створено перший і єдиний у світі Інститут проблем кріобіології і кріомедицини НАН України (ІПКК НАН України), який очолив член-кореспондент АН УРСР М.С. Пушкар. У 1983 р. директором було обрано академіка АН УРСР В.І. Грищенка, завдяки чималим зусиллям якого Інститут здобув світове визнання, а в 2011 р. — академіка НАН України А.М. Гольцева.

[1] Кріо (від грец. crєos — холод, мороз, лід) — у складних словах вказує на зв'язок з низькою температурою, льодом.

У 1997 р. при Інституті було створено Міжвідомчий науковий центр кріобіології і кріомедицини (згодом він набув статусу Державного підприємства) потрійного підпорядкування (НАН України, АМН України та МОЗ України). З 1998 р. при ІПКК НАН України розпочала роботу Міжнародна кафедра ЮНЕСКО за участю кріобіологів Великої Британії, Канади, США, Чехії, Ізраїлю, Швеції та Японії, що сприяє формуванню творчих зв'язків Інституту з провідними науковими установами світу.

З метою повноцінного довготривалого збереження широкого спектра кріоконсервованих зразків біологічних матеріалів для наукових досліджень, промисловості, сільського господарства, медичної практики тощо в ІПКК НАН України було створено низькотемпературний банк біологічних об'єктів, який пізніше згідно з Постановою Кабінету Міністрів України набув офіційного статусу наукового об'єкта «Національне надбання України». Крім того, при Інституті функціонують ДП «Наукова лабораторія кріочутливості і кріорезистентності біологічних об'єктів при їх зберіганні в тканинному банку» та СКТБ з дослідним виробництвом (держрозрахунковий підрозділ для розроблення і впровадження кріобіологічного обладнання в різні галузі народного господарства).

В Інституті видаються науково-теоретичні журнали «Проблемы криобиологии» і «Международный медицинский журнал», які розповсюджуються в Україні й за кордоном.

Така інфраструктура Інституту забезпечила сприятливі умови для співробітництва біологів і медиків з математиками, кібернетиками, фізиками й біофізиками, механіками, хіміками тощо.

Важливість досліджень колективу Інституту підтверджена присудженням Державних премій СРСР і України.

Президія НАН України ухвалила для Інституту такі наукові напрями:

• дослідження механізмів кріоушкоджень, кріозахисту, природної стійкості біологічних об'єктів до холоду та її репарації після дії холоду;

• створення ефективних засобів штучного кріозахисту біологічних систем різного рівня організації та розроблення на їх основі технологій кріоконсервування біологічних об'єктів і технічних засобів їх реалізації;

• застосування гіпотермії, кріотерапії та кріоконсервованих біологічних об'єктів для лікування різних захворювань;

• клітинна і тканинна терапія.

Після організації ІПКК НАН України було модернізовано методологічну базу кріобіологічних досліджень. Зокрема, отримано дані щодо молекулярних механізмів взаємодії кріопротекторів з біологічно важливими катіонами і білковими молекулами; з'ясовано закономірності впливу низьких температур на конформацію каталітичних та інших білків і структурно-функціональний стан біологічних мембран; виявлено зміни гуморальних регуляторних систем під час охолодження тканин, а також особливості розвитку клітинного імунітету при застосуванні кріоконсервованих тканин; фізико-математичними методами було досліджено процеси, що відбуваються під час кріоконсервування клітинних суспензій (температурний шок, дегідратація, поза- і внутрішньоклітинна кристалізація тощо).

Проведено важливі роботи з одержання ефективних низькотоксичних кріопротекторів широкого діапазону дії — було синтезовано пентаеритрити та поліетиленоксиди, які не потребують видалення перед клінічним використанням (кісткового мозку, еритроцитів, лейкомаси, лімфоцитів, шкіри, рогівки тощо) або кріоконсервуванням інших біооб'єктів. На цій основі розроблено ефективні програми й методи кріоконсервування клітин і тканин з високою збереженістю їхніх морфологічних і функціональних властивостей. Такі дослідження тривають і далі, оскільки перелік біооб'єктів і проблем під час їх проведення постійно збільшується.

Оновлена методологічна база істотно сприяла розгортанню в межах зазначених напрямів важливих фундаментальних і прикладних досліджень механізмів, що відбуваються в біологічних середовищах, клітинах, тканинах, органах, організмах під впливом

різних режимів охолодження, а також досліджень, спрямованих на виявлення кріолабільних і кріостабільних структур для з'ясування механізмів кріоушкоджень і кріопротекції біооб'єктів на молекулярному, субклітинному й органотканинному рівнях. Крім того, вивчаються біологічні властивості й антигенна перебудова тканин, консервованих за низьких температур, з метою пошуку їх спрямованої мінливості для подолання тканинної несумісності та зниження вторинних імунологічних реакцій; ведеться пошук ефективних кріопротекторів для розроблення досконаліших технологій і методів кріоконсервування різних біооб'єктів.

Особливого успіху вчені досягли в опрацюванні наукового напряму «клітинна і тканинна терапія». Колектив Інституту вперше в Україні створив імунобіологічні препарати, що мають сертифікати МОЗ України на їх одержання та застосування (попередні висновки підтверджують їхні високі лікувальні властивості при різних захворюваннях людини).

В останні роки набуває розвитку ще один перспективний напрям досліджень — кріобіологія відновлення, спрямований на вивчення механізмів репарації біологічних структур та їхніх функцій за допомогою низьких температур.

Не мають аналогів дослідження з вивчення впливу факторів кріоконсервування на стан геному клітин, особливостей експресії генів самопідтримання, проліферації й диференціювання стовбурових [2] кровотворних і стромальних елементів, імунокомпетентних клітин із різних джерел і стовбурових ракових клітин, а також на генетичний апарат імунокомпетентних клітин після застосування фетального матеріалу в умовах «інтактного» організму і при окремих патологіях.

Під час опрацювання цих наукових напрямів було отримано важливі результати як фундаментального, так і прикладного спрямування [3]. Розроблено фізико-математичні підходи до вивчення процесів, що відбуваються в багатокомпонентних середовищах, які моделюють кріобіологічні системи. Вперше сформульовано й фізично обґрунтовано нову базову математичну модель ендоцитозу; визначено граничні розміри діаметра молекул, за яких проникнення крізь мембрани не обмежується розмірами їхніх каналів; установлено співвідношення між транспортними характеристиками клітинних мембран (коефіцієнти фільтрації та проникності) і коефіцієнтами тертя між окремими компонентами для рухомої мембрани довільної форми.

Встановлено зв'язок між ступенем кріозахисту і токсичністю вживаних хімічних сполук залежно від характеру досліджуваних функціональних груп.

Розроблено і науково обґрунтовано принципи комплексного оцінювання нативних і кріоконсервованих ембріонів за морфологічними характеристиками, здатністю до поновлення мітозів, швидкістю морфогенетичних процесів з урахуванням преімплантаційної генетичної діагностики (їх можна використати як прогностичні критерії ймовірності розвитку повноцінних ембріонів у разі їх застосування в допоміжних репродуктивних технологіях); уперше в Україні вдалося досягти народження дітей із заморожених ембріонів. Запропоновано оригінальний метод штучного запліднення жінок кріоконсервованою спермою донора.

Проведено порівняльний аналіз впливу ритмічної гіпотермії на процеси природного й індукованого старіння мозку (експериментальна модель) щурів, при цьому виявлено підвищення спрямованості вегетативних реакцій і посилення центральних механізмів регуляції (на цій основі розроблено нові методи програмного охолодження організму, які активізують його регуляторні системи, механізми саногенезу при різних патологіях). З'ясовано, що організм реагує на охолодження не лише системою терморегуляції, а й усіма можливими механізмами адаптації, активуються гіпоталамо-гіпофізарно-адреналова, імунна, ендокринна та інші системи.

[2] Неспецифічні й недиференційовані клітини ембріонів і органів дорослих організмів тварин і людини.

[3] Далі наведено окремі приклади досліджень, зафіксованих в офіційних звітах НАН України.

Показано, що позитивна дія лікувальних режимів охолодження зумовлена підвищенням лабільності регуляторних процесів у центральній нервовій і серцево-судинній системах та стимуляцією прямих і зворотних зв'язків між ними (активація нейротрансмітерних механізмів гематоенцефалічного бар'єру), «розхитуванням» симпато-парасимпатичних переключень з подальшою оптимізацією центральної та периферійної дії первинних, вторинних і ретроградних месенджерів, відновленням порушених функцій, властивостей біоритмів мозку й організму.

Встановлено, що екстремальні кріовпливи приводять до періодичної зміни структурно-функціональної активності гематоенцефалічного бар'єру, довгострокової активації синаптичного апарату нейронів гіпоталамуса, оптимізації дії ретроградних месенджерів на рівні компартментів цитоплазми, ендотеліоцитів та їх нейрогліального оточення. Усе це забезпечує значну активізацію фізіологічних резервів організму і може бути використане для лікування патологій різного походження.

Розроблено біотехнології, що дають можливість тривалий час зберігати різні біооб'єкти (компоненти крові, клітини кісткового мозку, клітини й тканини фетоплацентарного походження, репродуктивний біоматеріал, зразки рослинного походження, сперму риб і птахів, мікроорганізми та ін.), а також технологію отримання препаратів нейрональних фетальних клітин з високою життєздатністю і показано терапевтичний ефект їх застосування при експериментальній гіпоксичній ішемії новонароджених тварин.

Виявлено стимуляційну дію перфторану на рухливість спермій у людини при гіпотермії (додавання його до суспензії спермій подовжує термін їх збереження до 96 годин).

Розроблено прогресивний спосіб зберігання і транспортування інфікованих біоматеріалів, мікробних ізолятів від хворих, біоптатів, проб крові (порівняно з аналогами його використання дає змогу запобігти інфікуванню персоналу і забрудненню довкілля в разі розгерметизації чи порушення цілості контейнерів під час зберігання та відігрівання).

Обґрунтовано нові підходи для спрямованої модифікації певного структурно-функціонального стану клітин перед кріоконсервуванням для підвищення їхньої стійкості до заморожування-відігрівання і на основі принципу «холодової» стабілізації запропоновано унікальний метод кріоконсервування еритроцитів без відмивання під захистом непроникного кріопротектора ПЕО-1500, який підвищує стійкість клітин до заморожування-відігрівання і максимально зберігає їхні структурно-функціональні показники.

Показано високу ефективність розробленого сахарозовмісного розчину для гіпотермічного зберігання фетальних нервових клітин людини.

Установлено, що застосування кріоконсервованих мезенхімально-мезодермальних клітин із м'яких тканин ембріона при лікуванні опіків значно прискорює темпи репараційно-регенеративних процесів у тварин.

Під час вивчення впливу кріоконсервування на імунобіологічну активність кісткового мозку вперше було показано, що співтрансплантація клітин фетальної печінки з алогенним кістковим мозком зумовлює істотне зниження індукованої ним реакції «трансплантат проти хазяїна». Крім того, було виявлено, що використання цих клітин у щурів прискорює регенерацію печінки, стимулює гемопоетичну функцію, нормалізує стан ферментативної антиоксидантної системи печінки і крові, активує репаративні процеси, що супроводжуються нормалізацією біохімічних і біоенергетичних показників. При застосуванні на моделі тварин з генетично детермінованим раком мишей лінії СЗН «превентивної» терапії клітин фетальної печінки було виявлено імунокорегувальний ефект і одночасне зниження частоти розвитку пухлин.

Встановлено корелятивні зв'язки між морфологічними характеристиками і хромосомним статусом нативних і кріоконсервованих ембріонів людини. З'ясовано, що ембріони з високим ступенем фрагментації цитоплазматичних ділянок характеризуються значним рівнем анеуплоїдій, а після кріоконсервування достовірно зростає кількість ембріонів з такими аномаліями, як поліплоїдія.

Показано, що введення алогенної кріоконсервованої плаценти на фоні експериментального атеросклерозу сприяло швидкій нормалізації ліпідного спектра сироватки крові й відновленню структурно-функціональної цілісності ендотелію, що свідчить про гіполіпідемічний і ангіотрофічний ефекти цієї тканини.

Досліджено можливість застосування препарату клітин хоріона для терапії експериментальних термічних опіків і встановлено, що використання цих клітин сприяє ранозагоювальним і протизапальним ефектам (зменшення площі опіку, нормалізація вмісту лейкоцитів у крові, відновлення структури шкіри вже на 20-ту добу).

Створено фізико-математичну модель електропорації клітин, яка, на відміну від наявних, враховує внесок у цей процес вільної енергії ізотропного розтягу і зсуву клітинної мембрани й пояснює особливості цього явища (малу швидкість заліковування мембранних пор після дії електричного поля та існування так званого пробою клітини).

Вперше показано, що швидкість охолодження селективно впливає на збереженість і субпопуляційний склад суспензій клітин надниркових залоз і сім'яників, у результаті чого створено базу для розроблення способів отримання зі стероїдопродукувальних залоз клітинних суспензій потрібного складу.

Доведено, що введення екстракту кріоконсервованих фрагментів шкіри поросят або селезінки свиней у черевну порожнину щурів змінює пептидний склад екстракту нормальної шкіри, пришвидшує та нормалізує процес загоєння холодових травм шкіри у щурів у більш ранні строки.

Встановлено можливість отримання фібробластів із експлантатів після зберігання в умовах гіпотермії в сироватці крові протягом 14 діб. Показано можливість гіпотермічного зберігання суспензії фібробластів у ростовому середовищі впродовж 72 годин.

Виявлено високу антигемолітичну активність хлорпромазину в умовах гіпертермічного гемолізу еритроцитів людини, коня, бика і кроля (при цьому діапазони ефективних концентрацій хлорпромазину для різних видів тварин неоднакові).

Для потреб експериментальної медицини запропоновано способи оцінювання безпеки застосування фетальних клітин, визначення імуногенності еритроцитів, подовження функціонування ендокринних ксеноматеріалів тощо.

Отримано систему диференціальних рівнянь, що описує процеси пасивного масоперенесення електронейтральної речовини крізь біологічні мембрани і за її допомогою визначено основні параметри, що характеризують проникність плазматичних мембран низки клітин, побудовано фізико-математичну модель стану поза- і внутрішньоклітинних розчинів у суспензії клітин у процесі її кристалізації, яка дає змогу визначити режими охолодження цієї суспензії.

Створено експериментальні моделі патологічних станів (антифосфоліпідного синдрому, плацентарної недостатності й атеросклерозу), за допомогою яких можна визначати ефективність біологічної дії вищезазначених біооб'єктів.

Винайдено кріозахисні середовища і створено найбільш ефективну програму кріоконсервування для збереження структури та життєздатності біооб'єктів плацентарного походження. Проведено оцінювання ефективності застосування кріоконсервованих продуктів фетоплацентарного комплексу в терапії аутоімунних захворювань. Розроблено спосіб кріоконсервування суспензій клітин сім'яників для потреб практичної медицини.

Знайдено ефективне рішення одного з основних питань кріобіології — усунення ефекту «упакування» під час заморожування еритроцитів (високий гематокрит) завдяки розробленню комбінованих кріоконсервантів з непроникними і проникними кріопротекторами.

Запропоновано методи кількісного оцінювання адгезійної здатності клітин, які дають можливість керувати нею, модифікуючи хімічні характеристики підкладки та поверхні клітинних мембран.

Результати глибоких фундаментальних досліджень учених Інституту з вивчення

властивостей стовбурових клітин і клітин-попередників дали змогу створити на їхній основі високоефективні тканинні й клітинні препарати. Ці клітини мають унікальну здатність відтворювати вихідні ознаки за необмеженої кількості поділів і високого проліферативного потенціалу. Тому вивчення їх диференціювання в соматичні клітини та спрямованого транспортування до ушкоджених органів і тканин, розроблення для них оптимальних режимів заморожування зі збереженням життєздатності та функціональної активності є одним із найважливіших напрямів сучасної кріобіології і кріомедицини.

Фактично дослідження Інституту в цій галузі є альтернативою генетичній корекції, оскільки формують вагомий науковий потенціал для синтезу субстанцій з біомодуляційною і морфогенетичною здатністю. Зокрема, отримано експериментальні дані, які свідчать про здатність деяких режимів кріоконсервування ембріонального мозку змінювати субпопуляційний склад у бік переважання nestin-клітин, що належать до стовбурових елементів нервової тканини; на моделі експериментального алергійного енцефаломієліту показано, що вони мають високий терапевтичний ефект при лікуванні нейродегенеративних захворювань аутоімунної природи.

В експерименті з кісткового мозку дорослих тварин одержано стовбурові клітини, які під впливом спеціальних ростових факторів було модифіковано в нейроподібні клітини, а також клітини підшлункової залози, які виробляють інсулін (ці клітини можна ефективно використовувати як аутоматеріал при деяких неврологічних захворюваннях, зокрема при епілепсії).

Розроблено також методи ізолювання мезенхімальних стовбурових клітин та клітин-попередників і стромально-васкулярної фракції клітин з жирової тканини дорослої людини.

На моделі CCl_4-індукованого цирозу щурів установлено, що у віддалені строки після трансплантації дія стовбурових клітин і клітин-попередників, ізольованих з фетальної печінки людини, спрямована на підтримання функції і стимуляцію репаративних процесів у печінці, а також на відновлення прооксидантно-антиоксидантного балансу.

В експериментальній моделі ад'ювантного артриту АА на мишах крім загальновизнаних характеристик установлено факт «специфічного» поводження кровотворної системи в разі патології — змінюється вміст стовбурових CD34+CD38 клітин кісткового мозку.

З'ясовано істотні відмінності функціональних характеристик стовбурових кровотворних та мезенхімальних клітин кісткового мозку здорових тварин і тварин з експериментальним ад'ювантним артритом, а також чутливості цих клітин до факторів кріоконсервування.

Розроблено метод кріоконсервування клітин хоріона, що дає можливість одержувати препарат з високим показником життєздатності й цілістю стовбурових клітин. Вивчено вплив біологічно активних речовин та умов культивування на проліферативні властивості стовбурових клітин і клітин-попередників із тканин дорослої людини.

Встановлено, що клітини фетальної печінки пізніх термінів гестації після кріоконсервування набувають високого ступеня експресії генів проліферації й диференціації клітин стовбурового компартменту, що може підвищувати їхню терапевтичну ефективність завдяки стимуляції гемопоезу реципієнтів і пулу Т-регуляторних клітин для зниження прояву хвороби «трансплантат проти хазяїна».

На моделі гострої реакції «трансплантат проти хазяїна» виявлено зниження в реципієнтів вмісту стовбурових кровотворних і мезенхімальних клітин, а також зниження кількості Т-регуляторних клітин і корегувальну дію щодо цих показників клітин фетальної печінки.

Вивчено стан компартменту стовбурових і клітин Т-регуляторної ланки імунітету на молекулярно-генетичному рівні в реципієнтів з аутоімунними захворюваннями і з'ясовано механізми корегувального впливу кріоконсервованих продуктів фетоплацентарного комплексу при лікуванні патологій аутоімунної генези.

Розширено уявлення про механізми розвитку аутоімунних конфліктів на клітинному й

молекулярному рівнях і обґрунтовано доцільність спрямованого підвищення ефективності лікування хвороби «трансплантат проти хазяїна» котрансплантацією гістонесумісного кісткового мозку і клітин фетальної печінки.

Досліджено проліферативні властивості стовбурових клітин і клітин-попередників людини та створено інформативний і відновлювальний метод оцінювання проліферації клітин людини *in vitro* для визначення життєздатності свіжоізольованих і кріоконсервованих клітин.

Вперше продемонстровано можливість взаємодії наночастинок ортованадату з пухлинними клітинами (АКЕ) з метою таргетного маркування і запропоновано відповідні методичні рекомендації.

Вивчено механізми впливу нанокомпозитних покриттів на основі оксидних нанокристалічних шарів з різною мікроархітектонікою на регуляцію функціонального статусу мезенхімальних стовбурових клітин (МСК). Встановлено здатність деяких оксидних покриттів селективно збагачувати культури кісткового мозку клітинами, що експресують маркери МСК, а також підвищувати ступінь експресії в них гена ido, що дає можливість подальшого їх застосування в біомедицині. Доведено можливість використання зазначених клітин зі зміненими властивостями під впливом нанопокриття AL_2O_3 для лікування хвороби «трансплантат проти хазяїна».

У результаті експериментальних досліджень учені Інституту встановили важливий факт, що альтернативним джерелом гемопоетичних стовбурових клітин може бути кордова кров, оскільки вона має велику кількість еритроцитів стовбурових клітин і різних біологічно активних речовин. Це збільшує ресурсний потенціал для отримання стовбурових клітин та їх попередників і розширює діапазон лікувальних можливостей кріомедицини.

На базі набутого досвіду створення методів кріоконсервування біооб'єктів без відмивання розроблено і захищено патентами України ефективні методи виділення і кріоконсервування ядровмісних клітин кордової крові зі збереженням їхнього кількісного складу та структурно-функціональної повноцінності. Зокрема, запропоновано спосіб кріоконсервування цільної кордової крові, який забезпечує схоронність усіх компонентів, у тому числі стовбурових гемопоетичних клітин (зі збереженням до 85% CD45+ клітин і до 98% CD34+ клітин), і структурних властивостей ядровмісних клітин кордової крові на високому рівні, необхідному для проведення відповідних наукових досліджень і практичного клінічного застосування. Крім того, виявлено повне збереження у препараті цільної кордової крові біологічно активних речовин її плазми після кріоконсервування.

В експериментах на білих мишах і морських свинках показано відсутність аномальної токсичності кріоконсервованої сироватки кордової крові людини (встановлено, що вона не чинить токсичної дії на морфофункціональні показники різних клітин і тканин кролів в експериментах *in vivo*).

Визначено найприйнятніші строки гіпотермічного зберігання ядерних клітин кордової крові й показано, що оптимальним кріопротектором для цих клітин є димексид у 7% концентрації, а оптимальним кріоконсервантом — білковий розчин.

Виявлено ранозагоювальну дію сироватки кордової крові завдяки прискоренню загоєння опікових ран і нормалізації рівня загального білка крові, концентрації гемоглобіну та кількості еритроцитів. Вперше в плазмі та лейкомасі кордової крові було визначено білкові фракції з противірусною активністю.

З'ясовано, що поєднане використання екстремальних кріовпливів і препаратів кордової крові у щурів з хронічною алкогольною інтоксикацією сприяє вирівнюванню вегетативних складових у регуляції артеріального тиску й корекції мікроциркуляції, порушеної лейкоцитарною адгезією дрібних судин.

Особливого значення набувають дослідження, спрямовані на створення першого в Україні кріобанку донорської пуповинної крові й обґрунтування можливостей застосування її як генетичного аутоматеріалу (на

думку зарубіжних фахівців, це є альтернативою трансплантації кісткового мозку).

Крім досліджень у галузі медицини вчені Інституту приділяють належну увагу й іншим аспектам. Так, упродовж останніх років проведено фундаментальні та прикладні дослідження з вивчення дії низьких температур і різних класів сполук на рослини в період активної життєдіяльності з метою підвищення їхньої стійкості до екстремальних природних факторів (заморозки, посуха тощо). Це дало змогу обґрунтувати доцільність використання на практиці розроблених кріопротекторів з низькою токсичністю (вони є фармакопейними препаратами в Україні, США, Німеччині та Японії). Зокрема, створено комплексні синтетичні препарати Дорсай, Марс та Юпітер з унікальними властивостями кріопротектора, регулятора росту, протруйника, адаптогену, фунгіциду. Препарати належать до IV класу безпеки, екологічно безпечні, нешкідливі для людини, тварин і ґрунту; аналогів їх у світі немає, а конкурентна перевага порівняно з наявними адаптогенами або регуляторами росту та протруйниками полягає в комплексній дії, значно вищій ефективності, нетоксичності та меншій вартості.

Запропоновано спосіб кріоконсервування методом вітрифікації меристем часнику сорту Мереф'янський білий з використанням попереднього спеціального загартування і повільного охолодження в комбінованих кріозахисних середовищах. Цей спосіб має певні переваги перед традиційним — він потребує менших матеріальних та енергетичних витрат і є основою для розроблення згідно зі світовими стандартами технологій зберігання генетичних колекцій інших рослин, що розмножуються вегетативно.

В інтересах рибництва розроблено простий метод виявлення геномних кріоушкоджень риб. Уперше в Україні кріоконсервовано сперму осетрових і коропових із застосуванням кріосумішей та отримано молодь окуневих риб після запліднення кріоконсервованою спермою.

Дослідження механізмів холодової адаптації у прісноводних риб показало, що в стані зимового спокою в карасів Carassius carassius знижується активність ферменту лактатдегідрогенази в червоних і білих м'язах, а також у тканині мозку, що свідчить про переважання анаеробного шляху метаболізму.

Під час вивчення якості сперми коропів, отриманої до і після гормональної стимуляції, було встановлено часткове ушкодження мембран у бік збільшення проникності мембран сперміїв, що має велике значення для розуміння механізмів їх кріоушкоджень і відповідного вдосконалення методів кріоконсервування сперми коропів та поліпшення технологій отримання мальків.

Уперше в Україні розроблено методи кріоконсервування прісноводних видів риб — об'єктів аквакультури (лина та сома європейського) і морського виду трьохперки чорноголової, яка занесена до Червоної книги України.

Крім вищевикладених тривають дослідження і в інших актуальних, важливих напрямах теоретичної і практичної кріобіології та кріомедицини. Науковці Інституту і в подальшому зосереджуватимуть свої зусилля на глибокому вивченні стовбурових клітин, їхніх попередників, компонентів кордової крові, молекулярно-генетичних механізмів регулювання підтримання і збереження їхніх властивостей (зокрема, самооновлення, здатність до диференціювання в різних напрямах), удосконаленні надійних методів їх тривалого зберігання, а також отриманні на їх основі лікарських засобів і розширенні переліку захворювань, які можна лікувати з використанням таких клітин.

Більшість досліджень здійснюються на світовому рівні і спрямовані на істотне оздоровлення населення, підвищення фізичної та розумової працездатності людей, а також уповільнення процесів старіння організму. Досягнення кріобіологів посіли гідне місце у світовій науці і здобули широке визнання вітчизняних та зарубіжних учених.

Нині Інститут кріобіології і кріомедицини НАН України є одним із провідних наукових центрів світу з фундаментальних і прикладних проблем кріобіології та кріомедицини.

УДК 681.32

В.І. ГРИЦЕНКО, Л.С. ФАЙНЗІЛЬБЕРГ

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем
Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
просп. Академіка Глушкова, 40, Київ, 03680, Україна

ПЕРСОНІФІКОВАНІ ЗАСОБИ ЦИФРОВОЇ МЕДИЦИНИ – КРОК ДО ЗДОРОВ'Я

У статті розглянуто особливості сучасних інтелектуальних інформаційних технологій, які становлять функціональну основу персоніфікованих засобів цифрової медицини для домашнього вжитку. Показано, що реалізація таких технологій потребує нових підходів до отримання діагностичної інформації та специфічних методів надання інформації користувачу, який не має спеціальної медичної освіти. Наведено результати апробації, що підтвердили ефективність запропонованої технології.

Ключові слова: цифрова медицина, інформаційна технологія, діагностична інформація.

ВСТУП

Світ вступив у складну епоху свого розвитку. В комплексі проблем, що виникають при цьому, центральне місце посідають зростання числа захворювань, передчасна смерть працездатного населення, дорожнеча лікування і, як наслідок, додаткові демографічні проблеми. Стає очевидним, що вирішення цих проблем потребує не лише вдосконалення традиційних форм охорони здоров'я. Характер тяжких захворювань передбачає розподілену систему надання медичних послуг, коли домашнє спостереження і лікування набуває великого значення. Досягти цього можна завдяки створенню новітніх персоніфікованих засобів цифрової медицини, світова практика розвитку яких підтверджує їх перспективність.

Проте темпи впровадження таких засобів стримуються обмеженими можливостями інформаційних технологій (ІТ). Річ у тім, що наближення медичних засобів безпосередньо до пацієнта не можна здійснювати лише незначними доробками та спрощенням приладів клінічного використання. Навпаки, розроблення простих і надійних персоніфікованих приладів потребує досить складних наукомістких ІТ, що реалізують нові підходи до оброблення інформації і специфічні методи надання наочної інформації користувачу, який не має спеціальної медичної освіти.

Важливу роль у цьому напрямі відіграє новий клас інформаційних технологій — інтелектуальні ІТ з елементами мислення, побудова яких є одним із пріоритетних напрямів науково-технічного прогресу та інноваційного розвитку. Концепцію щодо створення таких технологій в Україні було розроблено ще в дев'яностих роках минулого століття [1]. Розроблення інтелектуальних ІТ потребувало величезних зусиль та складних досліджень фундаментального і прикладного характеру.

Створені й використовувані в Україні інтелектуальні ІТ підтверджують свою ефективність. Вони є функціональною основою розробок високоінтелектуальних технологічних засобів і виробів, що якісно видозмі-

© В.І. Гриценко, Л.С. Файнзільберг, 2012

нюють усталені, часто неефективні форми діяльності в різних сферах.

У статті розглянуто особливості розроблення таких технологій на прикладі персоніфікованого приладу цифрової медицини ФАЗАГРАФ® для діагностики серцево-судинної системи, який створено Міжнародним науково-навчальним центром інформаційних технологій та систем (МННЦ ІТіС) і передано до серійного виробництва ПАТ НВК «Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського».

Сьогодні основну небезпеку для здоров'я населення становлять не інфекційні захворювання, як це було раніше, а хвороби серцево-судинної системи, причому останнім часом спостерігається тенденція до значного їх «омолодження». Захворювання серцево-судинної системи — одна з головних причин інвалідності та смертності працездатного населення в індустріально розвинених країнах.

Так, у Європі від серцево-судинних захворювань щороку помирає майже 3 млн осіб, у США — 1 млн, що становить половину всіх смертей і в 2,5 раза більше, ніж від усіх злоякісних новоутворень разом узятих. При цьому 25% померлих від серцево-судинних захворювань — люди віком до 65 років.

Ще більш невтішна картина спостерігається в Україні. Всього за десять років подвоїлася захворюваність на ішемічну хворобу серця (ІХС) [2]. Показник смертності від серцево-судинних захворювань в Україні є одним із найвищих у світі (66,6%). При цьому, за статистичними даними, у 50% випадків перший контакт хворого з лікарем-кардіологом відбувається вже у відділенні кардіореанімації з приводу гострого інфаркту міокарда [3].

Зрозуміло, що кардинально змінити цю ситуацію може лише профілактична медицина [4]. Для цього потрібні зручні, доступні й разом з тим надійні засоби цифрової медицини, які можуть виявляти початкові ознаки відхилень у роботі серця під дією фізичних та емоційних перевантажень не лише в медичних установах, а й на виробництві і навіть у домашніх умовах. Створення таких приладів ґрунтується на фундаментальних дослідженнях оброблення сигналів складної форми, що породжуються біологічними об'єктами [5].

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФАЗАГРАФ®

Електрокардіографія вже понад сто років залишається найпоширенішим методом функціональної діагностики в кардіології. Бурхливий розвиток засобів цифрової обчислювальної техніки зумовив появу нової галузі — комп'ютерної електрокардіографії.

Клінічне застосування цифрових електрокардіографів пройшло кілька стадій свого розвитку. Перші вироби мали лише одну, але дуже важливу функцію реєстрації та збереження ЕКГ у цифровій формі. Сучасні цифрові електрокардіографи мають вбудовані алгоритми, які забезпечують автоматичне вимірювання діагностичних ознак, зосереджених на інформативних фрагментах, та інтерпретацію результатів оброблення ЕКГ.

Разом з тим, за оцінкою фахівців, комп'ютерний аналіз ЕКГ у часовій області не завжди забезпечує належну достовірність результатів діагностики. Згідно з [6], ЕКГ спокою, які оцінювали за традиційними ознаками, залишались нормальними майже в половини хворих із хронічною формою ішемічної хвороби серця навіть під час епізодів дискомфорту в грудній клітині.

До того ж у реальних умовах крім корисного сигналу, що відображує електричну активність серця, реєструються різного роду завади від зовнішніх і внутрішніх джерел, які спотворюють діагностичну інформацію. Такі завади далеко не завжди можуть бути зведені лише до адитивної перешкоди. Проте навіть приглушення адитивної мережевої завади за допомогою традиційних режекторних фільтрів часто призводить до істотних спотворень корисного сигналу [7] і, в кінцевому підсумку, до помилкової діагностики.

Не менші проблеми виникають і в разі використання іншого відомого підходу до підвищення співвідношення сигнал — шум, який заснований на усередненні послідовності циклів ЕКГ [8]. Справа в тому, що навіть у здорових людей частота серцевих скорочень не є сталою величиною [9]. Більш того, на окремих циклах ЕКГ відбуваються нерівномірні зміни тривалостей інформативних фрагментів, на яких зосереджені діагностичні ознаки [10]. Тому при використанні тривіальних алгоритмів усереднення серцевих циклів у часовій області відбувається «розмивання» інформативних фрагментів [7], унаслідок чого виникають помилки у вимірюванні значень діагностичних ознак. Можна навести цілу низку інших проблем, що виникають під час побудови комп'ютерних алгоритмів аналізу та інтерпретації ЕКГ у часовій області.

Слід зауважити, що помилки комп'ютерних алгоритмів, якщо вони виникають при клінічному використанні цифрових електрокардіографів, можуть бути виправлені кваліфікованим лікарем на основі додаткового візуального оцінювання ЕКГ.

Зовсім інша ситуація виникає в разі наближення цифрового електрокардіографа безпосередньо до пацієнта. При персональному використанні навіть реєстрація ЕКГ у 12 традиційних відведеннях стає проблематичною, оскільки потребує певної кваліфікації для правильного розміщення електродів. До того ж пацієнт, який не має спеціальної медичної освіти, не може корегувати помилкові рішення комп'ютерного алгоритму на основі візуальної оцінки ЕКГ.

Рис. 1. Мікропроцесорний сенсор ІТ ФАЗАГРАФ®

Отже, основний «інтелект» персональних засобів оброблення ЕКГ має бути передусім спрямований на реалізацію нових ефективних алгоритмів, що забезпечать надійне вилучення діагностичної інформації з істотно спотворених сигналів.

Зважаючи на ці аргументи, в основу розробки ІТ ФАЗАГРАФ® було покладено такі вимоги:

• *зручність* — процедура реєстрації ЕКГ має бути необтяжливою, проводитися без зняття одягу і не вимагати інших підготовчих заходів;

• *надійність* — користувачу має бути надана лише інтегральна, але достовірна інформація про його поточний функціональний стан, яку можна отримати при спрощеній реєстрації сигналу і яка не потребує додаткового візуального аналізу ЕКГ;

• інформативність — можливість виявлення прихованих ознак порушень у роботі серця під впливом фізичних і емоційних навантажень, які недооцінюють під час традиційної ЕКГ-діагностики;

• оперативність — результат має бути отриманий не більше ніж за 1–2 хв.;

• наочність — форма подання результатів має бути зрозумілою людині без спеціальної медичної підготовки.

Для забезпечення цих, на перший погляд, суперечливих вимог в ІТ ФАЗАГРАФ® реалізовано спрощену процедуру реєстрації ЕКГ за допомогою спеціального сенсора з пальцевими електродами з подальшим обробленням сигналу на персональному комп'ютері за оригінальним методом. Для реєстрації ЕКГ достатньо доторкнутися пальцями правої й лівої рук до мініатюрних електродів, розміщених на передній панелі сенсора (рис. 1).

Електроживлення сенсора й передавання даних до комп'ютера здійснюється через USB-порт комп'ютера. У сенсорі забезпечу-

Рис. 2. Результати моделювання: реальна (*1*) і штучна (*2*) ЕКГ з інверсними зубцями *T* (*а*) та з екстрасистолами (*б*)

ється гальванічна розв'язка електричних ланцюгів відповідно до міжнародних стандартів з безпеки медичних виробів.

В основу розробки ІТ ФАЗАГРАФ® покладено оригінальну стохастичну модель породження біологічного сигналу $z(t)$ в умовах внутрішніх і зовнішніх збурень [11]. Модельні експерименти підтвердили адекватність запропонованої моделі. Для порівняння на рис. 2 наведено результати штучних ЕКГ, генерованих за моделлю, та записів № 100 і № 119 реальних ЕКГ зі спеціалізованої бази MIT–BIH Arrhythmia Database [12].

Запропонована модель дала змогу декомпозувати загальну проблему створення ефективних інформаційних технологій добування діагностичної інформації з фізіологічних сигналів складної форми, звівши її до послідовності окремих стадій інтелектуального оброблення сигналів [5]. Функціональною основою цієї технології є оригінальний метод оброблення сигналу в фазовому просторі (на площині $z(t) - \dot{z}(t)$), який дає можливість істотно підвищити достовірність результатів діагностики.

Комп'ютерне оброблення сигналу складається з таких стадій:

• фільтрація зовнішніх спотворень, зокрема, видалення дрейфу ізоелектричної лінії, приглушення мережевих завад на основі оригінального вузькосмугового режекторного фільтра і випадкових шумів на базі вдосконаленого алгоритму адаптивного згладжування;

• оцінювання першої похідної $\dot{z}(t)$ сигналу на основі інтерполяційного полінома Лагранжа з відповідною процедурою регуляризації;

• побудова фазового портрета ЕКГ у просторі $z(t) - \dot{z}(t)$ й оцінювання усередненої фазової траєкторії з використанням гаусдорфових відстаней [11]

$$R_H(Q_k, Q_m) = \max \left\{ \begin{array}{l} \max\limits_{q_k \in Q_k} \min\limits_{q_m \in Q_k} \rho(q_k, q_m), \\ \max\limits_{q_m \in Q_m} \min\limits_{q_k \in Q_k} \rho(q_k, q_m) \end{array} \right\}$$

між парами фазових траєкторій Q_k та Q_m окремих циклів, де $\rho(q_k, q_m) = \| q_k - q_m \|$ — евклідова відстань між точками (нормованими векторами) $q_k = (z_k, \dot{z}_k) \in Q_k$ та $q_m = (z_m, \dot{z}_m) \in Q_m$ на фазовій площині;

• відновлення корисного сигналу та аналіз традиційних ЕКГ-ознак у часовій області;

• аналіз статистичних і спектральних показників варіабельності серцевого ритму та оцінювання на їх основі збалансованості симпатичного й парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи;

• розпізнавання інформативного фрагмента усередненої фазової траєкторії, що відповідає періоду реполяризації шлуночків;

• оцінювання додаткового діагностичного показника β_T, що характеризує симетричність форми цього фрагмента, та реалізація діагностичного правила, заснованого на порівнянні β_T з пороговим значенням.

Показник β_T визначають як відношення максимальної швидкості на висхідному та низхідному колінах фрагмента реполяризації усередненої фазової траєкторії. Досі такий показник вивчали лише в наукових дослідженнях, але не реалізовували в комп'ютерному аналізі, швидше за все, через складність його обчислення за реальними ЕКГ.

Оригінальні комп'ютерні алгоритми оброблення ЕКГ у фазовому просторі, в тому числі процедури, спрямовані на автоматичне визначення показника β_T за реальними сигналами, описано в роботі [13].

ГРАФІЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Зрозуміло, що пацієнт не зобов'язаний знати і розуміти математичну складність наведених вище процедур. Користувач лише отримує кінцевий результат — інформацію про поточний стан його серцево-судинної системи та збалансованості вегетативної нервової системи. Така інформація надається за допомогою текстових і голосових повідомлень, а також наочних графічних образів.

Результати тестування зберігаються в базі даних і відображуються на спеціальному індикаторі у вигляді градусника (рис. 3 *а*) відносно шкали, розділеної на три зони — зелену («норма»), жовту («задовільно») та червону («увага»). Така інтерпретація результатів не потребує жодних медичних навичок.

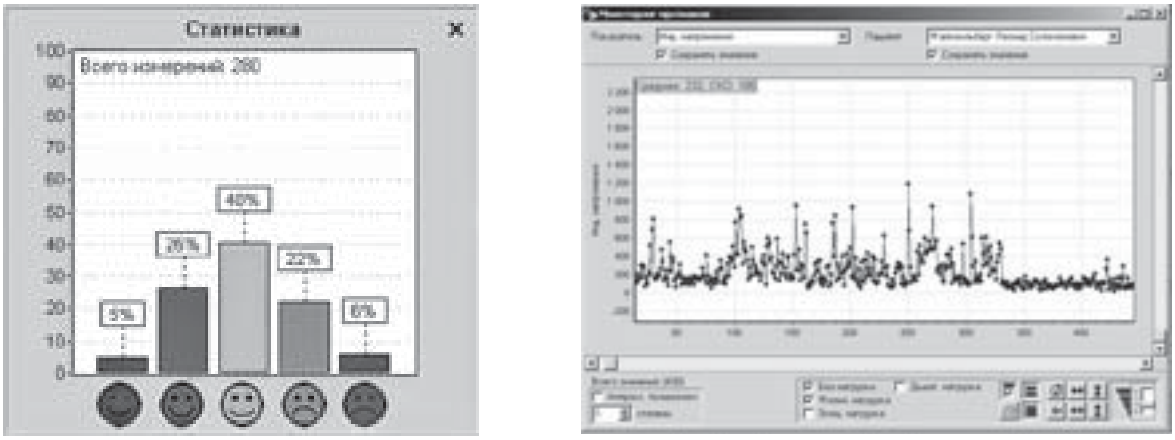
У програмі реалізовано також важливу функцію автоматичного уточнення усереднених значень показників функціонального стану конкретного користувача під час кожного тестування. Це дає змогу порівняти поточний результат тестування з «персональною» нормою і надати додаткову інформацію на персональному індикаторі (рис. 3 *б*) у вигляді п'яти характерних графічних образів, які сигналізують про стабільність функціонального стану, його певне погіршення чи покращення порівняно з усередненою нормою.

ФАЗАГРАФ® забезпечує оцінювання й відображення розподілу частот «нормального» стану користувача і відхилень від персональної норми у вигляді гістограми відповідних графічних образів (рис. 4 *а*), а також графіків, що відтворюють динаміку кожного з показників упродовж певного періоду спостережень (рис. 4 *б*).

ФАЗАГРАФ® дає також можливість оцінювати функціональний стан користувача під навантаженням. Для цього реалізовано модуль керування фізичним навантаженням (рис. 5 *а*) у вигляді проби Руф'є — задана кількість присідань за певний інтервал часу — та модуль керування емоційним навантаженням (рис. 5 *б*) — комп'ютерні стрес-тести, які користувач має виконати в умовах дефіциту часу, коли на екрані монітора з'являються випадкові збуджувальні чи гальмівні графічні стимули різного типу.

а *б*

Рис. 3. Індикатори функціонального стану користувача



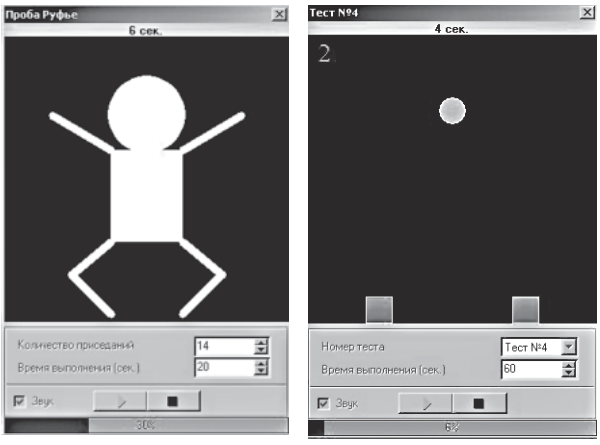
а *б*

Рис. 4. Відображення статистики та динаміки результатів тестування

ВИПРОБУВАННЯ, СЕРТИФІКАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ

Для організації серійного виробництва прилад ФАЗАГРАФ® пройшов усі передбачені законодавством України технічні та медичні випробування й отримав Свідоцтво про державну реєстрацію виробу медичного призначення № 8398/2008, а також державний Сертифікат затвердження засобу вимірювальної техніки № UA-MI/1-2558-2009. Технічні випробування підтвердили відповідність виробу чинним стандартам і нормативним документам, зокрема ДСТУ 3798-98 (IEC 60601-1:1988) з безпеки медичних приладів.

Для інформаційної підтримки серійного виробництва в МННЦ ІТіС було створено і впроваджено на ПАТ НВК «Київський за-



а *б*

Рис. 5. Вікна програмних модулів керування навантаженням

вод автоматики ім. Г.І. Петровського» додаткове обладнання — програмно-технічний комплекс для відтворення штучних ЕКГ із заданими амплітудно-часовими параметрами. За допомогою цього комплексу здійснюють перевірку метрологічних характеристик та оцінювання споживчих якостей приладів ФАЗАГРАФ®. Мікроелектронний імітатор сигналів складної форми, на основі якого побудовано цей комплекс, пройшов метрологічні випробування в ДП «Укртестметрстандарт» і отримав Свідоцтво про державну метрологічну атестацію № 26-02-0808 від 16 вересня 2011 р.

Ефективність оригінального методу комп'ютерного оброблення ЕКГ у фазовому просторі, який є функціональною основою ІТ ФАЗАГРАФ®, підтверджена масштабними клінічними випробуваннями, узагальнені результати яких подано в [14]. Наведемо лише декілька з цих результатів.

Для експериментального підтвердження діагностичної цінності показника β_T проводили статистичне оброблення клінічних даних, отриманих у відділенні ішемічних хвороб серця Національного наукового центру «Інститут кардіології ім. академіка М.Д. Стражеска» НАМН України (Київ) та в чотирьох клініках Німеччини: Essen University Hospital, Essen Katholical Hospital «Phillpusstift», Heart and Diabetes Center of North Rhine-Westphalia in Bad-Oeynhausen, Berlin German Heart Center.

Клінічний матеріал охоплював 441 запис ЕКГ хворих на ІХС з підтвердженим діагнозом (коронароангіографія) і 387 записів ЕКГ здорових волонтерів, які складали контрольну групу.

Статистична обробка показала, що середні значення показника β_T істотно відрізнялися в групах і становили 0,956±0,43 для хворих на ІХС і 0,665±0,12 для здорових волонтерів. Перевірка отриманого результату за критерієм Стьюдента підтвердила, що з імовірністю $P > 0{,}999$ гіпотезу про випадковість цих відмінностей можна відкинути.

Встановлено, що прийняття рішень за пороговим правилом

УВАГА, якщо $\beta_T \geq \beta_0$

НОРМА, якщо $\beta_T < \beta_0$,

де $\beta_0 \sim 0{,}72$, забезпечує розпізнавання представників зазначених груп з чутливістю $S_E = 81\%$ і специфічністю $S_P = 78\%$.

Слід підкреслити, що до групи *верифікованих хворих* було включено лише пацієнтів, у яких традиційний ЕКГ-аналіз у 12 відведеннях *не виявив жодних відхилень від норми*. Інакше кажучи, з погляду традиційної ЕКГ-діагностики всіх обстежених, у тому числі хворих на ІХС, було б віднесено до групи здорових.

Тому діагностичне правило, що підтвердило відносно високі показники чутливості та специфічності на такому «складному» клінічному матеріалі, можна вважати цілком прийнятними для профілактичного тестування в домашніх умовах.

В Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України проводили також апробацію ІТ ФАЗАГРАФ® в активних експериментах з тваринами (безпородними собаками). Основна мета експерименту — спостереження за зміною показника β_T в умовах штучної ішемії та реперфузії.

Експерименти ще раз підтвердили гіпотезу про важливість показника β_T для виявлення початкових ознак ішемії міокарда: щойно тварині проводили маніпуляцію, яка спричинювала штучну ішемію, значення показника β_T збільшувались, поступово наближаючись до порога «небезпечних» значень.

Крім спеціалізованих медичних закладів і науково-дослідних інститутів апробацію ІТ ФАЗАГРАФ® проводили у спортивних організаціях, зокрема, у збірних України з футболу, академічного веслування та стрільби з лука, діагностичних центрах, підприємствах із підвищеним техногенним ризиком, санаторіях, реабілітаційних центрах, навчальних закладах та серед інших потенційних споживачів (більш ніж у 30 організаціях). В отриманих відгуках за результатами апробації було підкреслено зручність і надійність приладу, відзначено інші позитивні споживчі якості ІТ ФАЗАГРАФ®.

Зокрема, в кількох відгуках зазначено, що під час тестування за допомогою приладу ФАЗАГРАФ® виявлено ряд пацієнтів з певними відхиленнями показників від норми, хоча досі вони вважали себе здоровими. Після додаткової перевірки в медичних закладах цей попередній «діагноз» було підтверджено.

ВИСНОВКИ

ФАЗАГРАФ® — перший вітчизняний прилад цифрової медицини для домашнього вжитку, в якому реалізовано перспективні науково-технічні рішення світового рівня та сучасні ідеї інтелектуальних ІТ.

Слід зауважити, що за результатами аналітичних досліджень [15] останнім часом ринок медичних виробів істотно змінив свій напрям від сегменту складних систем клінічного використання, на якому спостерігається певна стагнація, до портативних приладів цифрової медицини, які пацієнти можуть самостійно використовувати в домашніх умовах за звичайного способу життя.

Зрозуміло, спрощений метод реєстрації інформації тільки від одного відведення, який реалізує ІТ ФАЗАГРАФ®, не може слугувати основою стандартного ЕКГ-висновку. Разом з тим результати апробації технології в клінічних умовах підтвердили, що навіть така обмежена інформація при обробленні ЕКГ у фазовому просторі дає змогу *інтегрально* оцінювати функціональний стан серцевої діяльності та виявляти (з певним ступенем достовірності) початкові ознаки порушень.

Простота використання сенсора з пальцевими електродами для реєстрації ЕКГ (рис. 2) і наочність інформації про результати тестування, поданої в доступній формі у вигляді спеціальних індикаторів (рис. 3), дає можливість користувачеві, який не має медичної освіти, використовувати ІТ ФАЗАГРАФ® у домашніх умовах як приставку до побутового комп'ютера для самооцінювання функціонального стану, оптимізації способу життя та прийому медичних препаратів, розумного розподілу навантажень і відпочинку й накопичення даних для консультацій з лікарем.

Такий підхід до «розподіленої» діагностики, коли пацієнт сам накопичує інформацію за досить великий проміжок часу, а потім лікар її інтерпретує, дає можливість останньому зробити набагато обґрунтованіші висновки про стан серцево-судинної системи, ніж епізодичний «контакт» з пацієнтом з використанням традиційних клінічних засобів. До того ж накопичення вихідних даних з використанням персоніфікованих засобів цифрової медицини істотно зменшує тривалість необхідних обстежень пацієнта в стаціонарних умовах, що має позитивні економічні наслідки як для пацієнта, так і для державної системи охорони здоров'я.

На аналогічних принципах у МННЦ ІТіС створено інші персоніфіковані прилади цифрової медицини. Зокрема, розроблено автономний пристрій ІКАР з внутрішнім джерелом живлення і рідкокристалічним дисплеєм, який реалізує елементи ІТ ФАЗАГРАФ® і може працювати без комп'ютера в будь-яких умовах. Створено також оригінальну технологію відновлення рухів після інсультів та інших патологій, яку реалізовано в приладах ТРЕНАР-1 і ТРЕНАР-2. Розроблено інтелектуальну ІТ ДІАБЕТ ПЛЮС, яка виконує функції електронного помічника хворим на цукровий діабет і рекомендує збалансовані дієти.

На нашу думку, широке впровадження цих та аналогічних вітчизняних засобів цифрової медицини — вагомий внесок у вирішення приоритетної проблеми оздоровлення населення України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Грищенко В.І.* Інтелектуалізація інформаційних технологій // Наука і технології. — К.: Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 1992. — С. 4–9.
2. *Корнацький В.М.* Проблеми здоров'я суспільства та продовження життя. — К.: Інститут кардіології ім. М.Д. Стражеска, 2006. — 46 с.
3. *Thaulow E., Erikssen J., Sandvik L. et al.* Initial clinical presentation of cardiac disease in asymptomatic men with silent myocardial ischemia and angiographically documented coronary artery disease (the Oslo Ischemia Study) // Am. J. Cardiology. — 1993. — V. 72. — P. 629–663.

4. *Гоженко А., Кульбіда М., Кочет О.* Профілактична стратегія медичної науки — шлях до підвищення ефективності охорони здоров'я // Вісник НАН України. — 2011. — № 12. — С. 64–69.
5. *Файнзильберг Л.С.* Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика. — К.: Наук. думка, 2008. — 333 с.
6. *Connolly D.C., Elveback L.R., Oxman H.A.* Coronary heart disease in residents of Rochester, Minnesota. IV. Prognostic value of the resting electrocardiogram at the time of initial diagnosis of angina pectoris // Mayo. Clin. Proc. — 1984. — V. 59(4). — P. 247–250.
7. *Беркутов А.М., Гуржин С.Г., Дунаев А.А., Прошин Е.М.* Повышение эффективности регистрации формы электрокардиосигнала корреляционной обработкой в цифровой осциллографии // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. — 2002. — № 7. — С. 4–13.
8. *Zywietz C., Borovsky D., Götsch G., Joseph G.* Methodology of ECG Interpretation in the Hannover Program // Meth. Inf. Med. — 1990. — V. 29, N 4. — P. 375.
9. *Goldberger A.L.* Fractal mechanisms in the electrophysiology of the heart // IEEE Eng. Med. Biol. — 1992. — V 11. — P. 47–52.
10. *Генкин А.А.* Новая информационная технология анализа медицинских данных. — Спб: Политехника, 1999. — 192 с.
11. *Fainzilberg L.S.* ECG Averaging Based on Hausdorff Metric // Int. J. Bioelectromagnetism. — 2003. — V. 5, N 1. — P. 236–237.
12. *Moody G.B., Mark R.G.* The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database // IEEE Eng. Med. Biol. – 2001. — V. 20(3). — P. 45–50.
13. *Файнзильберг Л.С.* Компьютерный анализ и интерпретация электрокардиограмм в фазовом пространстве // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2004. — № 1. — С. 32–46.
14. *Файнзильберг Л.С.* ФАЗАГРАФ® — эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца // Клиническая информатика и телемедицина. — 2010. — Т. 6, № 7. — С. 22–30.
15. *Bujnoch Z.* Ambulatory cardiac monitoring: Avoiding maturity through technological advancement // Healthcare & Life Sciences. Vital Signs. Strategic Insights for Healthcare Executives. — 2007. — 10 September.

В.И. Грищенко, Л.С. Файнзильберг

Международный научно-учебный центр
информационных технологий и систем
Национальной академии наук Украины
и Министерства науки и образования,
молодежи и спорта Украины
пр. Академика Глушкова, 40, Киев, 03680, Украина

ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫЕ СРЕДСТВА ЦИФРОВОЙ МЕДИЦИНЫ — ШАГ К ЗДОРОВЬЮ

В статье рассмотрены особенности современных интеллектуальных информационных технологий, составляющих функциональную основу персонифицированных средств цифровой медицины для домашнего применения. Показано, что реализация таких технологий требует новых подходов к извлечению диагностической информации и специфических методов предоставления информации пользователю, который не имеет специального медицинского образования. Приведены результаты апробации, которые подтвердили эффективность предложенной технологии.

Ключевые слова: цифровая медицина, информационная технология, диагностическая информация.

V.I. Gritsenko, L.S. Fainzilberg

International Research and Training Center
for Information Technologies and Systems
of National Academy of Sciences of Ukraine
and Ministry of Education and Science,
Youth and Sport of Ukraine
40 Acad. Glushkova Ave., Kyiv, 03680, Ukraine

PERSONIFIED DIGITAL MEDICINE TOOLS — STEP TO HEALTH

The article describes the features of modern intelligent information technologies that make up the functional basis of personified digital medicine tools for home consumption. We show that the implementation of these technologies requires new approaches to the extraction of diagnostic information and specific methods of information delivery to the user who has no special medical education. Results of testing which confirmed the efficiency of the proposed technology are given.

Keywords: digital medicine, information technology, diagnostic information.

Стаття надійшла 14.06.2012 р.

УДК 535.37

О.В. СОРОКІН

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України
пр. Леніна, 60, Харків, 61001, Україна

ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ МОЛЕКУЛЯРНІ НАНОКЛАСТЕРИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ, ТЕХНІЧНІ ТА БІОМЕДИЧНІ ЗАСТОСУВАННЯ

За матеріалами наукового повідомлення молодого вченого на засіданні Президії НАН України 30 березня 2011 року

Наведено результати досліджень люмінесцентних властивостей перспективного класу наночастинок — високовпорядкованих молекулярних нанокластерів органічних барвників (J-агрегатів). Показано, що на формування люмінесценції в J-агрегатах істотно впливають два механізми: екситон-фононна взаємодія та екситонний транспорт. Продемонстровано можливість керування люмінесцентними властивостями J-агрегатів за умови використання молекулярних шаблонів. Наведено приклади технічних і біомедичних застосувань J-агрегатів.

Ключові слова: молекулярні нанокластери, люмінесценція, J-агрегати, ціанінові барвники, екситони.

За останнє десятиріччя домінантною нотою в науковому розвитку можна без сумніву назвати нанотехнології. Їх бурхливий розвиток пов'язаний з можливостями надання традиційним матеріалам нових властивостей тільки завдяки зменшенню їхніх розмірів. Це відкриває настільки широкі перспективи, що захоплення всім, що пов'язано з магічним префіксоїдом «нано», захлеснуло не лише наукову спільноту, а й широкий загал населення. Виробники відгукнулися на попит і пропонують усе більше «нанотоварів», які асоціюють із найсучаснішими розробками та найкориснішими властивостями. Втім, на наш погляд, нанорозмірні матеріали передусім потребують не повсюдного широкого використання, а докладного вивчення їхніх фундаментальних властивостей, на яке має спиратися прикладне застосування.

© О.В. Сорокін, 2012

Серед різноманітних типів наноматеріалів високий інтерес становлять люмінесцентні наноматеріали, або нанолюмінофори, тобто матеріали, люмінесцентні властивості яких змінюються залежно від їхнього розміру. Це пов'язано з розробленням нових типів люмінесцентних зондів для біології й медицини, нових фотоелектричних систем та систем освітлення. Так, передбачається, що на основі одного з найвідоміших представників цього класу — квантових точок — можна створити сонячні елементи з коефіцієнтом перетворення сонячної енергії на електричну близько 90%.

В основному люмінесцентні наноматеріали представлені трьома класами речовин — це напівпровідникові наночастинки, або квантові точки, активовані й неактивовані діелектричні нанокристали та молекулярні наночастинки (нуклеїнові кислоти, вуглецеві наноструктури, дендримери та J-агрегати барвників) [1]. У цій статі йдеться про один

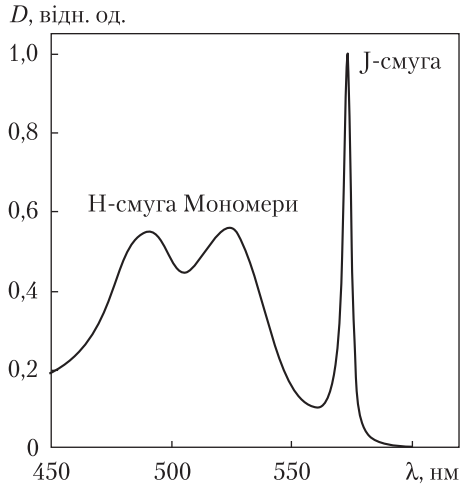


Рис. 1. Типовий спектр поглинання J-агрегатів ціанінових барвників

із представників молекулярних нанокластерів, а саме, про J-агрегати (так звані агрегати Джеллі) ціанінових барвників, що є високовпорядкованими молекулярними ансамблями нековалентно сполучених люмінофорів [2, 3]. Їхня назва пов'язана з ім'ям Едварда Джеллі (E. Jelley) — вченого, що у 30-х роках XX ст. одним із перших відкрив

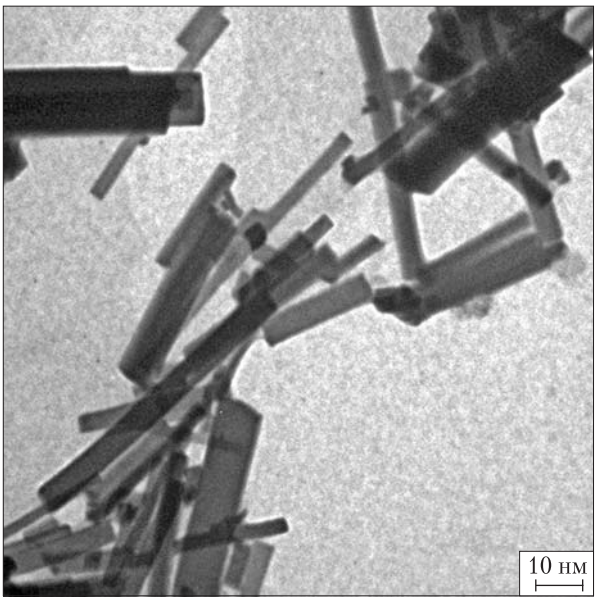


Рис. 2. Зображення J-агрегатів, виконане за допомогою електронного мікроскопа

J-агрегати. Завдяки впорядкуванню під час поглинання фотона електронне збудження не залишається на одній молекулі, а розподіляється на деякому сегменті молекулярного ланцюжка. При цьому утворюється новий колективний стан, який називають екситоном Френкеля. Важливим є те, що екситон не залишається на місці, а може рухатися вздовж молекулярного ланцюжка [2–4]. Утворення екситону зумовлює появу у спектрі поглинання дуже вузької смуги (J-смуги), зміщеної в довгохвильову ділянку щодо смуги мономерів, і резонансної до J-смуги смуги люмінесценції (рис. 1).

Залежно від упакування молекул барвника в молекулярному ланцюжку екситонна смуга може бути зміщеною в короткохвильову ділянку (H-смуга, від *hypsochromic* — гіпсохромно зміщена) [2, 3]. У деяких випадках (кілька молекул в елементарній комірці) у спектрах можна спостерігати обидві смуги (рис. 1) [2, 3]. Ці агрегати можуть мати різну будову, але однією з найпоширеніших є їх циліндрична структура (рис. 2).

Одним із фундаментальних механізмів, що визначає формування люмінесценції у твердих тілах, є взаємодія електронів із кристалічними ґратками, так звана електрон-фононна взаємодія. Зазвичай приймали, що для J-агрегатів вона слабка, тому її не враховували. Однак у наших роботах показано, що в деяких J-агрегатах електрон-фононна взаємодія може бути досить значною [5]. Внаслідок цього рух екситону вздовж молекулярного ланцюжка спричинює зміщення ядер з їхнього положення (говорять, що екситон «одягнутий» у полярну шубу). Врешті-решт екситон виявляється захопленим у потенційній ямі, що утворюються внаслідок значної деформації ланцюжка, тобто він автолокалізується. Оскільки на деформації молекулярного ланцюжка витрачається енергія, то енергія автолокалізованого екситону зменшується і в спектрах люмінесценції можна спостерігати появу нової смуги, зміщеної в довгохвильову ділянку спектра відносно смуги люмінесценції вільних екситонів. Саме це вдалося спостерігати для

деяких J-агрегатів за низьких температур (рис. 3, суцільна крива) [5].

Обчисливши коефіцієнти електрон-фононної взаємодії для низки J-агрегатів, ми встановили, що вони можуть значною мірою відрізнятися для різних агрегатів. Було виявлено, що електрон-фононну взаємодію можна зменшувати у разі формування навколо J-агрегатів оболонки з поверхнево-активних речовин (ПАР). Це спричинює зменшення смуги світіння автолокалізованих екситонів, тобто зменшення ймовірності їх формування (рис. 3, пунктирна крива). Крім того, це зумовлює значне збільшення квантового виходу люмінесценції — параметра, що відображує ефективність світіння люмінесцентного матеріалу [6]. Отриманий результат відкриває широкі можливості для керування люмінесцентними властивостями J-агрегатів.

Ще одним важливим процесом з погляду практичного застосування J-агрегатів є міграція енергії, або екситонний транспорт. У літературі є досить суперечливі дані щодо ефективності такого процесу. Для дослідження екситонного транспорту в J-агрегатах ми використовували так звані екситонні пастки — молекули інших барвників, вбудованих у J-агрегат, які захоплюють екситони. Це дало нам можливість встановити, що екситонний транспорт у наших J-агрегатах досить ефективний і екситон може мігрувати на відстані у середньому до 50 нм. Більш того, у разі утворення навколо J-агрегатів оболонки з ПАР, про яку згадано вище, ефективність екситонного транспорту може бути збільшена, так що екситон може мігрувати на відстані у середньому до 100 нм [7]. Такий вплив на екситонний транспорт у J-агрегатах було продемонстровано вперше, і він має велике значення для створення люмінесцентних нанокластерів з керованими оптичними властивостями.

Завдяки своїм оптичним властивостям, якими можна керувати, J-агрегати широко використовують, зокрема як нові типи люмінесцентних зондів для біологічних застосувань. Наприклад, нами було показано, що один із ціанінових барвників агрегується на

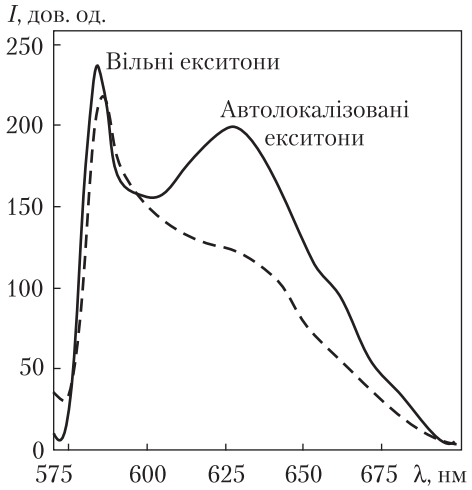


Рис. 3. Спектри люмінесценції J-агрегатів amphi-PIC за відсутності (суцільна крива) та за наявності (пунктирна крива) ПАР; T = 80 K

поверхні нуклеїнових кислот, причому в спектрі поглинання спостерігається три екситонні смуги, зміщені як у коротко-, так і довгохвильову ділянки відносно смуги мономерів [8]. Люмінесценція ж спостерігається тільки з найбільш довгохвильової J-смуги. Виявилося, що ці J-агрегати чутливі до структури нуклеїнових кислот і дають можливість розділяти ДНК і РНК за перерозподілом інтенсивностей екситонних смуг, а також за інтенсивністю люмінесценції. Це пов'язане з різною структурою ДНК і РНК. Тому такі J-агрегати було запропоновано як нові ефективні люмінесцентні зонди для детекції нуклеїнових кислот у розчині.

Крім того, J-агрегати є перспективними у процесах створення різних оптичних пристроїв як фотосенсибілізатори, тобто матеріали, що ефективно поглинають світло й передають поглинену енергію на інший функціональний матеріал. Їх можна використовувати як сенсибілізатори у фотоелектрохімічних елементах Гретцеля, для перетворення сонячного світла на електричні заряди. Перші результати показали перспективність цього напряму для створення дешевих перетворювачів сонячної енергії. Також J-агрегати можуть ефективно «накачувати» й такі популярні сьогодні наноматеріали, як квантові

точки, що зумовлює підвищення інтенсивності їхнього світіння.

На підставі цієї роботи можна зробити такі висновки:

• вперше для низки J-агрегатів визначено величину електрон-фононної взаємодії, показано можливість впливу на неї, завдяки чому можна керувати квантовим виходом їхньої люмінесценції;

• вперше показано можливість керування ефективністю екситонного транспорту в J-агрегатах;

• J-агрегати є перспективними нанодисперсними молекулярними системами для різноманітних біомедичних і технічних застосувань.

Автор висловлює глибоку вдячність керівництву Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України та своїм колегам, зокрема академіку НАН України Б.В. Гриньову, науковому керівнику члену-кореспонденту НАН України Ю.В. Малюкіну, доктору фізико-математичних наук С.Л. Єфімовій та іншим за всебічну підтримку під час підготовки доповіді, яку було зроблено на засіданні Президії НАН України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Prasad P.N.* Nanophotonics. — Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004. — 415 p.
2. *Wurthner F., Kaiser T.E., Saha-Muller Ch.R.* J-Aggregates: from serendipitous discovery to supramolecular engineering of functional dye materials // Angew. Chem. Int. Ed. — 2011. — V. 50. — P. 3376–3410.
3. *Шапиро Б.И.* Молекулярные ансамбли полиметиновых красителей // Успехи химии. — 2006. — Т. 75, № 5. — С. 484–510.
4. *Agranovich V.M., Bassani G.F.* Thin Films and Nanostructures: Electronic Excitations in Organic Based Nanostructures. — V. 31. — Amsterdam, Oxford: Elsevier, 2003. — 494 p.
5. *Katrunov I.K., Sorokin A.V., Yefimova S.L., Malyukin Yu.V.* Manifestation of exciton-lattice interaction in J-aggregates // Mol. Cryst. Liq. Cryst. — 2011. — V. 535. — P. 57–63.
6. *Guralchuk G.Ya., Katrunov I.K., Grynyov R.S. et al.* Anomalous surfactant-induced enhancement of luminescence quantum yield of cyanine dye J-aggregates // J. Phys. Chem. C. — 2008. — V. 112, N 38. — P. 14762–14768.
7. *Sorokin A.V., Filimonova I.I., Grynyov R.S. et al.* Control of exciton migration efficiency in disordered J-aggregates // J. Phys. Chem. C. — 2010. — V. 114, N 2. — P. 1299–1305.
8. *Guralchuk G.Ya., Sorokin A.V., Katrunov I.K. et al.* Specificity of cyanine dye L-21 aggregation in solutions with nucleic acids // J. Fluorescence — 2007. — V. 17, N 4. — P. 370–376.

А.В. Сорокин

Институт сцинтилляционных материалов
Национальной академии наук Украины
пр. Ленина, 60, Харьков, 61001, Украина

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МОЛЕКУЛЯРНЫЕ НАНОКЛАСТЕРЫ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА, ТЕХНИЧЕСКИЕ И БИОМЕДИЦИНСКИЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Приведены результаты исследований люминесцентных свойств перспективного класса наночастиц – высокоупорядоченных молекулярных нанокластеров органических люминофоров (J-агрегатов). Показано, что на формирование люминесценции в J-агрегатах существенно влияют два механизма: экситон-фононное взаимодействие и экситонный транспорт. Продемонстрирована возможность управления люминесцентными свойствами J-агрегатов при использовании молекулярных шаблонов. Приведены примеры технических и биомедицинских применений J-агрегатов.

Ключевые слова: молекулярные нанокластеры, люминесценция, J-агрегаты, цианиновые красители, экситоны.

A.V. Sorokin

Institute for Scintillation Materials of NAS of Ukraine,
60 Lenin ave., Kharkiv, 61001, Ukraine

LUMINESCENT MOLECULAR NANOCLUSTERS: FUNDAMENTAL PROPERTIES, TECHNICAL AND BIOMEDICAL APPLICATIONS

It has been given the results of a luminescent properties investigation for a perspective class of nanoparticles, namely highly ordered molecular nanoclusters of organic luminophores (J-aggregates). It has been shown an influence of two mechanisms on the luminescence formation in the J-aggregates, which are exciton-phonon interaction and exciton transport. A possibility of luminescence properties control for the J-aggregates has been demonstrated. Examples of technical and biomedical applications of the J-aggregates have been provided.

Keywords: molecular nanoclusters, luminescence, J-aggregates, cyanine dyes, excitons.

ОЛЕКСАНДР СОРОКІН

Кандидат фізико-математичних наук,
завідувач лабораторії наноструктурних органічних матеріалів,
в.о. вченого секретаря Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

У 2001 році закінчив з відзнакою фізичний факультет Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна і вступив до аспірантури Інституту монокристалів НАН України. 2006 року захистив кандидатську дисертацію на тему «Властивості екситонних збуджень J-агрегатів в умовах статичного та динамічного безладу (зв'язок із структурою)» (науковий керівник — член-кореспондент НАН України Ю.В. Малюкін).

Є співавтором 39 наукових статей. Індекс Хірша за базою даних Scopus становить 4. Лауреат премії Президента України для молодих учених 2008 р. (у співавторстві з к.ф.-м.н. А.О. Масаловим і к.т.н. О.С. Крижанівською). У 2008 р. нагороджений також іменною стипендією Харківської обласної державної адміністрації для молодих учених у галузі фізики та астрономії ім. К.Д. Синельникова.

Коло наукових інтересів — люмінесцентні органічні нанокластери, J-агрегати ціанінових барвників, мічення люмінесцентними барвниками органічних та неорганічних наночастинок, динаміка екситонних збуджень у молекулярних нанокластерах, люмінесцентна мікроспектроскопія, пікосекундна лазерна спектроскопія, створення люмінесцентних зондів для біологічних об'єктів на основі органічних нанокластерів.

РЕЦЕНЗІЇ

І.С. ЧЕКМАН

ВОДА — ЦЕ САМЕ ЖИТТЯ!

Рецензія на книгу В.В. Турова і В.М. Гунька «Кластеризованная вода и пути ее использования»

Київ: Наукова думка, 2011.

«Вода, в тебе немає ні смаку, ні кольору, ні запаху, тебе неможливо описати, тобою насолоджуються, не відаючи, що ти таке! Не можна казати, що ти необхідна для життя: ти — саме життя. Ти наповнюєш нас радістю, яку не пояснити нашими почуттями... Ти найбільше багатство на світі...» Це слова відомого французького письменника Антуана де Сент-Екзюпері. Безперечно, будь-яке наукове дослідження, що стосується опису властивостей води, має велике значення.

Вода — основа існування життя на Землі. Життя зародилося у воді й існує воно тільки там, де є вода. Водою вкрито три чверті поверхні Землі. Моря й океани, в яких зосереджена основна маса поверхневих вод, є базисною системою, що впливає на живі організми та клімат, пом'якшує вплив екстремальних температур. Водяна пара відіграє роль фільтра сонячної радіації в атмосфері. Вода значною мірою визначає кліматичні умови в більшості регіонів планети. Вона є унікальною речовиною, яку неможливо замінити. Вода має також значний вплив на функціонування органів і систем окремих організмів.

Фундаментальні дослідження останніх десятиліть показали, що фізичні й хімічні властивості води істотно відрізняються від властивостей інших хімічних речовин. Головні відмінності полягають у тому, що молекули води утворюють складні агрегати, які утримуються разом завдяки просторово впорядкованій сітці водневих зв'язків. Такі зв'язки відіграють важливу роль під час зміни стану води: замерзання, кипіння, утворення пари.

Учені багатьох країн світу, в тому числі України, інтенсивно вивчають різноманітні властивості води. У цьому аспекті заслуговують на особливу увагу роботи вчених Інституту хімії поверхні (ІХП) ім. О.О. Чуйка НАН України, зокрема професорів В.В. Турова і В.М. Гунька, які узагальнили результати своїх наукових досліджень у змістовній і цікавій монографії «Кластеризованная вода и пути ее использования».

Книга структурно складається з 10 розділів.

У передмові, вступі та першому розділі автори наголошують, що останнім часом учені всього світу приділяють багато уваги вивченню кластеризованої води. Висока проникність клітинних мембран для одних речовин, у тому числі й для води, і значно нижча для інших сполук зумовлена їхнім кластерним станом. Біоколоїдні розчини можна розглядати як свого роду кластерні системи за участю водних агрегатів різного типу. До останніх належать білки, нуклеотиди, деякі полісахариди. Детальніше вивчення властивостей кластерних структур з використанням сучасних методичних можливостей є актуальним завданням нанобіології, нанохімії, нанофармакології, нанобіології.

Другий розділ «Использование ^{1}H ЯМР-спектроскопии для изучения свойств воды в ограниченном пространстве» присвячений аналізу результатів проведених робіт з вивчення внутрішньої (повної) поверхневої енергії води та інших речовин, застосування методу ЯМР-спектроскопії та ЯМР-кріопорометрії для дослідження властивостей води, методу виморожування рідкої фази.

Вивчення проблеми «Кластерообразование воды в растворах и ограниченном пространстве» висвітлено в третьому розділі, де автори узагальнюють дані літератури і результати власних досліджень, що стосуються кластерного стану води в бінарних розчинах вода /ДМСО, кластероутворення води в трикомпонентних системах, що містять суміші диметилсульфоксиду або ацетонітрилу з хлороформом.

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, де працюють автори монографії, відомий ґрунтовними дослідженнями сорбентів, зокрема нанодисперсного кремнезему. Розроблений і впроваджений у медичну практику оригінальний препарат нанодисперсного кремнезему «Силікс» широко застосовують для лікування багатьох захворювань (гепатитів, отруєнь тощо). Вивченню фізико-хімічних властивостей нанодисперсного кремнезему в світовій літературі присвячено багато наукових праць, серед яких значна частина належить співробітникам ІХП ім. О.О. Чуйка НАН України. Спільними дослідженнями колективу кафедри фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця (д.м.н. Л.І. Казак, к.б.н. О.В. Ніцак) і співробітників Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України (к.х.н. Є.П. Воронін) розроблено суспензію нанодисперсного кремнезему, яка знижує токсичність протитуберкульозних препаратів (ізоніазид, піразинамід, етамбутол), фториду та нітриту натрію.

Раніше було встановлено, що метилування поверхні кремнезему сприяє стабілізації слабоасоційованих форм води, полегшує процес переходу сильноасоційованної води в розчин.

Результати подальших досліджень властивостей нанодисперсного кремнезему викладено в четвертому розділі монографії «Структурирование воды в суспензиях и гидратированных порошках нанокремнеземов». Авторами було визначено, що вода в гідратованих порошках нанокремнеземів перебуває в кластерному стані. У разі гідратованості 0,1 г/г в максимально ущільненому кремнеземі вода міститься у вигляді малих (циклічних) кластерів радіусом до 2,2 нм. Зі збільшенням гідратованості виникають кластерні структури води розміром до 17 нм.

Водневу енергетику відносять до найперспективніших напрямів альтернативної енергетики. Так, водень може бути основним енергоносієм у паливних елементах. Учені вважають, що енергетичні властивості водню дадуть змогу замінити ним бензин чи природний газ у двигунах внутрішнього згоряння. Однак у створенні компактних і недорогих накопичувачів водню є ще багато невирішених питань. Можливі способи розв'язання таких проблем автори розглядають у п'ятому розділі «Проблема увеличения емкости адсорбционных накопителей водорода и метана». На їхню думку, одним із напрямів вирішення цієї проблеми є адсорбція водню

на сілікаліті за наявності води і бензолу, а також на целіоліті, активованому вугіллі, нанокремнеземі, поверхні пористих оксидних, полімерних і вуглецевих матеріалів.

У шостому розділі «Гидратированные системы на основе полисахаридных структур» описано сучасні аспекти розроблення нових і вдосконалення відомих лікарських засобів за допомогою створення біокомпозитів на основі фітопрепаратів. Розглянуто особливості гідратації целюлози за наявності кверцетину й органічних розчинників, конструювання біоактивних нанокомпозитів на основі біофлавоноїдів. Винятковий науковий і практичний інтерес для лікарів та фармакологів становить підрозділ книги «Нанохимия в разработке новых средств трансдермального введения лекарственных препаратов». Останнім часом інтенсивно розробляються методи трансдермального введення лікарських засобів з метою підвищення їх терапевтичної ефективності та зменшення побічних ефектів. Такі дослідження, що знаходяться на стику хімії та фармакології, мають величезне значення як для розвитку науки, так і для практичного застосування.

Біологів і медиків значною мірою цікавлять питання про роль анабіозу та про життєдіяльність організмів різного рівня організації за низьких температур. Відомо, що деякі мікроорганізми можуть зберігати життєдіяльність у разі значного зниження температури, навіть за температури рідкого азоту. Розкриття механізму цього явища має не лише велике загальнобіологічне, а й медичне значення, особливо у зв'язку з розвитком трансплантології. Автори монографії розвивають важливі положення щодо взаємодії внутрішньоклітинної води і частково дегідратованих клітин кісткового мозку, а також щодо ролі, яку відіграють водно-органічні кластери у функціях здорових та уражених пухлинами тканин печінки щурів. Таким чином, матеріал, викладений у сьомому розділі «Частично дегидратированные клеточные объекты», неодмінно буде корисним для хіміків, біологів і медиків.

Наноструктурні матеріали мають широке застосування в ортопедичній практиці у зв'язку з тим, що кістка є типовим прикладом нанокомпозиту. Велике практичне значення має розроблення сучасних стратегій використання нанобіоматеріалів для поліпшення властивостей ортопедичних матеріалів та їх застосування в інженерії кісткової тканини. Читач з інтересом ознайомиться з описом медико-біологічних і наномедичних проблем синтезу та вивчення штучної кісткової тканини, який подано у восьмому розділі.

Дев'ятий розділ присвячено з'ясуванню транспортної ролі альбуміну в перенесенні ксенобіотиків.

Нині вчені усього світу приділяють значну увагу вивченню ДНК як наноструктури в перебігу фізіологічних, біохімічних, імунологічних та інших процесів організму. Значення води у функції ДНК вивчено ще недостатньо. Це питання розглядається в десятому розділі монографії «Кластеризация воды, связанной с ДНК, и влияние на нее органических растворителей и доксорубицина». Тут проаналізовано перспективу створення біосенсорів на основі ДНК.

Загалом позитивно оцінюючи монографію В.В. Турова і В.М. Гунька «Кластеризованная вода и пути ее использования», слід зробити деякі зауваження і побажання.

По-перше, співробітники ІХП ім. О.О. Чуйка НАН України мають великий досвід вивчення і застосування нанодисперсного кремнезему в перебігу фізико-хімічних процесів у біомакромолекулах. Виклад таких результатів та аналіз ролі кластеризованої води в цих процесах певною мірою підвищили б цінність монографії.

По-друге, велике наукове й практичне значення мало б з'ясування ролі наноматеріалів і кластеризованої води у фізіологічних, біохімічних та імунологічних процесах організму.

Отже, у монографії В.В. Турова і В.М. Гунька «Кластеризованная вода и пути ее использования» узагальнено результати літературних даних і проведених авторами

досліджень щодо властивостей кластеризованої води. Викладені в цій роботі відомості є вагомим внеском у розширення і поглиблення знань людства про роль води як у живій, так і в неживій природі. Безумовно, книга знайде свого читача. Вона буде корисною для наукових співробітників, аспірантів і студентів, не лише хімічних, а й біологічних і медичних спеціальностей.

Аналіз монографії доцільно завершити словами італійського мислителя, вченого і художника Леонардо да Вінчі (1452–1519): *«Від води все у світі оживає. Життя — це одухотворена вода»*.

ВІТАЄМО

80-річчя члена-кореспондента НАН України Г.М. БУТЕНКА

Геннадій Михайлович Бутенко народився 21 серпня 1932 р. у м. Миргороді Полтавської області. Після закінчення в 1956 р. Одеського медичного інституту за спеціальністю «лікувальна справа» став асистентом кафедри патологічної фізіології цього ВНЗ. У 1962 р. він захистив кандидатську дисертацію (керівник — М.Н. Зайко). Того ж року його прийнято за конкурсом на кафедру патологічної фізіології Київського медичного інституту ім. О.О. Богомольця, де Геннадій Михайлович працював спочатку асистентом, а потім доцентом до 1971 р., коли захистив докторську дисертацію і був обраний на посаду завідувача лабораторії імунології, а згодом патофізіології та імунології Інституту геронтології АМН СРСР (нині — Національної академії медичних наук (НАМН) України). Протягом 1992–2007 рр. Г.М. Бутенко був заступником директора з наукової роботи Інституту геронтології НАМН України. У 2007 р. він очолив новостворений Інститут генетичної та регенеративної медицини НАМН України. У 1984 р. Геннадій Михайлович здобув учене звання професора. У 1986 р. його обрано членом-кореспондентом Російської академії медичних наук (РАМН), у 1992 р. — членом-кореспондентом НАН України, у 1994 р. — академіком НАМН України.

Наукову діяльність Г.М. Бутенко розпочав у студентському науковому гуртку при кафедрі патологічної фізіології Одеського мединституту, якою завідував професор (згодом член-кореспондент АМН СРСР і НАН України) Микола Никифорович Зайко — засновник відомої української школи патофізіологів.

Геннадій Михайлович завжди глибоко цікавився проблемами біології старіння та імуногеронтології. Його наукові дослідження спрямовані насамперед на з'ясування причин, механізмів і наслідків змін в імунній системі внаслідок старіння, розв'язання низки інших фундаментальних питань геронтології. Разом із колегами Г.М. Бутенко проводив експериментальні та клінічні дослідження з пошуку й розроблення засобів корекції вікових порушень стану імунної системи, зокрема імунодефіциту й аутоімунності. Для вивчення механізмів виникнення вікових змін у системах і органах унаслідок старіння він створив оригінальні модельні системи (гетерохронні химери, гетерохронний парабіоз) та підходи до оцінювання імунного стану людей похилого віку; показав роль імунологічних механізмів у патогенезі основних форм зумовленої віком патології — атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, гіпертонії, паркінсонізму, хвороби Альцгеймера та ін.

Проведені дослідження дали Г.М. Бутенкові змогу висунути гіпотезу про існування активного чинника, що виникає в старому організмі й негативно впливає на функціонування різних фізіологічних систем. Винятком із цього правила є тільки стовбурові клітини, які набувають рис того організму, до якого були внесені, незалежно від віку донора. Опрацьовуючи згадану гіпотезу, Геннадій Михайлович звернувся до нових наукових напрямів.

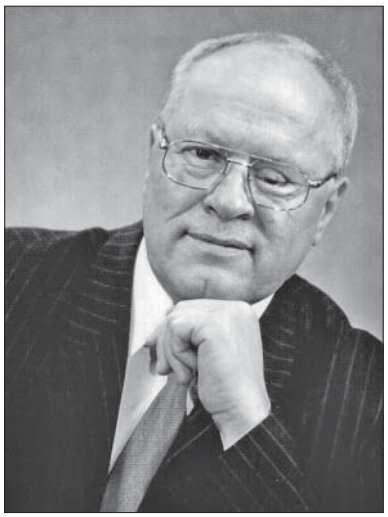
Неабияку роль у його пошуках відіграло й те, що Г.М. Бутенко очолив Інститут генетичної та регенеративної медицини НАМН України, центральним напрямом наукової діяльності якого є вивчення генетичного підґрунтя захворювань і закономірностей регенерації для активного втручання в перебіг патологічних процесів за допомогою сучасних молекулярно-генетичних і клітинних технологій. Регенеративна медицина стала абсолютно новим підходом у лікуванні захворювань людини, основою якого є використання стовбурових клітин. До речі, майбутнє медицини пов'язують із розвитком фундаментальних і прикладних досліджень у цьому напрямі. Як директор Інституту Геннадій Михайлович дбає про розвиток досліджень із вивчення фундаментальних властивостей стовбурових клітин, їхньої клітинної біології, механізмів диференціювання і функціонування в нормі та в разі патологічних змін в організмі; розроблення підходів до клінічного використання таких клітин у різних галузях медицини — гематології, кардіології, онкології, ендокринології, медичній генетиці, клінічній імунології та ін.

Геннадій Михайлович — автор понад 350 наукових праць, у тому числі 7 монографій, 4 посібників і підручника «Патологическая физиология» для медичних ВНЗ, що витримав 5 видань і відзначений Державною премією України в галузі науки і техніки (1981). Другу Державну премію Г.М. Бутенко отримав за цикл праць «Імунобіологія тимусу, його роль у регуляції імуногенезу, одержання та можливості використання препаратів тимусу (вилочкової залози)» (1999). Під керівництвом Г.М. Бутенка захищено 20 дисертацій.

Г.М. Бутенко — заступник голови Наукової ради з теоретичної та профілактичної медицини НАМН України, член Президії Вченої ради МОЗ України, голова Комісії з імуномодулюючих лікарських засобів та продуктів генних технологій Державного фармакологічного центру МОЗ України, голова експертної ради з медико-біологічних наук Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, член Спілки експертів у сфері науки, техніки й інновацій, експерт у сфері інноваційних проектів у галузі медицини, член кваліфікаційних рад і редакційних колегій низки наукових журналів.

Наукова і медична спільнота, колеги, учні, друзі щиро вітають вельмишановного Геннадія Михайловича з ювілеєм і бажають йому міцного здоров'я, невичерпного натхнення, нових творчих успіхів.

70-річчя члена-кореспондента НАН України В.Ф. ОПРИШКА



Віталій Федорович Опришко народився 12 серпня 1942 р. на Київщині в сільській сім'ї. У 1969 р. закінчив юридичний факультет Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. У 1974 р. захистив кандидатську дисертацію. Протягом 1975–1985 рр. Віталій Федорович — старший викладач, доцент кафедри конституційного та адміністративного права юридичного факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. У 1984 р. він захистив докторську дисертацію.

Упродовж 1985–1994 рр. В.Ф. Опришко — завідувач кафедри правознавства Київського інституту народного господарства ім. Д.С. Коротченка (нині — Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, КНЕУ) і голова науково-методичної комісії з правового навчання та виховання студентської молоді Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти УРСР. У 1987 р. Віталію Федоровичу присвоєно вчене звання професора. У 1997 р. його обрано членом-кореспондентом НАН України.

У 1994 р. за дорученням Президії Верховної Ради України він створив Інститут законодавства Верховної Ради України і до 2002 р. (до завершення строку держслужби) був його першим директором. У 1996 р. ініціював створення в КНЕУ юридичного факультету. Відтоді й до сьогодні В.Ф. Опришко очолює його і паралельно завідує кафедрою правового регулювання економіки.

Віталій Федорович — фахівець у галузі конституційного права та державного будівництва, теорії управління, адміністративного права, державного регулювання економіки, міжнародного економічного права та права Європейського Союзу.

У своїх дисертаційних працях — кандидатській («Адміністративно-правові форми контролю за якістю товарів і дотриманням правил торгівлі») і докторській («Правові проблеми вдосконалення державного управління якістю промислової продукції») — він уперше в колишньому СРСР порушив ряд важливих правових питань. Інші дослідження В.Ф. Опришка в галузі правових проблем державного управління якістю продукції та стандартизацією заклали новий напрям у юриспруденції не лише на теренах колишнього СРСР, а й за кордоном. Крім того, Віталій Федорович ініціював опрацювання низки правових проблем, спрямованих на подолання наслідків Чорнобильської катастрофи.

З ініціативи і під безпосереднім керівництвом В.Ф. Опришка в Інституті законодавства було розроблено Концепцію та Державну програму розвитку законодавства України, Концепцію державно-правової реформи та її складників, досліджено питання гармонізації законодавства України й міжнародного права, проблеми систематизації законодавства України, здійснено низку інших досліджень і заходів юридичного спрямування.

Віталій Федорович разом з іншими вченими брав участь у підготовці проекту Конституції України, важливих законопроектів, здійснював їхню наукову експертизу. Нині

він затверджений Указом Президента України від 17.05.2012 р. членом Конституційної Асамблеї.

В.Ф. Опришко робить усе можливе для подальшої розбудови юридичного факультету КНЕУ. Результат його діяльності очевидний — за щорічним рейтингом незалежних експертів, який публікує газета «Сегодня», університет тривалий час входить до п'ятірки найкращих ВНЗ України, які готують правників (рейтинг охоплює майже 300 закладів). З 2004 р. на факультеті під головуванням Віталія Федоровича функціонує спеціалізована вчена рада із захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата юридичних наук.

В.Ф. Опришко керував розробленням двох навчальних програм, які виграли гранти Європейської комісії Євросоюзу. Перша передбачала підготовку юристів господарсько-правової спеціалізації (грант у розмірі 500 тис. дол. США, 1999–2002 рр.), друга — фахівців з міжнародного економічного права (грант у розмірі 500 тис. євро, 2003–2005 рр.).

Віталій Федорович ініціював підготовку в КНЕУ юристів господарсько-правового спрямування та відкриття спеціальності «правознавство» (1993 р.). Серед його учнів 30 кандидатів і доктор наук.

В.Ф. Опришко — автор близько 300 наукових праць, серед яких монографії, підручники, навчальні посібники, брошури і статті. Він засновник «Збірника наукових праць Інституту законодавства Верховної Ради України» і голова його редакційної колегії. За його редакцією видано низку тематичних наукових збірників, наприклад: «Конституція України — основа подальшого розвитку законодавства», «Проблеми державно-правової реформи в Україні», «Законодавство України: проблеми вдосконалення» та ін.

З ініціативи та під керівництвом Віталія Федоровича підготовано і видано «Коментар до Конституції України» (два видання, 1996, 1998 рр.), «Науково-практичний коментар до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» (1999), «Концепцію розвитку законодавства України на 1997–2005 рр.» (1997), 21 том офіційного збірника «Закони України», у яких систематизовано вітчизняне законодавство 1990–2001 рр.

Як науковий редактор і співавтор В.Ф. Опришко спільно з італійськими й англійськими вченими опублікував підручник «Міжнародне економічне право» (2006 р., українською й англійською мовами). Він співавтор і керівник авторського колективу підручника «Право Європейського Союзу: Загальна частина» (2002). Це перше видання такого плану в Україні.

Серед інших робіт — колективна монографія «Теоретичні та практичні проблеми правового забезпечення соціально-економічного та політичного розвитку суспільства і держави» (2006 р., редактор, співавтор), двотомний підручник «Господарське право» (2011 р, редактор, співавтор).

У грудні 1989 р. В.Ф. Опришко створив та очолив першу на наших теренах юридичну громадську організацію — Українську асоціацію викладачів права. Він входить до Ради Союзу юристів України, Ради з юридичної освіти і науки України, Ради директорів Європейської організації публічного права.

У 1983 р. Держстандарт СРСР нагородив Віталія Федоровича знаком «За заслуги в стандартизації» та Почесною грамотою. У 1992 р. йому присвоєно звання «Заслужений діяч науки і техніки України». У 1993 р. він став академіком Академії інженерних наук України. В.Ф. Опришко — неодноразовий переможець Всеукраїнського щорічного конкурсу на краще професійне досягнення «Юрист року», нагороджений орденом І ступеня Всесвітньої асоціації юристів. Союз юристів України присвоїв йому звання «Видатний юрист України». Віталія Федоровича було визнано «Найкращим освітянином» у 2008, 2009, 2011 рр.

Мають нагороди і публікації В.Ф. Опришка. Монографії «Конституційні основи розвитку законодавства України» 2001 р. було присуджено другу премію IV Всеукраїнського конкурсу на краще юридичне видання.

Монографія «Якість продукції: управління та право» у 1984 р. на республіканському конкурсі наукових праць у системі вищої та середньої спеціальної освіти України здобула друге місце, а перший в Україні підручник «Міжнародне економічне право» визнано одним із найкращих серед поданих на конкурс, організований Міністерством освіти і науки України та Міжнародним фондом «Відродження».

Наукова спільнота, колеги, учні й друзі щиро вітають Віталія Федоровича з ювілеєм і зичать йому натхнення, творчого завзяття й успіхів у всіх починаннях.

60-річчя члена-кореспондента НАН України В.І. ПЕХНЬО

Василь Іванович Пехньо народився 7 серпня 1952 р. у с. Чинадієві Закарпатської області. Після закінчення з відзнакою Ужгородського державного (нині — національного) університету за спеціальністю «хімія» в 1974–1976 рр. працював інженером на заводі «Точприлад» (Мукачеве). У 1976–1979 рр. він навчався в аспірантурі Інституту загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського (ІЗНХ) АН УРСР за спеціальністю «неорганічна хімія». Після закінчення аспірантури В.І. Пехньо залишився працювати в Інституті, протягом 2001–2002 рр. був завідувачем відділу хімічного та інформаційного аналізу, а з 2002 р. очолює відділ хімії комплексних сполук, від 2001 р. обіймає посаду заступника директора з наукової роботи. У 1982 р. Василь Іванович захистив кандидатську, а в 1997 р. – докторську дисертацію, у 2002 р. здобув учене звання професора. У 2003 р. його обрано членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «технічна хімія».

В.І. Пехньо — фахівець у галузі хімії комплексних сполук металів і металоїдів у різнофункціональних середовищах: водних і органічних розчинах, сольових розплавах, дисперсіях, трибохімічних системах тощо. Його науковим керівником в аспірантурі, а надалі — наставником і консультантом є академік НАН України Сергій Васильович Волков, основоположник всесвітньо відомої наукової школи гетерогенно-гетерофазної координаційної хімії.

За участю Василя Івановича одержано понад 300 нових координаційних сполук і твердих розчинів дорогоцінних і 3d-металів, установлено їхні склад, будову, властивості залежно від умов синтезу. Доведено, що Ru, Rh, Pd формують координаційні поліедри псевдооктаедричної та плоско-квадратної будови з включенням лігандів реакційного середовища. У дифосфонатах Pd показано можливість отримання Pd-Cu-, Pd-Ni-, Pd-Co-, Pd-Pd-Pd-вмісних багатоядерних координаційних сполук супрамолекулярного типу. В результаті дослідження взаємодії хлоридів платиноїдів із похідними саліцилальдиміну й карботіаміду виявлено, що збільшення кількості донорних центрів під-

вищує їхню дентатність, сприяє переходу в іншу таутомерну форму й можливості внутрішньомолекулярного перегрупування. Для напівпровідникових керамік складу $Cu_{0.1}Ni_{0.1}Co_{1.6}Mn_{1.2}O_4$ визначено основні закономірності розподілу компонентів залежно від температури і часу термооброблення. Для радіаційностійких твердих розчинів халькогенідів $Cu(In,Ga)(S,Se)_2//Cd(S,Se)$ доведено, що ефективність перетворення сонячної енергії в електричну зумовлена твердофазною реакцією на межі фаз компонентів з утворенням проміжної тетрарної γ-фази. Синтезовано нові сполуки Cu і Mo з β-кетоефірами, β-дикетонами, гідроксамовими кислотами, встановлено бідентатну координацію лігандів із формуванням центральними атомами псевдооктаедричної будови координаційних вузлів.

Серед найважливіших практичних результатів, отриманих В.І. Пехньо, можна відзначити такі: для комплексів Pd із дифосфоновими кислотами *in vivo* та *in vitro* встановлено цитотоксичну активність стосовно карциноми Ерліха, лімфолейкозу 1210, меланоми В16, що близька до активності цисплатини, і значно меншу нефро- та гематотоксичність. Виявлено вибіркове накопичення Pd у кістках хребта, що відкриває шлях для використання одержаних сполук як основи нових протипухлинних препаратів адресної дії, локалізації метастазів у хребті, легенях тощо. Визначено кардіопротекторну дію комплексу Rh із саліцилальдиміном, яка запобігає розвитку реперфузійних ушкоджень серця.

Створено малоенергоємні, екологічно чисті безвідходні методи комплексного перероблення концентратів промислових відходів і вторинної сировини дорогоцінних металів з практично кількісним вилученням усіх складників сировини.

Установлено оптимальний склад і розроблено технологію одержання радіаційностійких, стабільних у роботі твердих розчинів халькогенідів Cu, In, Ga, Cd — основи елементів перетворення енергії Сонця в електричну.

Винайдено екологічно безпечні мастильні композиції, які утворюють на металевих тертьових поверхнях протизношувальний шар з Cu, Mo завтовшки до 700 нм.

Василь Іванович керує науковими роботами, тематика яких спрямована на розв'язання низки актуальних проблем: створення ефективних, адресної дії, малотоксичних сполук — основи нових препаратів для лікування поширених захворювань (онкологічних, серцево-судинних, вірусних, у т.ч. ВІЛ); розвиток безвідходних методів перероблення первинної та вторинної сировини дорогоцінних металів і металоїдів; одержання нових матеріалів для систем альтернативної енергетики; розроблення нових екологічно безпечних мастильних композицій на основі рослинних олив і координаційних сполук «металів життя», які зменшують тертя і формують поверхневі шари з протизношувальними властивостями.

В.І. Пехньо — автор 352 наукових праць, зокрема 157 статей (з них 88 англомовних), 36 авторських свідоцтв і патентів на винаходи.

Наукові розробки Василя Івановича здобули підтримку в межах Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали», цільових комплексних програм НАН України, грантів Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, INTAS, семи грантів УНТЦ, грантів Російського фонду фундаментальних досліджень, Білоруського республіканського фонду фундаментальних досліджень тощо.

В.І. Пехньо — член Наукової ради НАН України з проблеми «Неорганічна хімія», спеціалізованої вченої ради із захисту кандидатських та докторських дисертацій при ІЗНХ ім. В.І. Вернадського НАН України, редколегії «Українського хімічного журналу», експертної ради з питань проведення експертизи дисертаційних робіт з хімічних наук при Міністерстві освіти і науки, молоді та спорту України.

Протягом багатьох років Василь Іванович очолює кафедру інформаційних технологій Мукачівського державного університету.

Він виступав з лекціями й науковими доповідями на запрошення університетів Дрездена, Карлсруе, Бонна, Відня. Під його керівництвом захищено 7 кандидатських дисертацій, працюють 4 аспіранти.

В.І. Пехньо відзначений Почесними грамотами Кабінету Міністрів України (2004) і НАН України (2002). У складі авторського колективу він удостоєний Державної премії України в галузі науки і техніки за роботу «Координаційна хімія в електролітах» (1996). У 2005 р. йому присвоєно звання почесного доктора Ужгородського національного університету.

Наукова громадськість, колеги, учні й друзі щиро вітають Василя Івановича з ювілеєм, бажають йому міцного здоров'я, творчої наснаги, нових вагомих наукових звершень.

60-річчя члена-кореспондента НАН України Б.І. ЛЕВА

Богдан Іванович Лев народився 26 серпня 1952 р. у поселенні Губаха біля м. Вуглеуральска Пермської (Молотовської) області Росії в сім'ї репресованих. У 1974 р. він закінчив фізичний факультет Чернівецького державного університету і вступив до аспірантури відділу теоретичної фізики Інституту фізики АН УРСР (тепер НАН України), у якому згодом став працювати, пройшовши шлях від молодшого до головного наукового співробітника. У 1981 р. Б.І. Лев захистив кандидатську, а в 1992 р. — докторську дисертацію, у 2002 р. здобув учене звання професора. З 2007 р. Богдан Іванович працює в Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України завідувачем відділу синергетики. У 2009 р. його обрано членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «нанофізика».

Ще під час навчання в аспірантурі під керівництвом професора П.М. Томчука Богдан Іванович розрахував вільну енергію нематичного рідкого кристала, виходячи з мікроскопічних рівнянь для функції розподілу.

Цей вагомий результат і кандидатська робота «Кінетичні явища в нематичних рідких кристалах» стали початком плідної роботи Богдана Івановича в галузі фізики рідких кристалів. Він пояснив такі нові фізичні явища в нематичних рідких кристалах, як періодичний фазовий перехід під дією інфрачервоного випромінювання, ефект ритмічної кристалізації переохолодженого рідкого кристала, низькочастотна зміна структури в краплях нематика та зміна її форми під дією постійного електричного поля, індуковане шумом утворення і взаємоперетворення дисипативних структур, ефект збільшення квантового виходу фотостимульованого перетворення молекул рідкого кристала, ефект низькочастотної стабілізації структур рідкого кристала.

Б.І. Лев став одним із засновників нового напряму у фізиці рідких кристалів — колоїдних рідких кристалів. Разом з П.М. Том-

чуком та учнями він побудував послідовну теорію пружної взаємодії колоїдних частинок у рідкому кристалі через деформацію пружного поля директора як в об'ємному, так і в обмеженому поверхнею середовищі. Запропоновано новий самоузгоджений підхід для визначення такої взаємодії в рідкому кристалі з урахуванням усіх можливих типів деформацій для довільного співвідношення пружних констант, довільних розмірів включень із довільною величиною зчеплення з ними. Уперше показано зв'язок між типом пружної взаємодії та порушенням симетрії в розподілі директора на малих відстанях, а також передбачено існування пружної взаємодії кулонівського типу.

Розроблені Б.І. Левом теоретичні підходи та методи були підтверджені експериментально в низці робіт. Так, синтезовано двовимірні гексагональні ґратки в системі сферичних колоїдних частинок на вільній поверхні поділу рідкого кристала. Відкрито новий, відмінний від пружного механізму, що відомий для «об'ємних емульсій», пружно-капілярний механізм взаємодії між колоїдними частинками в рідкому кристалі, природа якого пов'язана з пружними властивостями рідкого кристала.

У 80-х рр. Богдан Іванович працював разом із групою М.К. Шейнкмана, відомого фахівця з фізики напівпровідників. У результаті було сформульовано теорію, що пояснює процес руйнування фотодіодів під дією електричного струму та їхню деградацію з часом. Відповідна робота з кінетики інжекційно-стимульованих перетворень дефектів у напівпровідниках мала великий резонанс й одержала низку вітчизняних і міжнародних відзнак.

Загальновідомий внесок Б.І. Лева в сучасну статистичну фізику. Разом з Є.Д. Білоцьким він розвинув оригінальний теоретико-польовий метод аналізу систем частинок, що мають попарне притягання та відштовхування. Виявилося, що стаціонарними станами таких систем можуть бути просторово-неоднорідні утворення на зразок кластерів. Такі, здавалося б, незвичні об'єкти дуже поширені в природі — це й електрони на поверхні рідкого гелію, і запорошена плазма, і газопилові скупчення в міжзоряному просторі, і навіть метагалактичні структури. Богдан Іванович отримав до того невідомі аналітичні розв'язки для досить важливих задач статистичної фізики. Усі ці результати ввійшли в його монографію «Окремі питання статистичної фізики конденсованих систем» (2008).

Сфера наукових інтересів Б.І. Лева не обмежується проблемами фізики рідких кристалів, теорії твердого тіла та статистичної фізики. Богдана Івановича цікавлять задачі з багатьох напрямів сучасної фізики. Зокрема, він зробив вагомий внесок у розуміння того, яким чином рівняння релятивістської квантової теорії можуть бути узагальнені на випадок загальної теорії відносності. Відповідна стаття про геометризацію взаємодії стала цінним доробком української школи математичної фізики, до якої належить Б.І. Лев.

Починаючи з релятивістської квантової теорії, інтереси Богдана Івановича поширилися на не менш важливі фундаментальні проблеми природознавства. Він завжди звертає увагу на питання, пов'язані з космологією, природою фундаментального скалярного поля (більш відомого як поле Хіггса), локалізацією частинок тощо. Б.І. Лев – один з небагатьох українських учених, хто ще в середині 90-х років минулого сторіччя звернувся до квантової інформатики та квантової оптики і став одним з організаторів XIII Міжнародної і першої в Україні конференції з цих напрямів, яка відбулася в Києві у 2010 році.

Б.І. Лев є автором і співавтором понад 140 наукових праць, опублікованих у престижних міжнародних виданнях. Під його керівництвом захищено шість кандидатських дисертацій. Він входить до спеціалізованої вченої ради при Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України. Богдан Іванович читає спецкурси на кафедрі теоретичної фізики фізичного

факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка та в Національному університеті «Києво-Могилянська академія».

Наукова громадськість, колеги, учні й друзі сердечно вітають Богдана Івановича з ювілеєм, зичать йому міцного здоров'я, щастя і нових творчих звершень.

60-річчя члена-кореспондента НАН України О.В. МАМЧЕНКА

Олексій Володимирович Мамченко народився 27 серпня 1952 р. У 1974 р. закінчив Київський державний університет ім. Т.Г. Шевченка і став співробітником Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського АН УРСР. З 1975 р. О.В. Мамченко працює в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського, нині він головний науковий співробітник цієї установи. У 1988 р. Олексій Володимирович захистив докторську дисертацію, а в 2004 р. здобув звання професора. У 2009 р. його обрано членом-кореспондентом НАН України за спеціальністю «хімічні проблеми захисту довкілля».

О.В. Мамченко — фахівець у галузі екологічної хімії сорбційних та іонообмінних процесів у водному середовищі; створення безвідходних і маловідходних технологій знесолення й пом'якшення води; очищення питної води; фізичної і колоїдної хімії гетерогенних систем; синтезу й дослідження сорбентів та іонітів. Основні напрями його наукової діяльності — розвиток теорії адсорбції з розчинів неоднорідно-пористими твердими тілами та полімерами; розроблення теорії іонообмінних рівноваг і принципу синтезу високоякісних іонітів; обґрунтування на основі цих фундаментальних досліджень екологічно досконалих методів одержання високоякісної питної води, підготування води для промислових потреб, у тому числі з біологічно очищених господарсько-побутових стічних вод.

Олексій Володимирович розробив класифікацію пор вуглецевих і кремнеземних матеріалів за даними адсорбції розчинів, комплексний метод визначення структурно-сорбційних характеристик твердих тіл, обґрунтував рівняння ізотерм сорбції обмежено розчинних сполук у мікро- і мезопорах; виявив ефект підвищення сорбційної ємності співполімерів стиролу та дивінілбензолу в разі нерівноважної релаксації їхньої тривимірної матриці; сформулював такі теорії: обмінних рівноваг; регенерації слабодисоціюючих іонітів стехіометричною кількістю реагенту; регенерації іонітів у псевдорідкому стані.

На основі фундаментальних досліджень запропоновано методику добору активованого вугілля з раціональною пористістю для очищення стічних вод залежно від хімічної структури органічних забрудників, зокрема біологічно очищених господарсько-побутових стічних вод; винайдено спосіб

безвідходної регенерації вуглецевих адсорбентів, який не потребує витрат енергоресурсів; розроблено маловідходну іонообмінну технологію комбінованого виробництва знесоленої і пом'якшеної води; доведено можливість реалізації принципово нової екологічно досконалої схеми водозабезпечення енергопідприємств, яка дає змогу уникнути утворення сполук кальцію і магнію на теплопередавальних поверхнях, зменшити витрати палива, скиди водорозчинних солей у водоймища до рівня, нижчого за їх надходження з вихідною водою, завдяки одержанню продуктів, що утилізуються. Розроблено і впроваджено безстічні технології знесолення води (Первомайське ВО «Хімпром», Єфремовський хімзавод); безвідходний метод видалення карбонатних і залізовмісних відкладень із теплопередавальних поверхонь (Банкнотно-монетний двір Національного банку України). Запропоновано способи виробництва нових високоякісних іонітів, які ефективно очищають воду як від неорганічних іонів, так і від гумусових речовин (Черкаське ВАТ «Азот»); регенерації аніонітів стехіометричною кількістю лугу (Ставропольська ГРЕС), у тому числі в псевдорідкому стані (Кременчуцька ТЕЦ); створено ефективні сорбенти й методи очищення води від сполук заліза, марганцю й алюмінію.

О.В. Мамченко — автор понад 165 наукових праць, зокрема 23 винаходів, 5 з яких упроваджено (Київська ТЕЦ-5, Кременчуцька ТЕЦ, Банкнотно-монетний двір Національного банку України, Ставропольська ГРЕС), а один визнано переможцем Всеукраїнського конкурсу «Винахід року — 2004».

Під керівництвом Олексія Володимировича захищено 5 кандидатських дисертацій. Він — заступник голови спеціалізованої вченої ради в Інституті колоїдної хімії та хімії води НАН України й експерт ВАК України, входить до складу редакційної колегії міжнародного науково-технічного журналу «Химия и технология воды», видання «Вода для жизни» (Таджикистан), збірника наукових праць «Вісник Харківського інституту соціального прогресу: екологія, техногенна безпека і соціальний прогрес». О.В. Мамченко — віце-президент Українського сателітного центру Інституту рідких і розсіяних елементів при ЮНЕСКО і національний представник в IUPAC (відділення «Фізична та біофізична хімія»), представник НАН України в Міжвідомчій координаційній раді з питань розвитку водних ресурсів Державного комітету України по водному господарству.

Наукова громадськість, колеги, учні щиро вітають Олексія Володимировича з ювілеєм, зичать йому міцного здоров'я, творчої наснаги, втілення всіх задумів.

НОВИНИ НАУКИ

• Інженери з Массачусетського технологічного інституту створили новий тип фотоелементів, у яких використовують лише вуглецеві нанотрубки і фулерени. Потенційно такі композитні батареї можуть стати в півтора раза ефективнішими за звичайні.

• Перший крок на шляху створення автономних імплантів: дослідники з Массачусетського технологічного інституту розробили паливний елемент, що генерує електричний струм із глюкози у спинномозковій рідині.

• Оголошено лауреатів міжнародної премії Кіото–2012.

СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ НА ОСНОВІ НАНОТРУБОК

Ближнє (короткохвильове) інфрачервоне випромінювання становить до 40% усієї сонячної енергії, що досягає земної поверхні. У хмарні дні цей відсоток навіть вищий, оскільки ІЧ-випромінювання майже не затримується хмарами. Традиційні кремнієві сонячні батареї практично не здатні працювати з ІЧ-діапазоном, проте це випромінювання нагріває їх і значно зменшує ККД.

Принципово нові фотоелементи розроблено в Массачусетському технологічному інституті (США) групою вчених під керівництвом Майкла Страно (Michael Strano). Вони цілком складаються з вуглецю і поглинають енергію саме інфрачервоного випромінювання, перетворюючи її на електричну. При цьому їм не загрожує перегрівання. Новий фотоелемент створено на основі вуглецевих нанотрубок і фулерену C_{60}. Це не перша спроба зробити сонячні батареї на вуглецевих нанотрубках, але раніше нанотрубки укладали на полімерну підкладку, яка мала б їх утримувати. Однак під впливом повітря і сонячного світла такі підкладки виявилися не надто стабільними — фотохімічні реакції тією чи іншою мірою розкладають полімери. Їх намагалися захистити спеціальними покриттями, але вони, по-перше, затримували частину сонячного світла і, по-друге, збільшували вартість фотоелемента.

Поки що ефективність нових фотоелементів досить низька — перші дослідні зразки отримували з різних видів нанотрубок і підсумковий ККД не перевищував 0,1%. Однак, як зазначають автори дослідження, ККД можна легко збільшити в сотні разів — вони дійшли висновку, що вуглецеві нанотрубки у фотоелементі мають бути одного типу. Крім того, для коректної роботи потрібні достатньо чисті нанотрубки і фулерени, що передбачає складний і недешевий процес виготовлення. Проте надзвичайно високе світлопоглинання нанотрубок в ІЧ-діапазоні дає змогу зробити їх шар дуже тонким (у кілька нанометрів), тому виробництво фотоелементів не потребує багато речовини.

Незаперечною перевагою нового типу фотоелементів є той факт, що вони повністю прозорі для видимого світла, а тому їх можна застосовувати як верхній шар у звичайних сонячних батареях. З одного боку, це дасть можливість ефективно використовувати весь спектр сонячного випромінювання, а з іншого – захистить кремнієві елементи від перегрівання завдяки поглинанню інфрачервоного випромінювання.

Раніше інша група дослідників з Массачусетського технологічного університету представила технологію, що дає змогу істотно знизити кількість дорогого кремнію, який застосовують у процесі виробництва традиційних сонячних батарей (A. Mavrokefalos et al. *Nano Lett.*, 2012, 12 (6), 2792). Автори надали тонкому прошарку матеріалу форму обернених пірамід, що значно збільшило його світлопоглинання і площу робочої поверхні.

Джерело:
http://web.mit.edu

АВТОНОМНИЙ МОЗКОВИЙ ІМПЛАНТ

Інженери з Массачусетського технологічного інституту створили електрогенерувальний пристрій, що окиснює глюкозу зі спинномозкової рідини. Роботу вчених опубліковано у журналі PLoS ONE (B.I. Rapoport et al. *PLoS ONE*, 2012, 7 (6), doi: 10.1371/journal.pone.0038436), а її короткий зміст розміщено на сайті журналу Science.

Квадратний мікрочип площею 1–2 мм^2 обладнаний катодом, анодом і мембраною, що розділяє їх. На платиновому аноді глюкоза окиснюється з утворенням іонів водню й електронів. Мембрана, що розділяє катод і анод, проникна лише для іонів водню, але не для електронів. Іони прямують крізь мембрану до катода і сполучаються там з киснем, утворюючи воду. Електрони також спрямовуються до катода, але не крізь мембрану, а за електричною схемою мікрочипа і в такий спосіб живлять його енергією.

Анод мікрочипа зроблено з платини, а для виробництва катода використовували вуглецеві нанотрубки. Автори тестували розроблений пристрій у розчині, склад якого імітував цереброспінальну рідину. Мікрочип виявився здатним виробляти кілька сотень мікроват електроенергії, що достатньо для функціонування імпланта. При цьому витрати глюкози залишалися відносно невеликими. За розрахунками дослідників, споживання чипом глюкози має становити близько 3% кількості глюкози у спинномозковій рідині, що значно нижче швидкості її регенерації. Витрати кисню для роботи пристрою також незначною мірою впливали на його вміст у лікворі.

Наскільки відомо, спинномозкову рідину вперше було використано як паливо. Цей напрям є перспективним, оскільки спинномозкова рідина містить мало імунних клітин, що знижує ймовірність відторгнення імпланта. До того ж вона має низький вміст білків, які зазвичай спричиняють обростання імпланта та його подальше відторгнення.

За словами розробників, створені елементи живлення відкривають широкі можливості для використання нейроінтерфейсів у пацієнтів зі сліпотою, з глибокими ураженнями мозку або паралізованих. На сьогодні всі подібні експериментальні пристрої живляться шляхом бездротової індукції чи від батарей, які потрібно періодично замінювати за допомогою хірургічних операцій. Мікрочипи, що виробляють електроенергію з глюкози, в майбутньому дадуть змогу зробити такі пристрої цілком автономними. Найближчим часом дослідники планують провести випробування імплантів із глюкозним живленням як на тваринах, так і на добровольцях.

Джерело:
http://www.sciencemag.org

МІЖНАРОДНА ПРЕМІЯ КІОТО–2012

Премія Кіото — одна з найвідоміших премій приватних фондів, так звана «японська Нобелівка». У 1985 р. її заснував Кацуо Інаморі (Kazuo Inamori) — фундатор світового лідера у виробництві високотехнологічної кераміки корпорації «Кайосера» (Kyocera), мільярдер і дзен-буддійський священик. Його життєвим кредо є теза, що для людини немає вищого покликання, ніж прагнення до блага всього людства, і що майбутнє нашої цивілізації залежить від того, чи буде знайдено баланс між науковим прогресом та духовним розвитком. Премію було названо на честь міста Кіото, знаменитого своєю історією, культурними і науковими традиціями.

Серед попередніх лауреатів Премії Кіото були всесвітньо відомі астрономи Ян Оорт (J.H. Oort), Іцуо Хаяші (Izuo Hayashi), Юджин Паркер (E.N. Parker), Рашид Сюняєв, видатні математики, зокрема І.М. Гельфанд, М.Л. Громов, геофізики, біологи, матеріалознавці, вчені-першовідкривачі нових технологій (Жорес Алфьоров), філософи і знамениті представники світу культури.

Грошова частина Кіотської премії становить 50 000 000 єн. Переможець також отримує пам'ятну золоту медаль.

Щороку розглядають номінації у трьох категоріях: «технології» (Advanced Technology), «фундаментальні науки» (Basic Sciences), а також «мистецтво і філософія» (Arts and Philosophy). При цьому кожна

Айван САЗЕРЛЕНД
(Ivan Edward SUTHERLAND)

Есінорі ОСУМІ
(Yoshinori OHSUMI)

Гаятрі Чакраборті СПІВАК
(Gayatri Chakravorty SPIVAK)

категорія охоплює відразу кілька різних наук. Наприклад, до «фундаментальних наук» входять біологія, математика (в тому числі «чиста», не прикладна), астрономія й астрофізика, науки про Землю, нейробіологія.

Цього року Кіотську премію в категорії «технології» присуджено американському вченому в галузі інформатики та піонеру інтернету Айвану Сазерленду (Ivan Edward Sutherland) — творцеві першого прототипу сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Він розробив програму Sketchpad на комп'ютері Lincoln TX-2 у 1963 р. під час роботи над дисертацією в Массачусетському технологічному університеті. Вона мала зародки графічного інтерфейсу, «розуміла» роботу з різними вікнами, вміла працювати з лініями, створювати об'єкти й обробляти їх як одне ціле. Такий підхід пізніше було покладено в основу об'єктно-орієнтованого програмування.

Серед інших відомих винаходів Сазерленда – шолом віртуальної реальності (1968). Він був примітивним як з погляду інтерфейсу, так і за реалізмом зображення, а його вага була настільки великою, що пристрій підвішували до стелі. Віртуальне середовище складалося з простих моделей кімнат. Страхітливий вигляд пристрою зумовив його назву — Дамоклів меч. Однак це був один із перших приладів віртуальної реальності, що значно випередив свій час. Разом зі своїм студентом Деном Коеном наприкінці 60-х років Сазерленд створив першу комп'ютерну симуляцію польоту, що стало поштовхом до розроблення ним відомого алгоритму Коена – Сазерленда.

У галузі фундаментальних наук премію отримав японець Есінорі Осумі (Yoshinori Ohsumi), який удостоївся нагороди за ви-

вчення з погляду генетики процесу аутофагії у дріжджів. Аутофагія — процес розкладання деяких компонентів клітин. Однією зі складових частин будь-якої клітини є цитоплазма, в якій містяться клітинні компоненти (органели) – ядро, мітохондрії, рибосоми, комплекс Гольджі та ін. Кожен з них вивільняє в цитоплазму як корисні, так і шкідливі продукти життєдіяльності. Крім того, відмираючи, вони засмічують внутрішньоклітинний простір і заважають нормальній роботі клітини. Видалення непотрібних компонентів і пошкоджених органел здійснюється за допомогою аутофагії. Есінорі Осумі вдалося з'ясувати багато молекулярних механізмів цього процесу.

У номінації «мистецтво і філософія» нагороду було присуджено індійському філософу Гаятрі Чакраборті Співак (Gayatri Chakravorty Spivak). Вона отримала премію за застосування в політичній і соціальній сфері принципу деконструкції — особливого набору аналітичних і критичних методів і практик філософії, що приводять до розуміння за допомогою руйнування стереотипів або включення в новий контекст. Серед іншого Г.Ч. Співак працює над проблемами міжнародного тероризму й інтелектуального колоніалізму — одними з найголовніших тенденцій сучасного світу.

Джерело:
http://www.inamori-f.or.jp

НАШІ АВТОРИ

Бойко Володимир Ілліч — кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник Президії НАН України

Войтенко Нана Володимирівна — доктор біологічних наук. Провідний науковий співробітник відділу загальної фізіології нервової системи Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАН України

Гольцев Анатолій Миколайович — академік НАН України. Директор Інституту кріобіології і кріомедицини НАН України

Гриценко Володимир Ілліч — кандидат технічних наук, професор. Директор Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОНмолодьспорт України

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

Дудченко Тарас Миколайович — кандидат біологічних наук. Старший науковий співробітник Сектору хімічних і біологічних наук Науково-організаційного відділу Президії НАН України

Єремєєв Валерій Миколайович — академік НАН України. Директор Інституту біології південних морів ім. О.О. Ковалевського Національної академії наук України

Жиляєв Борис Юхимович — кандидат фізико-математичних наук. Завідувач лабораторії швидкоплинних процесів у зірках Головної астрономічної обсерваторії НАН України

Кармазиненко Сергій Петрович — кандидат географічних наук. Науковий співробітник відділу палеогеографії Інституту географії НАН України

Кияк Богдан Романович — доктор економічних наук. Директор Державного фонду фундаментальних досліджень

Кухар Валерій Павлович — академік НАН України. Голова Державного фонду фундаментальних досліджень

Лопухін Олександр Сергійович — кандидат геолого-мінералогічних наук. Старший науковий співробітник відділу взаємодії атмосфери та океану Морського гідрофізичного інституту НАН України

Любанова Ольга Петрівна — кандидат біологічних наук. Учений секретар Міжнародного центру молекулярної фізіології НАН України

Матвіїшина Жанна Миколаївна — доктор географічних наук. Завідувач відділу палеогеографії Інституту географії НАН України

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

Пацюк Федір Никифорович — кандидат хімічних наук. Керівник Сектору хімічних і біологічних наук Науково-організаційного відділу Президії НАН України

Рижов Сергій Миколайович — кандидат історичних наук. Доцент кафедри археології Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Сорокін Олександр Васильович — кандидат фізико-математичних наук Учений секретар Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України

Степанчук Вадим Миколайович — доктор історичних наук. Старший науковий співробітник відділу археології кам'яного віку Інституту археології НАН України

Файнзільберг Леонід Соломонович — доктор технічних наук. Головний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОНмолодьспорт України

Чекман Іван Сергійович — член-кореспондент НАН України. Завідувач кафедри фармакології Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця

ДО УВАГИ АВТОРІВ

«Вісник Національної академії наук України» широко висвітлює діяльність НАН України, основні проблеми організації та координації фундаментальних і прикладних наукових досліджень, повідомляє про досягнення наукових колективів та окремих учених. Журнал публікує найважливіші постанови Президії НАН України, рішення про нагородження, премії та призначення, інформацію про широкомасштабні наукові та науково-організаційні заходи НАН України.

Редакція журналу приймає до розгляду аналітичні статті з актуальних питань розвитку науки та інноваційної діяльності, огляди про сучасний стан і перспективи досліджень з найважливіших галузей природничих, технічних і суспільних наук як в Україні, так і в світі, а також наукові повідомлення. Важливо, щоб у рукопису було чітко визначено актуальність проблеми, її значущість, окреслено шляхи її розв'язання, об'єктивно та неупереджено проаналізовано наявні альтернативні варіанти. Вузькоспеціалізовані статті та статті про рядові дослідження, що не становлять загальнонаукового інтересу і не містять значущих висновків, не приймаються до розгляду. Редакція не повертає відхилені рукописи.

У журналі друкуються також матеріали, що висвітлюють питання наукознавства, історії науки і техніки, діяльності окремих наукових шкіл, інформаційні повідомлення про ювілейні, пам'ятні та визначні події наукового життя, рецензії на нові книги тощо.

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

Рукопис статті українською мовою (формат doc або docx) та окремо файли рисунків або фотографій (формати JPEG, EPS, TIFF високої якості) надсилаються в електронному вигляді на адресу:

visnyk@nas.gov.ua.

Обсяг статті не повинен перевищувати 30, а огляду — 50 тисяч знаків.

До редакції необхідно також надати:

два роздруковані примірники рукопису, що підписані всіма авторами; два примірники договору про передачу авторських прав з підписами всіх авторів;

відомості про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, посада та науковий ступінь, місце роботи, телефон, поштова та електронна адреси);

супровідні листи від усіх організацій, де працюють співавтори статті.

СТРУКТУРА РУКОПИСУ СТАТТІ АБО ОГЛЯДУ

- індекс УДК (PACS);
- ініціали та прізвища авторів;
- назви організацій, де виконано роботу, та їхні поштові адреси;
- анотація українською мовою обсягом до 15 рядків, в якій необхідно чітко відобразити мету, об'єкт і методи дослідження проблеми, основні висновки;
- ключові слова (не більше десяти);
- текст статті разом з таблицями і рисунками;
- рекомендовано використовувати рубрикацію роботи, вказуючи заголовки; текст рукопису (шрифт Times New Roman 14 пт) друкується через 1,5 інтервалу на сторінках формату А4;
- перелік посилань;
- авторський переклад англійською та російською мовами заголовка статті, ПІБ авторів, назв організацій та їхніх адрес, анотації та ключових слів.

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

From the Conference Hall of NAS Presidium (20 June 2012) 3

SCIENTIFIC REPORTS

V.P. Kukhar, B.R. Kyjak, V.I. Onoprienko. Achievements, Problems and Prospects of Grant Support of Science (by Materials of Report at Joint Session of NAS Presidium, Collegium of State Agency for Science, Innovation and Information of Ukraine and Board of State Fund for Fundamental Researches 30 May 2012) 6

FACETS OF SCIENCE

B.Ye. Zhyliaev. What Was at the Beginning 13

ARTICLES AND REVIEWS

A.S. Lopukhin, V.N. Eremeev. Origin of Living Matter on Primeval Planets of Solar System (Retrospective View) 19

V.N. Stepanchuk, Zh.N. Matviishina, S.N. Ryzhov, S.P. Karmazinenko. Initial Peoplening and Further Colonization of the Territory of Ukraine by the Ancient Man: Synthesis of Archaeological and Palaeogeographic Evidence 34

FORUMS

N.V. Voytenko, O.P. Liubanova. Brain Awareness Week 2012 in Kyiv 47

SCIENTIFIC TRENDS

A.M. Holtsev, O.F. Dembnovetskyj, V.I. Boyko, T.M. Dudchenko, F.N. Patsiuk. Development of Researches in Problems of Cryobiology and Cryomedicine in National Academy of Sciences of Ukraine 54

INNOVATIVE DEVELOPMENT

V.I. Gritsenko, L.S. Fainzilberg. Personified Digital Medicine Tools — Step to Health 62

YOUNG RESEARCHERS

A.V. Sorokin. Luminescent Molecular Nanoclusters: Fundamental Properties, Technical and Biomedical Applications 71

CRITIQUES

I.S. Chekman. Water is Life Itself! (Critique of Book «Clusterized Water and Ways of Its Usage» by V.V. Turov and V.M. Hunko) 76

CONGRATULATIONS

80th anniversary of NAS corresponding member H.M. Butenko 80

70th anniversary of NAS corresponding member V.F. Opryshko 82

60th anniversary of NAS corresponding member V.I. Pekhnio 84

60th anniversary of NAS corresponding member B.I. Lev 86

60th anniversary of NAS corresponding member O.V. Mamchenko 88

SCIENCE NEWS 90

ГІБРИДНИЙ МАС-СПЕКТРОМЕТР FINNIGAN LTQ™ ORBITRAP™ У ДОСЛІДЖЕННІ БІЛКІВ

LTQ™ ORBITRAP™ — ідеальний прилад від Thermo Scientific у мас-спектрометричному аналізі малих молекул біологічного походження з визначенням точних мас.

Це гібридний мас-спектрометр високої роздільної здатності для роботи в режимах ВЕРХ/МС і $МС^n$, що використовує можливості просунутої лінійної квадрупольної іонної пастки та інноваційного мас-аналізатора — орбітальної іонної пастки.

Висока роздільна здатність, чутливість, точне визначення мас роблять його безперечним лідером у протеоміці, метаболоміці й багатьох інших наукових дослідженнях.

Цей унікальний прилад забезпечує ідентифікацію малих біологічних молекул у дуже складних зразках у дуже складних матрицях, у режимах МС і $МС^n$ при недосяжній на інших приладах швидкості та чутливості. Він знаходить застосування як у глибоких фундаментальних дослідженнях, так і під час рутинного аналізу пептидів, білків, гормонів, допінгових засобів, лікарських препаратів.

Лінійку обладнання представляють **LTQ ORBITRAP XL** (з максимальною роздільною здатністю понад 100000) або **LTQ ORBITRAP DISCOVERY™** (з максимальною роздільною здатністю 30000). Обидві ці моделі можуть працювати з опціями MALDI або ETD.

MALDI LTQ Orbitrap дає можливість здійснювати швидку, точну, надійну ідентифікацію білків та їх післятрансляційних модифікацій. При цьому реалізуються такі функції, як $МС^n$, високо- і низькоенергетична фрагментація, широкий динамічний діапазон.

Thermo Scientific LTQ Orbitrap XL ETD — потужна система для розв'язання задач протеоміки, що поєднує три різні техніки фрагментації (CID, HCD, ETD), що доповнюють одна одну, і перевірену технологію Orbitrap™. Це найбільш універсальне рішення для аналізу післятрансляційних модифікацій білків, секвенування пептидів, «top-down» і «middledown» аналізу та кількісного аналізу.

Точність визначення маси:
<5 ppm із зовнішнім стандартом
<2 ppm із внутрішнім стандартом

Діапазон мас:
50—2000 а.о.м.
200—4000 а.о.м.

Висока роздільна здатність:
60000 на m/z 400 а.о.м. при 1 скануванні за секунду

Чутливість:
на рівні суб-фемтомолів зразка на колонку

Максимальна роздільна здатність:
понад 100 000 (LTQ ORBITRAP XL™)
понад 30 000 (LTQ ORBITRAP DISCOVERY™)

Динамічний діапазон:
>3 000 всередині мас-спектра
>500 000 між мас-спектрами

Науково-виробниче об'єднання «Нікомед»
вул. Богдана Хмельницького, 33/34, оф. 11,
Київ, 01030, Україна, тел. (+380 44) 586-40-97

e-mail: nicomed@terabit.net.ua
www.nicomed.com.ua

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

Видавець — Видавничий дім «Академперіодика» НАН України

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

Редактори:

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

Адреса редакції:

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

тел./факс (38044) 234-71-18

E-mail: visnyk@nas.gov.ua
Електронна версія — на сайті НБУ ім. В.І. Вернадського НАН України:
www/nbuv.gov.ua/portal/all/herald/index.html

Технічний редактор *Т.М. Шендерович*
Комп'ютерне верстання *Н.П. Яременко*

Підписано до друку 16.07.2012. Формат 84 × 108/16. Папір офсетний № 1.
Друк офсетний. Гарн. Петербург. Ум. друк. арк. 8,82. Обл.-вид. арк. 8,82.
Тираж 395 пр. Зам. 3340.

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

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

© Президія Національної академії наук України, 2012