

# ВІСНИК

## НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

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

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор Б.Є. ПАТОН	А.Ф. БУЛАТ В.М. ГЕСЦЬ В.В. ГОНЧАРУК В.С. ДЕЙНЕКА
Заступник головного редактора, науковий редактор В.Л. БОГДАНОВ	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
Штатний заступник головного редактора О.О. МЕЛЕЖИК	

3  
2014

# ЗМІСТ

## ОФІЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Із зали засідань Президії НАН України (15 січня 2014 р.) ..... 3

Із зали засідань Президії НАН України (29 січня 2014 р.) ..... 8

## З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

**Круковський П.Г.** Аналіз термогазодинамічного стану Нового безпечного конфайнменту і об'єкта «Укриття» (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 15 січня 2014 р.) ..... 13

**Коноваленко О.О.** Про підсумки виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Модернізація радіотелескопа УТР-2 і перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні» (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 29 січня 2014 р.) ..... 20

## СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ

НОБЕЛІАНА-2013

**Горбар Е.В., Гусинін В.П.** Бозон Хіггса: передбачення, пошук, відкриття ..... 31

**Витязь С.П.** Межрегиональные аспекты политических событий Древней Руси первой половины XI в. .... 42

**Петриченко В.Ф., Коць С.Я.** Симбіотичні системи у сучасному сільськогосподарському виробництві ..... 57

## ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК

**Смертенко П.С., Чернишев Л.І., Білан І.І., Солонін Ю.М., Гроховатська М.Я., Кульчицький І.І., Кот О.В., Бойко Н.В.** Кластери і технологічні платформи як механізми розвитку економіки України ..... 67

## НАУКОВІ ФОРУМИ

**Зельніченко О.Т., Ліподаєв В.М.** Зварювання та споріднені технології – сьогодення і майбутнє (Міжнародна конференція) ..... 77

**Рябець Л.В., Очеретянюк С.І.** Українська енциклопедистика (III Міжнародна наукова конференція) ..... 83

## МОЛОДІ ВЧЕНІ

**Боронь О.В.** Проза Тараса Шевченка і західноєвропейські літератури: наслідування чи творче засвоєння художнього досвіду? (наукове повідомлення на засіданні Президії НАН України 2 жовтня 2013 р.) ..... 89

## НАУКОВІ НАПРЯМИ

**Таньшина А.В.** Феномен УФТИ (історико-документальний очерк) ..... 94

## ЛЮДИ НАУКИ

**Кривонос Ю.Г., Губарев В.Ф.** Наука як найвища цінність (до 100-річчя з дня народження академіка НАН України О.І. Кухтенка) ..... 100

## НОВИНИ НАУКИ

Що спільного між чорною дірою і прогнозом погоди? ..... 103

- *Аналіз термогазодинамічного стану нового безпечного конфайнменту і об'єкта «Укриття» (доповідач — доктор технічних наук П.Г. Круковський)*
- *Про заходи із забезпечення централізованого доступу до зарубіжних баз наукової інформації та представлення періодичних видань НАН України у провідних наукометричних базах (доповідач — академік НАН України А.Г. Загородній)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач — академік НАН України В.Ф. Мачулін)*
- *Кадрові та поточні питання*

## ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАнь ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ 15 січня 2014 року

---

Учасники засідання Президії НАН України заслухали доповідь завідувача відділу моделювання процесів тепломасообміну в об'єктах енергетики і теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України доктора технічних наук **Павла Григоровича Круковського** на тему «**Аналіз термогазодинамічного стану нового безпечного конфайнменту і об'єкта «Укриття».**

У доповіді було представлено докладну інформацію про призначення, конструкцію та хід будівництва нової захисної споруди об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС — Нового безпечного конфайнменту (НБК), який має гарантувати безпеку цього об'єкта на найближчі 100 років і дати можливість у майбутньому вилучити паливовмісні матеріали та кондиціонувати їх для подальшого безпечного зберігання. Конфайнмент — це унікальний інженерно-технічний багатофункціональний комплекс, основним завданням якого є перетворення об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему. НБК дасть змогу обмежити радіаційний вплив об'єкта «Укриття» на навколишнє середовище, причому як під час нормальної його експлуатації, так і в разі виникнення аварійних ситуацій, які можуть статися в процесі демонтажу нестабільних конструкцій чи під час виконання робіт з вилучення ядерного палива.

Новий безпечний конфайнмент складається з основної споруди, яка має аркову конструкцію, систем контролю і підтримки експлуатації та допоміжних споруд. Однією з найважливіших систем підтримки експлуатації конфайнменту є система вентиляції, яка має забезпечувати функціонування НБК.

Проектування, будівництво та введення в експлуатацію НБК здійснює міжнародний консорціум NOVARKA. Завершення будівництва заплановано на кінець 2015 р. Після проведення тендера консорціум NOVARKA доручив фахівцям Інституту



Доповідь доктора технічних наук  
Павла Григоровича Круковського

технічної теплофізики НАН України виконати відповідні роботи з аналізу працездатності системи вентиляції та термогазодинамічного стану конфайнменту за різних кліматичних умов його експлуатації.

Учені Інституту розробили оригінальну тривимірну розрахункову модель термогазодинамічного стану НБК, об'єкта «Укриття», фундаментів і ґрунтів з урахуванням основних фізичних процесів, що виникають у цій складній системі.

Модель пройшла всебічне тестування та перевірку відповідності експериментальним даним. На її основі виконано цикл досліджень з аналізу термогазодинамічного стану та вологості НБК і об'єкта «Укриття», який дозволив перевірити працездатність і провести оптимізацію складної системи вентиляції НБК в умовах нормальної та аварійної експлуатації, а також виявити умови утворення радіоактивного конденсату на поверхнях НБК та об'єкта «Укриття» при зміні сезонів року і довгостроковій експлуатації конфайнменту.

Результати досліджень засвідчили працездатність системи вентиляції в діапазоні заданих кліматичних умов. Розроблену тривимірну модель термогазодинамічних процесів у НБК і об'єкті «Укриття» планується також використати для аналізу та прогнозування поширення

радіоактивного пилу всередині й викидів за межі НБК під час демонтажу будівельних конструкцій об'єкта «Укриття».

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, керівник відділення Інституту проблем безпеки АЕС НАН України В.О. Краснов, начальник інженерно-технічної служби Групи управління проектом Чорнобильської АЕС С.Ю. Дерюга, директор Інституту технічної теплофізики НАН України академік НАН України А.А. Долінський.

У виступах було відзначено актуальність і важливість робіт, виконаних ученими Інституту технічної теплофізики НАН України, підкреслено, що ці дослідження мають комплексний міждисциплінарний характер і потребують участі не лише теплофізиків, а й фахівців з проблем поводження з ядерними матеріалами, радіоактивними відходами та інших питань безпеки атомних електростанцій. Президія доручила відділенням фізико-технічних проблем матеріалознавства, фізико-технічних проблем енергетики і ядерної фізики та енергетики НАН України підготувати пропозиції щодо участі їх установ у подальших роботах з побудови конфайнменту.

\* \* \*

Далі Президія НАН України заслухала доповідь віце-президента НАН України академіка НАН України **Анатолія Глібовича Загороднього** про заходи із забезпечення централізованого доступу до зарубіжних баз наукової інформації та представлення періодичних видань НАН України у провідних наукометричних базах.

Розвиток інформаційного забезпечення фундаментальних і прикладних досліджень установ НАН України, а також представлення їхніх розробок у світовому науково-інформаційному просторі мають велике значення для підвищення ефективності вітчизняної академічної науки та її більш глибокої інтеграції до європейського і світового наукового співтовариства.

У доповіді було зазначено, що починаючи з 2006 р. Національна бібліотека України

ім. В.І. Вернадського здійснює централізовану передплату доступу до зарубіжних баз наукової інформації. Перелік баз визначається заявками установ НАН України, обсягами фінансування та статистикою використання цих ресурсів. Однак у 2011–2013 рр. кошти на передплату виділялися в менших обсягах і надходили зі значним запізненням, що зумовило скорочення у 2–3 рази обсягу інформаційних ресурсів, одержаних українськими науковцями в цей період.

У 2013 р. було здійснено низку заходів, спрямованих на кардинальне поліпшення організації цієї справи. Так, за ініціативою НБУВ та за сприяння Держінформнауки України Кабінет Міністрів України прийняв постанову (від 09.10.2013 № 741), яка уможливила здійснення передоплати онлайн-доступу до зарубіжних баз наукової інформації та користування ними впродовж цілого року. Крім того, НБУВ та Видавничий дім «Академперіодика» НАН України за підтримки Інформаційно-бібліотечної та Науково-видавничої рад НАН України провели консультації із зарубіжними корпораціями — інтеграторами баз наукової інформації Elsevier, EBSCO, Springer, Euro-monitor International, а також Державною публічною науково-технічною бібліотекою Росії, Президентською бібліотекою ім. Б.М. Єльцина щодо розширення доступу академічних установ до їхніх баз даних, у тому числі й на безоплатній основі.

У 2013 р. НБУВ забезпечувала доступ для 57 установ НАН України за погодженими IP-адресами до баз даних Elsevier, EBSCO, IOP Science (Institute of Physics Publishing); для окремих установ НАН України — до бази Інспрес, а також на пільгових або тестових умовах — до баз ARDI (Access to Research for Development and Innovation), BioOne (за підтримки асоціації «Інформатіо-Консорціум» у співробітництві з Electronic Information for Libraries), Електронної бібліотеки дисертацій Російської державної бібліотеки, Електронного читального залу Президентської бібліотеки ім. Б.М. Єльцина, Polpred.com (Росія) та East View (МДУ ім. М.В. Ломоносова).



Доповідь академіка НАН України  
Анатолія Глібовича Загороднього

Забезпечення у 2014 р. централізованого доступу до зарубіжних баз наукової інформації залежатиме від розмірів фінансування. Для збереження обсягів надання доступу до 4 провідних баз даних хоча б на рівні минулого року потрібно щонайменше 7,5 млн грн.

Для ефективного і повноцінного розвитку вітчизняної академічної науки не менш важливим питанням є представлення періодичних видань НАН України у провідних наукометричних базах, насамперед у Scopus. І хоча Академія за цим показником посідає кращі позиції, ніж інші наукові відомства, наявний рівень не можна вважати прийнятним. Так, в Україні видається 1804 наукові журнали, 271 з яких — у НАН України. З них у наукометричній системі SciVerse Scopus проіндексовано 47 журналів (у тому числі 33 академічних), що становить менш як 4% від загальної кількості видань, а в системі Web of Science — усього 18 журналів (з них 16 академічних), що становить 1% від загальної кількості наукової періодики. Причини такого становища зумовлені недостатнім обсягом передплатних послуг; невідповідністю українських журналів вимогам світових наукометричних систем; пасивністю редколегій.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, голова Науково-видавничої ради НАН України академік НАН

України Я.С. Яцків, академік-секретар Відділення історії, філософії та права НАН України академік НАН України О.С. Онищенко, генеральний директор Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського кандидат історичних наук В.І. Попик, академік-секретар Відділення біохімії, фізіології та молекулярної біології НАН України академік НАН України С.В. Комісаренко. У виступах було зазначено, що обговорювані питання мають ключове значення для інформаційного забезпечення наукових досліджень.

Президія НАН України доручила НБУВ здійснити на основі процедури відкритих торгів закупівлю онлайн-доступу до зарубіжних баз наукової інформації для користувачів бібліотеки, а також для установ НАН України як зовнішніх користувачів її ресурсів. Вирішено вважати пріоритетом закупівлю доступу до баз даних компаній Elsevier (включно зі Scopus), EBSCO, Inspec, IOP Science, Institute of Physics Publishing. Серед заходів для поліпшення ситуації з представленням періодичних видань НАН України у світових наукометричних базах передбачено систематичне проведення за участю спеціалістів корпорацій Elsevier, EBSCO, Springer та ін. практичних семінарів для науковців, представників редколегій, працівників редакцій та бібліотечно-інформаційних підрозділів установ НАН України з питань використання зарубіжних баз даних і приведення академічної періодики у відповідність з вимогами наукометричних систем.

\* \* \*

Далі учасники засідання заслухали та обговорили питання про присудження Золотої медалі імені В.І. Вернадського Національної академії наук України, яка є найвищою відзнакою НАН України і присуджується за видатні досягнення в галузі природничих, технічних та соціогуманітарних наук, наукові праці, відкриття та винаходи, що мають велике наукове й практичне значення. За результатами конкурсу 2013 р. Золоту медаль імені В.І. Вернадського НАН України було присуджено академіку НАН України **Олександрі Миколайовичу Гузю** та іноземному члену НАН України професору **Герберту Мангу** (Herbert Mang) за визначні досягнення в галузі механіки деформівних тіл.

\* \* \*

Президія НАН України заслухала також інформацію про заходи з економного та раціонального використання державних коштів; про хід підготовки та видання Енциклопедії сучасної України.

\* \* \*

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

#### Затверджено:

- доктора технічних наук **Мінеєва Сергія Павловича** на посаді завідувача відділу керування динамічними проявами гірничого тиску Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України;
- кандидата геолого-мінералогічних наук **Побе-режського Андрія Володимировича** на посаді завідувача відділу геології і геохімії твердих горючих копалин Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України;
- кандидата геолого-мінералогічних наук **Дудка Ігоря Васильовича** на посаді завідувача відділу геохімії осадових товщ нафтогазоносних провінцій Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України;
- доктора економічних наук **Єгорова Ігоря Юрійовича** на посаді завідувача відділу інноваційної політики, економіки та організації високих технологій Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України»;
- доктора економічних наук **Одотюка Ігоря Васильовича** на посаді головного наукового співробітника Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України».

#### Відзнакою НАН України «За наукові досягнення» нагороджено:

- першого Президента України кандидата економічних наук **Кравчука Леоніда Макаровича** за визначний особистий внесок у наукове дослідження проблем зовнішньої і внутрішньої політики України;
- члена правління ТОВ Керуюча Компанія «Рэйл-ТрансХолдинг» доктора технічних наук, професора **Чепурного Анатолія Даниловича** за багатолітню плідну працю вченого, конструктора і інженера та вагомі творчі здобутки у професійній діяльності.

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

- завідувача відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України доктора хімічних наук, професора **Великанову Тамару Яківну** за багатолітню плідну творчу працю в галузі фізико-хімічного матеріалознавства та вагомні наукові здобутки;

- головного наукового співробітника Головної астрономічної обсерваторії НАН України доктора фізико-математичних наук **Павленка Якова Володимировича** за багатолітню плідну наукову працю та особисті творчі здобутки в галузі фізики зір і субзоряних об'єктів;

- почесного директора Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України члена-кореспондента НАН України **Черевченко Тетяну Михайлівну** за невтомну працю вченого-ботаніка, організатора садово-паркового будівництва і просвітника-еколога та вагомні професійні здобутки у збереженні і збагаченні природно-заповідного фонду України.

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

- завідувача відділу Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України члена-кореспондента НАН України **Ковалю Юрія Миколайовича** за багатолітню плідну працю вченого-матеріалознавця й організатора наукових досліджень у галузі фазових перетворень у твердому тілі, вагомні творчі здобутки та особистий внесок у підготовку наукових кадрів;

- завідувача відділу Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України кандидата геолого-мінералогічних наук **Куровця Ігоря Михайловича** за багатолітню плідну працю вченого та вагомий особистий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі нафтової геофізики;

- водія I класу автотранспортного засобу Державної установи «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України» **Чайчевського Івана Паримоновича** за багатолітню сумлінну працю, бездоганне виконання посадових обов'язків та високий професіоналізм.

- *Про підсумки виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Модернізація радіотелескопа УТР-2 і перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні» (доповідач – академік НАН України О.О. Коноваленко)*
- *Про участь установ НАН України у виконанні державних ювілейних заходів з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка та 150-річчя від дня його перепоховання (доповідач – академік НАН України М.Г. Жулинський)*
- *Про нагородження відзнаками НАН України та Почесними грамотами НАН України і Центрального комітету профспілки працівників НАН України (доповідач – академік НАН України В.Ф. Мачулін)*
- *Кадрові та поточні питання*

## ІЗ ЗАЛИ ЗАСІДАНЬ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

29 січня 2014 року

---

Перед початком засідання Президії НАН України 29 січня 2014 р. академік НАН України Б.Є. Патон вручив державні нагороди провідним ученим Академії – віце-президенту НАН України академіку НАН України А.Г. Наумовцю, члену-кореспонденту НАН України Л.В. Шинкарук, доктору технічних наук В.О. Петрухину. Він також привітав з ювілеєм академіка НАН України В.П. Горбуліна. Від імені Уряду України академік НАН України В.П. Семиноженко вручив Почесну грамоту Кабінету Міністрів України президенту НАН України академіку НАН України Б.Є. Патону.

\* \* \*

Члени Президії НАН України та запрошені заслухали й обговорили доповідь заступника директора з наукової роботи Радіоастрономічного інституту НАН України академіка НАН України **Олександра Олександровича Коноваленка** про підсумки виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Модернізація радіотелескопа УТР-2 і перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні», яка засвідчила, що в нашій країні успішно розвивається низькочастотна радіоастрономія.

Наукова школа з цього напрямку астрономічної науки, створена свого часу в Україні академіком Семеном Яковичем Брауде, нині є загальновізнаною у світі, а її представники належать до світових лідерів радіоастрономії. Радіотелескоп УТР-2 із системою інтерферометрів УРАН є найбільшим у світі та найефективнішим інструментом досліджень космічного радіовипромінювання у найбільш довгохвильовій ділянці електромагнітного спектра. Завдяки створенню та впровадженню нових радіоелектронних елементів і систем, методів спостереження й оброблення даних українські вчені зробили низку від-



криттів світового рівня. Серед них — детектування на декаметрових хвилях 40 нових пульсарів; виявлення сигналів від блискавок на Сатурні з рекордною роздільною здатністю; реєстрація збуджених станів міжзоряних атомів, головне квантове число яких перевищує 1000; виявлення тонкої частотно-часової структури радіовипромінювання Сонця, планет, зірок та радіовипромінювання іншими спорадичними явищами у Всесвіті; виявлення протяжних просторових структур поблизу радіогалактик і квазарів методами низькочастотної радіоінтерферометрії з наддовгими базами.

Цих визначних здобутків вдалося досягти завдяки виконанню впродовж 2010—2013 рр. цільової програми НАН України з розвитку низькочастотної радіоастрономії, яка включала не лише розроблення та впровадження нових програмно-апаратних засобів, а й створення ще одного потужного інструменту — Гігантського українського радіотелескопа (ГУРТ). При цьому максимально використовувалися новітні досягнення в галузях інформаційних і телекомунікаційних технологій, цифрової та комп'ютерної техніки, академічна грид-система. Впровадження на УТР-2 і УРАН розроблених цифрових спектральних приймачів підвищило інформативність цих інструментів у тисячі разів. Радіотелескоп ГУРТ із загальною кількістю 550 елементів дав змогу здійснювати дослідження на недосяжному раніше рівні, забезпечивши їх міжнародною інструментальною і методичною порівняльною базою при вимірюваннях на наднизьких частотах.

В обговоренні доповіді взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, завідувач лабораторії радіоастрономії Полтавської гравіметричної обсерваторії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України кандидат фізико-математичних наук А.І. Браженко, заступник директора Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України академік НАН України З.Т. Назарчук, директор Головної астрономічної обсерваторії НАН України академік НАН України Я.С. Яцків.

У виступах було зазначено, що система радіотелескопів УТР-2 і УРАН у Харкові, Одесі,



Доповідь академіка НАН України  
Олександра Олександровича Коноваленка

Полтаві та Львові є справжнім національним надбанням, яким по праву може пишатися Академія і вся країна. Українські низькочастотні радіоастрономічні системи за своїми параметрами є найкращими у світі, а досягнення вчених Академії в галузі декаметрової радіоастрономії значною мірою стимулювали інтерес міжнародної спільноти до цієї галузі фундаментальних досліджень. Свідченням цього є широкі міжнародні наукові зв'язки українських радіоастрономів з колегами з Австрії, Франції, Німеччини, Великої Британії та інших країн. Позитивну оцінку дістали також зусилля колективів академічних установ, зокрема Радіоастрономічного інституту НАН України, спрямовані в непростих умовах сьогодення не лише на збереження цих унікальних інструментів, а й на їх постійне вдосконалення.

Президія НАН України наголосила, що подальший розвиток декаметрової радіоастрономії як одного з найефективніших методів дослідження Всесвіту неможливий без велетенських радіотелескопів нового покоління. Ряд країн, у тому числі й Україна, уже прийняли рішення про створення таких інструментів. Тому в умовах зростання конкуренції важливо не втратити провідні позиції вітчизняної низькочастотної радіоастрономії, сконцентрувати зусилля на побудові радіотелескопа нової генерації, що потребує значних обсягів фінан-



Доповідь академіка НАН України  
Миколи Григоровича Жулинського

сування, вжити всіх необхідних заходів для залучення додаткових коштів, зокрема через міжнародне співробітництво.

\* \* \*

Далі учасники засідання заслухали доповідь академіка-секретаря Відділення літератури, мови та мистецтвознавства НАН України, директора Інституту літератури ім. Т.Г. Шевченка НАН України академіка НАН України **Миколи Григоровича Жулинського** про участь установ НАН України у виконанні державних ювілейних заходів з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка та 150-річчя з дня його перепоховання.

Доповідач зазначив, що установи НАН України забезпечують успішну реалізацію покладених на Академію завдань Плану ювілейних заходів, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02.03.2011 № 167-р. Зокрема, в 2013 р. видано 8-й і 9-й томи, а також передано до видавництва «Наукова думка» НАН України завершальні томи Повного зібрання творів Т.Г. Шевченка у 12 томах; видано 3-й і 4-й томи фундаментального академічного дослідження «Шевченківська енциклопедія» у 6 томах; завершено наповнення більшості розділів унікального науково-освітнього порталу «Тарас Шевченко», який має стати найсучаснішою інформаційною формою популяризації творчої спадщини Т.Г. Шев-

ченка і найбільшою у світі базою знань про нього. За участю фахівців НАН України здійснено підготовку й опубліковано низку видань шевченківської спадщини (факсимільне видання збірки поетичних творів «Три літа», вибрані поезії Т.Г. Шевченка у перекладі англійською мовою, «Кобзар. 1840», «Мала книжка («захальна»)», «Чигиринський Кобзар. Гайдамаки. Гамалія», мистецька антологія «Шевченкова посвята», факсимільне видання рукописної збірки «Тарас Шевченко. Більша книжка»). Проведено низку науково-організаційних заходів, присвячених Т.Г. Шевченку, – VIII Міжнародний конгрес МАУ «Тарас Шевченко і світова україністика: історичні інтерпретації та сучасні рецепції», круглий стіл у рамках XV Міжнародного з'їзду славистів «Тарас Шевченко: національний вимір і світовий контекст», міжнародні наукові конференції «Народні засади та образно-стильові системи спадщини Тараса Шевченка в контексті національно-культурних пріоритетів», «Народні засади та образно-стильова система спадщини Т.Г. Шевченка». Підготовлено до друку і найближчим часом буде видано альбом репродукцій художніх творів Т.Г. Шевченка «Тарас Шевченко. Мистецька спадщина», збірку «Тарас Шевченко. Прижиттєві видання творів. 1841–1861», а також «Кобзар» у перекладі польською мовою. У 2014 р. заплановано проведення ще низки важливих науково-організаційних заходів.

В обговоренні питання взяли участь академік НАН України Б.Є. Патон, директор Інституту історії України НАН України академік НАН України В.А. Смолій. Було підкреслено, що 200-річчя з дня народження Т.Г. Шевченка – визначна ювілейна подія, адже Т.Г. Шевченко не лише поет і художник, відомий кожному громадянину нашої країни, а й національна гордість, символ мужнього борця за Україну, за її незалежність і за злагоду в суспільстві. Величезне значення цього митця засвідчує й увага керівництва держави до його ювілею: укази Президента України, кілька затверджених планів ювілейних заходів, зокрема План українсько-російських заходів зі спільного відзначення 200-річчя від дня народження

Т.Г. Шевченка, підписаний В.Ф. Януковичем і В.В. Путіним 17 грудня 2013 р.

НАН України, як головна наукова інституція країни, є виконавцем і співвиконавцем більшості (загалом — 26) державних ювілейних заходів, оскільки без фахової участі й допомоги вчених-шевченкознавців жодне з цих завдань не можна реалізувати на належному рівні. Тому НАН України має не просто брати участь, а й відігравати провідну роль у проведенні зазначених заходів. З повною відповідальністю слід поставитися й до ювілейних заходів, де Академія є співвиконавцем. Компетентна допомога НАН України потрібна і Міністерству культури України, яке відповідає майже за всі заходи, і Держтелерадіо України, що друкує всю шевченкіану, і Черкаській облдержадміністрації, а в Російській Федерації — науковим і громадським організаціям Москви і Санкт-Петербурга.

\* \* \*

Президія НАН України також ухвалила рішення про створення Державної наукової установи «Центр світової економіки та міжнародних відносин Національної академії наук України»; заслухала інформацію про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України про закордонні відрядження; про проведення VIII Всеукраїнського фестивалю науки; про розгляд робіт, поданих на здобуття премій академії наук України, Білорусі і Молдови 2013 р.; про розроблення проекту Положення про наукового керівника установи НАН України; про наукові об'єкти, яким НАН України рекомендує надати статус національного надбання; затвердила розподіл бюджетного фінансування НАН України на 2014 р.

\* \* \*

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

#### **Затверджено:**

- доктора біологічних наук **Золотарьову Олену Костянтинівну** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України;

- доктора біологічних наук **Виноградову Оксану Миколаївну** на посаді заступника директора з наукової роботи Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України;

- кандидата біологічних наук **Музичук Галину Михайлівну** на посаді ученого секретаря Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України;

- кандидата технічних наук **Пилігоїну Ольгу Юріївну** на посаді ученого секретаря Державної установи «Інститут технічних проблем магнетизму НАН України».

#### **Відзнакою НАН України «За наукові досягнення» нагороджено:**

- керівника сектору Державної установи «Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України» члена-кореспондента НАН України, академіка НАМН України **Коркушка Олега Васильовича** за багатолітню плідну працю вченого, лікаря і педагога та вагомими творчими здобутками в розвитку вітчизняної медичної науки;

- директора Державної установи «Інститут ендокринології і обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України» члена-кореспондента НАН України, академіка НАМН України **Тронька Миколу Дмитровича** за багаторічну плідну працю вченого-ендокринолога, лікаря і організатора наукових досліджень, вагомими здобутками в педагогічній діяльності та значніми творчими досягненнями.

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

- завідувача відділу Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Онопчука Юрія Миколайовича** за багатолітню плідну наукову і педагогічну працю та значні творчі здобутки в галузі моделювання інформаційно-функціональних систем;

- завідувача відділу Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України доктора фізико-математичних наук, професора **Сименю Івана Васильовича** за багаторічну плідну наукову і педагогічну працю та значні творчі здобутки в галузі ядерної фізики;

- заступника директора з інженерно-технічних питань Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України **Куцака Валерія Стефановича** за багатолітню плідну працю та вагомими професійними здобутками в розробленні і впровадженні спеціальної інженерної техніки;

- завідувача відділу Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України члена-кореспондента НАН України **Григор'єва Олега Миколайовича** за багатолітню плідну наукову, науково-

організаційну і педагогічну працю та вагомі творчі здобутки в галузі фізичного матеріалознавства;

- головного наукового співробітника Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України члена-кореспондента НАН України **Бондаренка Володимира Петровича** за багаторічну плідну наукову і науково-організаційну діяльність та вагомі творчі здобутки в галузі матеріалознавства твердих сплавів і композиційних матеріалів;

- провідного наукового співробітника Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України доктора біологічних наук, професора **Воронцову Аду Леонідівну** за багатолітню плідну працю вченого, особисті здобутки в підготовці наукових кадрів та вагомий внесок у розвиток наукових досліджень у галузі експериментальної онкології;

- директора Державної установи «Інститут всесвітньої історії НАН України» доктора історичних наук, професора **Кудряченка Андрія Івановича** за багатолітню плідну працю вченого-історика і організатора наукових досліджень та вагомі творчі здобутки.

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

- начальника господарського відділу Державної установи «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України» **Дишлевого Валерія Петровича** за багатолітню плідну працю, сумлінне виконання посадових обов'язків та високий професіоналізм;

- головного наукового співробітника Інституту демографії та соціальних досліджень ім. М.В. Птухи НАН України доктора економічних наук, професора **Стещенко Валентину Сергіївну** за багатолітню плідну творчу працю, вагомий особистий внесок у розвиток демографічної науки та підготовку висококваліфікованих наукових кадрів;

- заступника начальника Відділу науково-правового забезпечення діяльності НАН України **Фесюню Тетяну Володимирівну** за багатолітню сумлінну працю, відповідальне ставлення до виконання посадових обов'язків і особистий внесок у правову підтримку діяльності установ НАН України та їх працівників.

# З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ

**КРУКОВСЬКИЙ  
Павло Григорович** –  
доктор технічних наук,  
завідувач відділу моделювання  
процесів тепломасообміну  
в об'єктах енергетики  
і теплотехнологіях  
Інституту технічної  
теплофізики НАН України,  
kruk@i.kiev.ua

## АНАЛІЗ ТЕРМОГАЗОДИНАМІЧНОГО СТАНУ НОВОГО БЕЗПЕЧНОГО КОНФАЙНМЕНТУ І ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»

**За матеріалами наукового повідомлення  
на засіданні Президії НАН України  
15 січня 2014 року**

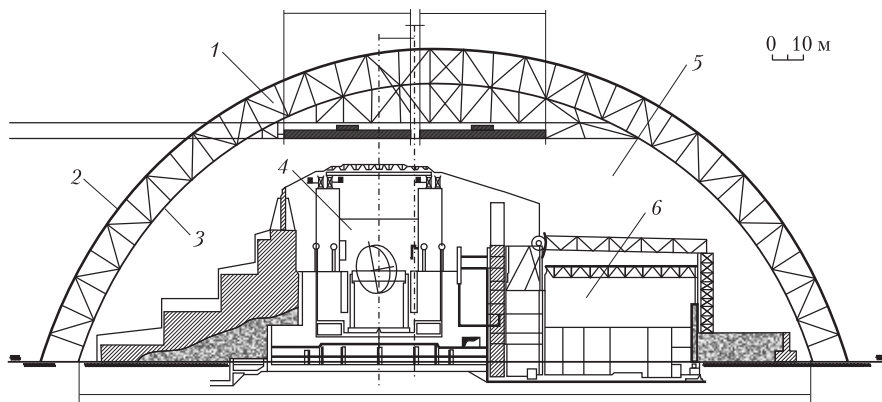
*Розглянуто конструкцію і призначення Нового безпечного конфайнменту, який нині будується на Чорнобильській АЕС біля об'єкта «Укриття». Для забезпечення тривалої експлуатації комплексу обґрунтовано необхідність аналізу та прогнозування сумісних термогазодинамічних і вологісних процесів у конфайнменті. Розроблено тривимірну комп'ютерну модель, яка дала змогу перевірити працездатність системи вентиляції в потенційно можливих кліматичних умовах та у разі відмови вентиляційного устаткування. Наведено результати застосування розробленої моделі для прогнозування поширення радіоактивного пилу в повітряному об'ємі та утворення конденсату на поверхнях конфайнменту і об'єкта «Укриття».*

**Ключові слова:** Чорнобильська АЕС, об'єкт «Укриття», Новий безпечний конфайнмент, термогазодинамічні процеси, радіаційна безпека, моделювання.

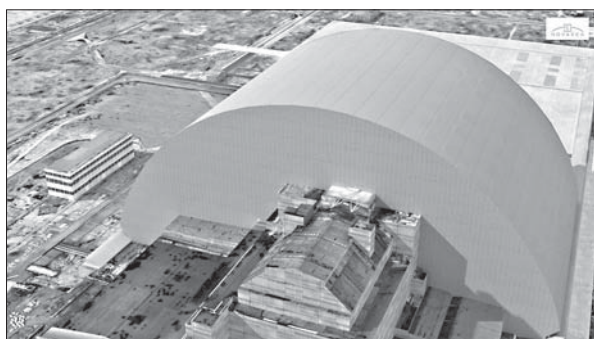
### **Призначення і конструкція Нового безпечного конфайнменту**

Новий безпечний конфайнмент (НБК), призначений для захисту об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС, є унікальним інженерно-технічним комплексом, основними функціями якого є обмеження радіаційного впливу на населення, персонал і навколишнє середовище під час нормальної експлуатації об'єкта «Укриття», його демонтажу та виконання робіт з вилучення ядерного палива і паливовмісних матеріалів [1].

НБК складається зі сталевих конструкцій у вигляді арки, що накривають об'єкт «Укриття» (ОУ), технологічної будів-



**Рис. 1.** Схема об'єкта «Укриття» та Нового безпечного конфайнменту в поперечному перерізі: 1 – сталеві несівні конструкції та кільцевий простір Арки; 2 – зовнішня оболонка; 3 – внутрішня оболонка; 4 – об'єкт «Укриття» і зруйнований реактор; 5 – основний об'єм НБК; 6 – машинний зал



*a*



*б*

**Рис. 2.** Загальний вигляд НБК (комп'ютерна графіка) (а) і хід його будівництва станом на кінець 2013 р. (б)

лі, розташованої в західній частині Арки, де буде встановлено більшість систем життєзабезпечення та контролю, і допоміжної будівлі, в якій знаходиться інші системи [2]. Для забезпечення захисту навколишнього середовища і гарантування довгострокового (до 100 років) опору корозії структурну частину Арки

(рис. 1) планується обшити двома металевими оболонками всередині (3) і зовні (2). У кільцевому просторі та основному об'ємі передбачено спеціальну систему вентиляції, яка має забезпечити необхідний режим вологості з метою зниження до мінімуму корозії металевих конструкцій кільцевого простору і запобігти потраплянню в навколишнє середовище аерозольних викидів, що можуть виникнути під час демонтажу конструкцій об'єкта «Укриття».

Арка НБК має такі розміри: висота близько 109 м, довжина – 160 м, ширина – 260 м. Об'єм повітря між внутрішньою і зовнішньою оболонками Арки (1) становить близько 1,0 млн м<sup>3</sup>, а повітряний об'єм усередині Арки (5) – 1,7 млн м<sup>3</sup>. Об'єм будівель під Аркою, в тому числі ОУ, – близько 1,0 млн м<sup>3</sup>. Загальна вага Арки – 33 тис. т.

Проектування і спорудження НБК забезпечує консорціум NOVARKA (до його складу входять дві французькі компанії – VINCI Construction Grands Projets та Bouygues Travaux Publics). Арку монтують на спеціальному будівельному майданчику за 200 м від четвертого енергоблока ЧАЕС, а потім її мають насунути на об'єкт «Укриття». Завершення будівництва заплановано на кінець 2015 р. На рис. 2 показано майбутній вигляд Нового безпечного конфайнменту і частково вже побудовану (станом на кінець 2013 р.) першу (східну) частину Арки.

Однією з найважливіших інженерних систем НБК є система вентиляції, яка насамперед має забезпечити потрібний режим відносної

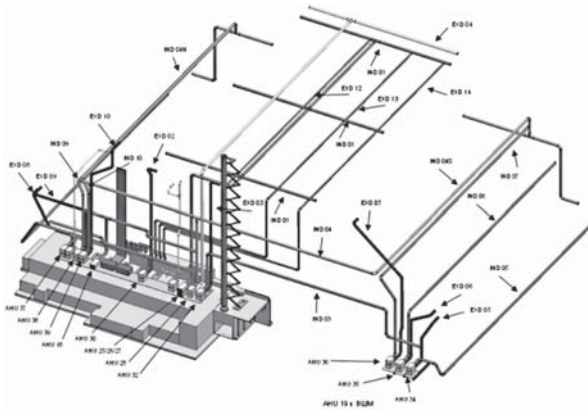


Рис. 3. Схема системи вентиляції НБК

вологості (не більш як 40%) і рівень підвищення тиску повітря (50–75 Па) в кільцевому просторі Арки, а також вентиляцію і наявність слабого вакууму ( $\approx -5$  Па) в основному об'ємі НБК за різних метеорологічних умов. Необхідність підтримання низького рівня відносної вологості спричинено вимогою зниження до мінімуму корозії металевих конструкцій, розміщених у кільцевому просторі, для забезпечення 100-річного ресурсу НБК.

Система вентиляції (рис. 3) складається з підсистеми вентиляції та осушення кільцевого простору для підтримання зазначеного вище рівня відносної вологості повітря і підсистеми вентиляції основного об'єму НБК для забезпечення надходження свіжого повітря в місця роботи персоналу та відведення повітря з ділянок з найбільшою концентрацією радіоактивних аерозолів, передусім з простору над ОУ.

До підсистеми вентиляції кільцевого простору входять колектор, що нагнітає свіже осушене й підігріте повітря, і 9 контурів рециркуляції та додаткового підігріву повітря.

### Модель термогазодинамічного стану НБК

Оскільки вологісний режим повітряних об'ємів Арки безпосередньо залежить від температурного і газодинамічного режимів у цих об'ємах, то для детального аналізу працездатності системи вентиляції НБК виникла по-

треба розробити інструмент, здатний виконати такий аналіз. У ролі такого інструменту консорціум NOVARKA обрав тривимірне CFD (Computational Fluid Dynamic) комп'ютерне моделювання, а Інститут технічної теплофізики НАН України виграв тендер на виконання цього завдання. Опис вибраної моделі та основних результатів її застосування для детального аналізу температурно-вологісного і газодинамічного режимів, працездатності системи вентиляції НБК і можливості утворення конденсату, а також для аналізу поширення радіоактивного пилу наведено нижче.

Фізичну модель теплових і газодинамічних процесів побудовано на таких принципах. Температурно-вологісний режим у кільцевому просторі Арки, основному об'ємі НБК та будівельних конструкціях об'єкта «Укриття» формується внаслідок складної взаємодії аеродинамічних і тепломасообмінних процесів, що відбуваються в НБК (рис. 1). Це, по-перше, процеси теплопровідності через елементи будівельних конструкцій, по-друге, конвективний теплообмін між повітряними потоками і поверхнями Арки та ОУ, по-третє, змішування повітряних потоків з різною температурою і вологістю, що надходять в об'єм кільцевого простору та основний об'єм НБК, а також відводяться з цих об'ємів, і, насамкінець, тепло, яке надходить в основний об'єм з ОУ, від системи освітлення Арки та з деаераторної етажерки.

Основним джерелом теплонадходження в кільцевий простір у літній період є сонячна радіація і конвективне теплопідведення від вітрового потоку, що впливає на зовнішню поверхню Арки. Теплові потоки із зовнішньої поверхні внаслідок теплопровідності через металеві елементи конструкції передаються в міжарковий повітряний простір і основний об'єм НБК. У зимовий період основним механізмом тепловідведення із зовнішньої поверхні Арки в навколишній простір є також радіаційно-конвективне теплоперенесення.

Іншими джерелами теплонадходження в кільцевий простір є потоки осушеного і підігрітого повітря, що нагнітається з навколиш-

нього середовища, а також рециркуляційні підігріті повітряні потоки. Ці повітряні потоки формуються шляхом відбору повітря з кільцевого простору, його підігріву до певної температури і подальшого повернення в об'єм кільцевого простору. Відведення теплоти з кільцевого простору, крім тепловтрат у зимовий період, відбувається також завдяки інфільтраційним перетіканням повітря крізь нещільності в оболонках аркових конструкцій у зовнішнє середовище та основний об'єм НБК. Ці перетікання виникають унаслідок підвищеного тиску в кільцевому просторі (на 50–75 Па) порівняно з навколишнім середовищем, що має унеможливити неорганізоване проникнення в кільцевий простір Арки вологого повітря ззовні, а також проникнення радіоактивних аерозольних викидів з основного об'єму через кільцевий простір у навколишнє середовище.

Температурно-вологісний режим основного об'єму Арки формується завдяки:

- радіаційно-конвективній взаємодії поверхонь внутрішньої оболонки Арки з поверхнями конструкцій кільцевого простору та будівельними конструкціями ОУ;
- проникненню повітря і вологи з навколишнього середовища крізь щілини між вертикальними стінами Арки та будівельними конструкціями ОУ;
- потокам теплоти і маси з кільцевого простору в основний об'єм;
- джерелам внутрішнього тепловиділення в ОУ та освітлювальних приладах;
- системі припливно-витяжної вентиляції повітря в основному об'ємі;
- перенесенню теплоти з і в основний об'єм від поверхні ґрунту і фундаментів, на яких розташований НБК;
- тепловій ємності масивних металевих конструкцій Арки, бетонних конструкцій ОУ, ґрунту і фундаменту, яка впливає на тривалі нестационарні процеси денних, місячних і річних циклів.

Як уже було зазначено, температурно-вологісний режим основного об'єму НБК має бути таким, щоб тиск у ньому був дещо нижчим, ніж

тиск повітря в кільцевому просторі, а також у навколишньому середовищі. За таких умов унеможлиблюється спонтанне перетікання забрудненого повітря з основного об'єму в міжарковий кільцевий простір і зовнішнє середовище.

### Результати аналізу термогазодинамічного стану НБК

Для виконання завдання було створено тривимірну комп'ютерну модель термогазодинамічних процесів у НБК і ОУ на основі CFD-технології чисельного моделювання. Модель містить як частини моделі Арки, так і частини всіх об'єктів, розташованих під нею, зокрема ОУ, ґрунту і фундаменти (рис. 4, див. вклейку).

Як було зазначено вище, граничні умови на зовнішній оболонці Арки задавали у вигляді умов радіаційно-конвективного теплообміну і умов масообміну повітря, що слабо фільтрується, та вологості між поверхнями оболонки і зовнішнім середовищем унаслідок перепаду тиску, який визначається напрямком і силою вітру, що обтікає НБК. Між усіма твердими поверхнями НБК, ОУ, поверхнею землі і повітрям, що обтікає ці поверхні, задавали умови спряженого теплообміну. Повітро- і вологообмін між основним об'ємом і навколишнім середовищем здійснювався за допомогою системи вентиляції і протікань повітря та вологи з навколишнього середовища крізь щілини між вертикальними стінами Арки та будівельними конструкціями ОУ. Величина цих протікань також залежить від напрямку і сили вітру. Вплив землі й фундаментів враховували введенням в основну модель області розв'язку і додаткової сітки, що охоплює ґрунт і фундаменти під Аркою на глибину до 15 м (рис. 4б). Температура ґрунту на цій глибині є стабільною, і в моделі її приймали такою, що дорівнює 10 °С. Працездатність і достовірність комп'ютерної моделі було показано шляхом верифікації результатів розрахунків, отриманих експериментально для фрагментів моделі, а також за допомогою низки більш простих моделей — моделей зі скупченими параметрами приблизно зі 100



розрахунковими вузлами, і ще простіших моделей балансного типу.

Розроблену модель термогазодинамічних і вологісних процесів у повітряних об'ємах НБК, усіх будівельних конструкціях, ОУ та фундаментах і ґрунтах під ними було використано для детального аналізу розподілу температур і вологості в кільцевому й основному об'ємах НБК та ОУ за різних кліматичних умов у стаціонарних і нестаціонарних режимах, а також для прогнозування тепловологісного стану ОУ і НБК у разі відмови різних частин вентиляційного обладнання. На рис. 5 (див. вклейку) наведено приклад такого розподілу температур і вологості в кільцевому та основному об'ємах НБК і ОУ в стаціонарному режимі в літній час за температури навколишнього повітря 32 °С, відносної вологості 100 % і відсутності вітру. Аналіз розподілу температур і вологості в кільцевому просторі Арки дозволив перевірити можливість появи ділянок з вологістю понад 40 %, що є неприпустимим. Такі ділянки були зосереджені в кутових частинах, розташованих біля землі.

Проведені дослідження показали, що система вентиляції загалом є працездатною в діапазоні заданих кліматичних умов зі зміною температури навколишнього повітря від -22 до +32 °С, відносної вологості від 50 до 100 % і сили вітру від 0 до 25 м/с. Тимчасове перевищення рівня вологості в кільцевому просторі спостерігалось лише за сили вітру, яка перевищувала 7,2 м/с.

Важливим результатом виконаної роботи є аналіз працездатності системи вентиляції НБК у разі відмови різних систем вентиляції, зокрема зупинки деяких або всіх контурів рециркуляції, відмови в роботі осушувальної машини, відключення системи підігріву повітря тощо. У цих випадках визначали час появи ділянок повітря в кільцевому просторі з неприпустимою вологістю понад 40 %. Таке оцінювання необхідне для визначення тривалості ремонту або заміни обладнання.

Розроблена модель дала змогу проаналізувати утворення конденсату на поверхнях Арки і особливо на поверхнях ОУ для різних ме-

теорологічних умов і сезонів року. На рис. 6а (див. вклейку) наведено розподіл відносної вологості на поверхнях ОУ навесні. Він ілюструє утворення конденсату в зонах об'єкта «Укриття», розташованих біля поверхні землі та на самій землі. Така інформація є надзвичайно важливою для проектування системи збирання і відведення цього радіоактивного конденсату.

Модель уможливила також детальний облік термогазодинамічних процесів руху повітряних потоків, спричинених роботою системи вентиляції та природною конвекцією повітря внаслідок перепадів температур між окремими частинами НБК і ОУ, що дозволяє аналізувати рух радіоактивного пилу в основному об'ємі НБК і потенційно можливих викидів цього пилу в навколишнє середовище та за межі НБК. На рис. 6б наведено приклад розподілу густини частинок радіоактивного пилу, що виходить зі зруйнованого реактора в основний об'єм НБК внаслідок теплової конвекції від тепловидільних (близько 36 кВт) розплавлених після аварії паливних мас.

Аналіз руху радіоактивного пилу в основному об'ємі НБК і можливих викидів у навколишнє середовище крізь щілини між вертикальними стінами НБК та будівлями ОУ є особливо важливим під час демонтажу конструкцій об'єкта «Укриття» і роботи з радіоактивними відходами.

Зазначені вище можливості розробленої моделі дозволяють розглядати її як складову системи моніторингу НБК та ОУ для аналізу і прогнозування теплового, газодинамічного, вологісного та радіаційного стану НБК і ОУ під час їх тривалої експлуатації як у нормальному режимі, так і в разі відмови устаткування та аварійних ситуацій.

## Висновки

Розглянуто призначення і конструкцію Нового безпечного конфайнменту, який будується біля об'єкта «Укриття» Чорнобильської АЕС і який має запобігти потраплянню радіоактивних матеріалів зі зруйнованого реактора

№ 4 у навколишнє середовище під час його демонтажу.

Обґрунтовано необхідність аналізу та прогнозування спільних термогазодинамічних і вологісних процесів у ОУ і НБК, які визначають 100-річний ресурс НБК.

Для виконання аналізу та прогнозування термогазодинамічних і вологісних процесів у ОУ і НБК розроблено тривимірну комп'ютерну CFD-модель, яка дала змогу перевірити працездатність системи вентиляції НБК у різних кліматичних умовах зі зміною температури навколишнього повітря від  $-22$  до  $+32$  °С, відносної вологості від 50 до 100 % і сили вітру від 0 до 25 м/с, а також у разі відмови вентиляційного обладнання. Проведені дослідження показали, що система вентиляції загалом є працездатною в діапазоні заданих кліматичних умов.

Проведено аналіз утворення конденсату на поверхнях Арки і особливо на поверхнях об'єкта «Укриття» для різних метеорологічних умов і сезонів року. Аналіз показав, що найбільше утворення конденсату спостерігатиметься на-

весні в зонах ОУ, розташованих біля поверхні землі і на самій землі.

Розроблена модель дає змогу аналізувати рух радіоактивного пилу в основному об'ємі НБК та можливі викиди цього пилу за межі конфайнменту.

Можливості такої моделі дозволяють розглядати її як складову системи моніторингу Нового безпечного конфайнменту і об'єкта «Укриття» ЧАЕС для аналізу і прогнозування їх теплового, газодинамічного, вологісного та радіаційного стану при довготривалій експлуатації конфайнменту як у нормальному режимі роботи, так і в разі аварійних ситуацій та відмови обладнання.

*Доповідач висловлює подяку директору Інституту технічної теплофізики НАН України академіку А.А. Долінському, колегам М.О. Метель, А.С. Полубінському, С.Г. Подзигуну, В.Г. Новикову, Е.А. Юрашеву, а також співробітникам компанії NOVARKA Б. Вільямсу, В. Бороздінку і Ф. Мішу за керівництво та участь у виконанні цієї роботи.*

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про загальні засади подальшої експлуатації і зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС та перетворення зруйнованого четвертого енергоблока цієї АЕС на екологічно безпечну систему: Закон України № 309-XIV від 11.12.1998.
2. Концептуальный проект Нового безопасного конфайнмента. Чернобыльская атомная электростанция. Блок 4. Государственное специализированное предприятие «Чернобыльская атомная электростанция» (ГСП ЧАЭС), 2003 г.

*П.Г. Круковский*

Институт технической теплофизики НАН Украины  
ул. Желябова, 2а, Киев, 03680, Украина

#### АНАЛИЗ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НОВОГО БЕЗОПАСНОГО КОНФАЙНМЕНТА И ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

Рассмотрены конструкция и назначение Нового безопасного конфайнмента, строящегося на Чернобыльской АЭС возле объекта «Укрытие». Для обеспечения долговременной эксплуатации комплекса обоснована необходимость анализа и прогнозирования совместных термогазодинамических и влажностных процессов в конфайнменте. Разработана трехмерная компьютерная модель, которая дала возможность проверки работоспособности специальной системы вентиляции при различных климатических условиях и в случае отказа вентиляционного оборудования. Представлены результаты применения разработанной модели для прогнозирования распространения радиоактивной пыли в воздушном объеме и образования конденсата на поверхностях конфайнмента и объекта «Укрытие».

**Ключевые слова:** Чернобыльская АЭС, объект «Укрытие», Новый безопасный конфайнмент, термогазодинамические процессы, радиационная безопасность, моделирование.

*P.G. Krukovskyi*

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine  
2a Zhelyabov St., Kyiv, 03680, Ukraine

THERMOGASODYNAMIC STATE ANALYSIS  
FOR NEW SAFE CONFINEMENT AND THE OBJECT “SHELTER”

Considered design and purpose of the New Safe Confinement, which is currently under construction at Chernobyl NPP near the Object “Shelter”. For long-term (100 years) operation of confinement needs analysis and forecasting compatible thermogasodynamic and humid processes in confinement. For this purpose, a three-dimensional computer model was developed, which also gave the opportunity to verify that the project special ventilation system in confinement works correctly in possible climatic conditions and the ventilation equipment refusals. We also consider the results of applying the developed models for predicting the spread of radioactive dust into the air volume and the formation of condensation on surfaces of confinement and Object “Shelter”.

**Keywords:** Chernobyl NPP, Object “Shelter”, New Safe Confinement, thermogasodynamic processes, radiation safety, modeling.

КОНОВАЛЕНКО  
Олександр Олександрович –  
академік НАН України,  
керівник відділення  
низькочастотної радіоастрономії –  
заступник директора  
Радіоастрономічного інституту  
НАН України

## ПРО ПІДСУМКИ ВИКОНАННЯ ЦІЛЬОВОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ «МОДЕРНІЗАЦІЯ РАДІОТЕЛЕСКОПА УТР-2 І ПЕРСПЕКТИВНИЙ РОЗВИТОК ДЕКАМЕТРОВОЇ РАДІОАСТРОНОМІЇ В УКРАЇНІ»

За матеріалами наукового повідомлення  
на засіданні Президії НАН України  
29 січня 2014 року

*Показано сучасний стан і перспективи низькочастотної радіоастрономії в Україні. Радіотелескопи декаметрових хвиль УТР-2 і УРАН на діапазон 8–32 МГц залишаються найбільшими у світі та найкращими за своєю інформативністю в дослідженнях космічного радіовипромінювання. Завдяки комплексній модернізації радіотелескопів, створенню інструменту ГУРТ нового покоління на діапазон 8–80 МГц з використанням сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій вдалося зробити низку важливих астрофізичних відкриттів. Українські низькочастотні радіоастрономічні засоби з їх подальшою модернізацією є перспективними для вітчизняних та міжнародних наукових проектів, зберігають і розвивають пріоритет України в цій актуальній галузі фундаментальної науки.*

**Ключові слова:** низькочастотна радіоастрономія, радіотелескоп, цифрова реєстрація сигналів, астрофізичний об'єкт.

### Вступ

Радіоастрономія належить до тих галузей фундаментальної науки, які розвиваються найбільш бурхливо. Цей напрям збагатив наші знання про Всесвіт результатами і фактами першорядного значення. Є вагомі підстави вважати, що подальший прогрес радіоастрономії дасть нові відкриття, важливі як для астрофізики, так і для фізичної науки в цілому.

Україна посідає гідне місце серед провідних радіоастрономічних держав, що зумовлено створенням і застосуванням

найбільших і найефективніших у світі радіотелескопів декаметрових хвиль УТР-2 і УРАН. Понад 40 років вони є основними інструментами у вивченні космічного радіовипромінювання на гранично низьких частотах — менш як 30 МГц і дали змогу отримати велику кількість пріоритетних астрофізичних результатів, визнаних світовою радіоастрономічною спільнотою. Уже більш як 10 років низькочастотні радіотелескопи входять до державного реєстру об'єктів науки, що становлять національне надбання України.

Зазначені радіотелескопи працюють у безперервному режимі, їх задіяно в багатьох національних і міжнародних наукових програмах та проектах. Постійно забезпечується модернізація їх антенно-апаратних засобів. Тому, незважаючи на бурхливий розвиток низькочастотної радіоастрономії за кордоном, вітчизняні інструменти залишаються найкращими. Україна й досі зберігає провідну роль у цій актуальній галузі фундаментальної науки і останнім часом значною мірою цьому сприяє виконання комплексної програми наукових досліджень НАН України «Модернізація радіотелескопа УТР-2 і перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні».

В огляді наведено основні технічні й наукові результати виконання цієї цільової програми, проаналізовано сучасний стан експериментальної бази, розглянуто перспективи розвитку зазначеного наукового напрямку в Україні та його інтеграції у світову радіоастрономію.

### **Історія низькочастотної радіоастрономії в Україні**

Радіоастрономія як наука виникла саме на декаметрових хвилях завдяки роботам Карла Янського, який на початку 30-х років минулого століття відкрив космічне радіовипромінювання поблизу частоти 15 МГц. Однак подальший прогрес радіоастрономії був пов'язаний насамперед з освоєнням дедалі більш короткохвильових ділянок радіоспектра, аж до сантиметрових і міліметрових хвиль. Причина цього проста і очевидна — коли розмір апертури, або

бази інтерферометра, фіксований, для одержання максимального кутового розділення (це одне з основних завдань спостережної астрономії) потрібно використовувати якомога більш короткі хвилі. До кінця 50-х років інструменти досліджень на декаметрових хвилях мали обмежені можливості, низьку кутову роздільну здатність, малі розміри, вузький робочий діапазон і були некерованими за обома координатами. Незважаючи на деякі важливі відкриття, наприклад виявлене Берком і Франкліном 50 років тому спорадичне радіовипромінювання Юпітера, на той час декаметровий діапазон не було освоєно належною мірою. До того ж у декаметровому діапазоні є безліч факторів, що заважають і значно ускладнюють радіоастрономічні спостереження. До них належать численні радіозавади природного та штучного походження; середовище поширення радіохвиль, яке спотворює сигнали; висока температура галактичного фону, що обмежує чутливість.

Наприкінці 50-х років видатний український учений академік НАН України С.Я. Брауде (1911—2003) першим усвідомив значущість і перспективність астрофізичних спостережень на гранично низьких частотах (10—25 МГц), які можна здійснювати з поверхні Землі. Незважаючи на наявні апаратно-методичні труднощі, С.Я. Брауде ризикнув, розпочавши освоєння низькочастотної ділянки спектра космічного радіовипромінювання і створення відповідної експериментальної бази. Від самого початку неocenенну підтримку цієї діяльності завжди забезпечував президент НАН України академік Б.Є. Патон. Великий колектив науковців, інженерів і техніків (тоді в Інституті радіофізики і електроніки (ІРЕ) АН УРСР) створив кілька поколінь (спочатку порівняно простих) радіотелескопів, а на початку 70-х років під Харковом було побудовано радіотелескоп УТР-2 (Український Т-подібний радіотелескоп, друга модель) [1], який і донині є найбільшим і найсучаснішим у світі інструментом. У 1985 р. на базі радіоастрономічних відділів ІРЕ було створено Радіоастрономічний інститут АН УРСР на чолі з академіком Л.М. Литвиненком.

## Найбільші у світі радіотелескопи декаметрових хвиль УТР-2 і УРАН

Характерними особливостями радіотелескопа УТР-2 (рис. 1) є: великі лінійні розміри (2×1 км), ефективна площа (150 000 м<sup>2</sup>), висока спрямованість (ширина діаграми спрямованості близько 0,5°), низький рівень бічних пелюсток, широкий діапазон частот (8–32 МГц), багатопроменевість, електронне керування променем у широкому секторі за обома координатами, великий динамічний діапазон, завадостійкість, гнучко змінювана конфігурація, розвинена система контролю, стійкість до зовнішніх кліматичних впливів, надійність, екологічна безпека. Отже, параметри і принципи побудови радіотелескопа УТР-2 дозволяють реалізувати більшість основних методів боротьби з факторами, що стають на заваді спостереженням у декаметровому діапазоні.

На основі радіотелескопа УТР-2 в 70–80-х роках було створено унікальну систему декаметрових інтерферометрів УРАН (Український радіоінтерферометр Академії наук) [2]. Крім УТР-2 до неї входять ще 4 радіотелескопи менших розмірів (рис. 2). УРАН-1 і УРАН-4 належать РІ НАН України, УРАН-2 – Полтавській гравіметричній обсерваторії Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України; УРАН-3 – Фізико-механічному інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України (Львів). Система утворює бази від 40 до 950 км, що забез-

печує рекордну кутову роздільну здатність близько 1 кутової секунди (це відповідає фундаментальній межі, яка зумовлена розсіюванням у міжзор'яному середовищі). Нині за допомогою системи УРАН вимірюють модуль функції видимості об'єктів та його залежність від бази, частоти і часового кута. Це дає змогу визначати структуру радіоджерел на декаметрових хвилях шляхом комп'ютерного моделювання та використання радіозображень на більш високих частотах. Основні параметри декаметрових радіотелескопів України наведено в таблиці.

За більш ніж 30-річний період функціонування радіотелескопів УТР-2 і УРАН отримано значний обсяг нової астрофізичної інформації. Результати опубліковано в сотнях наукових статей, а також у кількох оглядах [3–5]. Більшість об'єктів Всесвіту від найближчого оточення Землі, Сонячної системи, нашої Галактики до найвіддаленіших радіогалактик і квазарів виявилися доступними для досліджень. Доведено високу інформативність декаметрової радіоастрономії. Стали можливими прецизійні вимірювання різноманітних енергетичних, просторових, спектральних, часових, поляризаційних характеристик космічного радіовипромінювання, що несуть інформацію і про процеси в масштабах Всесвіту, і про тонкі атомні ефекти.

Результати, отримані в галузі декаметрової радіоастрономії за допомогою насамперед

### Основні параметри декаметрових радіотелескопів України

Радіотелескопи	Розташування	Діапазон частот, МГц	Максимальна ефективна площа, м <sup>2</sup>	Кількість елементів, поляризація	Відстань до УТР-2 (LOFAR), км	Синтезоване РСДБ розділення на 25 МГц
УТР-2	Харків, РІ НАНУ	8–32	150 000	2040 1 лінійна	0 (~2000)	25' × 25'
УРАН-1	Зміїв, РІ НАНУ	8–32	5 500	96 2 лінійні	42 (~1900)	15"
УРАН-2	Полтава, ПГО НАНУ	8–32	28 000	512 2 лінійні	120 (~1800)	5"
УРАН-3	Львів, ФМІ НАНУ	8–32	14 000	256 2 лінійні	915 (~1000)	1"
УРАН-4	Одеса, РІ НАНУ	8–32	7 300	128 2 лінійні	613 (~1500)	1,3"

українських телескопів, стимулюють її прогрес у всьому світі, в тому числі створення нових гігантських наземних низькочастотних радіотелескопів та інструментів космічного базування.

### Модернізація радіоастрономічної експериментальної бази і створення інструменту нового покоління ГУРТ

Отже, до середини 2000-х років Україна впевнено тримала лідерську позицію у світовій низькочастотній радіоастрономії. Наша країна була монополістом у цій галузі — подібних систем на земній кулі не було взагалі. Для про-



**Рис. 1.** Найбільший у світі радіотелескоп декаметрових хвиль УТР-2;  $f = 8\text{--}32$  МГц,  $A = 150\,000$  м<sup>2</sup>,  $N = 2040$



**Рис. 2.** Радіотелескоп системи УРАН;  $f = 8\text{--}32$  МГц,  $N = 992 \times 2 = 1984$



**Рис. 3.** Апаратний зал УТР-2 – ГУРТ із системою реєстрації нового покоління. Кількість каналів – 81920; смуга частот – 32 МГц; роздільні здатності – 0,25 і 4 кГц; динамічний діапазон – 90 дБ



**Рис. 4.** Створення радіотелескопа ГУРТ;  $f = 8\text{--}80$  МГц,  $N = 550$ . 2013 р.

ведення спільних досліджень в Україну приїздили визнані закордонні фахівці.

Упродовж усього періоду функціонування радіотелескопів постійно здійснювалася певна модернізація різних систем [6] – антенного підсилення, контролю, реєстрації, комп'ютерного керування й оброблення. Проте через проблеми з фінансуванням така модернізація часто

відставала від морального та фізичного старіння елементів і систем радіотелескопів. Більш того, близько 10 років тому у вітчизняній низькочастотній радіоастрономії з'явилися реальні конкуренти. Світова радіоастрономічна спільнота зрозуміла і визнала, що НЧ-діапазон (декаметровий – метровий) є надзвичайно інформативним, актуальним і надає унікальну астрофізичну інформацію, недоступну в інших діапазонах астрофізичних досліджень. Значною мірою це розуміння ґрунтувалося на досвіді роботи українських радіоастрономів, а відповідні ідеї перспективного розвитку низькочастотної радіоастрономії сформувалися також в Україні [7].

Зараз у багатьох розвинених країнах світу (Нідерланди, США, Франція, Німеччина, Велика Британія, Швеція) почалося будівництво низькочастотних радіотелескопів нового покоління: LOFAR (Low Frequency Array); E-LOFAR (European LOFAR); LWA (Long Wavelength Array) [8, 9]. Було проанонсовано, що такі системи матимуть діапазон 10–80 МГц (ширший, ніж в УТР-2 і УРАН), площу до 1 млн м<sup>2</sup> (більшу, ніж в УТР-2 і УРАН). На ці проекти вже витрачено близько 1 млрд євро.

Поява конкурентів – зовсім непогана річ з огляду на загальний розвиток науки. Однак не можна змиритися з відставанням після багаторічного лідерства в цій науковій галузі. У зв'язку з цим кілька років тому було розпочато цільову програму НАН України, спрямовану на комплексну модернізацію радіотелескопів і перспективний розвиток низькочастотної радіоастрономії в Україні. Запропонована концепція цієї програми має три складові: а) глибока модернізація засобів і методів досліджень на українських радіотелескопах; б) створення додаткового до УТР-2 радіотелескопа нового покоління на обсерваторії ім. С.Я. Брауде зі смугою аналізу, не меншою, принаймні, ніж у LOFAR і LWA; в) нові пошукові астрофізичні дослідження з використанням нових засобів і методів спостережень як в Україні, так і в міжнародних експериментах.

Найбільш складна і важлива частина модернізації пов'язана з розробленням і створенням



сучасної системи реєстрації радіоастрономічних сигналів. Виготовлено і впроваджено на телескопах УТР-2, УРАН-2, УРАН-3 сім комплектів нових приладів відповідно до кількості віддалених телескопів (2) і променів УТР-2 (5) [10, 11]. У приладах використано сучасні інформаційні, телекомунікаційні, цифрові, грид-технології. За своїми параметрами нові системи реєстрації не мають аналогів у НЧ-радіоастрономії і забезпечують широку смугу аналізу, високі часову й частотну роздільні здатності, максимальні чутливість, динамічний діапазон та завадостійкість. Результати функціонування реєстраторів відображаються переважно у вигляді 3-вимірних динамічних спектрів: горизонтальна вісь — це час, вертикальна — частота, а третій вимір — інтенсивність, яка на 2-вимірному зображенні відповідає кольору або яскравості.

На рис. 3 можна бачити новий, спеціально створений апаратний зал УТР-2. Нова якість зумовлена не тільки і не стільки суттєвим зменшенням розмірів комплексу та зниженням енергоспоживання, а насамперед вражаючим поліпшенням його параметрів — у тисячі разів.

Поєднання унікальних параметрів радіотелескопів УТР-2 і УРАН з параметрами нової апаратури дає таку ефективність спостережень, яка істотно перевершує можливості закордонних високовартісних інструментів, що зараз активно будуються.

Однак на цих досягненнях зупинятися не можна. Створено і впроваджено додаткову до УТР-2 високоефективну антенну систему нового покоління зі смугою аналізу, не меншою ніж 10–80 МГц [12, 13], і вдалося це зробити на найвищому рівні. «Серце» антенної ґратки — активний елемент, розроблений в Україні, має більшу чутливість, смугу частот, завадостійкість, надійність, менші вартість і енергоспоживання, ніж елементи, створені в Нідерландах, США, Франції, що було доведено результатами спільних міжнародних порівняльних досліджень у різних країнах світу.

На сьогодні на обсерваторії ім. С.Я. Брауде біля УТР-2 вже встановлено 550 елементів (275 схрещених диполів) (рис. 4). Цей новий

інструмент має назву ГУРТ (Гігантський український радіотелескоп). Він значно розширює можливості досліджень як в Україні, так і за кордоном під час скоординованих експериментів. На цьому телескопі вже проведено тестові спостереження, які підтвердили високу якість системи.

### **Основні апаратно-методичні та астрофізичні результати і перспективи розвитку низькочастотної радіоастрономії**

Нижче наведено окремі основні результати робіт, виконаних переважно впродовж 2010–2013 рр. відповідно до цільової програми НАН України.

#### *Модернізація українських низькочастотних радіоастрономічних систем і методів спостережень*

- На радіотелескопі УТР-2 у новому лабораторному приміщенні впроваджено 5 комплектів (відповідно до 5-променевого режиму роботи) цифрових приймачів нового покоління. Забезпечено їх синхронну роботу та універсальність використання. Інформативність нових засобів зросла на 3 порядки порівняно з попередніми. Істотно збільшилися чутливість, смуга аналізу, динамічний діапазон, частотна і часова роздільні здатності, що підтверджено лабораторними і натурними експериментами. Такі прилади впроваджено на телескопах УРАН-2 (ПГО ІГФ НАНУ) і УРАН-3 (ФМІ НАНУ) [10, 11].

- На радіотелескопі УТР-2 введено в експлуатацію радіогеліограф з кадром  $5 \times 8 = 40$  променів, який забезпечує можливості картографування, визначення положень джерел у сонячній короні. Дані геліографа разом із результатами вимірювання динамічних спектрів випромінювання Сонця і спостережень міжпланетних мерехтінь надають унікальну інформацію для вирішення проблем космічної погоди [14].

- На радіотелескопі УТР-2 впроваджено нові ефективні системи антенного підсилення,

контролю, автоматичного керування променем телескопа і зміни режимів його роботи (контроль — калібрування — спостереження).

- Ретельне вивчення і розв'язання проблем електромагнітної сумісності на обсерваторії УТР-2 — ГУРТ ім. С.Я. Брауде дозволило істотно знизити завадний вплив і забезпечити рекордну флукуаційну чутливість менш як 1 Ян.

- Завдяки впровадженню глід-кластера на обсерваторії в рамках Програми інформатизації НАН України забезпечено нові автоматизовані робочі місця, можливості реєстрації, архівації, передавання й оброблення даних, у тому числі дистанційний доступ каналами Інтернету.

- Розроблено і впроваджено прецизійні методи калібрування, еталонування і розрахунку параметрів великих низькочастотних антен-граток, у тому числі УТР-2, УРАН, ГУРТ.

- Запропоновано, впроваджено й апробовано нові методи радіоастрономічних спостережень (багатопроневе і багатоантенне приймання, метод багатократного порівняння, геліографічний режим, картографування в автокореляційному режимі, максимізація інтегрування за частотою і часом), які у поєднанні з можливостями апаратури забезпечують високі чутливість, завадостійкість, надійність і ефективність експериментів [11].

### *Створення і впровадження додаткових елементів і систем гігантського українського радіотелескопа ГУРТ*

- Встановлено додаткові субгратки ГУРТ (діапазон 8–80 МГц, 25 крос-диполів, 50 диполів у кожній), у тому числі виконано земляні роботи, підготовку і прокладання магістральних кабелів, установлення апаратних шаф і комунікаційних систем, монтаж опор під диполі та встановлення обладнання. Загальну кількість диполів доведено до 275 (550 елементарних диполів), що перевищує кількість диполів у радіотелескопах УРАН-1, УРАН-3, УРАН-4.

- Розроблено аналого-цифрове перетворення сигналів на субгратках для передавання оптоволоконним каналом зв'язку. Реалізовано

переваги оптичного каналу — відсутність частотної залежності коефіцієнта передачі і втрат, висока стійкість до електромагнітних завад, наявність резервних каналів для керування, калібрування і перевірки секційного устаткування.

- Проведено повне оснащення віддалених субграток ГУРТ — активні елементи, системи підсилення, фільтрації, електроживлення, контролю, комп'ютерного керування.

- Розроблено принципово нову надширокосмугову систему цифрової реєстрації реального часу: смуга аналізу — до 80 МГц, тактова частота — 160 МГц, розрядність АЦП — 16 біт, кількість входів — 2, кількість каналів — 16 256, роздільна здатність — 1 мс і 4 кГц, динамічний діапазон — 90 дБ.

- Експериментально і теоретично доведено, що створені ґратки ГУРТ з широкосмуговою реєстрацією за своїми параметрами перевершують відомі світові системи. Об'єднання УТР-2 з ГУРТ і УРАН істотно розширює можливості українських радіоастрономічних систем [13].

- Розроблено детальну ескізну документацію на всі радіоелектронні й механічні вузли та елементи системи ГУРТ. Вона є необхідною і достатньою для масового виготовлення елементів на підприємствах радіоелектронної галузі, яких вистачає в Україні.

### *Пошукові дослідження об'єктів Всесвіту з використанням нових засобів і методів спостережень*

- Розпочаті в рамках цієї програми пошукові оглядові дослідження імпульсних і транзйентних явищ у Всесвіті дали змогу виявити імпульсне періодичне випромінювання 40 нових для декаметрових хвиль пульсарів [15, 16].

- За допомогою цифрових спектральних приймачів у крос-кореляційному режимі (перемножування антен північ-південь і захід-схід УТР-2) задетектовано велику серію рекомбінаційних ліній (понад 100 в діапазоні 16–32 МГц). Це не лише значно підвищило чутливість і просторовий дозвіл, а й істотно поліпшило завадостійкість завдяки звуженню тілесного кута діаграми спрямованості телескопа [17, 18] (рис. 5).

- В умовах мінімуму сонячної активності (період, який завершується) в максимально широкому діапазоні частот (10–32 МГц) визначено температуру яскравості, щільність потоку і спектр випромінювання сонячної корони [19].

- За допомогою вдосконаленої методики вивчення грозових розрядів у атмосфері Сатурна (waveform-режим) уперше зареєстровано дисперсійну затримку в середовищі поширення (порядку мікросекунди), що є додатковим критерієм ідентифікації ефекту на тлі земних блискавок. Синхронні спостереження планети Сатурн на радіотелескопі УТР-2 і космічному апараті «Кассіні» виявили безліч невідомих раніше тонких частотно-часових особливостей у радіовипромінюванні грозових розрядів [20, 21] (рис. 6, див. вклейку).

- Виявлено нові квазісплески радіовипромінювання активних зірок ADleo і EVlac. Уперше проведено статистичний порівняльний аналіз параметрів сплесків (швидкість дрейфу, ширина за часом і частотою, інтенсивність) і мерехтінь джерел континууму для надійної ідентифікації ефекту [11].

- Під час тривалих спостережень на УТР-2 виявлено нове фізичне явище, властиве діапазону декаметрових хвиль, — ефект динамічної плутанини. Воно пов'язане з процесами поширення довгих хвиль (мерехтіннями) в середовищі і є основним обмежувальним фактором у виявленні слабого спорадичного радіовипромінювання та його надійної ідентифікації [11].

- Запропоновано і прийнято міжнародним співтовариством ідею багатоантенних низькочастотних вітчизняних і міжнародних досліджень. Її сутність полягає в скоординованих (синхронних) спостереженнях на найбільших у світі українських радіотелескопах (УТР-2, ГУРТ, УРАН-1 — УРАН-4) і закордонних інструментах (NDA, LSS, LOFAR, E-LOFAR, IWA та ін.), що розташовані на відстанях понад 1000 км, а також на космічних місіях (Cassini, STEREO, Juno та ін.). Це дозволить значно підвищити чутливість, роздільну здатність, надійність, ефективність вимірювань і, що найголовніше, істотно зменшити негативний вплив

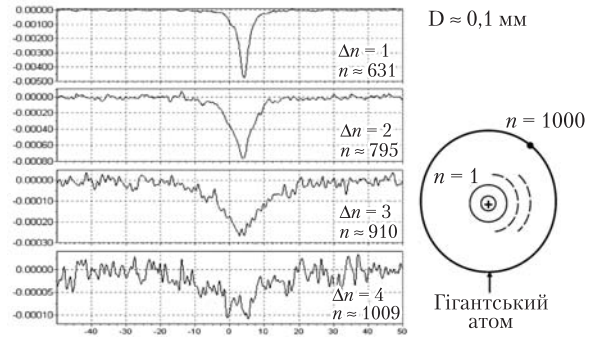


Рис. 5. Детектування спектральних ліній гігантських рідбергівських міжзоряних атомів на УТР-2

завад та іоносфери, властивий саме низькочастотним дослідженням [11, 22–25].

- Проведено велику кількість пошукових низькочастотних досліджень Всесвіту, більшість з яких уже дали позитивні результати і виконуються на постійній основі. Вони стосуються континуального, монохроматичного, імпульсного, спорадичного радіовипромінювання Сонячної системи (Сонце, Юпітер, Сатурн, міжпланетне середовище, іоносфера; рис. 7, див. вклейку), Галактики (міжзоряне середовище, галактичний фон, залишки наднових, емісійні туманності, пульсари, активні зірки, екзопланети, транзйентні явища) і Метагалактики (радіогалактики, квазари, транзйенти). Усі отримані результати є пріоритетними і становлять підґрунтя для подальших детальних вітчизняних і міжнародних досліджень [26–28].

Міжнародне наукове співтовариство активно використовує високий потенціал і досягнення української низькочастотної радіоастрономії. Радіотелескопи УТР-2, УРАН і ГУРТ офіційно входять до європейських проектів LOFAR, E-LOFAR та ін. для досліджень Сонця, Юпітера, Сатурна, екзопланет. Найбільш плідно розвивається співпраця з Францією, Австрією, Німеччиною, Великою Британією, Голландією, США, Бельгією, Росією, Японією, Індією. Фахівці цих країн часто приїждять до України для проведення спільних досліджень, завжди дають найвищі оцінки українській низькочастотній радіоастрономії. Зарубіжні організації в цій галузі розробляють власні проекти, в багатьох

із них українські системи відіграють ключову роль, зокрема в майбутньому місячному проекті Far Side Explorer (ESA-NASA).

Останнім часом було експериментально і теоретично доведено переваги українських систем УТР-2 — ГУРТ — УРАН порівняно з сучасними закордонними системами, наприклад з LOFAR, особливо на частотах менш як 30 МГц. Вітчизняні установки на найбільш низьких радіочастотах і досі є незамінними у світі завдяки кращим чутливості, завадостійкості, роздільній здатності. Зазначимо, що сумарна ефективна площа українських інструментів, 300 000 м<sup>2</sup>, у кілька разів перевищує площу всіх закордонних НЧ-радіотелескопів!

За результатами робіт 2010—2013 рр. опубліковано понад 60 статей у журналах з високим імпаکت-фактором, близько 80 доповідей на міжнародних конференціях, захищено 1 докторську і 3 кандидатські дисертації, підготовлено ще 3 докторські й 6 кандидатських дисертацій.

Слід підкреслити, що в умовах жорсткої світової наукової конкуренції за результатами виконання цільової програми НАН України в українській НЧ-радіоастрономії було зроблено низку принципових астрофізичних відкриттів, визнаних світовою науковою громадськістю. Серед них передусім варто відзначити такі:

- виявлення рекордно високих (понад 1000) рідбергівських станів міжзоряних атомів;
- виявлення наземними засобами радіовипромінювання грозових розрядів на Сатурні та його надтонкої мікросекундної структури випромінювання;
- виявлення імпульсного декаметрового радіовипромінювання 40 пульсарів і нове визначення їх міри дисперсії;
- виявлення нових особливостей спорадичного радіовипромінювання Сонця, Юпітера, міжпланетного середовища з різноманітною тонкою частотно-часовою структурою;
- виявлення протяжних низькочастотних гало поблизу радіогалактик і квазарів методами радіоінтерферометрії з наддовгими базами;
- реалізація пошукових досліджень з рекордною чутливістю транзйентних явищ у

Всесвіті (екзопланети, активні зірки, магнетари, джерела гамма-сплесків);

- доведення широких можливостей низькочастотних радіоастрономічних досліджень Всесвіту з необхідними і достатніми чутливістю, роздільною здатністю, завадостійкістю та інформативністю.

Ці відкриття назавжди увійдуть до скарбниці світової науки і вже нині створюють надійне і перспективне астрофізичне підґрунтя для майбутніх комплексних вітчизняних і міжнародних досліджень.

Отже, українські низькочастотні радіоастрономічні дослідження сьогодні є тісно інтегрованими в європейську радіоастрономічну науку. На тлі бурхливого розвитку низькочастотної радіоастрономії у світі Україна впевнено зберігає (вже 50 років поспіль!) світовий пріоритет у цій актуальній галузі фундаментальної науки. Для його подальшого збереження і розвитку необхідно і доцільно продовжити дію відповідної цільової програми НАН України з новими завданнями та цілями.

## Висновки

Уже протягом 50 років Україна є лідером в актуальному напрямі сучасної астрономічної науки, який бурхливо розвивається в усьому світі, — низькочастотній радіоастрономії. Наукова школа, створена видатним ученим академіком НАН України С.Я. Брауде, впевнено розвивається і здобула заслужене визнання світової спільноти.

Останнім часом досягнуто значного прогресу у вітчизняній низькочастотній (декаметровий — метровий діапазони хвиль) радіоастрономії передусім завдяки виконанню цільової програми НАН України «Модернізація радіотелескопа УТР-2 і перспективний розвиток декаметрової радіоастрономії в Україні». Проведено суттєву модернізацію апаратних засобів і методів на найбільших у світі радіотелескопах УТР-2 і УРАН (діапазон 8—32 МГц), що підвищило інформативність цих інструментів у тисячі разів. На обсерваторії ім. С. Я. Брауде біля УТР-2 створено і впроваджено в дію радіотелескоп нового покоління ГУРТ зі смугою

досліджень 8–80 МГц. Відповідні розробки ґрунтувалися на найсучасніших інформаційних, комп'ютерних, цифрових і ґрид-технологіях. За основними параметрами (чутливість, роздільна здатність, завадостійкість, ефективність) українські інструменти перевершують закордонні. Усе це дало змогу зробити низку важливих астрофізичних відкриттів у вітчизняних і міжнародних дослідженнях Сонячної системи, Галактики і Метагалактики.

Українські системи залишаються найкращими у світі, особливо в дослідженнях на частотах, менших за 30 МГц, що дозволяє інтегрувати їх у престижні міжнародні проекти. Для подальшого розвитку низькочастотної радіоастрономії в Україні, збереження і розвитку світового пріоритету доцільно і потрібно продовжити виконання відповідної цільової програми НАН України на найближчі роки.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брауде С.Я., Мень А.В., Содін Л.Г. Радіотелескоп декаметрових хвиль УТР-2 // Антени. — 1978. — Т. 26. — С. 3–15.
2. Мень А.В., Брауде С.Я., Рашковський С.Л. та ін. Радіоінтерферометрична система УРАН декаметрового діапазона хвиль // Радіофізика і радіоастрономія. — 1997. — Т. 2, № 4. — С. 385–401.
3. Брауде С.Я., Мень А.В. Декаметрова радіоастрономія в Україні // Радіофізика і радіоастрономія. — 1996. — Т. 1, № 1. — С. 9–24.
4. Lecacheux A., Konovalenko A.A., Rucker H.O. Using large radio telescopes at decameter wavelength // Planet. Space Sci. — 2004. — V. 52. — P. 1357–1374.
5. Коноваленко О.О. Перспективи низькочастотної радіоастрономії // Радіофізика і радіоастрономія. — 2005. — Т. 10. — С. S86–S114.
6. Abranin E.P., Bruck Yu.M., Zakharenko V.V., Konovalenko A.A. The new preamplification system for UTR-2 radio telescope // Exp. Astron. — 2001. — V. 11. — P. 85–112.
7. Konovalenko A.A. Ukraine decameter wave radio astronomy systems and their perspectives // Radio Astronomy at Long Wavelengths. — American Geophysical Union, 2000. — P. 311–319.
8. Van Haarlem M.P., Wise M.W., Gunst A.V. et al. LOFAR: the low-frequency array // A&A. — 2013. — V. 650. — P. 1–56.
9. Taylor G.B., Ellingson S.W., Kassim N.E. et al. First light for the first station of the Long Wavelength Array // J. Astron. Instrum. — 2012. — V. 50004. — P. 1–29.
10. Ryabov V.B., Vavrić D.M., Zarka P. et al. A low-noise, high dynamic range digital receiver for radio astronomy applications: an efficient solution for observing radio-bursts from Jupiter, the Sun, pulsars and other astrophysical plasmas below 30 MHz // A&A. — 2010. — V. 510. — P. 16–28.
11. Konovalenko A.A., Falkovich I.S., Rucker H.O. et al. New antennas and methods for the low frequency stellar and planetary radio astronomy // Planetary Radio Emission VII / eds. H.O. Rucker, W.S. Kurth, P. Loran, G. Fisher. — 2010. — P. 521–532.
12. Konovalenko A.A., Falkovich I.S., Kalimichenko N.N. et al. Thirty-elements active antenna array as a prototype of a huge low-frequency radio telescope // Exp. Astron. — 2005. — V. 16, N 3. — P. 149–164.
13. Falkovich I.S., Konovalenko A.A., Gridin A.A. et al. Wide-band high linearity active dipole for low frequency radio astronomy // Exp. Astron. — 2011. — V. 32. — P. 127–145.
14. Станіславський О.О., Абранін Е.П., Коноваленко О.О., Коваль А.О. Геліограф радіотелескопа УТР-2 // Радіофізика і радіоастрономія. — 2011. — Т. 16, № 1. — С. 5–14.
15. Zakharenko V.V., Vasylieva I.Y., Konovalenko A.A. et al. Detection of decameter-wavelength pulsed radio emission of 40 known pulsars // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. — 2013. — V. 431. — P. 3624–3641.
16. Petrova S.A. Physics of interpulse emission in radio pulsars // Astrophys. J. — 2008. — V. 673. — P. 400–410. A&A. — 2009. — V. 493. — P. 651–660.
17. Konovalenko A.A., Sodin L.G. The 26.13 MHz line in the direction of Cassiopeia A // Nature. — 1981. — V. 294. — P. 135–136.
18. Stepin S.V., Konovalenko A.A., Kantharia N.G., Udaya Shankar N. Radio recombination lines from the largest bound atoms in space // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. — 2007. — V. 374. — P. 852–856.
19. Stanislavsky A.A., Koval A.A., Konovalenko A.A. Low-frequency heliographic of the quiet Sun corona // Astron. Nachr. — 2013. — V. 334, N 10. — P. 1086–1092.

20. *Konovalenko A.A., Kalinichenko N.N., Rucker H.O. et al.* Earliest recorded ground-based decameter wavelength observations of Saturn's lightning during the giant E-storm detected by Cassini spacecraft in early 2006 // *Icarus*. — 2013. — V. 224. — P. 14–23.
21. *Zakharenko V., Mylostna C., Konovalenko A. et al.* Ground-based and spacecraft observations of lightning activity on Saturn // *Planet. Space Sci.* — 2012. — V. 61. — P. 53–59.
22. *Zarka P., Farrell W., Fischer G., Konovalenko A.* Ground-based and space-based radio observations of planetary lightning // *Space Sci. Rev.* — 2008. — V. 137. — P. 257–269.
23. *Konovalenko A.A., Stanislavsky A.A., Rucker H.O. et al.* Synchronized, observations by using the SEREO and the largest ground based decameter radio telescope // *Exp. Astron.* — 2013. — V. 36. — P. 137–154.
24. *Zarka P., Bougeret J.-L., Briand C. et al.* Planetary and exoplanetary low frequency radio observations from the Moon // *Planet. Space Sci.* — 2012. — V. 74. — P. 156–166.
25. *Stanislavsky A.A., Konovalenko A.A., Rucker H.O. et al.* Antenna performance for decameter solar radio observations // *Astron. Nachr.* — 2009. — V. 330, N 7. — P. 691–697.
26. *Litvinenko G.V., Lecacheux A., Konovalenko A.A. et al.* Modulation structures in the dynamic spectra of Jovian radio emission obtained with high time-frequency resolution // *A&A*. — 2009. — V. 493. — P. 651–660.
27. *Briand C., Zaslavsky A., Maksimovic M. et al.* Faint solar structures from decametric observations // *A&A*. — 2008. — V. 490. — P. 339–344.
28. *Melnik V.N., Konovalenko A.A., Rucker H.O. et al.* Observations of powerful Type III bursts in the frequency range 10–30 MHz // *Solar Phys.* — 2011. — V. 269, N 2. — P. 335–350.

*A.A. Коноваленко*

Радиоастрономический институт НАН Украины  
ул. Краснознаменная, 4, Харьков, 61002, Украина

ОБ ИТОГАХ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦЕЛЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ  
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАН УКРАИНЫ «МОДЕРНИЗАЦИЯ РАДИОТЕЛЕСКОПА УТР-2  
И ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕКАМЕТРОВОЙ РАДИОАСТРОНОМИИ В УКРАИНЕ»

Показаны современное состояние и перспективы низкочастотной радиоастрономии в Украине. Радиотелескопы декаметровых волн УТР-2 и УРАН на диапазон 8–32 МГц остаются крупнейшими в мире и лучшими по информативности в исследованиях космического радиоизлучения. Благодаря комплексной модернизации радиотелескопов, созданию дополнительного инструмента ГУРТ нового поколения на диапазон 8–80 МГц с использованием современных информационных и телекоммуникационных технологий, удалось сделать ряд важных астрофизических открытий. Украинские низкочастотные радиоастрономические средства с их дальнейшей модернизацией являются перспективными для отечественных и международных научных проектов, сохраняют и развивают приоритет Украины в этой актуальной области фундаментальной науки.

**Ключевые слова:** низкочастотная радиоастрономия, радиотелескоп, цифровая регистрация сигналов, астрофизический объект.

*A.A. Konovalenko*

Institute of Radio Astronomy of National Academy of Sciences of Ukraine  
4 Krasnoznamennaja St., Kharkov, 61002, Ukraine

ON THE RESULTS OF THE COMPLETION OF THE SPECIAL COMPLEX SCIENTIFIC  
INVESTIGATIONS PROGRAM OF NASU “MODERNIZATION OF THE UTR-2 RADIO TELESCOPE  
AND PERSPECTIVE DEVELOPMENT OF LOW FREQUENCY RADIO ASTRONOMY IN UKRAINE”

The current status and the perspectives of low frequency radio astronomy in Ukraine are shown. UTR-2 and URAN decameter waves radio telescopes for the range of 8–32 MHz are still largest in the world and the best in the informativeness. Some important astrophysical detections were carried out due to deep upgrade of the radio telescopes as well as due to the creation of the additional GURT instrument for the range of 8–80 MHz. Modern information and telecommunication technologies were implemented. Ukrainian low frequency radio astronomy means with their future upgrade have good perspectives for the national and international scientific projects. They are keeping and developing Ukrainian priority in this actual field of the basic science.

**Keywords:** low frequency radio astronomy, radio telescope, digital signal recording, astrophysical object.

## ГОРБАР

Едуард Володимирович –  
доктор фізико-математичних  
наук, професор кафедри  
квантової теорії поля  
Київського національного  
університету імені  
Тараса Шевченка

## ГУСИНІН

Валерій Павлович –  
член-кореспондент НАН України,  
доктор фізико-математичних  
наук, професор, завідувач відділу  
астрофізики та елементарних  
частинок Інституту теоретичної  
фізики ім. М.М. Боголобова  
НАН України,  
vgusynin@bitp.kiev.ua

УДК 539.1.01

## БОЗОН ХІГГСА: ПЕРЕДБАЧЕННЯ, ПОШУК, ВІДКРИТТЯ

*Нобелівську премію в галузі фізики за 2013 рік присуджено двом відомим європейським фізикам-теоретикам – бельгійцю Франсуа Енглєру та британцю Пітеру Хіггсу «за теоретичне відкриття механізму, що сприяє нашому розумінню походження мас субатомних частинок і який нещодавно було підтверджено відкриттям передбачуваної фундаментальної частинки в експериментах ATLAS і CMS на Великому адронному колайдері».*

**Ключові слова:** Нобелівська премія, бозон Хіггса, Великий адронний колайдер.

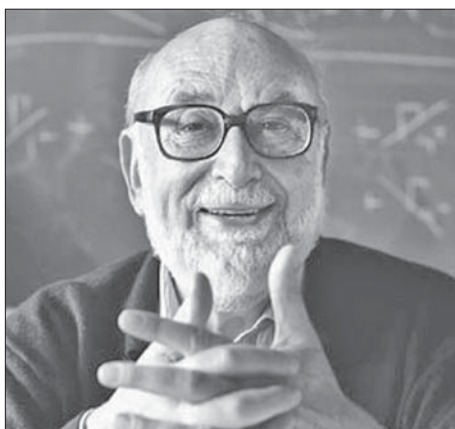
### Нобелівська премія з фізики – 2013

8 жовтня 2013 р. у Стокгольмі було оголошено імена лауреатів Нобелівської премії з фізики. Ними стали два фізики-теоретики – бельгієць Франсуа Енглєр (François Englert) і британець Пітер Хіггс (Peter Ware Higgs). Формулювання Нобелівського комітету зачитав постійний секретар Шведської королівської академії наук Стефан Нормарк (Staffan Normark) – «за теоретичне відкриття механізму, що сприяє нашому розумінню походження мас субатомних частинок і який нещодавно було підтверджено відкриттям передбачуваної фундаментальної частинки в експериментах ATLAS і CMS на Великому адронному колайдері», а у традиційному коментарі щодо рішення Комітету професор теоретичної фізики Гуннар Інгельман (Gunnar Ingelman) заявив: «Це не просто тріумф професорів Енглєра і Хіггса, це тріумф фізики елементарних частинок і взагалі всієї теоретичної фізики».

Статтю Франсуа Енглєра і Роберта Браута (Robert Brout) – першу з теоретичних робіт, за які присуджено цю Нобелівську премію, – було опубліковано 31 серпня 1964 р. в журналі Physical Review Letters. У той самий день до редакції цього журналу надійшла стаття Пітера Хіггса, яка побачила світ 19 жовтня 1964 р. А майже через місяць, 16 листопада 1964 р., у Physical Review Letters вийшла стаття трьох авторів – Джеральда Гуральника (Gerald S. Guralnik), Карла Хагена



Пітер Хіггс (Peter Higgs)



Франсуа Енглєр (François Englert)



Ф. Енглєр і П. Хіггс під час оголошення про відкриття бозона Хіггса. Мельбурн. 4 липня 2012 р.

(Carl R. Hagen) і Тома Кіббла (Tom W.B. Kibble), які досліджували той самий механізм генерації мас частинок, що і в перших двох роботах. Роберт Браут, на жаль, пішов з життя у травні 2011 р. Правила Нобелівського фонду забороняють присуджувати премію більш ніж трьом особам, тому Дж. Гуральника, К. Хагена і Т. Кіббла не було відзначено Нобелівською премією. І це не поодинокий випадок. Свого часу через це правило постраждали такі всесвітньо відомі фізики-теоретики, як Фрімен Дайсон, Микола Боголюбов.

Маса — одна з основних характеристик матерії, і питання, що таке маса, як вона з'являється, є фундаментальними проблемами фізики. У ньютонівській механіці маса є мірою інерції тіл, а також мірою гравітаційної взаємодії. У спеціальній теорії відносності знаменита формула Ейнштейна пов'язує енергію і масу, а принцип еквівалентності інерційної і гравітаційної мас був ключовим для створення загальної теорії відносності. У сучасній фізиці маса всіх тіл зумовлена масами їх складових частин і, в кінцевому підсумку, масами фундаментальних цеглин матерії — кварків і лептонів. У рамках Стандартної моделі (СМ) ці елементарні частинки набувають маси завдяки взаємодії зі скалярним полем — полем Хіггса. Отже, в сучасній фізиці маса повністю зумовлена взаємодією.

Механізм генерації мас частинок завдяки взаємодії зі скалярним полем, який було запропоновано у зазначених вище роботах і який нині називають механізмом Браута—Енглєра—Хіггса—Гуральника—Хагена—Кіббла (або скорочено — механізмом Хіггса), покладено в основу теорії електрослабкої взаємодії. За створення цієї теорії Шелдона Глєшоу (Sheldon Lee Glashow), Стивєна Вайнберга (Steven Weinberg) і Абдуса Салама (Abdus Salam) було удостоєно Нобелівської премії за 1979 р. Внаслідок хіггсівського механізму спонтанного порушення електрослабкої симетрії з необхідністю виникає масивна елементарна частинка — квант поля Хіггса, або бозон Хіггса. І для остаточного підтвердження Стандартної моделі його потрібно було знайти.



Про відкриття частинки, схожої на бозон Хіггса, колаборації ATLAS і CMS в лабораторії ЦЕРН повідомили 4 липня 2012 р. на конференції в Мельбурні. Після того, як у березні 2013 р. фізики, що працюють на Великому адронному колайдері (ВАК), оприлюднили нові дані, які однозначно свідчили про нульовий спин і позитивну парність спостереженої частинки, стало остаточно ясно, що вона і є бозоном Хіггса. Без сумніву, це було найважливішим відкриттям у фізиці елементарних частинок за кілька останніх десятиліть. До речі, П. Хіггс і Ф. Енглер уперше зустрілися один з одним на вищезгаданій конференції, а згодом під час інтерв'ю Пітер Хіггс висловився так: «Дивовижно, що ця подія сталася ще за мого життя».

### Who is who?

Британський фізик-теоретик **Пітер Хіггс** народився 29 травня 1929 р. в місті Ньюкасл-апон-Тайн в Англії. У 1947 р. закінчив Королівський коледж у Лондоні і здобув там у 1955 р. ступінь PhD з фізики. Працював в Единбурзькому університеті, Імперському коледжі Лондона, Університетському коледжі Лондона, а з 1960 р. повернувся в Единбурзький університет, де тепер він є професором у відставці (*emeritus*). П. Хіггс — член Королівського товариства Единбурга і Лондонського королівського товариства, брав участь у русі за ядерне роззброєння, однак припинив цю діяльність, коли активісти руху виступили за відмову від атомної енергетики. Цікаво, що у 2004 р. Пітер Хіггс відмовився летіти до Єрусалима для вручення йому премії Вольфа, тому що не погоджувався з політикою Ізраїлю на Близькому Сході.

Як згадує сам П. Хіггс, ідея про спосіб генерації маси калібрувальних полів спала йому на думку під час прогулянки в горах у районі Единбурга, і, повернувшись до лабораторії, він заявив, що у нього виникла «грандіозна ідея».

Бельгійський фізик-теоретик **Франсуа Енглер** народився 6 листопада 1932 р. в Еттербеке (район Брюсселя). Закінчив франкомовний Брюссельський вільний університет за

спеціальністю «інженер-електромеханік», де у 1959 р. здобув ступінь PhD з фізики. До 1961 р. працював у Корнельському університеті разом з відомим фізиком-теоретиком Робертом Браутом. Згодом Ф. Енглер повернувся до Брюссельського університету, обійнявши професорську посаду, а з 1998 р. він почесний професор. У липні 2013 р. король Бельгії Альберт II надав йому баронський титул.

Ще до Нобелівської премії Р. Браут, Ф. Енглер і П. Хіггс здобули низку престижних міжнародних нагород за розроблення механізму генерації маси калібрувальних векторних бозонів: премію Європейського фізичного товариства (1997), премію Вольфа з фізики (2004), разом із Дж. Гуральником, К. Хагеном і Т. Кіблом — премію Сакураї в галузі фізики елементарних частинок (2010). Крім того, Пітер Хіггс є лауреатом медалі Дірака — однієї з найпрестижніших нагород з теоретичної фізики Інституту фізики в Лондоні — і разом з Т. Кіблом — медалі й премії Резерфорда (1984).

### Локальна калібрувальна симетрія і спонтанне порушення симетрії

Сучасна теорія елементарних частинок, так звана Стандартна модель, описує всі взаємодії елементарних частинок, крім гравітаційної. Вона ґрунтується на двох основоположних принципах: локальній калібрувальній симетрії і спонтанному порушенні симетрії (СПС). Поняття калібрувальної інваріантності виникло ще в класичній теорії Максвелла. Якщо напруженості електричного поля і магнітної індукції записати через векторний і скалярний потенціали  $\mathbf{E} = -\nabla\varphi - \partial\mathbf{A}/c\partial t$ ,  $\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$  ( $c$  — швидкість світла), то вони залишаються незмінними відносно перетворень, які здійснюються над потенціалами  $\mathbf{A} \rightarrow \mathbf{A} + \nabla\alpha$ ,  $\varphi \rightarrow \varphi - \partial\alpha/c\partial t$ , де  $\alpha$  — довільна функція від просторових змінних і часу. У класичній фізиці використання потенціалів — це питання зручності, але у квантовій фізиці вони є необхідними для опису взаємодії заряджених полів матерії з електромагнітним полем. При цьому при калібрувальних перетвореннях поля матерії перетворюються як

локальна зміна фази  $\psi \rightarrow e^{i\alpha(x,t)}\psi$ . Квантова електродинаміка, яка в сучасній формі була сформульована Германом Вейлем, Вернером Гейзенбергом і Вольфгангом Паулі у 1929 р., є інваріантною відносно цих калібрувальних перетворень, що належать до групи  $U(1)$ . Важливим наслідком калібрувальної інваріантності є відсутність маси у фотона, тому що масовий доданок неминуче її порушує.

У 1954 р. Чж. Янг і Р. Міллс узагальнили калібрувальну інваріантність на випадок полів, що перетворюються згідно з неабелевою групою  $SU(2)$  [1]. Це виявилось видатним досягненням, оскільки опис взаємодії частинок за допомогою калібрувального векторного поля згодом став основним принципом побудови теорії елементарних частинок. Поля Янга—Міллса покладено в основу Стандартної моделі елементарних частинок, яка має групу локальної симетрії  $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$  і, відповідно, 12 калібрувальних полів — 8 глюонів, які відповідають за сильну взаємодію,  $W^\pm$ - і  $Z$ -бозони, що переносять слабку взаємодію, і фотон. При локальних фазових перетвореннях перетворюються як поля матерії, так і поля Янга—Міллса, причому таким чином, що зміни в рівняннях за рахунок них компенсують, тобто «калібрують», один одного. Вимога калібрувальної інваріантності виявилася несподівано зручним способом увести в теорію як електромагнітне поле, так і нові векторні поля Янга—Міллса<sup>1</sup>. Проте з самого початку було очевидно, що внаслідок калібрувальної симетрії поля Янга—Міллса мають бути безмасовими, як і фотон. Питання про масу калібрувальних полів було основним запитанням, яке на семінарі в Принстоні в лютому 1953 р. В. Паулі поставив Чж. Янгу і на яке той так і не зміг відповісти. Сам В. Паулі отримав рівняння для калібрувальних полів улітку 1953 р., але не опублікував свої результати, оскільки також

<sup>1</sup> Зауважимо, що, як з'ясувалося, загальна теорія відносності є калібрувальною теорією гравітаційної взаємодії [2]. Проте й дотепер незрозуміло, як її проквантувати, і, крім того, простором, в якому ми виконуємо групові перетворення, є наш чотиривимірний простір-час, а не внутрішній простір полів.

не знав відповіді щодо маси цих полів. Про дослідження В. Паулі стало відомо значно пізніше, коли було опубліковано його листування з відомим американським фізиком голландського походження Абрахамом Пайсом, де Паулі дає детальний опис своїх результатів<sup>2</sup>. Проблема маси полів Янга—Міллса була основною перешкодою для їх застосування у фізиці елементарних частинок, тому що відповідні безмасові частинки експериментально не спостерігалися.

Паралельно розвивалися ідеї СПС. Ще в 1937 р. Лев Ландау створив теорію фазових переходів II роду у фізиці конденсованих середовищ [4], де головну роль відіграють параметри порядку (ПП) і зміна симетрії системи при фазових переходах. На основі цієї теорії в 1950 р. він разом з Віталієм Гінзбургом запропонував напівфеноменологічну теорію надпровідності [5], яку й дотепер використовують для пояснення експериментальних даних<sup>3</sup>. Основним інгредієнтом цієї теорії було використання потенціальної енергії як функції комплексного параметра порядку  $\Phi$ , яка за температури нижче критичної має форму сомбреро (рис. 1). Як впливає з форми потенціальної енергії, симетричний стан зі значенням  $\Phi = 0$  не є станом системи з найменшою енергією. Енергетично вигідний стан системи реалізується для параметра порядку, відмінного від нуля,  $\Phi \neq 0$ , і очевидно існує більше ніж один такий стан (точніше, континуум таких станів), тобто має місце виродження основного стану. Вибір будь-якого конкретного стану з  $\Phi \neq 0$  еквівалентний спонтанному порушенню симетрії системи відносно обертань навколо вертикальної осі (або відносно зміни фази перетворень ПП).

При квантуванні системи енергія моди збуджень уздовж дна потенціальної ями прямує до нуля зі зростанням довжини хвилі (згодом з'ясувалося, що ця мода є не що інше, як безмасове намбу-голдстоунівське збудження, про

<sup>2</sup> Історію про відкриття В. Паулі калібрувальних полів і доповідь Чж. Янга на семінарі в Принстоні надзвичайно цікаво описано у книзі [3].

<sup>3</sup> За створення цієї теорії В. Гінзбургу було присуджено Нобелівську премію 2003 року.

що див. далі). За наявності електромагнітного поля ця мода об'єднується з безмасовими фотонами, зумовлюючи скінченну масу останніх у надпровіднику, що є причиною ефекту Мейснера — виштовхування магнітного поля з надпровідника. Фактично, як стало зрозуміло пізніше, ефект Мейснера в надпровіднику являє собою аналог механізму Хіггса у фізиці частинок. Більше того, радіальна мода збудження ПП є масивною, а отже, і повним аналогом бозона Хіггса! Її було експериментально відкрито у 1980 р. в раманівському розсіянні в надпровіднику  $\text{NbSe}_2$  [6] за температури, меншої за критичну,  $T < T_c = 7,2$  К, а теоретичне пояснення цієї моди наведено в роботі [7].

Грунтуючись на мікроскопічній теорії надпровідності, яку в 1957 р. створили Джон Бардін, Леон Купер, Джон Шріффер і Микола Боголюбов, американський фізик японського походження Йоширо Намбу (Yoichiro Nambu) запропонував модель, у якій маса ферміонів виникає в результаті спонтанного порушення кіральної симетрії, що має місце для безмасових ферміонів [8]. Важливо також, що він передбачив існування *безмасових* псевдоскалярних частинок унаслідок такого СПС.

Невдовзі після робіт Й. Намбу американський теоретик Джефрі Голдстоун вказав на альтернативну і простішу в технічному плані можливість СПС за допомогою елементарного скалярного поля. Він розглянув у теорії поля просту релятивістську модель [9] самовзаємодіючого комплексного скалярного поля з від'ємним квадратом маси, що зумовлює потенціальну енергію взаємодії на зразок наведеної на рис. 1. Лагранжیان моделі, запропонованої Дж. Голдстоуном, є настільки простим, що доречно навести його у явному вигляді:  $L = |\partial_\mu \Phi|^2 - V(\Phi)$ , де перший доданок відповідає кінетичній енергії поля, а потенціальна енергія  $V(\Phi) = -m^2 \Phi^* \Phi + \lambda (\Phi^* \Phi)^2$ . Цей лагранжیان є інваріантним відносно фазових перетворень поля  $\Phi$  з постійною фазою  $\Phi \rightarrow e^{i\alpha} \Phi$ . Стан з найменшою енергією спонтанно порушує цю симетрію і визначає появу збуджень, які відповідають руху вздовж мінімумів потенціальної енергії. Таку ситуацію яскраво ілюструє рис. 2.

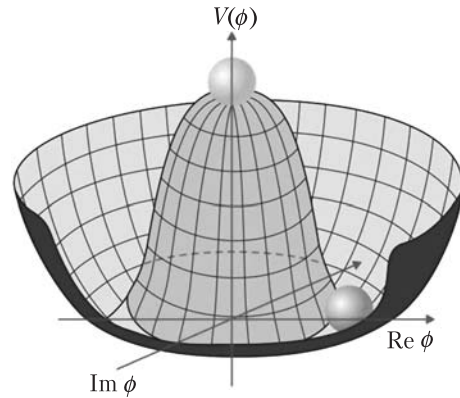


Рис. 1. Потенціальна енергія як функція комплексного параметра порядку

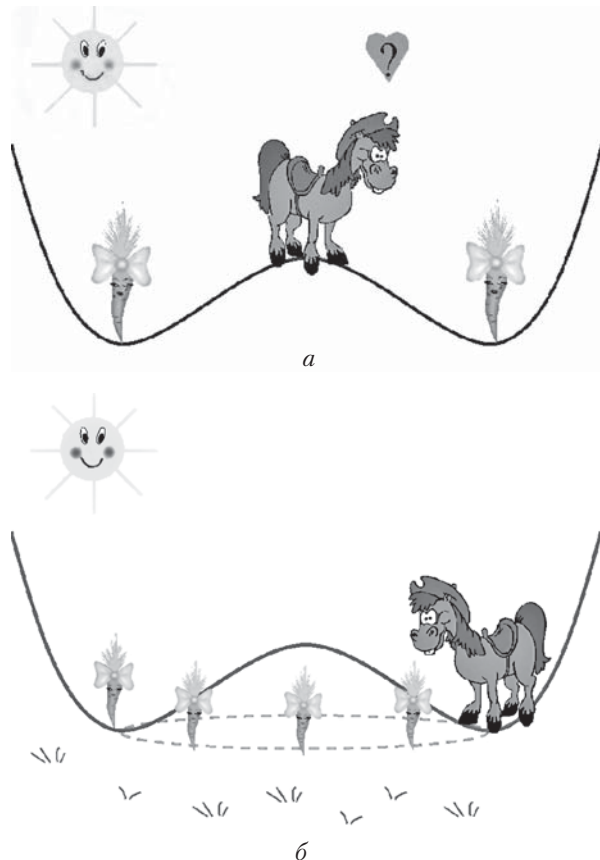


Рис. 2. Хоча поні Ніколя любить симетрію, для того щоб з'їсти морквину, він мусить порушити симетрію (а). Проте у трьох вимірах (б) існує долина, де Ніколя може рухатися від однієї морквини до іншої, не докладаючи зусиль (Ніколя любить теорему Голдстоуна!)

Енергія цих збуджень — суто кінетична, що в релятивістській квантовій теорії поля означає відсутність маси спокою.

Невдовзі у релятивістській квантовій теорії поля було доведено загальну теорему, що при спонтанному порушенні неперервної симетрії у спектрі збуджень з необхідністю виникають безмасові частинки з нульовим спіном і законом дисперсії  $E = c|\vec{q}|$  ( $E$  — енергія,  $\vec{q}$  — хвильовий вектор) [10], які називають голдстоунівськими (або намбу-голдстоунівськими) бозонами. У статистичній фізиці існування збуджень з дисперсійним законом  $E(q) \rightarrow 0$ ,  $q \rightarrow 0$  при спонтанному порушенні неперервних симетрій було строго доведено М. Боголюбовим (теорема про  $1/q^2$ -сингулярності).

Взаємодія голдстоунівських бозонів між собою у випадку неабелевих груп симетрій та з іншими частинками підпорядковується цілком визначеним законам. У середині 60-х років Стівен Вайнберг і Дмитро Волков для кіральних симетрій побудували відповідні моделі, які добре описують взаємодію псевдоскалярних мезонів за низьких енергій. Винятково важливим виявилось питання, чи можуть голдстоунівські частинки мати напівцілий спін, тобто бути ферміонами. Пошук відповіді на це питання привів Д. Волкова і В. Акулова до відкриття нової симетрії, перетворення якої змішують бозони й ферміони і яка дістала назву суперсиметрії [11].

Отже, на початку 60-х років склалася ситуація, коли в теорії з'явилися безмасові частинки, які не існують у природі, але є наслідком або принципу локальної калібрувальної симетрії, або спонтанного порушення неперервної симетрії. Незважаючи на наявність достатньо успішних феноменологічних моделей (наприклад, модель Сакураї) застосування полів Янга—Міллса з безпосереднім включенням маси до лагранжіана для опису масивних сильновзаємодіючих векторних мезонів, з погляду теорії вони виявилися незадовільними, тому що є неперенормованими, а отже, в них неможливо контролювати поправки, які обчислюються за теорією збурень. Юліан Швінгер, Нобелівський лауреат 1965 р. за створення

сучасної квантової електродинаміки, був першим, хто спростував твердження, що локальна калібрувальна симетрія несумісна зі скінченною масою у калібрувальних полях [12]. Він вказав механізм, коли завдяки сильній взаємодії можуть виникати безмасові частинки, яким відповідає полюс у поляризаційному операторі і, як наслідок, поява маси калібрувальних полів без порушення локальної калібрувальної симетрії. Ю. Швінгер запропонував також «іграшкову» модель квантової електродинаміки у двовимірному просторі-часі з безмасовими ферміонами, де цей механізм реалізується явним чином. Фактично, як стало зрозуміло пізніше, механізм Швінгера генерації мас калібрувальних полів є динамічним механізмом Хіггса, коли скалярні поля не вводяться явно, а виникають як зв'язані стани ферміонів, але про це йтиметься далі.

У 1963 р. Філіп Андерсон, також Нобелівський лауреат, використовуючи формулювання теорії надпровідності у формі Намбу, довів, що кванти електромагнітного поля в надпровіднику отримують масу, пропорційну плазмонній частоті [13]. Це був приклад нерелятивістської теорії з СПС і калібрувальними (у цьому випадку електромагнітними) полями, де безмасові частинки відсутні, а векторні — набувають маси. Ф. Андерсон прямо вказує, що отримання фотонем маси й ефект Мейснера є фізичною реалізацією механізму Швінгера. Більш того, він дійшов висновку, що проблема нульової маси у голдстоунівських частинок не є серйозною, оскільки вони ймовірно об'єднуються з безмасовими частинками полів Янга—Міллса, зумовлюючи масу останніх. Це видатне передбачення не привернуло належної уваги фізиків, оскільки нічого конкретного в цьому аспекті стаття Андерсона не містила. Фактично реалізацію механізму Швінгера генерації маси полів Янга—Міллса без уведення елементарних скалярних полів було здійснено в роботі тоді ще юних радянських фізиків-теоретиків Олександра Мігдала і Олександра Полякова [14]. У своїх спогадах О. Поляков пише, що результат вони отримали на початку 1965 р., дещо пізніше за роботи Браута, Енгле-

ра, Хіггса, про які вони не знали. Проте їхні дослідження, представлені на кількох семінарах, зустріли спротив з боку досвідчених колег і рецензентів спеціалізованих журналів.

### Механізм Хіггса і Стандартна модель елементарних частинок

Ми підійшли до моменту, коли до боротьби за розв'язання проблеми безмасових частинок долучилися нобелівські лауреати 2013 р. Спочатку було опубліковано роботу Ф. Енглера і Р. Браута [15], а за місяць — статтю П. Хіггса [16]. Фактично Енглер і Браут досліджували механізм Швінгера в абелевій калібрувальній теорії з комплексним скалярним полем, тобто у скалярній електродинаміці. Форма потенціальної функції не конкретизувалася, натомість було зроблено припущення, що потенціал є таким, що його мінімальне значення досягається за ненульового значення скалярного поля, яке порушує  $U(1)$ -симетрію. Прямим обчисленням було продемонстровано, що в цьому випадку в поляризаційному операторі за рахунок безмасових голдстоунівських бозонів виникає полюс, що свідчить про масу калібрувального поля. Фізично це означає, що два ступені свободи (поляризації) безмасового векторного поля об'єднуються з безмасовим голдстоунівським бозоном і породжують масивне векторне поле.

П. Хіггс дійшов до свого розв'язку, шукаючи спосіб обійти теорему Голдстоуна. У своїй першій роботі [17] він звернув увагу, що в калібрувальних теоріях може не виконуватися одна з умов теореми Голдстоуна (лоренцева інваріантність), а саме: можливий вибір такої калібровки, яка порушує явно цю інваріантність. У другій роботі [16] він досліджував таку саму модель, що й Ф. Енглер і Р. Браут, яку згодом назвали моделлю Хіггса. П. Хіггс отримав той самий результат, що векторні калібрувальні бозони в цій моделі стають масивними внаслідок поглинання голдстоунівських бозонів. Спочатку він надіслав статтю до журналу *Physical Letters*, але рецензенти відхилили її на підставі того, що вона не має стосунку до фізики час-

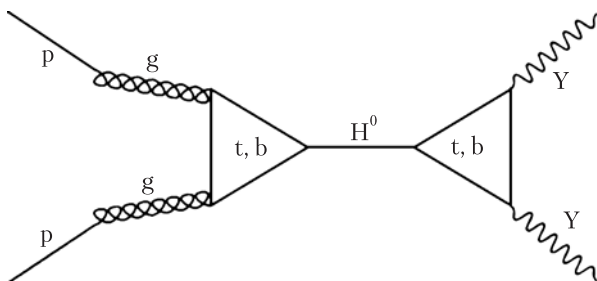
тинок. Як згадує сам П. Хіггс [18], він був цим шокований і не розумів, чому стаття, де лише вказано на можливість обійти теорему Голдстоуна [17], приймається до друку, а стаття, в якій явно наведено спосіб, як це зробити, відхиляється. П. Хіггс додав невеликий параграф, описавши деякі характерні особливості СПС у калібрувальних теоріях, і надіслав рукопис до іншого журналу [16]. Конкретно він зауважив, що після того, як голдстоунівська мода перетворюється на поздовжню компоненту векторного поля, роблячи його масивним, залишається радіальна мода збудження скалярного поля (рис. 1), яка у квантовому випадку стає масивною скалярною частинкою. Саме ці частинки з легкої руки американського фізика Бенджаміна Лі почали називати хіггсівськими бозонами. Насправді, як уже зазначалося, такі частинки наявні також у теоріях СПС, де калібрувальна взаємодія відсутня. Їх експериментальне спостереження підтверджує теорію електрослабких взаємодій, де в основу покладено механізм спонтанного порушення калібрувальних симетрій.

У 1967 р. Стівен Вайнберг запропонував теорію електрослабких взаємодій [19], яка ґрунтується на калібрувальній групі симетрій  $SU(2)_L \times U(1)$  і використовує механізм Браута—Енглера—Хіггса—Кіббла для генерації мас  $W^+$ ,  $W^-$  і  $Z^0$ -бозонів, що відповідають за слабку взаємодію, залишаючи фотон безмасовим. Структура цієї теорії є такою, що ферміони різної кіральності (лівої і правої) належать до різних представлень групи  $SU(2)_L$  — дублети з лівою кіральністю (звідси індекс  $L$  у  $SU(2)_L$ ) і синглети з правою кіральністю, внаслідок чого неможливо написати масові доданки для ферміонів безпосередньо в лагранжіані. С. Вайнберг показав, що внаслідок взаємодії ферміонів з полем Хіггса той самий механізм спонтанного порушення симетрії генерує маси ферміонів. Пізніше Абдус Салам представив цю модель у матеріалах Нобелівського симпозіуму.

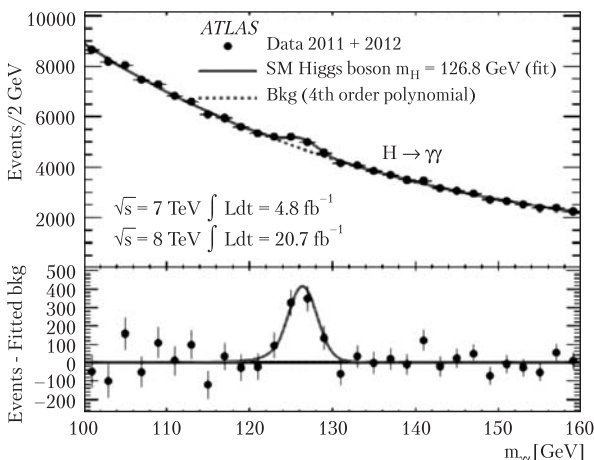
Незважаючи на низку привабливих рис теорії С. Вайнберга, А. Салама і Ш. Глешоу (останній встановив симетрію  $SU(2)_L \times U(1)$  електрослабких взаємодій на початку 60-х років),



Ділянка прискорювача ВАК у підземному тунелі



**Рис. 3.** Розпад бозона Хіггса на два фотони. При зіткненні протонів їх складові частини, кварки *up* і *down*, породжують глюони, що у свою чергу через взаємодію з важкими кварками (*top* або *beauty*) породжують бозон Хіггса, який потім розпадається на два фотони



**Рис. 4.** Дані колаборації ATLAS зі знаходження бозона Хіггса в розпаді на два фотони. Верхня крива — з урахуванням фону, нижня — після виділення фону. Чітко можна бачити пік в околі маси 125,6 GeV

вона не привернула до себе особливої уваги фізиків, оскільки тоді була певна недовіра до квантової теорії поля, і загалом теорії з масивними векторними полями вважали неперенормованими. Ситуація змінилася в 1971 р., коли Мартін Вельтман (Martinus J.G. Veltman) і Герард 'т Хоофт (Gerard 't Hooft) довели перенормованість неабелевих теорій з СПС. Стало зрозуміло, що об'єднану теорію слабких і електромагнітних взаємодій фактично створено. Якщо на роботу С. Вайнберга до 1971 р. було всього два посилання, то після цього кількість цитувань пішла вгору (нині робота має вже понад 8000 посилань).

### Відкриття бозона Хіггса

Після створення на початку 70-х років квантової хромодинаміки у фізиці частинок виникла сучасна так звана Стандартна модель, яка ґрунтується на локальній калібрувальній симетрії  $SU(3) \times SU(2)_L \times U(1)$ , спонтанно порушеній до  $SU(3) \times U(1)$ , де калібрувальна симетрія з групою  $SU(3)$  описує взаємодію кварків і глюонів. Для підтвердження механізму СПС залишалося знайти передбачуваний теорією бозон Хіггса. Полювання на нього розпочалося в середині 80-х років і виявилось зовсім не простою справою, яка потребувала створення нового прискорювача — ВАК. Проблема була в тому, що модель не передбачувала масу хіггсівського бозона. Крім того, взаємодія бозона Хіггса з іншими частинками ( $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  і ферміонами) є пропорційною масам останніх, унаслідок чого ймовірність його утворення і розпаду в процесах за участю легких частинок надзвичайно мала. З іншого боку, незважаючи на те, що переріз процесів за участю важких частинок значно збільшується, експериментальне спостереження потребує відповідного зростання енергії частинок, які зіштовхуються.

Великий адронний колайдер у ЦЕРН поблизу Женеви є найбільшим у світі прискорювачем заряджених частинок на зустрічних пучках, де відбувається зіткнення протонів і важких іонів. Довжина кола його основного підземного тунелю дорівнює 26,7 км (рані-

ше в цьому тунелі розташовувався Великий електрон-позитронний колайдер), у ньому розміщено 1232 надпровідні магніти, охолоджені до температури  $-271^{\circ}\text{C}$  (дещо нижчої від температури переходу гелію у надплинний стан). Експерименти з пошуку бозона Хіггса здійснювали за енергії в системі центра мас протонів, які зіштовхуються,  $\approx 7$  TeV (тобто  $7 \cdot 10^{12}$  eV). У 2015 р. цю енергію планується довести до 14 TeV. На БАК працюють 4 основні детектори: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb. Перші два спроектовано для пошуку бозона Хіггса і частинок темної матерії, ALICE — для пошуку кварк-глюонної плазми в зіткненнях важких іонів, а останній — для дослідження фізики b-кварків при високих енергіях. У кожній із колаборацій ATLAS і CMS беруть участь близько 3000 дослідників. 30 березня 2010 р. було досягнуто енергії пучка протонів у 3,5 TeV (з енергією зіткнення протонів у системі центра мас 7 TeV) і розпочато роботу БАК з пошуку бозона Хіггса.

Щоб мати можливість надійно виокремити події за участю хіггсівського бозона з величезної кількості інших непружних зіткнень, необхідно було зосередитися на розпадах бозона Хіггса ( $H^0$ ) з добре визначеними характеристиками. Вибрано було розпад на два гамма-кванти,  $H^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ , і 4-лептонний розпад,  $H^0 \rightarrow Z + Z \rightarrow L^+ + L^- + L'^+ + L'^-$ , де  $L$  ( $L'$ ) — електрон або мюон. Ці процеси описуються діаграмами Фейнмана, зокрема, на рис. 3 зображено розпад бозона  $H^0$  на два гамма-кванти. Розпад на два гамма-кванти і 4-лептонний розпад становлять 0,2 % і 0,013 % відповідно від усіх процесів, що відбуваються.

4 липня 2012 р. на конференції в Мельбурні колаборації ATLAS і CMS у присутності майбутніх нобелівських лауреатів Ф. Енглера і П. Хіггса повідомили про спостереження частинки, схожої на бозон Хіггса, з масою близько 125–126 GeV. На рис. 4 наведено результати ATLAS, де після виділення фону можна чітко бачити пік, що відповідає масі бозона. Певна обережність під час анонсування результатів («частинка, схожа на бозон Хіггса») була зумовлена тим, що на той момент ще не встано-

вили спін частинки та її парність. На початку 2013 р. було повідомлено, що спін знайденої частинки дорівнює нулю, а парність додатна, після чого не залишалось жодних сумнівів, що це і є шуканий бозон Хіггса. Обидві колаборації дають з урахуванням статистичних і систематичних помилок близькі значення для маси:  $m_H = 125,3 \pm 0,6$  GeV. Серед усіх елементарних частинок бозон Хіггса посідає унікальне місце: лише він має квантові числа, які збігаються з квантовими числами вакууму, і є єдиною елементарною скалярною частинкою в Стандартній моделі.

### Дослідження в Україні

В Україні теоретичні дослідження механізму Хіггса і, більш загально, механізму СПС, а також генерації мас елементарних частинок здійснювали переважно в Харківському фізико-технічному інституті НАН України (ХФТІ) та київському Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України (ІТФ). У Харкові Дмитро Волков побудував загальну теорію взаємодії голдстоунівських частинок у польових системах із СПС. Разом із Володимиром Акуловим він уперше показав, що голдстоунівські частинки можуть бути не тільки бозонами, а й ферміонами, що привело до відкриття суперсиметрії незалежно від робіт Юрія Гольфанда і Євгена Ліхтмана. Д. Волков відкрив також суперхіггсівський механізм у теорії суперсиметрії, коли калібрувальне поле зі спіном 3/2 (гравітино) поглинає голдстоунівський ферміон зі спіном 1/2 і стає масивним. Разом із В'ячеславом Сорокою в 1973 р. він став першовідкривачем теорії супергравітації, в якій суперхіггсівський механізм відіграє значну роль у генерації мас частинок. Важливі дослідження з фазових переходів у теоріях зі спонтанним порушенням калібрувальних і кіральних груп виконали тодішні співробітники Харківського університету Євген Чудновський та Ілля Криве. Відзначимо також, що І. Криве і Андрій Лінде з Фізичного інституту ім. П.М. Лебедева отримали одне з перших обмежень знизу на масу хіггсівського бозона.

У Києві в ІТФ група Петра Фоміна (Володимир Міранський, Юрій Ситенко та один з авторів цієї статті) в 70–80-ті роки виконували дослідження динамічного механізму Хіггса і генерації мас частинок за аналогією з теорією надпровідності. Вони розвинули мікроскопічну теорію динамічного порушення кіральної симетрії в калібрувальних теоріях (зокрема, у квантовій хромодинаміці), що сформувало новий погляд на походження мас адронів. Було показано, що за динамічним механізмом Хіггса можуть генеруватися маси глюонів. Це започаткувало новий напрям досліджень, який активно розвивається останнім часом. У теорії електрослабких взаємодій Володимир Міранський разом із Коїчі Ямавакі (Koichi Yamawaki) і незалежно від Й. Намбу запропонували модель, у якій поле Хіггса є зв'язаним станом найважливішого з відомих кварків — топ-кварка та його антикварка. Поки що невідомо, чи є поле Хіггса фундаментальним, чи складеним, і тому ця модель привертає значну увагу. Отже, українські вчені зробили помітний внесок у теоретичні дослідження, пов'язані з бозоном Хіггса.

Вагомими є також роботи українських дослідників і в експериментах з пошуку бозона Хіггса в ЦЕРН. Співробітники ХФТІ П. Сорокін і Л. Левчук беруть участь в експериментальній колаборації CMS з оброблення даних з використанням сучасних комп'ютерних технологій. Під керівництвом академіків НАН України Івана Карнаухова і Бориса Гриньова у харківському Інституті сцинтиляційних матеріалів НАН України виготовлено монокристалічні пластини для детекторів ЦЕРН. Група провідних науковців з ІТФ під керівництвом члена-кореспондента НАН України Геннадія Зінов'єва (офіційного представника Украї-

ни в ЦЕРН) бере участь у роботі колаборації ALICE з пошуку кварк-глюонної плазми. У 2013 р. сталася важлива подія для вітчизняних учених — Україна здобула статус асоційованого члена ЦЕРН. Можна сподіватися, що тепер співробітництво з ЦЕРН вийде на якісно новий рівень і дозволить українським науковцям долучитися до розроблення нових наукових програм та виконання експериментів на ВАК.

### Подальші перспективи досліджень

Підсумовуючи, зауважимо, що відкриття хіггсівського бозона є величезним успіхом Стандартної моделі, проте залишаються нез'ясованими ще багато питань. Так, поки що експериментально не встановлено сили взаємодії бозона з ферміонами і векторними бозонами, а також константи самовзаємодії хіггсівських бозонів. Невідомо, існує один бозон Хіггса чи кілька. Наприклад, у мінімальній версії розширеної суперсиметричної Стандартної моделі є 5 хіггсівських бозонів — 3 нейтральні та 2 заряджені. У деяких моделях фундаментальні скалярні поля відсутні, а СПС електрослабких взаємодій відбувається завдяки складеним скалярним полям, які є зв'язаними станами ферміонів. У цьому випадку мають існувати збуджені зв'язані стани, спостереження яких було б свідченням на користь таких моделей. Є ще багато інших проблем, добре відомих фахівцям.

Не виключено, що наступний 2015 р., коли ВАК вийде на повну заплановану потужність, відкриє еру нових досягнень у фізиці елементарних частинок, а отже, сприятиме поглибленню наших знань про будову матерії.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Yang C., Mills R. Conservation of isotopic spin and isotopic gauge invariance // *Phys. Rev.* — 1954. — V. 96. — P. 191.
2. Utiyama R. Invariant theoretical interpretation of interaction // *Phys. Rev.* — 1956. — V. 101. — P. 1597.
3. O'Raifeartaigh L. *The Dawning of Gauge Theory.* — Princeton: Princeton Univ., 1997.
4. Ландау Л.Д. К теории фазовых переходов. I, II // *ЖЭТФ.* — 1937. — Т. 7, № 19. — С. 627.
5. Гинзбург В.Л., Ландау Л.Д. К теории сверхпроводимости // *ЖЭТФ.* — 1950. — Т. 20. — С. 1064.
6. Sooryakumar R., Klein M.V. Raman scattering by superconducting-gap excitations and their coupling to charge-density waves // *Phys. Rev. Lett.* — 1980. — V. 45. — P. 660.



7. *Littlewood P.B., Varma C.M.* Gauge-invariant theory of the dynamical interaction of charge density waves and superconductivity // *Phys. Rev. Lett.* — 1981. — V. 47. — P. 811.
8. *Nambu Y., Jona-Lasinio G.* Dynamical model of elementary particles based on an analogy with superconductivity. I. // *Phys. Rev.* — 1961. — V. 122. — P. 345.
9. *Goldstone J.* Field theories with superconductor solutions // *Nuovo Cimento.* — 1961. — V. 19. — P. 154.
10. *Goldstone J., Salam A., Weinberg S.* Broken symmetries // *Phys. Rev.* — 1962. — V. 127. — P. 965.
11. *Volkov D.V., Akulov V.P.* Is the neutrino a Goldstone particle? // *Phys. Lett.* — 1973. — V. 46B. — P. 109.
12. *Schwinger J.* Gauge invariance and mass // *Phys. Rev.* — 1962. — V. 125. — P. 397.
13. *Anderson P.* Plasmons, gauge invariance, and mass // *Phys. Rev.* — 1963. — V. 130. — P. 439.
14. *Мигдал А.А., Поляков А.М.* Спонтанное нарушение симметрии сильных взаимодействий и отсутствие безмассовых частиц // *ЖЭТФ.* — 1966. — Т. 51. — P. 135.
15. *Englert F., Brout R.* Broken symmetry and the mass of gauge vector bosons // *Phys. Rev. Lett.* — 1964. — V. 13. — P. 321 (received 16 June, 1964; published 31 August, 1964).
16. *Higgs P.W.* Broken symmetries and the masses of gauge particles // *Phys. Rev. Lett.* — 1964. — V. 13. — P. 508 (received 31 August, 1964; published 19 October, 1964).
17. *Higgs P.W.* Broken symmetries, massless particles and gauge fields // *Phys. Lett.* — 1964. — V. 12. — P. 132.
18. *Higgs P.W.* Prehistory of the Higgs boson // *C.R. Physique.* — 2007. — V. 8. — P. 970.
19. *Weinberg S.* A model of leptons // *Phys. Rev. Lett.* — 1967. — V. 19. — P. 1264.

Стаття надійшла 05.02.2014

*Э.В. Горбар<sup>1</sup>, В.П. Гусьнин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко  
ул. Владимирская, 60, Киев, 01033, Украина

<sup>2</sup> Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины  
ул. Метрологическая, 14б, Киев, 03680, Украина

#### БОЗОН ХИГГСА: ПРЕДСКАЗАНИЕ, ПОИСК, ОТКРЫТИЕ

Нобелевская премия в области физики за 2013 год присуждена двум известным европейским физикам-теоретикам — бельгийцу Франсуа Энглеру и британцу Питеру Хиггсу «за теоретическое обнаружение механизма, способствующего нашему пониманию происхождения массы субатомных частиц и подтвержденного недавно обнаружением предсказанной элементарной частицы в экспериментах ATLAS и CMS на Большом адронном коллайдере в ЦЕРН».

**Ключевые слова:** Нобелевская премия, бозон Хиггса, Большой адронный коллайдер.

*E.V. Gorbar<sup>1</sup>, V.P. Gusynin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Taras Shevchenko National University of Kyiv  
60 Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine

<sup>2</sup> Bogolyubov Institute for Theoretical Physics of NAS of Ukraine  
14-b Metrolohichna St., Kyiv, 03680, Ukraine

#### HIGGS BOSON: ANTICIPATION, SEARCH, AND DISCOVERY

The 2013 Nobel Prize in Physics was awarded jointly to well-known European physicists — Belgian François Englert and British Peter W. Higgs “for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN’s Large Hadron Collider”.

**Keywords:** Nobel Prize, Higgs boson, Large Hadron Collider.

**ВИТЯЗЬ**

**Сергей Петрович** —

кандидат исторических наук,  
заместитель директора Центра  
исследований белорусской  
культуры, языка и литературы  
НАН Беларуси

УДК 94(476):94(47)026

## **МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПОЛИТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ДРЕВНЕЙ РУСИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XI в.**

*В статье обсуждаются политические события Древней Руси первой половины XI в., связанные с возрастанием роли Полоцкого княжества. Подчеркнута значимость похода полоцкого князя Брячислава на Новгород в 1021 г. Охарактеризованы содержание и историография похода, выделена одна из неразрешенных, основополагающих проблем этого события: проблема дружины Брячислава.*

**Ключевые слова:** Древняя Русь, Полоцкое княжество, князь Брячислав, дружина, кривичи, пруссы, Неманский торговый путь.

### **Вступление**

Земли в сфере древнерусского влияния обретали своеобразное развитие в переменчивых межрегиональных отношениях с участием центра (Руси), периферии, внешних воздействий. В частности, первая половина XI ст. отмечена стремительным возрастанием политической роли Полоцкого княжества. Особенно выделяются решительные действия Полоцка в небывалых до того общерусских масштабах, включая военный поход 1021 г. князя Брячислава на Новгород, северный центр Руси.

Сведения о том походе впервые были изложены в древнейшем летописном источнике Руси «Повесть временных лет» [1, с. 202]. В позднейших сообщениях (Воскресенская, Лаврентьевская, Патриаршая (Никоновская), Софийская I, другие летописи) были представлены дополнительные комментарии по отдельным аспектам этого события. Возможно, некие сведения имелись в Полоцкой летописи, которая, как известно, не сохранилась и лишь частично была пересказана В. Татищевым. Также отдельные замечания приводил Я. Длугош. Однако даже в общем сочетании очерченные сообщения не составляют последовательного, целостного описания события. И это не удивительно, период раннего средневековья Беларуси чрезвычай-

но скупо освещен в письменных источниках. Свидетельства о походе Брячислава и его времени (период княжения 1003—1044 гг.) также нельзя признать полновесными. Между тем, на общем сдержанном историографическом фоне они как будто демонстрируют относительную насыщенность характеристики: очерчены время, место, направление похода, определенные обстоятельства, некоторые последствия.

### Обобщенное содержание похода Брячислава

По сведениям упомянутых летописей, князь полоцкий осуществил успешное военное нападение на Новгород, после чего с награбленным имуществом и пленными возвращался в Полоцк. Еще у Новгорода (на р. Судоме, притоке Шелони) Брячислава остановил великий князь киевский Ярослав, победил в столкновении, отобрал захваченное, вернул домой пленных. Важно, что Ярослав не уничтожил противника, позволив Брячиславу (своему племяннику) вернуться в Полоцк. Ярослав предложил Брячиславу союзный договор, который князь полоцкий принял и неукоснительно исполнял.

В летописных сообщениях заметна фрагментарность. Остались неясными цели, существенные обстоятельства, результаты похода, т.е. его государственный контекст, по сути — главная характеристика. Сопоставление известных сегодня данных демонстрирует противоречия в их оценке. Очертим некоторые историографические позиции по рассматриваемой проблеме.

### Цели похода Брячислава

С.М. Соловьев и за ним И.Д. Беляев отмечали, что полочане непреднамеренно напали на Новгород. А.В. Турчинович видел в том походе стремление Полоцка к независимости от Киева. М.О. Коялович полагал, что полоцкие князья, начиная с Брячислава, осуществляли захваты пленными ради заселения ими своей страны. Д. Иловайский и П.Н. Батюшков вы-

сказывались, что Брячислав умышленно домогался Новгородских земель. М.В. Довнар-Запольский отмечал, что Брячислав заявил требования на Русскую землю в целом, но удовлетворился владением двумя названными городами, поскольку с ними полочане «держали в своих руках пути Верхнего Подвинья и самую важную часть великого водного пути «из варяг в греки» — волоки между Двиной и Днепром». Последний тезис развил А.Н. Насонов, который подчеркивал экономический контекст действий Брячислава и считал их направленными на Двинский маршрут торгового пути «из варяг в греки». Н.И. Ермолович видел в сжатых комментариях Я. Длугоша и В. Татищева свидетельства стремления Полоцка к завоеванию Новгорода. Таковую же цель признавал В.Я. Петрухин. Э.М. Загоруйский выделял ничем не прикрытый разбойничий характер кампании, но также подчеркивал ее направленность на овладение именно двумя упомянутыми городами на торговом пути. М.Б. Свердлов считал доминирующими грабительские, а не политические устремления Брячислава. На сегодня преобладающее признание получила позиция А.Н. Насонова, которую поддержали Л.В. Алексеев, Г.В. Штыхов, П.П. Толочко и другие ученые.

### Роль и результаты похода Брячислава

После столкновения Ярослав не только сохранил жизнь Брячиславу, но и передал ему в управление города Витебск и Усвят, которые до того подчинялись Новгороду. Это не простая территориальная уступка. Те города выполняли функции узловых пунктов между Двинским и Волховским маршрутами Днепровского торгового пути. Сверх того Ярослав предложил Брячиславу договор: «будь со мной един», что означало политическое признание ровности князей. «И были они вместе во все дни жизни своей» (т.е. до середины XI в.) — красноречиво заключала летопись [2].

Факты свидетельствуют, что победителем в походе был Брячислав, а не Ярослав. Но ни один источник этого прямо не утверждает, что

склоняет к мысли о вероятном замалчивании или искажении авторами источников обстоятельств похода Брячислава. Так, М.И. Ермолович называл результаты похода Брячислава неожиданными. Э.М. Загоруйский отмечал реакцию победителя, Ярослава, как удивительную. О.Н. Левко полагала, что причиной уступок со стороны Ярослава была сложность в контроле обширных территорий Руси, что заставляло его искать союзников [3]. Созвучные взгляды высказывал еще С.М. Соловьев и позже П.П. Толочко, Л.В. Алексеев в том смысле, что Ярослав «выкупил мирные отношения» у Брячислава. Но остается вопрос, завоевал ли Брячислав своим походом на Новгород статус союзника или, напротив, вызвал недоверие. В.Е. Данилевич оценивал действия Брячислава как исток векового противостояния полоцких и киевских князей. Г.В. Штыхов выделял в шагах полоцкого князя стремление к обособленности, в результате чего во второй половине XI в. Полоцк стал основным соперником Киева. О.Н. Левко видела отражение борьбы между Киевом и Полоцком за укрепление политической власти путем расширения государственной территории. Л.В. Алексеев подчеркивал смысл похода как определяющего события в противостоянии Полоцка с Новгородом, а не с Киевом, где Киев в результате принял сторону Полоцка и доверил ему узловые пункты торговых путей.

Ученые солидарны в определении похода Брячислава как события высокого масштаба. Несмотря на разночтения в деталях, оценки результатов похода едины в выделении его политической значимости. Обстоятельства похода анализируются и взвешиваются преимущественно в русле экономики, в связи с важнейшим торговым путем Древней Руси «из варяг в греки», что обнаруживает системный характер целей и результатов похода. Полагается, что это была не единичная акция, не ситуативный взрыв активности, а составной элемент долгосрочных, хорошо просчитанных и прагматично подготовленных геополитических процессов.

До того в Полоцке не отмечались события уровня, подобного походу 1021 г. Впечатляют

даже формальные параметры — поход более 500 км против крупного центра Древней Руси. Чтобы решиться на такое, надо было владеть политической ситуацией, быть уверенным в своих силах, точно рассчитать возможные дивиденды от рискованной акции. В связи с этим встает вопрос о дружине князя полоцкого.

### Содержательные обстоятельства похода Брячислава

Вопрос о дружине Брячислава является принципиальным. Военный поход отличается по сути от оборонительных действий средневековья, где основную функцию выполняло гражданское ополчение, жители местной округи. Поход, активное событие, осуществлялся усилиями профессиональных воинов — боевой дружины. Для Руси I/II тыс. н.э., сельскохозяйственного края, содержание дружины было делом непростым и неочевидным. Более того, сам институт дружины в обществе воспринимался критически, что в частности отражено в местном фольклорном наследии (былинные сюжеты о Микуле, Вальге, Святогоре). Даже претенденты на верховную власть в Древней Руси обращались в проблемных ситуациях за *внешней* военной помощью — к викингам «за морем», печенегам, полякам. Например, Ярослав Мудрый за период 1015—1043 гг. не менее 6 раз приглашал варягов [4].

Высказывались мнения о том, что данный поход был совершен силами скандинавской дружины, которая будто бы до 1021 г. перешла на службу от Ярослава Киевского к Брячиславу Полоцкому [5, 6]. Основанием для этого выделяется сообщение так называемой «Саги (точнее — «Пряди») об Эймунде» (записана в конце XIV в.) [7]. Известно, что саги, повествовательные источники устного происхождения, очень сложно интерпретировать. Данное произведение (рассказ о героических путях норвежского конунга Эймунда) сочетает как оригинальные свидетельства, так и неточности, искажения [8]. «Скандинавскую» версию высказывал еще Я. Длугош («Брячислав... собрал армию из своих полочан и варягов»); насто-

женно, но принимали А.М. Насонов, Э.М. Загорюльский и другие исследователи.

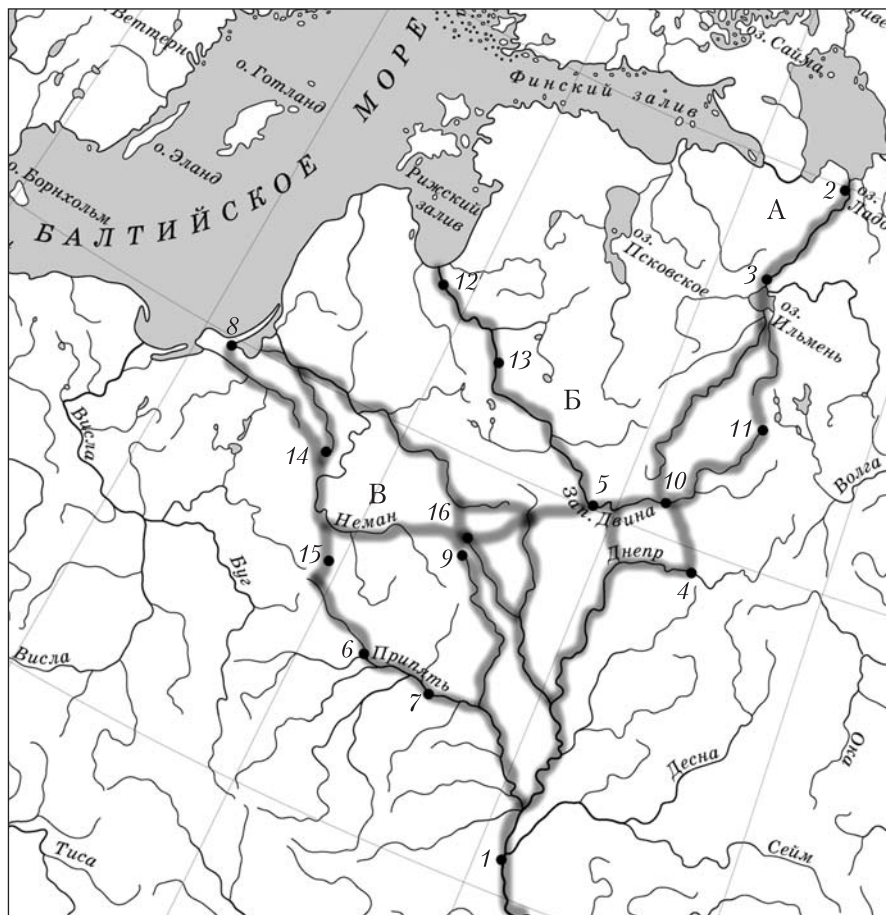
Обсудим количественные показатели. Так, Эймунд прибыл на Русь с дружиной в 600 воинов [7], которая после службы у Ярослава, как предполагается, сократилась в несколько раз. Такой небольшой отряд вряд ли имел бы определяющую роль при походе на Новгород. Этот аспект, другие существенные обстоятельства и вероятную хронологию событий выделил исследователь Минского региона Ю.А. Заяц, который критически проанализировал данные «Пряди об Эймунде». Ученый сделал основополагающий вывод, что переход викингов на службу от Ярослава к Брячиславу мог состояться не ранее 1024 г., т.е. после похода последнего на Новгород [9]. Действительно, сама «Прядь...» отмечает только переход Эймунда на службу к Брячиславу, но именно про Новгородский поход ничего не говорит, что было невозможным для героического произведения. Наконец, археологические материалы Полоцка и его окрестностей не предоставляют признаков присутствия скандинавской дружины, что отмечали ведущие исследователи Северной Беларуси этого периода: «присутствие варягов (скандинавов) на Полоцком городище и поселениях, что составляли территорию древнего города, по вещевому комплексу практически не прослеживается» [10]. Версия о скандинавской дружине в походе Брячислава не подтверждается.

Можно поставить вопрос о наличии в Полоцке собственной (кривичской) дружины. Но археологические материалы периода, предшествующего походу (X — начало XI вв.), не предоставляют свидетельств масштабных профессиональных воинских формирований в Полоцке (известны лишь единичные находки профессионального оружия, при этом дружинные могильники не выявлены). Также отсутствуют данные о тогдашней военной активности Полоцка в письменных источниках. А.Н. Кирпичников выполнил анализ становления древнерусской дружины на основании типологической и статистической характеристики находок вооружения в погребальных па-

мятниках [11]. Ученый выделил в обществе в X в. проникновение дружинных традиций, их закрепление в XI—XII вв., общую тенденцию к уменьшению роли ополчения, однако при этом отмечал высокую степень военной консервативности (длительное сохранение ополчения) населения белорусских земель на общерусском фоне. К созвучным выводам, с учетом археологических данных, пришли Я.В. Новиков [12] и М.А. Плавинский, который отмечал, что «наиболее многочисленной по количеству частью Полоцкого войска было ополчение» [13]. Говоря именно о дружине, исследователь признавал, что это могли быть варяги, констатировал сложность вопроса о точном количестве Полоцких войск и сделал вывод, что «княжеская дружина была немногочисленной» [13].

Неманский путь (см. рис.) оценивается как одна из ветвей трансевропейского пути «из варяг в греки». Это своеобразное организационное (территориально-военно-экономическое) образование объединяло побережье Балтийского моря с Русским Киевом (и далее — направления на юг и восток), через реки Неман, Припять, Днепр [14, 15]. Северным полюсом и руководящим центром Неманского пути был торгово-ремесленный центр Кауп (Вискаутен, Моховое), который размещался в прусских землях на п-ве Самбия, на побережье Куршского залива рядом с дельтой Немана. Кауп существовал с начала VIII в. до начала XI в.

Кауп — это не отдельный пункт, а функциональный территориальный комплекс, который включал поселения, защитно-укрепленные сооружения, ряд могильников, охранно-наблюдательные пункты, гавань с пристанью, ремесленные мастерские, сакральные объекты [15, 16]. Кроме того, в округе Каупа находился ряд дружинных поселений и могильников с прусско-скандинавскими чертами [17]. В разные времена на Каупе доминировали скандинавы — с о. Готланд, из южной Швеции, из Дании (вместе с археологическими свидетельствами сохранился также комплекс скандинавской топонимии в регионе) [16]. Кауп имел своеобразный статус: он не являлся независимой скандинавской автономией, также не представлял



Маршруты пути «из варяг в греки» в начале XI в.:

А – Волховский;  
Б – Западновинский;  
В – Неманский

Пункты по маршрутам:

- 1 – Киев;
- 2 – Ладога;
- 3 – Новгород;
- 4 – Гнездово;
- 5 – Полоцк;
- 6 – Городище на Ясельде;
- 7 – Туров;
- 8 – Кауп;
- 9 – Городище на Менке;
- 10 – Витебск;
- 11 – Усвят;
- 12 – Даугмале;
- 13 – Герцике;
- 14 – Шурпилы;
- 15 – Збочно;
- 16 – Заславль

механически смешанное прусско-скандинавского население, не был прямо инкорпорирован в прусское общество. Кауп размещался на окраине прусских земель и был отделен от племенных территорий пруссов своеобразной «полосой безопасности» — цепью святилищ [17, 18].

Социальный климат Каупа (дружинный, торговый) существенно отличался от традиционного уклада пруссов (родообщинного). Вместе с тем имела постоянная, многоуровневая связь пруссов с Каупом: там постоянно находились представители прусского общества, профессиональные воины, торговцы, ремесленники, иными словами, прусские викинги [15, 19]. По археологическим материалам прослеживаются связи Каупа от Куршского залива (городище Кораллен-Берг) через Нижний

Неман (городище Жардэ, могильники Линкунен (Ржевский), Вэшвиле) до Среднего Понеманья (группа могильников около г. Каунас). На упомянутых могильниках встречаются прусские и скандинавские захоронения, ритуально соотносимые с захоронениями на Каупе. Верхнее Понеманье содержит многообразные признаки деятельности Неманского торгового пути: организационная инфраструктура; разнотипные импорты; индикаторы социальных перемен; признаки военной дружины; индикаторы акцентированных иноэтничных воздействий; свидетельства сырьевых технологических связей; показатели профессиональной торговой деятельности [14, 20–22].

Оценка скандинавского присутствия в Верхнем Понеманье выявляет специфические черты по сравнению с ареалами других направле-

ний пути «из варяг в греки» — реки Волхов, Западная Двина, Днепр. Так, Верхнее Понеманье содержит лишь отдельные признаки присутствия скандинавов (в основном, разнородные предметы материальной культуры), но при этом не несет признаков варяжских влияний [23]. В частности, ни один из их художественных стилей либо типичных изделий не был воспринят или ретранслирован в ремесленном производстве Верхнего Понеманья (и на территории Беларуси). Скандинавские находки по маршруту пути разнообразны, но немногочисленны, не образуют комплексов или серий, не демонстрируют пунктов концентрации, которые можно было бы идентифицировать с местами устойчивого местонахождения северян. Наиболее репрезентативные изделия — профессиональное оружие, прежде всего мечи и копья. Но наличие скандинавских образцов оружия не доказывает присутствия самих скандинавов. Это общеевропейская действительность, свидетельствующая о распространении новых социальных реалий, о сложении и деятельности дружинных формирований. Примечательно, что у многих мечей и наконечников ножен меча отмечены балтские типологические черты или влияния [23, 24]. Иные скандинавские изделия (предметы быта, одежды, украшения) рассеяны по обширной территории, но без признаков концентрации. Материалы единственного скандинавского погребения в Верхнем Понеманье (Городилово) и большинство находок в регионе соотносятся с Южной Швецией, что коррелирует с составом доминирующего скандинавского контингента на Каупе. Это значит, что непосредственное присутствие варягов в Верхнем Понеманье было ограниченным и, вероятно, носило транзитный характер. Трансляция воздействия скандинавов в регионе происходила, очевидно, через определенного рода посредничество, предварительно можно полагать — западнобалтское (прусы, ятвяги).

Неманский торговый путь имеет особенность, важную для осмысления рассматриваемого вопроса. Ранее обосновывалось положение о том, что Неманский путь послужил ор-

ганизационной и экономической основой для прусского расселения в направлении Верхнего Понеманья, результатом чего стало оформление ятвягов, как раннесредневекового ответвления пруссов [14, 25]. Прусское присутствие и влияние в Верхнем Понеманье намного более ощутимо, чем скандинавское. Это — погребальные памятники ятвягов (каменные курганы и каменные могилы), каменные городища и сакральные памятники пруссов, прусские этно- и социоопределяющие погребения с конем, оформление городской культуры всадников, прусско-ятвяжская топонимика, распространение традиции употребления подковообразных фибул, другие типичные находки, в том числе янтарь [14, 20, 21, 25, 26].

Важным элементом деятельности пруссов на Неманском пути были политические отношения, направленные на устойчивые, союзные связи с населением транзитных территорий (прежде всего, с дреговичами), а также с южным полюсом пути — Киевом. Здесь выделяется стратегический союз пруссов с князем Руси Владимиром. Так, в конце X в. пруссы помогли ему (в составе отряда варягов «из-за моря») овладеть Киевом и принять в управление Русское государство [27]. В этой связи заслуживает внимания сюжет, изложенный Адамом Бременским в схолии (вставке) к комментариям событий 1014–1016 гг. в произведении «Деяния архиепископов Гамбургской церкви»: «Канут отдал свою сестру замуж за сына короля Руси» [28, 29]. Отметим, что Канут в период 1016–1028 гг. стал королем Англии, Дании, Норвегии, Шотландии, Швеции, получил в управление Шлезвиг и Померанию и стал называться «Канут Великий». Если личность «сестры Канута», Эстрид, у исследователей не вызывает сомнений, то «сын короля Руси» точно не определен до сих пор. Ученые единодушны во мнении, что тот союз был недолгим (известно, что в 1020 г. Эстрид вступила в брак с норманнским герцогом Ульвом). По мнению М.Б. Свердлова, это был брак с «кем-то из сыновей» Владимира в 1014–1015 гг. [30]. А.В. Назаренко выделял более широкий период 1014–1035 гг. [29]. К. Маурер,

А. Кэмпбелл и др. принимали еще более позднюю дату, с 1025 г. (после убийства Ульва). Дата позднее 1016 г. явно противоречит датировке схолии, а также реалиям Древней Руси. Поэтому при определении «сына короля Руси» прежде всего обсуждались сыновья Владимира — Всеволод, князь Волынский (Л.М. Сухотин, М.Б. Свердлов), Глеб, князь Муромский (А.В. Назаренко) [29]. Но сам автор версии о Глебе отрицал ее, поскольку «не видно конкретных причин, которые могли бы привести в указанные годы к такому политическому союзу», а также «сближение с далеким Киевом... явно не сулило Кануту тогда никакой пользы», и сделал примечательное источниковедческое замечание: «этот неутешительный вывод свидетельствует либо о недостоверности информации, содержащейся в 39-й схолии хроники Адама Бременского, либо о том, что не все возможности ее объяснения были изучены» [29]. Также А.В. Назаренко выполнил текстологический анализ схолии и пришел к выводу, что она принадлежит именно Адаму Бременскому. Ученый отмечал, что по свидетельству самого Адама Бременского «одним из его главных информаторов в скандинавских делах был Свен Эстридсен» (король Дании, сын упомянутой Эстрид), «который держал в памяти всю историю варваров, будто записанную» [29]. Источниковедческие аргументы свидетельствуют в пользу подлинности сообщения о браке именно в период схолии 1014—1016 гг. На это указывают и данные нумизматики — взрыво-подобное распространение на Руси в начале XI в. английских монет Канута и Этельреда II (предшественник Канута), которые выделил В.М. Потин, высказав мнение о существовании в начале XI в. некоторых прямых датско-русских отношений [31].

А.В. Назаренко также признавал существование таких отношений, но не видел их в период, определенный схолией, и поэтому сделал предположение, что Эстрид вступила в брак с сыном Ярослава Ильей в 1019 г. Исследователь изложил пространное, но неубедительное обоснование этого. Об Илье неизвестно почти ничего, даже дата рождения. Если же принять

мнение о дате его рождения в 1018 г. [6], то брак с Эстрид в 1019 г. был невозможен.

Представляется обоснованным, что узловым пунктом для понимания сообщения Адама Бременского является деятельность Неманского торгового пути. Такой концептуальный подход определяет политическую роль союза с пруссами/ятвягами для Владимира и предоставляет необходимую основу для осмысления последующих союзов, личного и межгосударственного (Дания—Русь). Эти союзы были особо значимы для Неманского пути, руководящий центр которого, Кауп, имел очевидные контакты с Данией. На это указывают сообщения средневековых хроник (Саксо Грамматик, «Анналы Рида») о прибытии к пруссам отрядов датских конунгов (Рагнар Ладброк, середина IX в.; Лотекнут, начало X в.; Хакон Харальдсон, вторая половина X в.) [32—34]. По мнению В.И. Кулакова, эти сообщения имеют коррелирующие археологические материалы на Каупе (датские импорты, погребения, иные признаки присутствия датских викингов) [16]. Так, союз Канута с Владимиром через Кауп и Неманский путь был предопределен продолжительным периодом торгового сотрудничества по Балтике. Такое понимание вносит ясность не только в обсуждаемый фрагмент Адама Бременского, но и в другие эпизоды истории Древней Руси.

### **Геополитическая ситуация в Восточной Европе накануне похода Брячислава**

Если принять брак Эстрид с Глебom Владимировичем и соотнести с ним русско-датский союз 1014 г., то открывается новый взгляд на некоторые события истории Руси. Прежде всего, это одновременные бунты 1014 г. двух старших сыновей Владимира — Святополка, князя Туровского, и Ярослава, князя Новгородского. В обсуждаемом контексте деятельности торговых путей первый сын контролировал исходный маршрут Неманского пути (через левые притоки Припяти до Немана) и Бужский путь; второй — Волховский путь.



Протестная реакция сыновей Владимира свидетельствует об их политических разногласиях. В результате Святополк был взят под стражу в Киеве, а против Ярослава Владимир начал собирать военный поход. Очевидно, это не сиюминутное противостояние, династический союз между Владимиром и Канутом лишь проявил его глубину.

Заметим, что союз 1014 г. не был чем-то исключительным. Так, Г.С. Лебедев определял 1016 г. как этапный в русско-скандинавских отношениях [35], среди отличительных черт которого — развитие политических, династических связей, т.е. поиск путей укрепления договорных отношений на новом уровне. В этом русле отметим брак Святополка с дочерью польского князя Болеслава Храброго (предполагается, с 1013—1014 гг.), принудительный брак самого Болеслава (1018 г.) с сестрой Ярослава Предславой, брак Ярослава (1019 г.) с дочерью шведского короля Олафа Шотконунга, которой князь подарил Ладогу, определив соответственно роль Новгорода.

Владимир не успел совершить поход на Новгород против Ярослава. В 1015 г. он ушел из жизни, что радикально изменило ситуацию на Руси. Вскоре был убит Глеб, что зафиксировало разрушение созданного накануне русско-датского союза. Святополк освободился из плена, но не удержался у власти и покинул Киев в 1016 г. В том же 1016 г. Канут уничтожил Кауп и позже стал называться «королем Самбии» [33]. Святополк обратился за поддержкой к своему тестю, князю польскому Болеславу Храброму, и с его помощью в 1018 г. выступил против своего брата Ярослава, вновь прибыл в Киев, но также не удержался во власти и обратился за помощью к печенегам. В 1019 г. Святополк предпринял последнюю попытку овладеть Киевом, однако Ярослав победил вновь.

В этой череде династических противостояний Рюриковичей обратим внимание, что военные конфликты не способствовали надежности торговых отношений. Споры завершились закреплением во власти Ярослава, который был склонен к изменению политического

курса Владимира, что указывало на грядущие перемены в деятельности Неманского пути. Среди возможных векторов изменений выделяются следующие: 1) подчинение новому властелину — Ярославу; 2) противостояние Ярославу и новые попытки сместить его.

Действия по согласию, по первому вектору, должны проявиться в постепенной эволюции. Действия по второму, конфликтному, вектору должны сопровождаться новыми политическими решениями. В этом контексте поход 1021 г. князя полоцкого Брючислава на Новгород является очевидным свидетельством действия по второму вектору.

Такой сценарий отражает совпадение позиций Полоцка и прусского персонала Неманского торгового пути. Следует отметить тот факт, что после разгрома Каупа датчанами в 1016 г. в его окрестностях в начале XI в. возник ряд мелких пунктов, городищ, растянувшихся от Куршского залива до р. Преголь в основании Самбии и далее в бассейне Преголи [15]. Среди них выделим прусский торговый центр Тувангсте в устье Преголи, будущий город Кенигсберг (Калининград). Эволюция этих пунктов, а также признаки по самому Неманскому пути свидетельствуют, что его торговая деятельность продолжалась и далее [15]. Появляются вопросы: как произошла реорганизация пути? кто принял на себя функции управления, которые до того выполнял Кауп? куда переместился организационный и координирующий центр? Реорганизация требовала времени, поскольку в уничтоженном Каупе погибла администрация пути. Значит, некий период в начале XI в. путь бездействовал и персонал пути остался без работы. Выполним качественную оценку ситуации. Персонал пути составляли несколько категорий участников:

1. *Администрация пути.* Ее основной состав размещался в центре Кауп; количество, вероятно, несколько десятков человек — ориентировочно экипаж боевого корабля, а также переменный круг ремесленников, торговцев, воинов и других жителей.

2. *Участники охранных пунктов и воинских застав по маршрутам пути.* Для предвари-

тельной оценки примем, что заставы организовывались через каждые 30—40 км пути [16]; при длине Немана 1 тыс. км получаем около 30 застав. Боеспособный отряд заставы — около 10 человек (по аналогии с пунктом Шестовицы в Среднем Поднепровье, также с участием скандинавов и пруссов). Всего в стационарных пунктах предполагается несколько сотен дружинников.

3. *Торговцы и охранные сопроводительные отряды торговых караванов.* Исходя из сведений скандинавских саг можно полагать, что их количество было изменчивым. Предварительно заметим, что на пути одновременно могло быть около десятка караванов на севере (в Балтике) и столько же на юге (по рекам в направлении Неман—Днепр), если считать средний ритм отправки/прибытия караванов 1 раз в месяц. Состав каравана примем около 30 человек (исходя из количественной оценки экипажа торгового судна типа «кнорр» в 30—40 человек, либо по оценке каравана в составе группы небольших торговых судов с экипажами по 10 человек). Всего по пути выделяется еще несколько сотен дружинников в подвижных пунктах.

4. *Обслуживающий персонал.* Местные жители по маршруту пути, выполнявшие хозяйственные дела, обеспечивали повседневный быт и обслуживание охранных пунктов.

5. *Хозяйственный персонал.* Представители местного общества, заготавливавшие товарные запасы для торговли и обмена; общинные и профессиональные ремесленники. Очевидно, их деятельность поначалу концентрировалась вокруг охранных пунктов, позднее — городов.

Сочетание повседневных функций персонала пути требовало их интеграции и оформления в соответствующем организационном воплощении, устойчивом и автономном. Катастрофа Каупа укрепила эту тенденцию, ведущую к созданию *городов*, как надежного, самодостаточного элемента инфраструктуры. Это направление перемен (качественная перестройка торговых путей, централизация управления) для конца X — начала XI в. выделял также Г.С. Лебедев [35]. Для техническо-

го персонала (пп. 4, 5) прекращение деятельности торгового пути имело второстепенное значение, поскольку они сохраняли обычные бытовые занятия. Но для дружинников, которые были вытеснены за пределы традиционного общественного уклада, это означало катастрофу. Так, одномоментно без работы остались около тысячи профессиональных воинов. Эта цифра могла быть и меньшей и большей, в зависимости от интенсивности торговой деятельности могла достигать нескольких тысяч человек. Принципиальным выводом является понимание того, что после разгрома Каупа в регионе Юго-Восточной Балтии остался значительный контингент дружинников, неорганизованный, без ясных перспектив на будущее. На данном этапе обобщенной оценки представляется обоснованным принять в качестве количественного ориентира 1 000 дружинников. Кстати соотносить его с аналогичными данными. Так, в диахронном контексте выделим цифру в 1 000 боеспособных воинов (включая ополчение), которых могли выставить все прусские земли в середине XIII в. [17]. Состав «старшей дружины» Владимира в конце X в. (включая гарнизоны степной линии) оценивается в 5—7 тыс. чел.; в то время как «младшие дружины» сыновей Владимира — в 500 чел. [36]. В синхронном контексте напомним цифру в 1 000 варягов, которых пригласил «из-за моря» новгородский князь Ярослав в 1015 г. для борьбы за Киев, и 3 000 новгородцев в том же отряде [1, с. 195, 200]. Иные оценки состава княжеских дружин: у Ярослава в Новгороде (начало XI в.) — около 160 чел., у Олава Святого (начало XI в.) — около 100 чел., у Олава Тихого (вторая половина XI в.) — 240 чел., у Святополка Изяславовича (конец XI в.) — 800 чел., княжеская дружина Полоцкой земли в целом (начало XII в.) — 1 000 чел. (из них половина — в Полоцке) [37]; воинские контингенты Древней Руси XI в. во время военных кампаний — от 1,5 до 10 тыс. чел. [12]. По сведениям «Пряди ...», в дружине викинга Эймунда, с которой он пришел на службу к Ярославу, имелось 600 воинов [7].

Очевиден вывод, что отмеченный воинский контингент Неманского пути — чрезвычайная сила по масштабам того времени, его присутствие не могло остаться незамеченным. При этом высвободившиеся после разгрома Каупа воины не могли расселиться среди пруссов. Напомним, Кауп был «автономизирован», отделен от прусской племенной территории сакральным образом, т.е. прусское общинное руководство не желало видеть викингов в своем окружении. Сеть новых городищ на Самбии приняла лишь часть дружинников. Поэтому следует ожидать в начале XI в. появления прусско-скандинавских воинских подразделений в Юго-Восточной Балтии. По данным археологии выделяются два основных — в польской Мазовии и в Верхнем Понеманье, по маршруту торгового пути.

В Верхнем Понеманье в начале — первой половине XI в. выделяется ряд синхронных пожарищ, большинство из которых содержало также признаки военного нападения (прежде всего, наконечники стрел): городища Костенево, Кошели, Косовский тракт (Слоним), Кульбачино, Меречевщина, Плетки, поселения Ковали, Городиловка, Гродно (Замковая Гора), Новогрудок (Малый Замок) [38]. Ранее эти факты уничтожения населенных пунктов оценивались как свидетельства славяно-балтского противостояния, непримиримости автохтонов к пришельцам. Но события такого рода в Верхнем Понеманье и в прежние, и в последующие времена были единичными. Поэтому вышеизложенные положения склоняют к другому пониманию этих событий.

Как установлено [14, 22, 25], балты (прусы/ятвяги) и славяне (дреговичи) прибыли в Верхнее Понеманье почти одновременно, среди них не было автохтонов. Их контактирование сложилось задолго до указанных пожарищ и не имело черт воинственности, напротив, отмечается конструктивизм и взаимовыгодное сотрудничество. На наш взгляд, эти пожарища связаны именно с приходом вышеуказанной полиэтничной дружины после разгрома Каупа. Признаков длительного противостояния в археологических материалах региона не на-

блюдается, это была хронологически выделенная, одномоментная акция. Направление этого военного воздействия можно с уверенностью реконструировать и связать с пруссами. На это указывает появление и деятельность в том же ареале в начале XI в. прусских городищ с каменной вымосткой внешней стороны вала [20], причем на месте ранее существовавших: Кульбачино, Городище на Менке и позже — Збочно.

Следствием тех событий стало укрепление прусско-русских связей, о чем свидетельствуют значительные изменения на Самбии, в окрестностях разрушенного Каупа: произошла реорганизация местной инфраструктуры торгового пути (раздробление на ряд мелких территориально разнесенных пунктов), возрастание влияния Древней Руси на фоне общей деградации культуры пруссов [39]. Очерченные изменения в сочетании с тем фактом, что в прусских землях в позднейшем так и не появился масштабный торговый центр, сопоставимый с Каупом, свидетельствуют о том, что руководящий центр Неманского пути переместился за пределы ареала пруссов, предположительно в направлении Древней Руси.

С периодом пограничья X/XI вв. связаны два пункта, которые можно соотнести с исковой функциональной нагрузкой. Оба — новые прусские городища. Первый пункт — городище Кульбачино. Вместе с каменной вымосткой внешнего склона вала, характерной для прусских городищ, выделяются археологические находки с дружинным акцентом — ланцетоподобные наконечники копий X в. (считаются скандинавскими, но также были освоены в прусском оружейном производстве) [23], подковообразная фибула, янтарная бусина (элементы прусского дружинного набора) [40]. Однако по организационному масштабу Кульбачино невозможно сравнить с Каупом — это, очевидно, был промежуточный, вспомогательный пункт. Синхронное событие отмечено на другом памятнике — Городище на Менке. Там в начале XI в. было сожжено городище, выстроенное при Владимире, и после существенной реконструкции возведено новое. Оно также получило каменную вымостку

внешнего склона вала, свойственную пруссам [20, 41]. Интенсивное развитие городища в первой половине XI в. [41], а также ряда других пунктов по Неманскому пути, и соседних земель дреговичей, в сочетании с массовыми находками импортов свидетельствуют, что деятельность пути была восстановлена. В частности, в начале XI в. на соседнем с Менкой поселении Рыловщина (на р. Лошица, приток Свислочи) число жилищ возросло в 4 раза. Среди находок отмечаются два керамических изделия с клеймом в виде княжеского трезубца; дружинные находки; снаряжение коня; технологические свидетельства ремесленной деятельности; импорты — обширный ряд находок, характерных для города, но не села [42]. Далее, выдающиеся для того времени параметры самого Городища на Менке позволяют уверенно определить его как протогород [41] и дают основания полагать, что именно сюда переместился руководящий центр Неманского торгового пути.

Надо понимать, что даже после положительной реорганизации для восстановления деятельности Неманского пути требовались определенные политические решения и время на их освоение. Династические войны Рюриковичей 1014—1019 гг. не способствовали этому и торговому делу в целом. Борьба за Киев на примере Святополка не принесла положительных результатов. Очевидно, что шаг к Новгороду, в противоположном от Киева направлении, был реальной альтернативой в борьбе за общее доминирование в регионе, в том числе и за Киев. В этом случае подчинение Новгорода в сочетании с союзом Менки и Полоцка имело бы результатом стратегическую по значимости монополизацию северного направления пути «из варяг в греки» благодаря объединению всех его ответвлений — Неманского, Двинского и Волховского (что ранее, в конце X в. совершил Владимир). В свою очередь, это поставило бы Киев (южное направление пути) с князем Ярославом в равное с союзниками (северное направление) положение и подтолкнуло бы его к принятию взаимоприемлемых политических решений. Именно такие действия,

необходимые пруссам, совершил полоцкий князь Брячислав в 1021 г. Полное совпадение отмеченных целей и реальных результатов похода подчеркивает участие в нем прусского дружинного персонала Неманского пути. Напомним, что после уничтожения Каупа в 1016 г. в регионе появилась (точнее — осталась без дела) сильная воинская группировка, которая до того обслуживала Неманский торговый путь. Эти воины/торговцы, конечно, знали пути к Новгороду, сам город, его состояние и достоинства. Для них такой поход был обычным делом. А.М. Насонов подчеркивал предмет споров между родственниками Владимировичами, процитированный в тексте «Пряди...»: «торговые города... пригодные для сбора налогов».

Предложение Ярослава Брячиславу «быть единым» озвучивало признание равенства князей, соответствовало признанию политической равнозначности северной и южной частей пути «из варяг в греки», что выделялось как цель Новгородского похода. Более того, как сообщает «Прядь...», Брячислав затем принял в управление Киев (наместником Ярослава) [7], вероятно, в период 1024—1026 гг. [9].

Изложенные факты отражают чрезвычайные, государственного уровня, уступки со стороны Ярослава в пользу Полоцка, которые тот получил в результате похода на Новгород. Это явно противоречит сообщению «Повести временных лет» о «победе» Ярослава и свидетельствует о политической ангажированности авторов летописи в отношении событий на Неманском торговом пути. Очевидно, что Ярослав не «победил» Брячислава, а договорился с ним о разделе власти. В результате Брячислав получил политические полномочия, необходимые для восстановления деятельности торгового пути, что было целью и прусской дружины. Напомним, что главный исторический источник Древней Руси, «Повесть временных лет», составлялась с конца XI в. под влиянием *новгородского* боярского рода Вышатичей и поэтому могла намеренно не сообщать о событиях на конкурентном Неманском направлении или даже исказить их. Конечно, «Повесть...»

является авторитетнейшим источником древнерусской истории, но вместе с тем следует учитывать, что обсуждаемые события происходили за столетие до написания летописи, восстанавливались ретроспективно, могли быть искажены вольно или невольно. Прецеденты такого рода уже отмечались рядом исследователей (С.Я. Сендерович, А.А. Гипиус, К. Цукерман, Е.А. Шинаков и др.) именно в отношении комментариев «Повести...» о событиях раннего средневековья, что склоняет к необходимости критического анализа летописных оценок.

Особым последствием политической деятельности Брячислава стало появление в Киеве «двора Брячислава», упомянутого «Повестью...» с явным дружинным акцентом в связи с событиями 1068 г. [1, с. 211]. Подчеркивается не только факт присутствия в Киеве «двора Брячислава», но и его значимость для деятельности купцов [9, 43]. Также отмечаются факты существования поздних, именно купеческих древнерусских «дворов» XII–XIII вв. Выделим и синхронные прецеденты определения подобного «двора». По данным «Повести...», варяги, которых пригласил «из-за моря» Ярослав в 1014 г. для борьбы с отцом, князем Владимиром, располагались в Новгороде «во дворе Поромони» [1, с. 62]. Е.А. Мельникова аргументировала этимологию того названия не в антропонимичном направлении, а в функциональном, выводя ее из др.-исланд. *farmannagardr* — путешественник, торговец в далеких краях [4]. Подобный аспект имеется и в упомянутой «Пряди...»: во время заключения договора с Ярославом предводитель варягов Эймунд высказывал: «прежде всего ты должен дать нам дом и всей нашей дружине» [7]. Это свидетельствует, что средневековые дружинники/торговцы отделялись от местного общества, создавали своего рода анклав как в прусском Каупе, так и в городах Руси. То, что в Киеве в XI в. появился «двор Брячислава», представляется дополнительным свидетельством высокой политической значимости, которую приобрел на Руси князь полоцкий Брячислав.

## Выводы

В целом предлагается следующая реконструкция целей и последствий похода Брячислава 1021 г. на Новгород. Принципиальную ценность сохраняет историографическая позиция А.М. Насонова, но с существенными уточнениями. Так, выделяется положение, что инициатором похода был не лично Брячислав (Полоцк, Полоцкое княжество), который не имел военных и организационных ресурсов для совершения этого события, а прусский (вероятно, со скандинавским компонентом) контингент Неманского торгового пути. К началу XI в. деятельность пути обеспечивалась русско-византийскими договорами с участием представителей пруссов и ятвягов и союзными отношениями пруссов с киевским князем Владимиром. В 1014 г. были заложены основы для увеличения международной значимости Неманского пути путем заключения русско-датского союза между королем Дании Канутом и князем Руси Владимиром через установление матримониальных отношений (брак сестры Канута Эстрид с сыном Владимира Глебом), вероятно, в 1014 г. Но уход из жизни Владимира в 1015 г. нарушил эти планы. Династический конфликт Владимира с сыновьями, который начался в 1014 г., перерос в череду военных столкновений, в результате которых погибли сыновья Владимира Борис, Глеб, Святослав, Святополк, и в 1019 г. Ярослав стал во главе Руси. Канут Великий в 1016 г. уничтожил торговый центр Кауп — управляющий пункт Неманского пути. В результате произошла существенная реорганизация инфраструктуры пути, но деятельность Каупа не была восстановлена. Его утилитарные функции были переданы сети мелких военно-торговых пунктов на юге Самбии, по руслу рек Преголь и (Нижний) Неман. Военный контингент пути, прусские дружинники (ориентировочно тысяча, возможно, несколько тысяч человек) расселились по разным направлениям, в том числе по маршруту пути, в Верхнее Понеманье, в ареал ятвягов. Среди прочего пруссы подчинили и перестроили Городище на Менке и перенесли

туда руководящий центр Неманского пути. Прусы заключили политический союз с Полоцком, целью которого было восстановление деятельности торгового пути. Союз, очевидно, гармоничный и взаимодополняющий — военный и организационный потенциал прусской дружины, политические полномочия полоцкого князя и благоприятное географическое положение. Успех похода и соответствие целям названного союза отражены в письменных источниках. Среди других последствий похода Брячислава следует отметить усиление процессов автономизации Верхнего Понеманья (эту тенденцию выделял также Ю.А. Заяц [44]). Предполагается, что после похода на

Новгород в 1024 г. состоялся переход Минской волости из княжества Туровского в Полоцкое [44]. Также Ю.А. Заяц обосновал тезис о вероятном образовании в 1085 г. Минского удела в составе Полоцкого княжества.

Факты свидетельствуют, что в древнерусских событиях начала XI в. выделился Полоцко-Минский = кривичско-пруссский политический союз наряду с экономическим объединением Неманского и Двинского путей. Следствием этого союза стало «договорное подчинение» Полоцку Новгорода и Киева. В результате цели, необходимые для деятельности торговых путей, были достигнуты, а целостность пути «из варяг в греки» была восстановлена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повесть временных лет / ред. В.П. Адрианова-Перетц. — 2-е изд. — СПб.: Наука, 1999. — 668 с.
2. Летописный сборник, именуемый Патриаршей или Никоновской летописью. — М.: Языки русской культуры, 2000. — С. 77.
3. *Левко О.Н.* Средневековые территориально-административные центры северо-восточной Беларуси: Формирование и развитие. — Минск: Беларуская навука, 2004. — С. 61.
4. *Мельникова Е.А.* Балтийская политика Ярослава Мудрого // Ярослав Мудрый и его эпоха. — М.: Индрик, 2008. — С. 78–133.
5. *Ильин Н.Н.* Летописная статья 6523 года и ее источник (опыт анализа). — М.: АН СССР, 1957. — С. 50–52.
6. *Лященко А.И.* «Eumundar Saga» и русские летописи // Известия АН СССР. VI сер. — 1926. — Т. 20, № 12. — С. 1061–1086.
7. *Джаксон Т.Н.* Прядь об Эймунде Хрингссоне // Исландские королевские саги о Восточной Европе (первая треть XI в.). — М.: Ладомир, 1994. — С. 87–119.
8. *Глазырина Г.В., Джаксон Т.Н., Мельникова Е.А.* Древняя Русь в свете зарубежных источников. — М.: Логос, 1999. — С. 408–556.
9. *Заяц Ю.А.* Полоцкие события «Саги об Эймунде» // Полоцкий летописец. — Полоцк, 1993. — № 1(2). — С. 5–11.
10. *Дук Д.В., Левко О.Н., Штыхов Г.В.* Полоцк — политический, социально-экономический и сакральный центр земли в XI–XIII вв. // Полоцк: Полоцк и Полоцкое княжество (земля) в IX–XIII вв. — Минск: Белорусская наука, 2012. — С. 66–80.
11. *Кирпичников А.Н.* Древнерусское оружие. Т. 3: Доспех, комплекс боевых средств IX–XIII вв. // Свод археологических источников. Вып. ЕІ-36. — Л.: Наука, 1971. — С. 41–54.
12. *Новікаў Я.* Ваенная гісторыя беларускіх земляў (да канца XII ст.). — Минск: Логвінаў, 2007. — Т. 2. — С. 88–92.
13. *Плавінскі М.* Войска Полацкага княства ад часоў Рагвалода да эпохі Чарадзея. — Минск: Галіяфы, 2012. — С. 16–23.
14. *Віцязь С.П.* Прусы і яцвягі ранняга сярэднявечча: этнакультурныя трансфармацыі ў Верхнім Панямонні. — Минск: Беларуская навука, 2012. — С. 120–170.
15. *Кулаков В.И.* Неманский янтарный путь в эпоху викингов. — Калининград: ГБУК «Калининградский областной музей янтаря», 2012. — 224 с.
16. *Кулаков В.И.* Раскопки поселения и могильника эпохи викингов Кауп. 1956–2004 гг. // Балто-славянские исследования. — 2006. — Т. 17. — С. 413–457.

17. Кулаков В.И. История Пруссии до 1283 г. (Prussia Antiqua. Т. 1). — М.: Индрик, 2003. — 432 с.
18. Кулаков В.И. Ирзеканинс. 23 апреля 997 г. // Археология и история Пскова и Псковской земли. — Псков: Псковский гос. обл. ист.-арх. и худ. музей-заповедник, 1988. — С. 134—137.
19. Кулаков В.И. Трусо и Кауп (протогородские центры в земле пруссов) // Российская археология. — 1996. — № 3. — С. 134—147.
20. Витязь С.П., Кулаков В.И. «Каменные» городища раннего средневековья // Весці НАН Беларусі. Сер. гуманіт. навук. — 2011. — № 4. — С. 57—68.
21. Віцязь С.П. Пахаванні з канем на тэрыторыі Беларусі // Матэрыялы па археалогіі Беларусі. — 2008. — Вып. 15. — С. 108—127.
22. Віцязь С.П. Поліфункцыянальныя аспекты засялення Верхняга Панямоння ў раннім сярэднявеччы // Гістарычна-археалагічны зборнік. — 2011. — Вып. 26. — С. 213—228.
23. Дэрновіч С.Д. Скандинавские древности эпохи викингов в Беларуси. — Минск: Беларуская навука, 2006. — 86 с.
24. Плавінскі М.А. Нарысы гісторыі клінковай зброі X—XIII стагоддзяў на Беларусі. — Минск: Логвінаў, 2009. — 158 с.
25. Віцязь С.П. Старажытныя прусы: арэалы рассялення (да праблемы паходжання яцвягаў) // Доклады НАН Беларусі. — 2010. — Т. 54, № 3. — С. 115—124.
26. Звяруга Я.Г., Віцязь С.П. Рыштунак верхніка і верхавога каня з раскопак старажытных гарадоў Верхняга Панямоння // Матэрыялы па археалогіі Беларусі. — 2006. — Вып. 12. — С. 122—137.
27. Кулаков В.И. Прусская дружина и Русь // Восточная Европа в древности и средневековье. Спорные проблемы истории. — М.: Ин-т рос. ист., 1993. — С. 43—46.
28. Латиноязычные источники по истории Древней Руси. Германия. IX — первая половина XII вв. / сост., пер., коммент. М.Б. Свердлова. — М.-Л.: Ленингр. отд. Ин-та истории АН СССР, 1989. — 205 с.
29. Назаренко А.В. Древняя Русь на международных путях. Междисциплинарные очерки культурных, торговых, политических связей IX—XII веков. — М.: Языки русской культуры, 2001. — С. 476—499.
30. Свердлов М.Б. Дания и Русь в XI в. // Исторические связи Скандинавии и России IX—XX вв. — Л.: Наука, 1970. — С. 83—85.
31. Потин В.М. Древняя Русь и европейские государства в X—XIII вв. Историко-нумизматический очерк. — Л., 1968. — С. 101—122.
32. Monumenta Germaniae Historica. Scriptorum / ed. G.H. Pertz. V. 16. — Hannover: IBAH, 1959. — S. 386—410.
33. Mühlen B. Die Kultur der Wikinger in Ostpreussen // Bonner Hefte zur Vorgeschichte. — 1975. — N 9. — 287 s.
34. Saxo Grammaticus: Saxonis Gesta Danorum / ed. J. Olrik & H. Ræder. — Copenhagen: Levin & Munksgaard, 1931. — V. 2. — 284 s.
35. Лебедев Г.С. Эпоха викингов в Северной Европе и на Руси. — СПб.: Евразия, 2005. — С. 590—592.
36. Шинаков Е.А. Образование древнерусского государства. Сравнительно-исторический аспект. — Брянск: БрГУ, 2002. — 488 с.
37. Ласкавы А.Г. Да пытання аб арганізацыі і складзе ўзброеных сіл Полацкай зямлі ў канцы XI — пачатку XIII ст. // Гістарычна-археалагічны зборнік. — 1993. — Вып. 2. — С. 5—21.
38. Піваварчык С. Да этнічных працэсаў на Панямонні ў раннім сярэднявеччы // Białoruskie Zeszyty Historyczne. — 1999. — N 11. — S. 235—245.
39. Кулаков В.И. Прусы (V—XIII вв.). — М.: Гюэко, 1994. — С. 77, 121.
40. Піваварчык С.А. Кульбачына // Археалогія Беларусі. Энцыклапедыя. Т. 1. — Минск: БелЭн, 2009. — С. 482.
41. Штыхаў Г.В. Гарады Паўночнай і Цэнтральнай Беларусі // Археалогія Беларусі. Т. 3. — Минск: Беларуская навука, 2000. — С. 171—229.
42. Заяц Ю.А. Паселішча X—XIII ст. каля в. Дружба (Рылаўшчына) // Гістарычна-археалагічны зборнік. — 1994. — Вып. 3. — С. 88—113.
43. Алексеев Л.В. Полоцкая земля в IX—XIII вв. (Очерки истории Северной Белоруссии.). — М.: Наука, 1966. — С. 245—247.
44. Заяц Ю.А. Менская зямля: этапы фарміравання // Беларускі гістарычны часопіс. — 1993. — № 4. — С. 8—15.

Статья поступила 30.11.2013

*С.П. Вітязь*

Центр досліджень білоруської культури, мови і літератури НАН Білорусі  
вул. Сурганова, 1, корп. 2, Мінськ, 220072, Республіка Білорусь

МІЖРЕГІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ ПОЛІТИЧНИХ ПОДІЙ  
СТАРОДАВНЬОЇ РУСІ ПЕРШОЇ ПОЛОВИНИ ХІ ст.

У статті обговорено політичні події Стародавньої Русі першої половини ХІ ст., пов'язані зі зростанням ролі Полоцького князівства. Підкреслено значущість походу полоцького князя Брячислава на Новгород в 1021 р. Охарактеризовано зміст та історіографію походу, виділено одну з невирішених основоположних проблем цієї події: проблему складу дружини Брячислава.

**Ключові слова:** Давня Русь, Полоцьке князівство, князь Брячислав, дружина, кривичі, прусси, Німанський торговий шлях.

*S.P. Vitsiaz*

The Center for the Belarusian Culture,  
Language and Literature Researches of the NAS of Belarus  
1, Surhanava St., Bldg. 2, Minsk, 220072, Belarus

REGIONAL ASPECTS OF POLITICAL EVENTS  
ANCIENT RUS FIRST HALF XI CENTURY

The political events of Ancient Rus in the first half of the XI century, which are connected with the increase of the role of the Polotsk principedom are discussed. It emphasizes the importance of the campaign of Polotsk prince Bryachislav against Novgorod in 1021. The content and historiography of the campaign are described; one of the unresolved, basic problems of this event — the problem of Bryachislav's druzhyna (armed force) — is highlighted.

**Keywords:** Ancient Rus, Polotsk principedom, prince Bryachislav, squad, Krivichi, Prussians, Neman trade route.



**ПЕТРИЧЕНКО**  
**Василь Флорович** —  
академік НААН України,  
науковий директор Інституту  
кормів та сільського  
господарства Поділля  
НААН України

**КОЦЬ**  
**Сергій Ярославович** —  
доктор біологічних наук,  
професор, завідувач відділу  
симбіотичної азотфіксації  
Інституту фізіології рослин  
і генетики НААН України,  
kots@ifrg.kiev.ua

УДК 581.557:631.527:631.461.5:635.6

## **СИМБІОТИЧНІ СИСТЕМИ У СУЧАСНОМУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ**

---

*Статтю присвячено проблемі біологізації сільськогосподарського виробництва, зокрема питанням біологічного азоту, ролі мікроорганізмів у поповненні його запасів у ґрунті та підвищення продуктивності рослин завдяки використанню бактеріальних препаратів. Розглянуто внесок українських учених у вирішення цієї проблеми, зокрема, представлено розроблену ними екологічно чисту технологію отримання рослинного білка на основі використання симбіотичної взаємодії високоефективних мікроорганізмів із сучасними сортами бобових рослин. Доведено економічний ефект від впровадження вказаної технології у виробництво.*

**Ключові слова:** біологічна азотфіксація, симбіоз, бактеріальні препарати, бобові, селекція, виробництво білка.

### **Вступ**

---

Тривала хіміко-техногенна інтенсифікація сільськогосподарського виробництва поглибила екологічні, економічні та енергетичні проблеми і спонукала до пошуку нового, науково обґрунтованого підходу до створення сучасних систем господарювання, які б забезпечували виробництво екологічно чистої рослинницької продукції.

У зв'язку з цим індустріально розвинені країни, незважаючи на значні можливості щодо застосування мінеральних добрив, особливого значення надають біологізації сільськогосподарського виробництва. Слід зазначити, що біологічне землеробство — це не повна відмова від мінеральних добрив, а розумне і збалансоване застосування агротехнічних, агрохімічних та біологічних заходів у комплексі із системою інтегрованого захисту рослин та науково обґрунтованим чергуванням культур у сівозміні [1, 2]. У світовій практиці спостерігається тенденція до зниження доз застосовуваних добрив і зростає роль їх

використання (з економічних та екологічних міркувань) у поєднанні з агротехнічними прийомами, метою яких є збереження родючості ґрунтів. Вони передбачають, зокрема, науково обґрунтовані сівоzmіни та заходи, спрямовані на підвищення біорізноманіття корисної ґрунтової мікрофлори.

Сучасна агротехніка не допускає масового ураження рослин патогенними мікроорганізмами й обмежує розвиток і масове поширення комах. Вона полягає у відборі продуктивних і стійких до хвороб сортів сільськогосподарських рослин, своєчасному посіві якісним насінням, правильному чергуванні культур у сівоzmінах, внесенні необхідної кількості добрив, особливо органічних, вирощуванні сидеральних культур. Створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин підвищує їх продуктивність і стійкість до різних негативних факторів довкілля, у тому числі фітопатогенів і комах-шкідників [3–5]. Прикладами таких перспективних напрямів у агропромисловому виробництві є широке використання бобово-ризобіальних систем у сівоzmінах і розроблення комплексних мікробних препаратів, завдяки чому можна зменшити собівартість сільськогосподарського виробництва (без зниження його рівня) і шкідливий вплив на навколишнє середовище, а також досягти екологічної чистоти продукції [6, 7].

У статті розглянуто результати багаторічних досліджень, виконаних ученими Національної академії наук України та фахівцями інших наукових установ, які було покладено в основу циклу робіт «Бобово-ризобіальні системи в сучасному землеробстві», відзначеного Державною премією України в галузі науки і техніки за 2012 р.

### **Біологічний азот і роль мікроорганізмів у поповненні його запасів**

Серед основних елементів живлення рослин азоту належить одне з чільних місць. Невичерпним його джерелом є атмосфера, 78% складу якої становить саме цей елемент. У повітрі над 1 га земної поверхні міститься понад

80 тис. т молекулярного азоту [8]. Проте ні люди, ні тварини, ні більшість рослин не здатні засвоювати його в такій формі.

Промислове зв'язування азоту атмосфери в аміак є досить дорогим процесом — на 1 кг виробленого і доставленого в господарство азоту витрачається як мінімум 1,5 кг рідкого палива, нераціональне використання якого призводить до відчутного погіршення стану довкілля: підвищується кислотність ґрунтів, зменшується сума поглинутих основ, порушується співвідношення різних мінеральних елементів живлення — калію, кальцію, заліза, магнію та ін., підвищується рухливість важких металів та їх засвоюваність рослинами. Особливо небезпечним є накопичення в ґрунті й рослинах надлишкової кількості нітратів, які спричинюють утворення в організмі людини небезпечних для її здоров'я канцерогенних нітрозосполук [9].

Процес біологічної фіксації молекулярного азоту прокаріотами — ґрунтовими мікроорганізмами-азотфіксаторами — відіграє важливу роль у збагаченні ґрунтів азотом і має вирішальне значення для землеробства. Ці мікроорганізми поділяють на несимбіотичні й ті, що живуть у симбіозі з рослиною. У свою чергу, несимбіотичні поділяють на вільноіснуючі, які безпосередньо не пов'язані з кореневою системою рослин, та асоціативні, що живуть у ґрунті безпосередньо біля коренів (у ризосфері), на поверхні коренів, листків, а іноді й усередині рослини [9].

Азотфіксуючі мікроорганізми здатні щороку засвоювати з повітря від 40 до більш як 300 кг азоту на гектар. Цей азот не забруднює довкілля і не потребує значних енергетичних затрат на виробництво. Про значущість процесу біологічної азотфіксації свідчить той факт, що у світовій практиці сільського господарства щороку в ґрунт з мінеральними добривами вносять 35 млн т азоту, тоді як за цей самий час рослини поглинають із ґрунту приблизно 75 млн т цього елемента. Різницю між зазначеними величинами компенсує діяльність мікробів-азотфіксаторів, насамперед бульбочкових бактерій, що зв'язують молекулярний азот у легкозасвоювані для рослини форми.

Бульбочкові бактерії ініціюють утворення спеціалізованих органів — бульбочок — на коренях бобових культур (див. рис.), після чого між рослиною і бактеріями виникає симбіоз: бактерії зв'язують молекулярний азот атмосфери, передають його рослині, яка, у свою чергу, забезпечує їх поживними речовинами. Потенційні розміри симбіотичної азотфіксації можуть сягати від 130 до 390 кг фіксованого азоту на 1 га для зернобобових культур і від 270 до 550 кг азоту — для багаторічних бобових трав [10–12].

Біологічний азот, який накопичується в ґрунтах у результаті фіксації з атмосфери бактеріями-діазотрофами при взаємодії з рослинами, забезпечує збільшення врожайності основних сільськогосподарських культур при збереженні родючості ґрунтів та поліпшенні їх екологічного стану.

### **Підвищення продуктивності рослин при використанні бактеріальних препаратів**

Теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на значне підвищення наявного рівня біологічного перетворення азоту атмосфери в органічні азотовмісні сполуки мікроорганізмами-азотфіксаторами, передусім, бульбочковими бактеріями, відводиться особлива роль [13]. Адже ризобії в симбіозі з бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонта і накопичувати його у верхньому шарі ґрунту. Актуальним також є пошук нових азотфіксуючих мікроорганізмів і розроблення на їх основі ефективних симбіотичних асоціацій, які можна було б використовувати для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, уникаючи водночас забруднення навколишнього середовища синтетичними сполуками [14–16].

Слід зазначити, що позитивний вплив мікроорганізмів-азотфіксаторів на рослину не обмежується поліпшенням її азотного живлення. Бактеризація сприяє трансформації важкорозчинних сполук ґрунту, в тому числі фосфор-



Бульбочки на корені сої

них, у форми, що легко засвоюються рослинами. Крім того, бактеріальні препарати містять фізіологічно активні речовини (гормони, вітаміни, амінокислоти, стимулятори росту рослин та ін.), які здійснюють пряму регуляцію росту рослин, зокрема, істотно, на 20–30%, поліпшують використання добрив завдяки розростанню кореневої системи й підвищенню її поглинальних властивостей. При цьому корисні мікроорганізми, заселивши корені, не допускають інфікування рослини патогенними мікроорганізмами, збільшуючи її стійкість до хвороб. Показано, що застосування біопрепаратів підвищує якість посівного матеріалу: зростає енергія проростання та схожість насіння, а також сприяє інтенсифікації фотосинтезу в бактеризованих рослинах [8, 17, 18].

Концептуальним напрямом розвитку біотехнологій у сільському господарстві є створення оригінальних комплексних композицій багатофакторної дії, що поєднують властивості регуляторів росту рослин, елементів живлення, засобів стійкості рослин до стресів і хвороб, безпечність для довкілля. Прикладом цього є використання мікробних біотехнологій і регуляторів росту рослин природного походження.

У відділі симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України проводять роботу зі створення та дослідження ефективності дії комплексних композицій на основі компонентів природного (рослинного й бактеріального) походження з метою підвищення продуктивності стратегічних для України сільськогосподарських культур (бобові й пшениця) та збереження родючості ґрунтів. В основу створення таких композицій покладено принцип індивідуального добору та максимальної комплементарності складових. Вони можуть містити культуру ґрунтових азотфіксуючих мікроорганізмів (бульбочкові бактерії або ризосферні діазотрофи), які забезпечують рослину екологічно безпечним біологічним азотом, є джерелом біологічно активних речовин (гормонів, вітамінів, амінокислот тощо) і речовин фунгістатичної та антибактеріальної дії, а також біологічно активні речовини рослинного або бактеріального походження, що мають широкий спектр біологічної активності, позитивно впливають на розвиток бактеріальної культури в композиції, підвищуючи таким чином інокуляційне навантаження кінцевого препарату і забезпечуючи максимальний ступінь реалізації потенціалу рослинно-бактеріальних систем завдяки активізації важливих симбіотичних властивостей мікроорганізмів. Способи посилення симбіотичних властивостей мікроорганізмів, покладені в основу створення комплексних композицій, захищено патентами України [19, 20].

**Таблиця 1. Урожайність насіння сої за біологічної взаємодії з симбіотичними мікроорганізмами *V. japonicum***

Варіант (штами-інокулянти)	Урожай насіння (середній за 3 роки), ц/га	Порівняно з виробничим штамом 6346	
		ц/га	%
6346 (контроль, штам-стандарт)	24,7	—	—
646	25,1	+0,4	+1,6
9—2	28,4	+3,7	+15,0
17—2	29,8	+5,1	+20,6
21—2	30,5	+5,8	+23,5

Бактерії, що є основою бактеріальних добрив, відбирають тривалою селекцією великої кількості мікроорганізмів, типових для ґрунтів нашої країни. Тому вони добре приживаються у ґрунті чи на коренях сільськогосподарських рослин, вирощуваних в Україні, і сприяють їхньому росту та розвитку. Завдяки цьому вітчизняні препарати мають значну перевагу над широко розрекламованими дорогими імпортованими аналогами, які проте не завжди ефективні в наших ґрунтово-кліматичних умовах. Для людини і тварин такі мікроорганізми абсолютно безпечні, а при внесенні у ґрунт істотно підвищують його родючість. Бактеріальні добрива виробляють на основі спеціально створених високоєфективних конкурентоздатних штамів. З метою забезпечення високої активності таких штамів їхню селекцію спрямовують на стійкість до низьких плюсових температур і підвищеного вмісту азоту.

У процесі виділення ризобій із різних ґрунтово-кліматичних зон науковці НАН України отримали ряд штамів, які не лише виявляють високі симбіотичні властивості, а й вирізняються стійкістю до посухи, хлоридно-сульфатного засолення та дії важких металів. Виявлено, що такі штами здатні вступати в симбіоз із соєю та горохом за значних рівнів забруднення, а отже, використання їх як інокулянтів посилить екологічну роль бобово-ризобіального симбіозу в оздоровленні довкілля.

За останні роки отримано понад 40 штамів азотфіксуючих мікроорганізмів, які характеризуються високими симбіотичними властивостями та стійкістю до несприятливих умов довкілля і є основою сучасних препаратів для передпосівного оброблення насіння. Нові штами захищено авторськими свідоцтвами й патентами. Переконливим доказом ефективності використання цих бактеріальних добрив у вирощуванні бобових культур є результати багаторічних випробувань, проведених науковцями в різних ґрунтово-кліматичних умовах України. Завдяки бактеризації посівного матеріалу комплементарними активними штамми бульбочкових бактерій було отримано суттєве підвищення зернової продуктивності рослин:

сої — на 15–23 %, гороху — на 11–20 %, люпину — на 13–19 %, насіння люцерни — на 11–30 %, а також приріст зеленої маси конюшини й люцерни на 12–25 % (табл. 1).

Показано, що передпосівна інокуляція насіння бактеріальними культурами (моноінокуляція) в умовах польових досліджень сприяє підвищенню врожайності бобових культур у середньому на 12–15 %, пшениці — на 10 %. У разі використання комплексної бактеріальної композиції, що містить кілька мікроорганізмів (поліінокуляція), для інокуляції насіння пшениці ярої та озимої зернова продуктивність культур підвищується в середньому на 12–18 %. При цьому мінеральні добрива застосовують у межах фізіологічного оптимуму для культур.

Використання передпосівного оброблення насіння рослинно-бактеріальними і бактеріальними композиціями як технологічного прийому при вирощуванні сої та пшениці не чинить негативного впливу на ґрунт і сприяє розвитку агрономічно корисної групи азотфіксуючих мікроорганізмів, що поліпшує мікробіологічні показники ґрунту.

### Використання бобово-ризобіальних систем у сівозмінах

Перенасичення сівозмін зерновими культурами зумовлює гостру потребу в розширенні площ під бобовими рослинами для інтенсифікації виробництва білка в Україні. Оптимальна норма бобових культур у сівозмінах становить 20–30 %, однак на сьогодні в Україні зернобобові вирощують на площі 1,8 млн га, а багаторічні бобові трави, яким належить провідна роль у відновленні ґрунтової родючості, займають близько 1 млн га, що істотно менше оптимуму [21].

Таке становище змушує для отримання високих урожаїв зернових і технічних культур вносити підвищені й екологічно шкідливі дози мінеральних азотних добрив, що в умовах економічної кризи призводить до деградації ґрунтів. Водночас у світовому землеробстві бобові культури посідають чільне місце завдяки уні-

кальному хімічному складу, поєднанню високого вмісту білка з підвищеними кількостями жирів і вуглеводів. Їм відводять провідну роль у подоланні труднощів, зумовлених енергетичною кризою, дефіцитом білка та необхідністю зниження антропогенного навантаження на довкілля. У зв'язку з цим стратегічним завданням у вирішенні проблеми харчового й кормового білка, а також відновленні родючості українських ґрунтів є оптимальне розширення площ посівів традиційних і нетрадиційних бобових культур. Потрібно також забезпечити ефективний симбіоз рослин із відповідними мікроорганізмами.

У ґрунтово-кліматичних умовах нашої країни бобово-ризобіальні системи здатні щороку фіксувати з атмосфери 40–300 кг азоту на 1 га посіву (табл. 2). Крім того, зернобобові та багаторічні бобові трави є добрими попередниками для всіх сільськогосподарських культур у сівозміні — їх позитивна післядія триває 2–5 років. Чергування культур у сівозміні з бобовими сприяє підтриманню та оновленню видового складу мікроорганізмів у ґрунті, у результаті діяльності яких формується й підтримується родючість.

Одержано також вагомі фундаментальні результати стосовно функціонування мікробного комплексу ґрунту в умовах сільськогосподарського виробництва, вивчено біологічне різноманіття прокаріотичних форм, полімор-

Таблиця 2. Можливі розміри симбіотичної фіксації азоту та його надходження в землеробстві України

Культура	Середні розміри азотфіксації, кг/га	Залишок азоту в ґрунті, кг/га	Еквівалент дози мінеральних добрив, кг/га
Зернобобові (горох посівний, вика яра)	50–90	10–20	25–35
Соя	90–150	35–50	70–100
Багаторічні бобові трави (люцерна посівна, конюшина лучна, еспарцет піщаний)	120–350	60–120	150–200

фізм довжин рестрикційних фрагментів *tRFLP*, які відображують таксономічну структуру й генетичне різноманіття ґрунтової мікрофлори [22, 23]. Дослідження особливостей впливу застосування різних способів формування бобово-ризобіальних систем на чисельність основних таксономічних груп ґрунтової мікробіоти довели, що ротація культур у ланці сівозміни з бобовими сприяє збереженню та оновленню видового складу мікроорганізмів, які роблять значний внесок у формування й підтримання родючості ґрунтів.

Слід зазначити, що взаємодія мікро- і макросимбіонтів не завжди характеризується високою ефективністю фіксації молекулярного азоту. Багатьом сортам зернобобових культур властива недостатньо висока сприйнятливість до інокуляції активними штамми бульбочкових бактерій, унаслідок чого їх кореневу систему заселяють спонтанні малоактивні місцеві раси. Частково це зумовлено тим, що основою інтенсивних технологій сільського господарства, які переважали донедавна, було керування розвитком рослин за допомогою штучних прийомів, зокрема використання агрохімікатів. Відповідно до цього проводили й селекцію рослин, наприклад, спрямовану на здатність до ефективного використання добрив. Такі підходи дозволили різко підвищити продуктивність основних сільськогосподарських культур, однак, на жаль, їх застосуванню не передувало належне оцінювання генетичних та екологічних наслідків.

Водночас сформована наприкінці ХХ ст. концепція адаптивного сільського господарства (*sustainable agriculture*), яка ґрунтується на отриманні продукції з використанням біологічних можливостей культивованих організмів за антропогенного навантаження [24], у разі застосування в рослинництві означає, що основні екологічні завдання рослин — живлення та стійкість до шкідників — мають виконуватися за мінімального внесення добрив і засобів захисту, а функції агрохімікатів можуть бути здійснені в рамках симбіотичних зв'язків рослин із мікроорганізмами [25–27]. На жаль, використання такого підходу обмежується тим,

що сучасні сорти інтенсивного типу, як правило, не здатні через свої генетичні особливості до повноцінної взаємодії з корисною мікрофлорою. Так, у більшості бобових потенціал симбіотичної азотфіксації, визначений в оптимальних умовах, у 3–4 рази перевищує рівень, якого реально досягають у виробництві [28]. Водночас аналіз енергетичного й азотно-вуглецевого балансу рослин підтверджує, що за допомогою селекції бобових і вдосконалення технологій застосування мікробних препаратів інтенсивність симбіотичної азотфіксації можна збільшити не менш як у 3 рази [29].

Для реалізації потенціалу бобово-ризобіальних симбіозів потрібна серйозна перебудова селекції і генної інженерії рослин — перехід від створення сортів інтенсивного типу, орієнтованих на використання мінеральних добрив і хімічних засобів захисту, до конструювання «адаптивних» сортів, які розвивають не менш високу продуктивність завдяки потенціалу симбіотичних зв'язків, що сформувалися впродовж тривалої коеволюції рослин з організмами, що їх оточують. Причому це завдання можна вирішувати на різних рівнях: а) відтворення в умовах агровиробництва природних біоценотичних (симбіотичних) зв'язків між рослинами і корисною мікрофлорою; б) якісне поліпшення природних рослинно-мікробних систем, надання їм додаткових адаптивних функцій; в) конструювання принципово нових симбіотичних комплексів.

Відомо [30], що рівень ефективності бобово-ризобіального симбіозу визначається генотипами обох партнерів — бульбочкових бактерій і бобових рослин-хазяїв. Узагальнення даних, отриманих на різних видах бобових, показало, що адитивні дії генотипів рослин і бактерій у середньому приблизно однакові, і кожна з них становить близько чверті від загального варіювання симбіотичної активності.

Генетичне контролювання з боку рослини-хазяїна виявляється, по-перше, у виборі специфічного для певного виду рослин штаму бульбочкових бактерій. При цьому рослина може змінити його конкурентоздатність [31], а специфічність взаємодії між ними передба-

чає існування комплементарності генів у цих симбіонтах. По-друге, гени рослини-хазяїна зумовлюють початок утворення бульбочок, їхню кількість і загальний об'єм бактероїдної тканини на одну рослину [32]. По-третє, рослина визначає кінцеву ефективність симбіотичної азотфіксації. Так, у конюшини виявлено два гени, що сприяють утворенню неефективного симбіозу незалежно від властивостей використаного штаму бульбочкових бактерій [33]. По-четверте, бобова рослина, як і бактерії, бере участь у синтезі леггемоглобіну бульбочок [34], який, зв'язуючи кисень, виконує функцію захисту чутливої до нього нітрогенази; по-п'яте, хоча синтез нітрогенази генетично детермінований у бактеріях, рослина несе генетичну інформацію, що сприяє синтезу цього ферменту [35].

Сила впливу генотипів партнерів на показники активності симбіозу значною мірою залежить від комплементарності сортів рослин і штамів бактерій. Важливість комплементарності рослинно-мікробних асоціацій при формуванні симбіотичних відносин для підсилення поліпшення росту і розвитку бобових рослин було показано в ряді досліджень. Так, різні комбінації чотирьох сортів сої і чотирьох штамів бульбочкових бактерій *V. japonicum* мали суттєві відмінності у формуванні бульбочок, їх азотфіксуючій активності, наростанні вегетативної маси, інтенсивності процесів фотосинтезу й дихання, а також урожайності рослин сої. Ці результати підкреслюють значущість сорто-штамової взаємодії в системі рослина — мікроорганізм, оскільки саме такий тип зв'язку робить найбільший внесок у варіювання параметрів активних систем [36]. Було отримано дані, що свідчать про вагомий вплив генотипу рослини-хазяїна на результат конкуренції між штамми ризобій за утворення бульбочок [37].

Застосування в симбіозі з сучасними сортами зернобобових культур високоефективних штамів бульбочкових бактерій сприяє підвищенню їх продуктивності на 20—30% і збільшенню вмісту білка в зерні на 2—6%, навіть за наявності в ґрунті аборигенних і/або раніше

інтродукованих ризобій. У процесі селекції бобових рослин, здатних вступати в ефективний симбіоз із ризобіями, основну увагу приділяють виявленню джерел і донорів з певними ознаками — продуктивність, тривалість періоду вегетації, стійкість до найпоширеніших хвороб та вилягання, високий вміст білка й жиру, стійкість проти знижених температур у період сходів та формування генеративних органів, посухостійкість, нейтральність до тривалості світлового дня, висока азотфіксуюча активність. По можливості, намагаються досягти якнайбільшого їх поєднання в одному зразку. Вивчаючи колекції сортозразків, відбирають форми за цими ознаками, в тому числі й за інтенсивністю симбіотичної азотфіксації, а потім використовують їх у схрещуванні згідно з розробленими програмами.

Учені Національної академії аграрних наук України встановили сортові відмінності бобових рослин за інтенсивністю біологічної азотфіксації і на їх основі з використанням сучасних методів біотехнології, генетики та селекції створили понад 70 сортів бобових культур, у тому числі 44 сорти нового покоління, занесені до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні, які характеризуються

Таблиця 3. Кількість сортів бобових культур, внесених до Реєстру сортів рослин України (станом на 2012 р.)

Культура	Роки реєстрації				Усього по культурах
	1991—1995	1996—2000	2001—2005	2006—2012	
Горох	2	—	1	—	3
Вика яра	—	—	1	1	2
Боби кормові	—	2	1	1	4
Квасоля	—	—	1	2	3
Соя	4	9	15	16	44
Люцерна	1	2	—	1	4
Конюшина	—	6	1	1	8
Лядвенець рогатий	1	1	2	—	4
Буркун білий	1	—	—	—	1

підвищеною інтенсивністю біологічної фіксації азоту в основних землеробських регіонах (табл. 3) [16].

Нові сорти не поступаються, а за низкою ознак навіть перевершують зарубіжні аналоги, вдало поєднуючи високу врожайність і вміст білка. При цьому селекцію зернобобових культур, зокрема сої, було спрямовано на підвищення частки рослин, здатних повноцінно розвиватися завдяки симбіотрофному живленню азотом при взаємодії з бактеріальним штамом. Впровадження нових високопродуктивних сортів сої гарантує збільшення врожаю на 2,5 ц/га і на площі майже 500 тис. га забезпечує економічний ефект на рівні 0,4–0,5 млрд грн.

## Висновки

У результаті глибокого вивчення біологічних механізмів функціонування такого унікального явища, як симбіотична азотфіксація, спільними зусиллями вітчизняних фахівців з низки наукових установ — Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України, Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Національного університету біоресурсів і природокористування України та Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна» — розроблено екологічно чисту технологію виробництва рослинного білка з використанням симбіотичної взаємодії мікроорганізмів із бобовими росли-

нами. Її ефективність зумовлено такими складовими:

- вдосконалена схема виробництва препаратів на основі симбіотрофних азотфіксаторів завдяки введенню в поживне середовище невеликих доз рослинного лектину, флавоноїдів, деяких регуляторів росту рослин або високодисперсних матеріалів, що істотно збільшує вихід бактеріальної біомаси за одночасного зменшення витрат сировини та електроенергії;
- використання нових штамів азотфіксуючих мікроорганізмів, здатних утворювати ефективний симбіоз за несприятливих умов довкілля (низьких температур, недостатнього зволоження, хлоридно-сульфатного засолення ґрунтів та забруднення їх важкими металами);
- залучення в сівозміни нових сортів та ліній бобових рослин (соя, горох) із підвищеною здатністю до симбіозу.

Розроблена технологія має широкомасштабне впровадження. Доведено, що використання симбіотично фіксованого азоту сприяє здешевленню білка в 10 разів порівняно із внесенням мінеральних азотних добрив. Ефективне використання бобово-ризобіальних систем із застосуванням передпосівної бактеризації насіння дає змогу економити до 90 кг/га мінерального азоту, отримувати екологічно чисту продукцію, сприяє збереженню родючості ґрунтів, забезпечує прибуток до 2100 грн/га залежно від культури, а загальний економічний ефект від впровадження результатів цієї роботи становить близько 1 млрд грн на рік.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Петриченко В.Ф., Панасюк Я.Я.* Агробіологічні основи оптимізації сівозмін та їх продуктивність в Україні: підруч. — Вінниця: Рогальська І.О., 2012. — 200 с.
2. *Патика В.П., Тихонович І.А., Філін'єв І.Д. та ін.* Мікроорганізми і альтернативне землеробство / за ред. В.П. Патики. — К.: Урожай, 1993. — 176 с.
3. *Манько К., Музафаров Н.* Вплив нетрадиційних попередників на сучасні сорти і гібриди жита озимого // *Агрон. — 2012. — № 3. — С. 86–91.*
4. *Квітко Г.П.* Наукове обґрунтування і розробка інтенсивних агротехнічних прийомів підвищення кормової продуктивності люцерни в Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук. — К., 1999. — 33 с.
5. *Марков І.* Агротехнічні прийоми попереджають хвороби // *Агробізнес сьогодні. — 2013. — № 9. — С. 26–28.*
6. *Толкачев Н.З.* Симбіотическая азотфиксация — экологически безопасный путь повышения продуктивности земледелия // *Вісн. ОНУ. — 2001. — Т. 6, вип. 4. — С. 309–312.*
7. *Петриченко В.Ф., Тихонович І.А., Коць С.Я. та ін.* Сільськогосподарська мікробіологія і збалансований розвиток агроєкосистем // *Вісн. аграр. науки. — 2012. — № 8. — С. 5–11.*



8. Патики В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот / за ред. В.П. Патики. — К.: Світ, 2003. — 424 с.
9. Коць С.Я., Моргуни В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз. Т. 1. — К.: Логос, 2010. — 508 с.
10. Кожемяков А.П. Продуктивность азотфиксации в агроценозах // Микробиол. журн. — 1997. — Т. 59, № 4. — С. 22–28.
11. Коць С.Я., Маліченко С.М., Кругова О.Д. та ін. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. — К.: Логос, 2001. — 271 с.
12. Минеральный и биологический азот в земледелии СССР / отв. ред. Е.Н. Мишустин. — М.: Наука, 1985. — 270 с.
13. Моргуни В.В., Коць С.Я. Симбіотична азотфіксація та її значення в азотному живленні рослин: стан і перспективи досліджень // Физиология и биохимия культ. растений. — 2008. — Т. 40, № 3. — С. 187–205.
14. Коць С.Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту // Физиология и биохимия культ. растений. — 2011. — Т. 43, № 3. — С. 212–225.
15. Коць С.Я. Использование современных методов генетической инженерии для получения эффективных штаммов клубеньковых бактерий // Физиология и биохимия культ. растений. — 2012. — Т. 44, № 1. — С. 23–40.
16. Petrychenko V., Babych A., Ivanyuk S. et al. Soybean: State and perspective of the development in the Ukraine // Legume Perspectives. — 2013. — N 1. — P. 37.
17. Волкогон В.В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. — К.: Аграр. наука, 2007. — 144 с.
18. Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / отв. ред. В.В. Игнатов. — М.: Наука, 2005. — 262 с.
19. Патент № 55620А СО5F11/08. Спосіб підвищення симбіотичних властивостей повільнорослих бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium* / О.В. Кириченко, С.М. Маліченко. — Опубл. 15.04.03. Бюл. № 4.
20. Патент № 62819А СО5F11/08. Спосіб підвищення симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій сої / О.В. Кириченко, Л.В. Титова, С.Я. Коць. — Опубл. 15.12.03. Бюл. № 12.
21. Коць С.Я., Моргуни В.В., Патыка В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз. Т. 2. — К.: Логос, 2011. — 523 с.
22. Патыка Н.В., Круглов Ю.В. *tRFLP* профиль комплекса прокариотических микроорганизмов подзолистых почв // Докл. РАСХН. — 2008. — № 6. — С. 21–23.
23. Patyka N.V., Kruglov Yu.V. TRFLP Profile of the Assemblage of Prokaryotic Microorganisms in Podzolic Soils // Rus. Agric. Sci. — 2008. — V. 34, N. 6. — P. 386–388.
24. Googley F., Baudry J., Berry R.J. et al. What is the road of sustainability? // INTECOL Bull. — 1992. — V. 20. — P. 15–20.
25. Тихонович И.А., Проворов Н.А. Пути использования адаптивного потенциала систем «растение—микроорганизм» для конструирования высокопродуктивных агрофитоценозов // С.-х. биология. — 1993. — № 5. — С. 36–46.
26. Шумный В.К., Сидорова К.К. Биологическая фиксация азота. — Новосибирск: Наука, 1991. — 271 с.
27. Vance C.P. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in the world of declining renewable resources // Plant Physiol. — 2001. — V. 127. — P. 390–397.
28. Кожемяков А.П., Тихонович И.А. Использование инокулянтов бобовых и биопрепаратов комплексного действия в сельском хозяйстве // Докл. РАСХН. — 1998. — № 6. — С. 7–10.
29. Вэнс К. Симбиотическая азотфиксация у бобовых: сельскохозяйственные аспекты // *Rhizobiaceae*. Молекулярная биология бактерий, взаимодействующих с растениями / под ред. Г. Спайнка, А. Кондороши, П. Хукаса. — СПб.: 2002. — С. 541–563.
30. Проворов Н.А., Ситаров Б.В. Генетический полиморфизм бобовых культур по способности к симбиозу с клубеньковыми бактериями // Генетика. — 1992. — Т. 28, № 6. — С. 5–14.
31. Robinson A.C. Host selection for effective *Rhizobium trifolii* by red clover and subterranean clover in the field // Austr. J. Agric. Res. — 1969. — V. 20. — P. 1053–1060.
32. Desai A. Rhizobial haemoglobin and aminolevulinic and synthetase activity in *Rhizobium japonicum* // Indian J. Exp. Biol. — 1977. — V. 15, N 17. — P. 528–530.
33. Nutman P.S., Bergersen F.J. Symbiotic effectiveness in nodulated red clover // Heredity. — 1957. — V. 11. — P. 157–173.
34. Мильто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. — Минск: Наука и техника, 1982. — 296 с.

35. Коць С.Я., Моргул В.В., Тихонович И.А. и др. Биологическая фиксация азота. Генетика азотфиксации, генетическая инженерия штаммов. Т. 3. — К.: Логос, 2011. — 404 с.
36. Коць С.Я., Береговенко С.К., Кириченко Е.В., Мельникова Н.Н. Особенности взаимодействия растений и азотфиксирующих микроорганизмов. — К.: Наук. думка, 2007. — 315 с.
37. Khurana A.L., Sharma P.K., Dudeja S.S. Influence of host, moisture and native rhizobial population on nodule occurrence in chickpea (*Cicer arietinum*) // Zentralbl. Mikrobiol. — 1991. — V. 146, N 2. — P. 137–141.

Стаття надійшла 27.11.2013

В.Ф. Петриченко<sup>1</sup>, С.Я. Коць<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут кормів і сільськогосподарського Поділля Національної академії аграрних наук України  
проспект Юності, 16, Вінниця, 21100, Україна

<sup>2</sup> Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України  
ул. Васильківська, 31/17, Київ, 03022, Україна

#### СИМБИОТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В СОВРЕМЕННОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Статья посвящена проблеме биологизации сельскохозяйственного производства, в частности, вопросам биологического азота, роли микроорганизмов в пополнении его запасов в почве и повышения продуктивности растений за счет использования бактериальных препаратов. Рассмотрен вклад украинских ученых в решение данной проблемы, в частности, представлена разработанная ими экологически чистая технология получения растительного белка на основе использования симбиотического взаимодействия высокоэффективных микроорганизмов с современными сортами бобовых растений. Доказан экономический эффект от внедрения данной технологии в производство.

**Ключевые слова:** биологическая азотфиксация, симбиоз, бактериальные препараты, бобовые, селекция, производство белка.

V.F. Petrychenko<sup>1</sup>, S.Ya. Kots<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Feed and Agriculture of Podillya of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine  
16 Yunist Prospect, Vinnytsa, 21100, Ukraine

<sup>2</sup> Institute of Plant Physiology and Genetics of National Academy of Sciences of Ukraine  
31/17 Vasylkivska St., Kyiv, 03022, Ukraine

#### SYMBIOTIC SYSTEMS IN MODERN AGRICULTURAL MANUFACTURE

The paper is devoted to problem of biologization of agricultural manufacture, in particular to issues of biological nitrogen, the role of microorganisms in resupply its stocks in the soil and increasing of plant productivity through the use of bacterial preparations. The contribution of Ukrainian scientists to solving this problem was considered, in particular it was presented the environmentally friendly technology provided by them to obtaining of plant protein through the use of symbiotic interaction of high effective microorganisms with modern cultivars of legume plants. It was proved the economic effect of implementing of this technology into manufacture.

**Keywords:** biological nitrogen fixation, symbiosis, bacterial preparations, legumes, selection, protein production.

# ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК

УДК 001.895 (100) (06)

**СМЕРТЕНКО Петро Семенович** — канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб. Інституту фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

**ЧЕРНИШЕВ Леонід Іванович** — канд. техн. наук, зав. лабораторії Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України

**БІЛАН Ірина Іванівна** — канд. фіз.-мат. наук, ст. наук. співроб. цієї ж установи

**СОЛОНІН Юрій Михайлович** — чл.-кор. НАН України, заступник директора цієї ж установи

**ГОРОХОВАТСЬКА**

**Марина Ярославівна** — канд. хім. наук, учений секретар Науково-організаційного відділу Президії НАН України

**КУЛЬЧИЦЬКИЙ Іван Іванович** — президент Громадської організації «Агенція європейських інновацій» (Львів)

**КОТ Ольга Вікторівна** — канд. екон. наук, ст. наук. співроб. Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України

**БОЙКО Надія Володимирівна** — д-р біол. наук, проф. Ужгородського національного університету, координатор Української національної технологічної платформи «Агропродовольча»

## КЛАСТЕРИ І ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЛАТФОРМИ ЯК МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

*Для сталого розвитку економіки України необхідне використання всіх можливостей наявних механізмів інноваційного розвитку, зокрема кластерів і технологічних платформ. Застосування цих форм має ґрунтуватися на поєднанні загальнонаціонального та регіонального розвитку. Кластер у класичній формі спирається на географічне розташування, тому більшою мірою відповідає регіональній політиці, тоді як технологічна платформа формується згідно з галузевими ознаками і відповідає загальнонаціональному розвитку. Показано, що реалізація наукових розробок вимагає об'єднання зусиль та ресурсів усіх учасників ланцюга, від наукової ідеї до продажу прав інтелектуальної власності, товарів і послуг. Технологічні платформи слугують саме цій меті, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності, сталому розвитку й виробництву товарів та послуг світової якості. Наведено приклади технологічних платформ, які почали формуватися в Україні. Звернено увагу на необхідність удосконалення юридичних та правових норм для створення і функціонування технологічних платформ і кластерів в Україні.*

**Ключові слова:** кластер, технологічна платформа, регіональний розвиток, інноваційна економіка України.

### Вступ

Сучасна парадигма економічного розвитку держав ґрунтується на принципі незалежного розвитку окремих регіонів та співтовариств [1–3]. Водночас інноваційний розвиток регіонів, як, власне, й інших територіальних об'єднань, спирається на наявність власних і можливість залучення зовнішніх ресурсів, а також уміння використовувати одразу обидва види ресурсів.

На прикладі польського досвіду покажемо шляхи формування регіональної інноваційної політики як органічної складової державної політики. Загальна стратегія розвитку науки та інновацій у Польщі стала дороговказом для політиків і адміністраторів усіх рівнів. Їй підпорядковано регіональні інноваційні стратегії, що враховують місцеві умови і для реалізації

яких розроблено план дій, що містить у собі та підпорядковує за вертикаллю й горизонталлю будь-які кроки в інноваційному напрямі: чи то будівництво, чи то створення малого підприємства. Під словом «підпорядковує» маємо на увазі гармонійне поєднання ініціативи на місцях із необхідністю виконання плану дій і реалізації загальної стратегії розвитку науки та інновацій у державі. Крім університетів та науково-дослідних інститутів Польської академії наук, основними ініціаторами та виконавцями плану дій є новостворені центри перспективних технологій, центри передових досліджень і центри трансферу технологій, науково-технологічні парки та наукові центри. Вони тісно співпрацюють з великими й малими підприємствами, а також сприяють створенню нових інноваційних підприємств, які на початковому етапі підтримує держава.

Спільна та узгоджена робота всіх ланок ланцюга інновацій, організована за планом дій та загальною стратегією інноваційного розвитку, почала приносити свої плоди. Наприклад, індустріальний науково-технологічний парк у Сувалках, енергетичний та авіаційний кластери у Жещуві було започатковано в індустріально відсталих у недалекому минулому регіонах, проте нині, незважаючи на критичне ставлення до них деяких наукових колективів у столиці країни, вони активно діють, створюючи нові робочі місця та сприятливий інноваційний клімат [4].

Успішна діяльність гравців інноваційного поля на регіональному рівні передбачає:

- значну роль у втіленні на місцях плану національної інноваційної політики;
- активну участь у розвитку регіону;
- важливу роль у реалізації регіональної інноваційної стратегії;
- співробітництво та кооперацію регіональних технологічних та індустріальних кластерів;
- участь у спільних технологічних і наукових проектах;
- оптимальне використання центрального й місцевого бюджету для економічного розвитку;
- узгоджену роботу державних органів влади, відповідальних за розвиток і реалізацію на-

ціональної наукової та інноваційної політики (міністерств, національних агентств, місцевих адміністрацій тощо);

- участь у виконанні національних програм розвитку;
- участь у пошукових наукових дослідженнях.

Сьогодні існують різні механізми інноваційного розвитку [5–11], основними з яких є такі:

- наукові парки;
- технологічні парки;
- індустріальні парки;
- бізнес- і технологічні інкубатори;
- спін-офф компанії;
- старт-ап компанії;
- «посівні» фонди;
- технологічні платформи;
- кластери.

Кластеризація економіки є частиною загальної інноваційної системи, у якій державна фінансова підтримка має супроводжуватися сильнішим інституціональним та організаційним впливом приватного сектора економіки.

Так, аналіз досягнень найбільш розвинутого кластера Кремнієвої долини у США [12] свідчить про державну підтримку його інноваційної діяльності впродовж понад 15 років. Крім того, диверсифікована мережа дала змогу залучити з усього світу найактивніших видатних науковців, підприємців, інвесторів, фахівців банківської справи, юристів. Це створило особливу культуру поведінки, яка поєднує в собі культуру ризикового капіталу і ризикової зайнятості, культуру святкування успіху і вивчення помилок, культуру вшанування технологічних підприємців як героїв. Звичайно, без усебічної підтримки університетської науки — Стенфорда та Берклі — неможливо було б реалізувати феномен Кремнієвої долини, де панує особливий дух співробітництва та партнерства, виникли віртуальні цикли інновацій, які не припиняються й донині.

Вочевидь, усе це повинні розуміти особи, відповідальні за створення інноваційних інфраструктур в Україні. Для цього потрібно ретельно вивчити матеріальні, інтелектуаль-

ні, людські та інші ресурси регіону, з'ясувати необхідність залучення зовнішніх ресурсів, можливості їхнього використання та скласти детальний план дій.

У цій роботі ми розглянемо два механізми інноваційного розвитку економіки України: кластери й технологічні платформи, їхні спільні риси та відмінності.

### **Кластер як механізм інноваційного розвитку економіки**

Надзвичайно велику кількість статей та монографій у світовій літературі присвячено кластерному розвитку економіки, створенню мережових структур-кластерів [13–17]. Уперше визначення кластера сформулював М. Портер: кластери — це сконцентровані за географічною ознакою групи взаємозалежних компаній, спеціалізованих постачальників, постачальників послуг, фірм у відповідних галузях, а також пов'язаних з їх діяльністю організацій (наприклад, університетів, агентств із стандартизації, торговельних об'єднань) в певних сферах, що конкурують, але водночас і ведуть спільну роботу [13]. В українській літературі основні характеристики кластерів дуже докладно розглянуто в роботі під загальною редакцією С.І. Соколенка [18]. Деякі аспекти практичного застосування кластерів для розвитку економіки України наведено у статті [19].

Для розуміння суті кластера та знаходження спільних і відмінних ознак із технологічною платформою звернемося до етимології цього слова. *Кластер* походить від англійського *cluster* — скупчення, а отже, кластеризація — це процес групування низки об'єктів у клас подібних один до одного елементів. Так, у кожному кластері всі об'єкти мають бути подібними, тоді як у різних кластерах — різними. Для кластерів можна виокремити чотири ключові критерії:

- розвиток стратегії, що є компліментарною з планом економічного розвитку локального регіону, де функціонує кластер;
- достатня міжнародна доступність виробництва та/або технологій;

- партнерство між учасниками кластера та структурований функціональний принцип керування;

- можливість досягати синергії у науково-технічному розвитку, що уможливорює створення нового продукту з високою додатковою вартістю.

Отже, синергія зусиль у галузі науки і техніки, кластеризація їх основних напрямів має стати і вже стає важливим елементом в об'єднанні вчених, інженерів, підприємців та бізнесменів для успішної практичної реалізації інновацій. Як свідчить європейський досвід, це сприяє не лише залученню інноваційних засобів у наукові дослідження, але й підвищенню конкурентоспроможності продукції, створенню нових робочих місць, покращенню соціально-економічної ситуації у регіоні, а також у країні загалом.

Як приклад можна розглядати кластери програми EUREKA [20], в якій кластерні проекти, об'єднані спільною метою, виступають як стратегічні напрями співробітництва. Ґрунтуючись на принципі самоорганізації, вони спрямовані на розв'язання проблем промисловості.

### **Європейська технологічна платформа як механізм інноваційного розвитку економіки**

Європейські технологічні платформи (European Technology Platforms, ETP) [21, 22] фокусуються на стратегічних напрямках, які забезпечують майбутній розвиток Європи, її конкурентоспроможність та життєздатність і залежать від технологічного прогресу. Вони збирають разом бізнесменів-промисловців для того, щоб визначити середньо- та довгострокові цілі наукового і технологічного розвитку та встановити віхи на шляху їхнього досягнення.

Технологічні платформи (ТП) відіграють вирішальну роль у узгодженні дослідницьких пріоритетів ЄС з потребами промисловості. Вони становлять цілу низку доданої вартості, що створює ефект синергії, гарантують перетворення знань, здобутих у процесі дослід-

джені, на технологічні та виробничі процеси і, врешті-решт, на ринкові товари й послуги.

Слід зазначити, що така форма поєднання інтересів промисловості й дослідницького сектора з інтересами інноваційних та споживчих структур зародилася саме в Євросоюзі з метою узгодження національних та загальноєвропейських планів розвитку певних секторів промисловості й економіки. Головною ж, глобальною ідеєю є нарощення наукового та промислового потенціалу ЄС для успішної конкуренції з США, Китаєм, Японією. Збереження і підвищення конкурентоспроможності європейської промисловості вимагає глибокої спеціалізації у високотехнологічних галузях. Інвестиції в наукові дослідження мають бути збільшені, координація по всій Європі посилена, а технологічний зміст промислової діяльності піднято на новий рівень. Технологічні платформи відповідають цим потребам, сприяють формуванню тотожних уявлень серед організаторів спільних підприємств; зменшують фрагментацію зусиль у галузі науки й розробок; мобілізують державні та приватні джерела фінансування. Крім того, європейські технологічні платформи:

- забезпечують правовий базис для організаторів спільної справи, провідну роль промисловості, визначають пріоритети, строки та плани дій у низці стратегічно важливих напрямів, на яких ґрунтуються цілі майбутнього європейського благополуччя, конкурентоспроможності та сталого розвитку, залежні від середньо- та довгострокового прогресу в цих напрямках;

- відіграють визначальну роль у гарантуванні адекватної концентрації фінансування досліджень у сферах високої промислової релевантності шляхом покриття усієї низки доданої вартості і мобілізації органів громадського управління на національному та регіональному рівнях. Сприяючи ефективному державно-приватному партнерству, технологічні платформи мають потенціал для впровадження нових знань у розвиток Європейського дослідницького простору (European Research Area) і доводять, що вони є потужними учасниками розвитку європейської наукової політики, зо-

крема в орієнтирах нової рамкової програми HORIZON 2020;

- відповідають на технологічні виклики, які мають важливе значення для досягнення першочергових політичних цілей і впливають на конкурентоспроможність Європи у майбутньому, в тому числі своєчасне впровадження нових технологій з огляду на сталий розвиток, створення товарів та суспільних послуг на основі сучасних технологій, застосування результатів технологічних проривів, необхідних для того, щоб триматися на передньому краї у галузях високих технологій та проводити реструктуризацію традиційних промислових секторів.

Для досягнення поставлених загальних цілей технологічні платформи у процесі своєї діяльності використовують тристадійний підхід:

- 1) спочатку підприємці з промислових кіл збираються разом для формування загального узгодженого бачення щодо певної галузі технологій;

- 2) потім підприємці разом з потенційно зацікавленими споживачами результату таких технологій, а також за участю дослідницьких структур/організацій складають стратегічні дослідницькі програми (Strategic Research Agendas – SRAs), встановлюючи необхідні середньо- та довгострокові цілі, дослідно-конструкторські завдання, часові рамки розроблення й ухвалюючи плани просування і впровадження цих технологій з огляду на їхню важливість для промисловості та суспільства;

- 3) після цього підприємці реалізують стратегічні дослідницькі програми, мобілізуючи значні людські та фінансові ресурси. Згадані програми, як правило, допомагають подолати перешкоди на шляху розвитку, впровадження та застосування нових технологій, які часто пов'язані з неефективною організацією досліджень, застарілими регламентами й інструкціями, відсутністю загальноприйнятих технічних стандартів (або потребою у нових), фінансовими труднощами, невідповідністю кваліфікації та навичок персоналу.

Жорстке дотримання вимог відкритості та прозорості – це ключ до успіху будь-якої техно-

логічної платформи. Безпосередня участь у ній усіх організаторів спільної справи підвищує її результативність та ефективність. Як приклад можна навести лише кілька платформ з десятків тих, що успішно діють у ЄС: ТП водопостачання та поліпшення якості води, ТП лісового господарства, будівельна ТП, ТП текстилю та одягу, ТП сталі, ТП фотовольтаїки тощо.

Для європейських технологічних платформ можна виокремити такі характерні ознаки:

- інтеграція ключових промислових та наукових партнерів у специфічних галузях економіки для спільних досліджень, розвитку технологій і технологічних ініціатив;
- наявність формальних координуючих структур, коопераційних угод;
- коопераційна мережа та підтримувальні ланки;
- провідна роль промисловості;
- науково-дослідна мережа, співробітництво з науковими центрами;
- тісний контакт із відповідними органами виконавчої влади.

Сучасну стратегію європейських технологічних платформ, точніше «панораму» їх входження в HORIZON 2020, коротко викладено у документі Європейської Комісії від 12.07.2013 SWD(2013) 272 [26].

### Національні технологічні платформи

У багатьох європейських країнах створено національні технологічні платформи як «дзеркальні ТП», або «дзеркальні групи» щодо відповідних європейських технологічних платформ. Вони беруть участь у розробленні, просуванні та реалізації стратегічних дослідницьких програм, передаванні технологій, навчанні персоналу, що підсилює кооперацію та стимулює інновації. Їхні функції пов'язані також із консультативно-рекомендаційною та дорадчою діяльністю під час розроблення стратегічних дослідницьких програм, відстоюванням інтересів національних урядів, взаємодією з національними дослідницькими програмами.

Загалом існують різні форми національних технологічних платформ, які поділяються

як за способами організації, так і за основними функціями. Деякі з них є виключно фрагментами європейських ТП, тоді як інші діють переважно в інтересах національних урядів. Варто особливо підкреслити, що концепції таких платформ можуть варіюватися залежно від загальної політики тієї чи іншої держави. Зокрема, у Нідерландах діяльність учасників ТП спрямовано на створення тимчасових венчурних підприємств, які припиняють своє існування з досягненням мети та закінченням великої програми. Водночас Австрія підтримує розвиток ТП як мережі агентств, що поєднують зацікавлені сторони певного сектора, з повним або частковим фінансуванням їх державою. Проте незалежно від форми, концепції та джерел фінансування національні технологічні платформи пропонують таке:

- доступ до всебічного, структурованого, погодженого та регулярно оновлюваного погляду на інноваційну сферу промисловості та інших зацікавлених груп;
- інформування про основні тенденції досліджень і виклики, з якими стикається промисловість;
- зміцнення зв'язків між зацікавленими суб'єктами й об'єктами певного напрямку на різних рівнях: національному, транснаціональному, європейському, міждисциплінарному;
- побудова системи інформування про результати державного фінансування досліджень;
- доступ до експертних оцінок та зворотний зв'язок, а саме: можливість за допомогою бази даних потенційних партнерів порівняти їхню ефективність;
- входження організацій і національних ТП до європейських мереж на основі корпоративних інтересів та експертизи для просування міжнародних і національних проектів;
- сприяння створенню партнерських команд;
- надання інформації про оголошені конкурси, можливості фінансування, результати вже виконаних проектів;
- посилення наукового співробітництва.

У контексті розвитку міжнародного співробітництва Єврокомісії на період 2014–2010 рр.

як позитивний момент розглядають залучення країн, що не є членами ЄС, до взаємодії в рамках європейських ТП, особливо таких, які охоплюють коло життєво важливих проблем, як-от здоров'я населення, стан водних ресурсів тощо. Важливо відзначити, що план дій Росія – ЄС на найближчі роки передбачає серед іншого також зміцнення зв'язків між європейськими та національними російськими технологічними платформами.

### Європейська технологічна платформа «Їжа для життя»

Одним із яскравих прикладів є європейська технологічна платформа «Їжа для життя» (Food for Life) [23], організована в 2005 р. під егідою Конфедерації харчової промисловості ЄС (див. рис.). Її основна мета полягає у стимулюванні використання інновацій у сільськогосподарському та харчовому секторах економіки. Платформа дає змогу всім зацікавленим сторонам посилити свою конкурентоспроможність, зберегти та примножити кількість спо-

живачів, підвищити добробут населення європейських країн. Для цього учасники платформи вирішують такі завдання:

- забезпечення достатнього фінансування платформи для більш швидкого та ефективного впровадження інновацій;
- організація форуму для обговорення міждисциплінарних підходів;
- поліпшення управління інфраструктурою наукових досліджень;
- підготовка та підтримка фахівців у харчовій галузі;
- обмін досвідом між підприємствами та науковими центрами;
- проведення досліджень, спрямованих на охорону навколишнього середовища;
- залучення до харчового сектора компаній світового рівня;
- забезпечення тіснішої взаємодії з іншими європейськими та національними ТП;
- впровадження досягнень на національних рівнях;
- оптимізація трансферу технологій між науковими центрами та промисловістю;



Структура європейської технологічної платформи «Їжа для життя»



- розуміння відмінностей у національних пріоритетах;
- вивчення та аналіз інновацій, відбір найперспективніших;
- фокусування на малих та середніх підприємствах;
- внесення пропозицій щодо формування запитів рамкових програм.

### Українські національні технологічні платформи

На жаль, в Україні немає жодних правових підстав для створення технологічних платформ, тому українські національні технологічні платформи (УНТП) нині перебувають у зародковому стані. Проте науковці з університетів та установ НАН України активно обговорюють цю проблему й ініціюють створення в нашій державі цих інноваційних структур. Наведемо два приклади.

1. Перша в Україні УНТП «Агропродовольча», що входить до мережі європейської технологічної платформи «Їжа для життя», була ініційована Ужгородським національним університетом і нині успішно розвивається [24]. УНТП «Агропродовольча» має на меті вирішення таких завдань:

- огляд сучасного стану харчової промисловості в Україні;
- аналітичні огляди стратегічних напрямів для виявлення ніш, майбутніх потреб та пріоритетів у наукових дослідженнях;
- поширення передового досвіду;
- інформаційне сприяння розвитку проектів у рамках УНТП;
- аналіз розривів між стандартами та реаліями, формулювання рекомендацій з їх подолання та необхідність приведення якості продукції у відповідність до європейських стандартів;
- підготовка рекомендацій для промисловості та інших зацікавлених сторін, зокрема малих і середніх підприємств, менеджерів, метрологів та ін., щодо підвищення стандартів якості продукції, що випускається;
- розроблення навчальних матеріалів, проведення тренінгів із застосування європей-

ських стандартів якості у харчовій промисловості;

- інформування споживачів про досягнення та можливості УНТП «Агропродовольча»;
- взаємодія з іншими європейськими технологічними платформами, зокрема з ЄТП «Їжа для життя»;
- сприяння участі українських учених, представників середнього та малого бізнесу в міжнародних конкурсах, а також рамкових європейських програмах (HORIZON 2020).

2. УНТП «Нові перспективні матеріали, їхнє виробництво та застосування в Україні» (Ukrainian National Technology Platform for Advanced Materials — UNTPAM) була ініційована Українським матеріалознавчим товариством та Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України й сьогодні перебуває на стадії активного обговорення серед потенційних учасників, у тому числі в Київській торгово-промисловій палаті [25], а організаційні заходи щодо її створення підтримуються проектом Сьомої рамкової програми ЄС BILAT-UKR\*AINA.

Метою цієї платформи є об'єднання зусиль, ресурсів, можливостей промисловості та наукового сектора, а також визначення потреб індустрії у нових технологіях і матеріалах на коротку (3–5 років), середню (4–10 років) і тривалу перспективу. Одне з головних завдань платформи — створення передових технологій та інтелектуальних процесів виробництва нових матеріалів для широкого використання у національній промисловості. Інше завдання полягає у встановленні зв'язків і співпраці з європейськими технологічними платформами та знаходженні партнерів для спільних досліджень і виробництва. Потенційними партнерами для реалізації цього завдання можуть стати ЄТП «Мікро- та нановиробництво» (Micro and NanoManufacturing — MINAM) і «Наномайбутнє» (NANO futures).

Юридичне оформлення українських технологічних платформ надзвичайно ускладнене як через відсутність належного законодавства, так і через непереборні бюрократичні бар'єри. Так, УНТП «Агропродовольча» зареєстрована

як мале підприємство. Загалом згадані УНТП існують лише завдяки ентузіазму й титанічним зусиллям учених і менеджерів, чого для інноваційного розвитку держави явно недостатньо.

## Висновки

Для забезпечення сталого розвитку економіки України необхідно чітко усвідомлювати й використовувати всі можливості інноваційних механізмів, зокрема кластерів і технологічних платформ. Їх застосування має ґрунтуватися на поєднанні засад загальнонаціонального та регіонального розвитку. Зазначимо, що кластер у своїй класичній формі спирається на географічне розташування й тому більшою мірою відповідає регіональній політиці, тоді як технологічна платформа формується за галузевими ознаками і відповідає, скоріше, загальнонаціональній політиці розвитку.

Реалізація наукових розробок потребує об'єднання зусиль та ресурсів усіх учасників ланцюга від наукової ідеї до продажу прав інтелектуальної власності, товарів і послуг. Саме таким цілям слугують технологічні платформи, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності, сталому розвитку та виходу на світові ринки.

На прикладі польського досвіду показано шляхи розбудови регіональної політики. Кластеризація економіки в Польщі розвивається завдяки державній фінансовій підтримці науки та залученню приватного сектора економіки. Наведено приклади технологічних платформ, які почали формуватися в Україні: УНТП «Агропродовольча» і УНТП «Нові перспективні матеріали, їхнє виробництво та застосування в Україні».

Подальший розвиток вітчизняної економіки на шляху інноваційних перетворень вимагає своєчасного реагування на виклики сучасності та якнайшвидшого створення відповідної правової та юридичної бази.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Padmore T., Gibson H.* Modelling systems of innovation: II. A framework for industrial cluster analysis in regions // *Research Policy*. — 1998. — V. 26, N 6. — P. 625–641.
2. *Cooke P.* Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy // *Industrial and Corporate Change*. — 2001. — V. 10, N 4. — P. 945–974.
3. *Qian H., Acs Z.J., Stough R.R.* Regional systems of entrepreneurship: the nexus of human capital, knowledge and new firm formation // *J Econ. Geogr.* — 2012. — V. 13, N 4. — P. 559–587.
4. Офіційний сайт Науково-технологічного парку «Польща-Схід». — <http://www.park.suwalki.pl>.
5. *Markman B., Wood K.L.* Tools for Innovation: The Science behind the Practical Methods that Drive New Ideas. — Oxford Univ. Press, 2009. — 256 p.
6. *Hansen T.* Innovation, regional development and relations between high- and low-tech industries // *European Urban and Regional Studies*. — 2011. — V. 18, N 3. — P. 321–339.
7. *Eisingerich A.B., Boehm L.* Group analysis: why some regional clusters work better than others // *The MIT Sloan Management Review Journal Report*. — 2007. — V. 3, N 1. — P. 1–3.
8. Програми та інструменти інноваційного розвитку економіки Європейського Союзу. Українські проєкції. — К.: ФОП Т.А. Кінько, 2007. — 64 с.
9. Україна та сучасні механізми інноваційного розвитку Європейського Союзу. — К.: ФОП Т.А. Кінько, 2007. — 64 с.
10. Інноваційний розвиток ЄС: сучасні тенденції та перспективи для України. — К.: ФОП Т.А. Кінько, 2007. — 64 с.
11. Гармонізація та синхронізація європейських та українських інноваційних програм. — К.: Сінта Захід, 2011. — 84 с.
12. *Simoudis E.* Silicon Valley's Defining Characteristics. Speech for the inauguration of the Alexandrian Innovation Zone, September 12, 2010. — <http://www.enterpriseirregulars.com/>.
13. *Porter M.E.* The Competitive Advantage of Nations. — N.-Y.: Free Press, 1990. — 857 p.; *Портер М.* Конкуренція. — СПб.: Вільямс, 2003.
14. *Porter M.E.* Clusters and the new economics of competition // *Harvard Business Rev.* — 1998. — V. 76, N 6. — P. 77–90.

15. Manning S. Customizing clusters: on the role of western multinational corporations in the formation of science and engineering clusters in emerging economies // *Economic Development Quarterly*. — 2008. — V. 22, N 4. — P. 316–323.
16. Eisingerich A.B., Bell S.J., Tracey P. How can clusters sustain performance? The role of network strength, network openness, and environmental uncertainty // *Research Policy*. — 2010. — V. 39, N 2. — P. 239–253.
17. Vang J. Clusters and Innovation Systems in Asia // *Sci. Technol. Soc.* — 2006. — V. 11, N 1. — P. 1–7.
18. Повышение конкурентоспособности экономики областей Запада и Юга Украины на основе формирования новых производственных систем (кластеров). Результаты социально-экономических исследований / под ред. С.И. Соколенко. — К., 2005. — 238 с.
19. Смертенко П.С., Чернышов Л.И., Марьенко А.В. Реализация идеи трансформации и синергии кластеров в инновационной деятельности // *Вісн. Укр. матеріалознавч. т-ва*. — 2009. — № 1. — С. 87–94.
20. Офіційний сайт програми EUREKA. — [www.eureka.be](http://www.eureka.be).
21. Офіційний сайт європейських технологічних платформ — <http://cordis.europa.eu/technology-platforms>.
22. A re-launched, updated technology platforms service on Cordis // *Cordis Focus*. — 2006. — N 262. — P. 31.
23. Офіційний сайт ЄТП «Їжа для життя» — <http://etp.ciaa.be>.
24. Офіційний сайт УНТП «Агропродовольча». — <http://www.agrofoodplatform.com/>.
25. Солонін Ю.М., Гороховатська М.Я., Білан І.І. та ін. Технологічна платформа «Передові матеріали і технологічні процеси їх отримання» як основа відродження передової ролі України у галузі матеріалознавства // *Вісн. НАН України*. — 2012. — № 4. — С. 55–59.
26. Офіційний сайт Європейського наукового співтовариства. — [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/swd-2013-strategy-etp-2020\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/swd-2013-strategy-etp-2020_en.pdf).

Стаття надійшла 19.08.2013

П.С. Смертенко<sup>1</sup>, Л.И. Чернышев<sup>2</sup>, И.И. Билян<sup>2</sup>, Ю.М. Солонин<sup>2</sup>,  
М.Я. Гороховатская<sup>3</sup>, И.И. Кульчицкий<sup>4</sup>, О.В. Кот<sup>5</sup>, Н.В. Бойко<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарева Національної академії наук України  
просп. Науки, 41, Київ, 03028, Україна

<sup>2</sup> Інститут проблем матеріалознавства ім. І.Н. Францевича Національної академії наук України  
ул. Кржижановського, 3, Київ, 03680, Україна

<sup>3</sup> Президиум Національної академії наук України  
ул. Владимирская, 54, Київ, 01601, Україна

<sup>4</sup> Общественная организация «Агентство европейских инноваций»  
ул. Петра Панча, 11/3, Львів, 79058, Україна

<sup>5</sup> Центр досліджень науково-технічного потенціалу і історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України  
бульв. Тараса Шевченка, 60, Київ, 01032, Україна

<sup>6</sup> Ужгородський національний університет  
ул. Подгорная, 46, Ужгород, 88000, Україна

#### КЛАСТЕРЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЛАТФОРМЫ КАК МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ УКРАИНЫ

Для устойчивого развития экономики Украины необходимо использовать все возможности имеющихся механизмов инновационного развития, в частности кластеров и технологических платформ. Их применение должно основываться на сочетании общенационального и регионального развития. Кластер в классической форме базируется на географическом расположении, поэтому в большей степени соответствует региональной политике, тогда как технологическая платформа формируется согласно отраслевым признакам и отвечает, скорее, общенациональной политике развития. Показано, что реализация научных разработок требует объединения усилий и ресурсов всех участников цепи — от научной идеи до продажи прав интеллектуальной собственности, товаров и услуг. Технологические платформы служат именно этой цели, содействуя повышению конкурентоспособности, устойчивому развитию и производству товаров и услуг мирового качества. Приведены примеры технологических платформ, которые начали формироваться в Украине. Обращается внимание на необходимость усовершенствования юридических и правовых норм, которые должны способствовать созданию и функционированию технологических платформ и кластеров в Украине.

**Ключевые слова:** кластер, технологическая платформа, региональное развитие, инновационная экономика Украины.

*P.S. Smertenko*<sup>1</sup>, *L.I. Chernyshev*<sup>2</sup>, *I.I. Bilan*<sup>2</sup>, *Y.M. Solonin*<sup>2</sup>,  
*M.Ya. Gorohovatska*<sup>3</sup>, *I.I. Kulchytsky*<sup>4</sup>, *O.V. Kot*<sup>5</sup>, *N.V. Boyko*<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of National Academy of Sciences of Ukraine  
41 Nauki Ave., Kyiv, 03028, Ukraine

<sup>2</sup> Frantsevich Institute of Problems of Materials Science of National Academy of Sciences of Ukraine  
3 Krzhyzhanovsky St., Kyiv, 03680, Ukraine

<sup>3</sup> Presidium of National Academy of Sciences of Ukraine  
54 Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine

<sup>4</sup> Public Organization «Agency of European Innovations»  
11/3 Peter Punch St., Lviv, 79058, Ukraine

<sup>5</sup> Dobrov Center for Scientific and Technological Potential and Science History Studies of NAS of Ukraine  
60 Tarasa Shevchenka Blvd, Kyiv, 01032, Ukraine

<sup>6</sup> Uzhgorod National University  
46 Pidgirna St., Uzhhorod, 88000, Ukraine

#### CLUSTERS AND TECHNOLOGY PLATFORMS AS A MECHANISM FOR DEVELOPMENT OF ECONOMY OF UKRAINE

The sustainable development of economics of Ukraine requires the using of all possibilities of available tools of innovation development, including possibilities of clusters and technology platforms. Application of these tools should be based on combination of national and regional development. The cluster in the classical form is based on geographic location and consequently corresponds to the regional policy while the technological platform is formed according to branch requirements and corresponds more to national development. It is shown also that implementation of research results demands to associate efforts and resources of all participants of a chain from scientific idea to sale of intellectual property rights, the goods and services. Technological platforms which promote increase of competitiveness, a sustainable development and creation of the goods and services of world quality serve to purposes of such association. Examples of technological platforms being formed in Ukraine are presented. The attention to necessity of the amendment legal and law norms for creation and functioning of technological platforms and clusters in Ukraine is paid.

**Keywords:** cluster, technology platform, regional development, innovation economy of Ukraine.

**ЗЕЛЬНИЧЕНКО**

**Олександр Тимофійович** –  
кандидат фізико-математичних  
наук, завідувач  
видавничого відділу  
Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАН України

**ЛПОДАЄВ**

**Володимир Миколайович** –  
доктор технічних наук,  
заступник головного  
редактора журналу  
«Автоматическая сварка»  
Інституту електрозварювання  
ім. Є.О. Патона НАН України

## **ЗВАРЮВАННЯ ТА СПОРІДНЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ – СЬОГОДЕННЯ І МАЙБУТНЄ**

### **Міжнародна конференція**

*25–26 листопада 2013 р. в Києві на базі Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України відбулася Міжнародна конференція «Зварювання та споріднені технології – сьогодення і майбутнє», організована Національною академією наук України та Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України.*

Міжнародна конференція «Зварювання та споріднені технології – сьогодення і майбутнє» відбулася 25–26 листопада 2013 р. в Києві в Інституті електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О. Патона НАН України. Ініціаторами заходу виступили Національна академія наук України та ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України.

У Конференції взяли участь понад 200 представників академічних і галузевих науково-дослідних інститутів, наукових, проектно-конструкторських та інженерних центрів, промислових підприємств і університетів, а також керівники та менеджери зацікавлених бізнес-структур. Серед учасників заходу було 34 іноземні представники з країн далекого (Австрія, Болгарія, Велика Британія, Німеччина, Індія, КНР, Польща, Словаччина, США, Франція, Японія) та близького (Білорусь, Грузія, Казахстан, Росія) зарубіжжя. Серед почесних гостей Конференції були присутні президент АН Республіки Саха (Якутія) чл.-кор. РАН М.П. Лебедев, президент Російського науково-технічного зварювального товариства проф. О.І. Стеклов, президент Товариства зварників України В.Г. Фартушний, президент Білоруського товариства зварників проф. Л.С. Денисов.

На пленарних засіданнях Конференції було заслухано та обговорено 23 замовлені доповіді про найважливіші наукові досягнення, отримані останнім часом у галузі зварювання, наплавлення, паяння, міцності, нових матеріалів, неруйнівного контролю і технічної діагностики, оцінки залишкового ресурсу зварних конструкцій, інженерії поверхні, спеціальної електро-



Виступ академіка НАН України  
Леоніда Михайловича Лобанова

металургії, а також перспективи подальшого розвитку цих напрямів.

Великий інтерес в учасників Конференції викликала доповідь директора ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України академіка НАН України **Б.Є. Патона**, виголошена заступником директора Інституту академіком НАН України Л.М. Лобановим. У доповіді було представлено низку розробок ІЕЗ ім. Є.О. Патона для енергетики. Зокрема, йшлося про технології зварювання великогабаритних роторів турбін, електронно-променевого зварювання заготовок великої товщини з високоміцних сталей, зварювання під флюсом і контактного зварювання пульсівним оплавленням труб для магістральних газопроводів великого діаметра, а також про технологію та устаткування для створення енергоощадних теплообмінних пристроїв. Особливу увагу було приділено розробкам, спрямованим на підвищення корозійної стійкості твелів і безпечну експлуатацію АЕС; запропонованим практичним рекомендаціям з ремонту магістральних трубопроводів без виведення їх з експлуатації. Доповідач навів результати досліджень, які свідчать про можливість застосування акустичної емісії для моніторингу зварних конструкцій, що працюють в умовах високих температур, а також розповів про розроблений в Інституті спосіб запобігання катастрофічному витіканню нафти зі

зруйнованих труб свердловин нафтодобувних платформ.

У доповіді співробітників Всеросійського науково-дослідного інституту авіаційних матеріалів академіка РАН **Є.М. Кабалова**, к.т.н. **О.Г. Оспенникової** та д.т.н. **Б.С. Ломберга** було визначено стратегічні напрями розвитку матеріалів і технологій їх перероблення для основних деталей газотурбінних двигунів нового покоління на період до 2030 р. Викладено сучасні тенденції розвитку ливарних і деформівних жароміцних сплавів, у тому числі інтерметалідних на основі нікелю і титану. Наведено характеристики встановленого в Інституті нового вакуумного обладнання для виплавляння жароміцних сплавів і деформації високотемпературних матеріалів в умовах ізотермії на повітрі, а також результати розроблень у галузі іонно-плазмового нанесення захисних жаростійких, зміцнювальних і теплозахисних покриттів на лопатки та інші деталі ГТД і створення нового покоління плазмохімічного устаткування. Розроблено технологію отримання широкого спектра надчистих ультрадисперсних порошків методом атомізації для вакуумного дифузійного паяння й адитивних технологій.

Цікавою була доповідь проф. **Гуань Цяо** (Guan Qiao) з Пекінського інституту авіаційних технологій (Beijing Aeronautical Manufacturing Technology Research Institute, BAMTRI). Відіграючи провідну роль у сфері наукових досліджень і технічних розробок нетрадиційних технологій зварювання в Китаї, BAMTRI бере участь у кількох дослідницьких програмах, пов'язаних з комплексним адитивним виробництвом на основі технологій зварювання і з'єднання. У результаті виконання цих програм авіаційна промисловість має високу швидкість щодо проектування та дослідного виробництва нової продукції. Заснований у 1957 р., BAMTRI є комплексним дослідним інститутом, який спеціалізується на наукових дослідженнях у галузі передових авіаційних промислових технологій та розробленні відповідного обладнання, а також у просуванні таких технологій і обладнання в промислове



Учасники Міжнародної конференції «Зварювання та споріднені технології — сьогодення і майбутнє»

виробництво. З огляду на лідерство BAMTRI у сфері електронно-променевих, лазерних, плазмових та іонних технологій оброблення, в 1993 р. на базі Інституту було створено Національну ключову лабораторію променевих процесів. Зварювання, з'єднання і оброблення силовими пучками, а також зварювання і з'єднання у твердій фазі — два основні напрями наукових досліджень і технічних розроблень, які здійснюють у BAMTRI для вирішення «унікальних» і «критичних» проблем сучасної авіаційної промисловості, а також з метою формування технічної основи для комплексного адитивного виробництва, що сприяє розвитку перспективних технологій та відповідного обладнання для авіаційних підприємств Китаю.

Сучасні легкі конструкції виготовляють із найрізноманітніших матеріалів. Для з'єднання цих матеріалів один з одним використовують різні методи, але переважно — зварювання та склеювання. Німецькі колеги проф. **У. Райсген** (U. Reisgen) та інженер **М. Шлезер** (M. Schleser) з Інституту зварювання і з'єднань (ISF Welding and Joining Institute) у своїй доповіді розглянули переваги обох способів та можливості комбінованого використання зварювання і склеювання.

Відносно новому процесу — зварюванню тертям з перемішуванням — було присвячено доповідь **А. Де** (A. De) з Інституту технологій

Індії (Indian Institute of Technology, Bombay) та **Т. Діброя** (T. Debroy) з Пенсильванського університету (Pennsylvania State University, USA). Нині у світі активно проводять комплексні дослідження, спрямовані на поглиблене розуміння цього процесу. Зварювання тертям з перемішуванням уже використовують у промисловому масштабі для з'єднання алюмінію та інших м'яких сплавів, однак його промислове застосування для зварювання твердих сплавів потребує розроблення економічного і довговічного інструменту. У доповіді було розглянуто останні досягнення в галузі чисельного моделювання теплообміну і плинності матеріалів, при цьому основну увагу приділено оптимізації розмірів інструменту і вибору режимів зварювання для забезпечення його максимальної довговічності.

У доповіді президента — наукового керівника Центрального науково-дослідного інституту конструкційних матеріалів «Прометей» (Санкт-Петербург) академіка РАН **І.В. Горініна** було розглянуто ретроспективу співпраці ЦНДІ КМ з ІЕЗ ім. Є.О. Патона зі створення особливо надійних металевих матеріалів і промислових технологій для спеціальної техніки, розроблення покритих електродів, агломерованих флюсів, порошкових дротів, зварювальних технологій та обладнання. Ці установи мають єдиний підхід до розроблення технології

металургії та зварювання з метою забезпечення високої експлуатаційної надійності створених на основі нових матеріалів сучасних конструкцій. Доповідач навів перелік спільних робіт з оцінювання опору матеріалів крихкому руйнуванню, розвитку методів оцінювання циклічного ресурсу зварних конструкцій, вдосконалення методик сертифікаційних випробувань металу.

Про величезні зміни в польському зварювальному виробництві за останні 20 років ішлося в доповіді польських науковців проф. **Я. Пилярчика** (J. Pilarczyk) і **В. Земана** (W. Zeman) з Інституту зварювання в Глівіце. Ці зміни охоплюють такі сфери, як права власності виробників зварювального обладнання та матеріалів, інвестиції, вплив вільного ринку, важливість знань і власних потенційних можливостей людей. Усі ці чинники дали змогу значно підвищити рівень розвитку галузі зварювання в Польщі.

Проблемам залучення та підготовки керівного персоналу в галузі зварювання і паяння було присвячено доповідь представників Американського зварювального товариства **Н. Коула** (N.C. Cole), **Дж. Вебера** (J.D. Weber), **М. Пфара** (M.P. Pfarr) та **Д. Хернандеза** (D. Hernandez). Сьогодні в глобальному масштабі у світі не вистачає зварників і фахівців у галузі зварювання, і ситуація дедалі ускладнюється ще й тим, що з професії йдуть кваліфіковані й освічені працівники. Жінки, які становлять 50% населення, дуже рідко обирають цей фах. Для подолання зазначеної проблеми в багатьох країнах активно розробляють програми з підвищення іміджу зварювання, підготовки та навчання персоналу. Віртуальне зварювання з використанням комп'ютерного моделювання є одним із методів, покликаних зацікавити молодь і стимулювати інтерес до цієї професії. Деякі компанії використовують віртуальних зварників і зварювальні тренажери для тестування і навіть базової підготовки нових працівників. Доповідачі розповіли про моделі з багатьох напрямів зварювання, що виявилися перспективними для наслідування. Наприклад, програма Weld-Ed охоплює дворічний

модельний курс навчання для коледжів, програму з удосконалення кваліфікації інструкторів і метод, спрямований на поглиблення співпраці між промисловістю і навчальними закладами. Цю нову технологію вже використовують у кількох країнах, зокрема у США, для поліпшення підготовки та освіти. У доповіді було наведено кілька видів технологій, у тому числі навчання в режимі онлайн, а також із застосуванням електронних пристроїв. З набуттям кваліфікації люди мають довести своє професійне вміння, і тут у пригоді стає Програма сертифікації як економічний засіб демонстрації фахових навичок.

Білоруські колеги, чл.-кор. НАН Білорусі **Ю.М. Плескачевський** і проф. **В.А. Ковтун**, розповіли про основи технології електроконтактного спікання наноструктурованих металополімерних покриттів триботехнічного призначення, а також про модельно-теоретичні підходи до оптимізації структурно-технологічних умов цього процесу. Методи комп'ютерного моделювання зон формування порошкових композиційних матеріалів, побудовані на принципах мезомеханічного підходу з використанням структурних моделей, адаптованих до широкого діапазону значень технологічних параметрів і властивостей вихідних компонентів порошкової системи, дають змогу встановити закономірності впливу технологічних факторів і структурних особливостей, а також характеристик вихідних компонентів дисперсних порошкових систем на процеси структуроутворення спечених шарів. При цьому ключове значення має врахування локального впливу теплових факторів і внутрішніх напружень, що виникають у процесі формування покриття.

Великі наземні резервуари для зберігання небезпечних речовин, таких як нафта, нафтопродукти, хімікати й заводські технологічні рідини, широко використовують у всьому світі. Зазвичай резервуарні парки розташовано в прибережних районах, біля великих населених пунктів. Витік зі зруйнованих корозією резервуарів, зокрема з їх донної частини, є серйозною екологічною та економічною проблемою і становить загрозу для людей. Наявний ризик



руйнування резервуарів, який з часом лише зростає, разом з потенційним ризиком пожежі й вибуху на розміщених поблизу нафтохімічних підприємствах є абсолютно неприпустимим. У колективній доповіді фахівців з Британського інституту зварювання, яку виголосив **П. Мудж** (P. Mudge), наведено результати робіт, що виконуються в рамках проекту Комітету технологічної стратегії Великої Британії (ТІМ) з контролю конструкційної цілісності днищ великих наземних резервуарів для зберігання рідин. Розроблена система контролю не потребує доступу до внутрішньої частини резервуара чи його звільнення від вмісту. Вона ґрунтується на використанні спрямованих ультразвукових хвиль і накопиченні даних протягом тривалого часу. Для виявлення дефектів і визначення місця їх розміщення запропоновано також систему формування томографічних зображень.

Доповідь французького вченого д-ра **А. Жарді** (A. Jardy) з Інституту Жана Ламура (Institut Jean Lamour) торкалася питань чисельного моделювання та експериментальних досліджень процесів переплавлення. Чисельне моделювання дозволяє об'єднати локальні умови кристалізації та робочі параметри процесу. Розглянуто останні результати з вивчення розподілу змінного струму при електрошлаковому переплавленні сталей і надміцних сплавів, сукупного руху дуги у вакуумно-дуговій печі, впливу електромагнітного перемішування на макросегрегацію в переплавлених зливках.

Про тенденції розвитку зварювання в Австрії йшлося в доповіді **Н. Ензінгера** (N. Enzinger) і проф. **К. Соммітча** (C. Sommitsch) з Інституту дослідження матеріалів і зварювання у Граці (Institute for Materials Science and Welding). Комерційні фірми і науково-дослідні інститути Австрії співпрацюють у рамках наукових проектів системи COMET K-project JOIN4+, що має бюджет 6,6 млн євро. Фінансування забезпечують усі партнери, австрійський уряд та керівництво провінцій. Нині виконують 8 проектів з двох наукових напрямів.

Доповідь генерального директора Державного наукового центру РФ «ЦНИИТМАШ»

проф. **О.В. Дуба** було присвячено перспективним технологіям створення високонадійних виробів із конструкційних сталей для базових галузей промисловості. Доповідач розглянув основні елементи сучасних комплексних технологій, які забезпечують ефективне отримання матеріалів з новим рівнем властивостей, підкреслив перспективність нових систем легування конструкційних матеріалів для машинобудування з можливістю керування їх первинною кристалічною структурою, механізмами зміцнення та опору крихкому руйнуванню.

Д-р **Я. Окамото** (Y. Okamoto) з Вищої школи природничих наук і технологій Університету Окаями (Японія) виголосив колективну доповідь про основні принципи технології мікрозварювання алюмінієвих сплавів. Поєднання імпульсного Nd:YAG лазера з дією діодного лазера, що генерує в неперервному режимі, забезпечує високоякісне мікрозварювання. При цьому виходить широкий і глибокий валик шва, що вирізняється поліпшеною цілісністю поверхні.

У спільній доповіді болгарських, російських та українських фахівців, яку виголосив д-р **М. Белосєв**, було проаналізовано переваги і недоліки різних технологій з'єднання труб під час будівництва магістральних трубопроводів. Відзначено перевагу контактного зварювання оплавленням порівняно з дуговим, променевим і гібридним способами.

Регулювання залишкових зварювальних напружень — це концепція, згідно з якою для досягнення оптимальних експлуатаційних характеристик зварних конструкцій експериментально й теоретично розглядають і оцінюють три основних етапи процесу: визначення залишкових напружень, аналіз втоми за наявності залишкових напружень і сприятливий розподіл залишкових напружень. У доповіді канадських дослідників **Ю. Кудрявцева** (Yu. Kudryavtsev) і **Я. Клеймана** (Ja. Kleiman) було розглянуто всі три етапи, а також низку нових інженерних інструментів, таких як ультразвуковий комп'ютеризований комплекс для вимірювання залишкових напружень UltraMARS, програмне забезпечення для аналізу впливу



Видання за матеріалами Конференції

залишкових напружень на втомну міцність зварних елементів ReSIST, нова технологія і компактна система UltraReep на її основі для створення сприятливого розподілу залишкових напружень за допомогою ультразвукового ударного оброблення. Було наведено приклади промислового застосування розроблених інженерних інструментів для аналізу залишкових напружень і підвищення втомної міцності зварних елементів.

У доповіді співробітників ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, яку репрезентував д.т.н. **Г.С. Маринський**, було докладно проаналізовано результати досліджень і розроблень Інституту в галузі високочастотного зварювання та споріднених технологій для з'єднання, коагуляції, різання і термічного оброблення живих тканин, а також розглянуто питання розроблення спеціалізованого обладнання та інструментів. Досвід застосування розроблених технологій та

устаткування в практичній хірургії свідчить про їх високу затребуваність — на сьогодні освоєно понад 150 різних хірургічних методик і успішно виконано більш як 100 тис. хірургічних операцій. Наведено дані досліджень особливостей реструктуризації живих тканин і утворення зварного з'єднання під дією високочастотного струму. На основі експериментальних і клінічних даних продемонстровано здатність тканини, що зазнала дії високочастотного зварювання, підтримувати свою життєдіяльність, відновлювати фізіологічні властивості та функції завдяки процесам регенерації. Показано, що процес високочастотного зварювання м'яких біологічних тканин з автоматичним регулюванням забезпечує гарантоване отримання зварного з'єднання в широкому діапазоні властивостей тканин. Особливу увагу було приділено подальшому розвитку цих технологій і обладнання, розширенню сфер їх хірургічного використання, створенню нових багатофункціональних апаратів, що поєднують процеси високочастотного зварювання і конвекційно-інфрачервоного оброблення живих тканин, зокрема автономних мобільних апаратів.

Повні тексти зазначених пленарних доповідей ще до початку роботи Конференції було опубліковано в окремих випусках журналів «Автоматическая сварка» і «The Paton Welding Journal» (№ 10–11, 2013). Тези 185 стендових доповідей видано у вигляді збірника. Зі змістом журналів та збірника можна ознайомитися на сайті видавництва ІЕЗ ім. Є.О. Патона ([www.patonpublishinghouse.com](http://www.patonpublishinghouse.com)). Крім того, було виголошено ще низку пленарних доповідей, які не ввійшли до збірника праць Конференції.

Під час роботи Конференції відбулася низка двосторонніх переговорів, спрямованих на кооперацію та зміцнення співробітництва із зацікавленими партнерами, а також підписано Угоду про співпрацю між Товариством зварників України і Російським науково-технічним зварювальним товариством.

## **РЯБЕЦЬ**

**Людмила Віталіївна** —  
кандидат філологічних наук,  
заступник директора  
Інституту енциклопедичних  
досліджень НАН України,  
esu@esu.com.ua

## **ОЧЕРЕТЯНКО**

**Світлана Іванівна** —  
головний редактор науковий  
Інституту енциклопедичних  
досліджень НАН України

# **УКРАЇНСЬКА ЕНЦИКЛОПЕДИСТИКА**

## **III Міжнародна наукова конференція**

---

*22–23 жовтня 2013 р. в Інституті енциклопедичних досліджень НАН України в рамках VIII Міжнародного конгресу українців відбулася III Міжнародна наукова конференція «Українська енциклопедистика». Учасники зібрання обговорили широке коло питань — від теоретичних основ енциклопедистики до практичного досвіду створення енциклопедичних видань, дискутували про напрями та перспективи розвитку енциклопедичної справи в Україні, відзначили необхідність співпраці із закордонними колегами.*

Минулого року вся світова наукова громадськість відзначала 300-річчя з дня народження французького філософа та енциклопедиста Дені Дідро, відомого як редактор «Енциклопедії, або тлумачного словника наук, мистецтв і ремесел», якій він віддав понад 20 років свого життя. Разом з іншими просвітниками того часу йому вдалося зробити енциклопедію системою наукового знання, якою вона залишається й донині.

Крім того, минулого року сталася подія державного значення — 2 січня 2013 р. Президент України підписав Указ «Про Велику українську енциклопедію», в якому наголосив, що в умовах інтеграції України у світове співтовариство виникла нагальна потреба створити фундаментальну універсальну національну енциклопедію з метою узагальнення і систематизації знань про Україну і світ.

Саме тому знаменно, що 22–23 жовтня 2013 р. Інститут енциклопедичних досліджень (ІЕнД) НАН України зібрав однодумців у Києві на чергову III Міжнародну наукову конференцію, яка відбулася в рамках VIII Міжнародного конгресу українців. Проведення таких конференцій раз на два роки стало вже доброю традицією. За п'ять років, що минули від часу проведення I Міжнародної наукової конференції «Українська енциклопедистика» (2008), було накопичено багато цікавих матеріалів, з'явилася низка нових енциклопедичних та довідкових видань, які потребують обговорення в колі фахівців.



Президія Конференції (зліва направо): академік НАН України О.С. Онищенко, директор Інституту енциклопедичних досліджень НАН України М.Г. Железняк, академік НАН України Я.С. Яцків

У Конференції взяли участь 32 представники академічних установ, наукових бібліотек та вищих навчальних закладів, у тому числі 12 іноземних колег зі Словаччини, Угорщини, Канади, Білорусі, Молдови, Росії. Засідання проходили в пленарному режимі, було виголошено 26 доповідей із 39 заявлених у програмі.

З вітальним словом до учасників Конференції звернулися академік-секретар Відділення історії, філософії та права НАН України академік О.С. Онищенко та голова Науково-видавничої ради НАН України, організатор і перший директор ІЕнД НАН України академік Я.С. Яцків. Вони відзначили успіхи українських енциклопедистів, щиро привітали зарубіжних гостей, які приїхали поділитися своїми здобутками й досвідом, наголосили на актуальності обговорюваних проблем і побажали учасникам форуму плідної й цікавої роботи.

Конференція об'єднала інтелектуальний потенціал дослідників у галузі енциклопедистики, які, спираючись на традиції і досвід попередників, прагнуть розширити горизонти сучасного енциклопедознавства. Учасники зібрання обговорили широке коло питань — від теоретичних основ енциклопедистики до практичного досвіду створення енциклопедичних видань, дискутували про напрями та перспективи розвитку енциклопедичної справи в Україні

й за кордоном, відзначили необхідність співпраці з колегами з інших країн.

Значний інтерес викликала доповідь в.о. директора ІЕнД НАН України к.філол.н. **М.Г. Железняк**, у якій він висвітлив історію створення Енциклопедії сучасної України (ЕСУ), її зв'язок з попередніми енциклопедичними виданнями, виокремив проблеми, що виникають у процесі роботи над нею. Він підкреслив, що, хоча ЕСУ хронологічно обмежена ХХ—ХХІ ст. та дещо, на думку окремих дослідників, перевантажена персоналіями, однак на сьогодні вона є фактично єдиною універсальною енциклопедією, в якій повно та об'єктивно в усіх вимірах представлено сучасну Україну. Доповідач роз'яснив принципову різницю між ЕСУ та Великою українською енциклопедією, створення якої нині лише розпочинається. ВУЕ значною мірою ґрунтується на концепції та словнику Української універсальної енциклопедії, розроблених членами робочої групи УУЕ під керівництвом академіка І.М. Дзюби, що працювала в Інституті енциклопедичних досліджень НАН України в 2005—2009 рр.

Директор Науково-видавничого комплексу «Башкирська енциклопедія» к.філос.н. **У.Г. Саїтов** зупинився на засадничих питаннях енциклопедичної справи у світі загалом і в Башкирії зокрема, наголосив на тому, що ен-

циклопедія — це найскладніший вид книжкової продукції з погляду змісту та підготовки і, водночас, найавторитетніше і найдостовірніше наукове джерело інформації.

Теоретично і методологічно наповненою була доповідь шеф-редактора Наукового видавництва «Велика російська енциклопедія» **Л.І. Петровської**, у якій проаналізовано світовий досвід створення класичної енциклопедії, представлено класифікації енциклопедичних та інших довідкових видань.

Завідувач кафедри білоруської філології Білоруського державного технологічного університету к.філол.н. **М.В. Трус** виокремив низку імен класиків української літератури, представлених у енциклопедії «Максим Богданович». Це видання — ще одне яскраве свідчення глибини українсько-білоруських взаємин. Примірник енциклопедії М.В. Трус подарував бібліотеці ІЕНД НАН України.

Голова Асоціації українців Словаччини, давній і шанований автор ЕСУ, іноземний член НАН України проф. **М. Мушинка** зацікавив присутніх розповіддю про несправедливо забутого енциклопедиста проф. Євгена Онацького, який у 1957—1967 рр. у Буенос-Айресі упорядковував і видавав «Українську малу енциклопедію». М. Мушинка зауважив, що за-

звичай енциклопедія є колективною працею, проте УМЕ створив один автор, і вона відображає його світогляд, особисті погляди на людей, події та речі. Доповідач наголосив, що ця енциклопедія не втратила свого значення і в наш час, тому її варто було б перевидати в Україні, до того ж є добра нагода — цього року виповнюється 120 років з дня народження Є. Онацького.

Енциклопедистика Молдови була представлена доповіддю директора Інституту енциклопедичних досліджень АН Молдови проф. **К.М. Манолаке** та завідувача відділу цього ж Інституту **І.І. Жаркуцького** про досвід створення енциклопедії «Монастирі Республіки Молдова», яку виголосив їхній колега О. Рожко.

Інформативною була доповідь к.і.н. **О.О. Бровіної** та проф. **Л.П. Рощевської** (відділ «Науковий архів та енциклопедія» Комі наукового центру Уральського відділення РАН), у якій викладено історію енциклопедичної справи в Республіці Комі, представлено основні енциклопедичні проекти від 1930-х років до початку XXI ст., окреслено перспективи та особливості підготовки національно-регіональних енциклопедичних видань.

Проблемі класифікації енциклопедичних видань, зокрема розрізненню універсальних, спе-



Учасники Конференції

ціалізованих, регіональних та інших типів енциклопедій, а також основним принципом їх укладання присвятила свою доповідь проф. **Н.Ф. Чистякова** з Тюменського державного університету, головний редактор енциклопедії «Ямальський район».

Жваву дискусію викликала доповідь заступника директора Науково-видавничого комплексу «Башкирська енциклопедія» **К.І. Агліулліної** та редактора відділу економіки та природничо-технічних знань цієї ж установи **Л.І. Шарапової**, присвячена Україні та українцям на сторінках «Башкирської енциклопедії». Ця доповідь, як слушно зазначив під час обговорення М.Г. Железняк, засвідчила, що аналіз рівня та якості висвітлення в іноземних енциклопедичних виданнях історії, реалій та особливостей України може стати перспективним напрямом вітчизняної енциклопедистики і, крім того, сприятиме взаємовигідній співпраці українських енциклопедистів з їхніми зарубіжними колегами.

Про те, як твориться «Українська музична енциклопедія», про проблеми та здобутки колективу, який працює над нею, розповіли д.мист. **О.М. Немкович** та к.мист. **А.П. Калениченко** з Інституту мистецтвознавства, фольклористики та етнології ім. М.Т. Рильського НАН України.

Глибокою, побудованою на неоприлюднених архівних матеріалах була доповідь директора Інституту дослідження української діаспори, декана факультету міжнародних відносин Національного університету «Острозька академія» д.і.н. **А.Є. Атаманенко**. Дослідниця розкрила деякі аспекти створення одного з найвидатніших українських енциклопедичних видань — «Енциклопедії українознавства», історія підготовки та видання якої ще чекає на свого дослідника.

Проблемам, пов'язаним із підготовкою довідкових видань з питань культурного розвитку в Угорщині, присвятила свою доповідь докторант Університету імені Лоранда Етвеша **Є. Ладані**.

Доцент кафедри історії України Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова

к.і.н. **О.Є. Музичко** висвітлив роль одеських істориків, зокрема В. Крусмана, Ф. Успенського, О. Маркевича та ін., у роботі над енциклопедичними проектами, що видавалися наприкінці XIX ст. — у 20-х роках XX ст. на території Росії, України, США.

З авторською концепцією наукового видання «Енциклопедія Кольору», яка ґрунтується на структурно-системному та історико-культурологічному методах презентації світових досягнень науки про колір, ознайомила учасників Конференції завідувач кафедри дизайну і реклами Інституту реклами к.т.н. **С.В. Прищенко**. Вона запропонувала своє бачення комплексного дослідження теорії та практики кольору, визначила найважливіші його напрями, такі як мистецтво, дизайн, реклама, персоналії, інституції, матеріали і технології.

Цікавими виявилися доповіді молодих науковців ІЕНД НАН України: **В.В. Тарасюка** про основні компоненти та функції електронної бази ЕСУ та **А.І. Шушківського** щодо проблем підготовки для ЕСУ статей про адміністративні одиниці України та інших держав.

Про ідею створення, методи та принципи укладання, теоретичні засади підготовки енциклопедичного довідника «Українські організації у світі» розповіла начальник відділу документального забезпечення, контролю та архівної роботи секретаріату Вищої ради юстиції д.і.н. **І.Б. Матяш**.

Про книжкові новинки бібліо- та біобібліографістики, видані в Одесі в останні роки, поінформувала присутніх завідувач відділу краєзнавства «Одесика» Одеської національної наукової бібліотеки ім. М. Горького к.і.н. **Л.І. Саєнко**.

Головний редактор Державної наукової установи «Енциклопедичне видавництво» д.ф.-м.н. **М.В. Стріха** наголосив на проблемах, з якими зіткнувся новостворений колектив, розпочавши роботу над проектом «Велика українська енциклопедія».

Значний інтерес викликала доповідь к.і.н. **Ф.І. Стебля** з Інституту українознавства ім. І. Крип'якевича НАН України, присвячена відомому українському історичному і культуро-

логу Ярославу Ісаєвичу та його ролі у дослідженні українського книговидання. Постать академіка Я.Д. Ісаєвича добре відома за межами України, він належав до когорти сучасних енциклопедистів і багато зробив для поширення у світі об'єктивних знань про Україну. Непересічну роль відіграв Я.Д. Ісаєвич і в історії започаткування та створення ЕСУ.

**О.А. Чирков** з Національного науково-дослідного інституту українознавства та всесвітньої історії на основі аналізу інформації з історії України у веб-енциклопедії «Вікіпедія» зробив спробу дати характеристику організації знань у ній.

Проаналізувавши навігатори по українських енциклопедичних виданнях, що є на сайтах бібліотек та наукових установ, а також наявні енциклопедичні ресурси, керівник Центру науково-бібліографічної інформації Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України к.і.н. **Т.В. Добко** наголосила на необхідності створення повноцінного енциклопедичного сайту, за аналогією до Britannica, Larousse тощо, а також окремого порталу, який інтегрував би знання про історію та сучасну енциклопедичну справу, подавав би систематизовану інформацію як про друковані, так і про електронні енциклопедичні видання.

Аспірантка Київського національного університету імені Тараса Шевченка **Ю.С. Готкова** розповіла про концепцію, наповнення та проблеми з підготовкою довідника про українських педагогів Кубані періоду 1917–1932 рр.

Керівник Російсько-українського наукового центру при Краснодарській крайовій громадській організації «Співдружність Кубань—Україна» к.і.н. **А.М. Авраменко** у своїй доповіді узагальнив інформацію про представлення козацтва в сучасних енциклопедичних виданнях, опублікованих в Україні. На його думку, чимало видань хибують на однібічне, а інколи й необ'єктивне висвітлення ролі козацтва в українській історії.

Доповідь співробітників Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України проф. **В.Ю. Омельчука** та к.т.н. **К.В. Лобузінної** було присвячено проблемам



Виставка енциклопедичних видань України і світу

української біографістики, зокрема упорядкуванню бібліографії видань, пов'язаних з ім'ям Т.Г. Шевченка. Ця змістовна доповідь увиразнила одну зі складових успіху енциклопедичного видання — бібліографічне забезпечення.

Про творчий колектив працівників Комісії Словника української мови ВУАН на чолі з проф. Євгеном Тимченком ішлося у доповіді аспірантки Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова **Т.Л. Поліщук**.

Під час Конференції діяла виставка енциклопедичних видань України і світу. Відбулася також презентація електронної бази текстів класиків української літератури, зокрема Тараса Шевченка, Івана Франка, Лесі Українки, Михайла Коцюбинського, перекладених англійською мовою (з цими матеріалами можна ознайомитися на сайті ІЕНД НАН України — [www.encyclopedia.kiev.ua](http://www.encyclopedia.kiev.ua)).

У рамках Конференції відбулося засідання Круглого столу «Діячі академічної науки та їхній внесок у книжну культуру», присвяченого питанням історії та культури книговидання в Україні, Росії та Білорусі, а також проблемам біографістики. Модератори зібрання М.О. Єрмолаєва і Г.І. Ковальчук та секретар Т.І. Березюк одразу спрямували учасників на конструктивну роботу.

У виступах к.філол.н. **М.О. Єрмолаєвої** та к.і.н. **Д.М. Бакуна** (Науковий і видавничий

центр «Наука» РАН) було запропоновано для обговорення план-проспект колективного проекту «Біобібліографічний словник (довідник) «Діячі академічної науки та їхній внесок у книжну культуру Росії, Білорусі та України»», який за умови успішної реалізації став би першим кроком на шляху до створення енциклопедії «Книжна культура слов'янських народів (Білорусь, Росія, Україна)».

Завідувач відділу стародруків та рідкісних видань Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України проф. **Г.І. Ковальчук** розповіла про дослідження співробітників Бібліотеки з історії книжкової культури. Крім того, доповідачка окреслила коло проблем, які можуть виникнути під час роботи над зазначеним вище проектом, зокрема критерії добору персоналій до словника, обсяг статей тощо. Вона звернула увагу на необхідність включити в довідник маловідомі постаті початку ХХ ст., які через політичні обставини не змогли реалізуватися повною мірою, однак їхні неопубліковані дослідження могли б скласти славу не лише українському, а й європейському книгознавству.

Ідею ширшого охоплення у довіднику яскравих представників позаакадемічної науки підтримав **М.Г. Железняк**, пропонуючи розглядати академічність не як приналежність до інституції, а як високий науковий рівень.

Учасниця Круглого столу з Білорусі **Л.А. Август** розповіла про підготовлені працівниками Центральної наукової бібліотеки імені Якуба Коласа НАН Білорусі монографії, наукові збірники, покажчики, наголосивши на важливості цих видань для розвитку книжної культури в республіці.

Особливе зацікавлення викликала полемічна доповідь проф. **М.С. Тимошика** з Київ-

ського національного університету культури і мистецтв, у якій він схарактеризував деякі сучасні аспекти творення українських біографічних енциклопедій, зацентрував увагу на кон'юнктурних, часто сумнівних видавничих проектах, що нівелюють цей важливий сегмент книговидавництва.

Учасники Круглого столу обговорили питання початку роботи над спільним проектом книгознавців Росії, України та Білорусі «Діячі академічної науки та їхній внесок у книжну культуру», першим етапом якої має бути укладання списків діячів у галузі книжної культури окремо в кожній країні. У дискусії взяли активну участь директор Видавничого дому «Академперіодика» НАН України О.Г. Вакаренко та заступник директора цієї ж установи А.І. Радченко.

Під час Конференції розгорнулася жвава дискусія щодо перспектив розвитку енциклопедичної справи в Україні та за кордоном, шляхів співпраці енциклопедистів різних країн з питань методики та методології створення енциклопедичних видань різного типу. Особливий інтерес викликали проблеми джерелознавчої бази наукових досліджень, добору авторів, бібліографічного забезпечення енциклопедичних видань, підготовки регіональних і тематичних енциклопедій.

На підсумковому засіданні було визначено пріоритетні напрями розвитку сучасної енциклопедистики в теоретичному й прикладному аспектах. Конференція засвідчила зростання інтересу до проблем енциклопедичної науки і довела, що українська енциклопедистика посідає гідне місце у світі. За результатами роботи Конференції було ухвалено низку рішень щодо розвитку енциклопедичної справи в Україні та за кордоном.



**БОРОНЬ**

**Олександр Вікторович** –  
кандидат філологічних наук,  
старший науковий співробітник  
відділу шевченкознавства  
Інституту літератури  
ім. Т.Г. Шевченка НАН України,  
borons@bigmir.net

УДК 821.161.2:82.091

## **ПРОЗА ТАРАСА ШЕВЧЕНКА І ЗАХІДНОЄВРОПЕЙСЬКІ ЛІТЕРАТУРИ: НАСЛІДУВАННЯ ЧИ ТВОРЧЕ ЗАСВОЄННЯ ХУДОЖНЬОГО ДОСВІДУ?**

**За матеріалами наукового повідомлення  
на засіданні Президії НАН України  
2 жовтня 2013 року**

*Здійснено спробу розширити коло контактних зв'язків Шевченка-прозаїка з романістикою Чарлза Діккенса. Доведено, зокрема, що Шевченко, крім згаданих у його прозі романів «Ніколас Ніклбі» і «Девід Копперфілд», знав також «Холодний дім» та «Домбі і син». Проаналізовано зв'язки повістей Шевченка з творчістю Вальтера Скотта. Розглянуто семантику інтертекстуальних відсилань у повісті «Художник» до роману «Векфілдський священик» Олівера Голдсмита. Вказано на Шевченкове критичне сприйняття доробку Ежена Сю, романи якого український письменник використував радше для гри з читачем. У підсумку поставлено під сумнів поширену в шевченкознавстві тезу про наслідувальність повістей Шевченка щодо західноєвропейських зразків прози.*

**Ключові слова:** лектура, ремінісценція, контактні зв'язки, інтертекстуальність.

Цілком закономірно, що увага літературознавців зосереджена переважно на студіюванні поезії Шевченка. Водночас його проза досі не досліджена належним чином, що зумовлює істотну неповноту наукових уявлень про доробок митця загалом. У листі до П. Куліша від 26 січня 1858 р. Шевченко стверджував, мабуть, дещо перебільшуючи, що на засланні написав «десять коло двох» «руських повістей» [1, 157]. Збереглося дев'ять, створено їх орієнтовно у період із 1852 р. до лютого 1858 р. Втрачено «Повість о безродном Петрусе», яку серед інших згадано в оголошенні про продаж рукописів усіх повістей у журналі «Основа» в 1862 р. [2]. Початок систематичної роботи Шевченка над повістями умовно можна пов'язати з вимушеним припиненням на сім років поетичної творчості після

фатального арешту у квітні 1850 р. за доносом М. Ісаєва та переведення митця до Новопетровського укріплення під суворіший нагляд і контроль, що згодом послабився. Такими обставинами не в останню чергу пояснюється Шевченків вибір російської мови для прозової творчості.

Як відомо, Шевченко-прозаїк був сприйнятливий до сторонніх впливів. Але наскільки беззастережно він запозичував чужий художній досвід? У кого він насправді вчився, а чию творчість відкидав?

Особливий інтерес у цьому аспекті становить питання про безпосередню ознайомленість Шевченка з творами Чарлза Діккенса. Шевченко двічі згадував його романи — «Ніколас Ніклбі» та «Девід Копперфілд». Варто спробувати виявити непрямі вказівки на обізнаність українського письменника з іншими творами Діккенса. Так, у «Прогулке с удовольствием и не без морали» сказано про «записки Ротчева о Калифорнии» [3, 281], що друкувалися в «Отечественных записках» 1854 р. (т. 92), а в тт. 92—97 якраз публікувався роман Діккенса «Холодний дім». У листі Василя та Федора Лазаревських від жовтня 1847 р. (окремі дослідники датують його липнем [4]) згадано раніше надіслані Шевченкові номери журналу «Отечественных записок». Так, В. Лазаревський писав: «Коли прочитаєте «От[ечественные] зап[иски]», дак пишіть, ще пришлю» [5]. Це була відповідь на невідомий лист Шевченка з Орської фортеці, написаний, імовірно, в липні 1847 р. Таким чином, Шевченко міг читати номери журналу, видані до його арешту у квітні, якщо врахувати віддаленість Оренбурга від столиці. Обіцянка В. Лазаревського обнадійлива, вона може свідчити про певну регулярність надсилання згодом (навіть без нагадувань поета) книжок журналу протягом листопада 1847 — квітня 1848 р., принаймні до початку Аральської експедиції у травні 1848 р. (Хоча Василя Лазаревського в Оренбурзі з листопада 1847 р. вже не було, залишався Федір). Підкреслимо — це лише здогади. Важливо, що з 54-го тому (вересень—жовтень) 1847 р. «Отечественные записки» починають публікувати в перекладі О.І. Бутакова роман

«Домбі і син» (див. т. 55, листопад—грудень 1847; т. 56, січень, т. 59, липень—серпень 1848). Це той самий Олексій Бутаков, який у 1848—1849 рр. очолював Аральську описову експедицію за участю Шевченка. З цього випливає закономірний висновок, що, крім «Ніколаса Ніклбі» і «Девіда Копперфілда», Шевченко знав романи «Холодний дім» та «Домбі і син».

Помічаємо й типологічні перегуки у творчості обох письменників. Скажімо, роману «Посмертні записки Піквікського клубу» притаманна імпровізаційність, аж до відсутності наперед складеного плану фабули. Ці ж ознаки характерні для більшості повістей Шевченка, основна художня вада яких — композиційні прорахунки, ослаблені фабульні зв'язки (йдеться головню про «Прогулку...», де названі недоліки особливо впадають в око). Як і згаданий діккенсівський роман «великої дороги», значну частину Шевченкових повістей написано у формі дорожніх нотаток («Музикант», «Капитанша» та ін.).

Загальновідомою є обізнаність Шевченка з творчістю ще одного англійського письменника — Вальтера Скотта. Більшість його романів Шевченко читав у перекладах не з оригіналу, а з французького посередника, як це широко практикувалося в той час. У повістях Шевченко не ставив за мету відтворення історичного минулого — і не в останню чергу через плановану підцензурність публікації, але вочевидь прагнув актуалізувати історичну пам'ять свого читача. Подекуди приховане, іноді — очевидне замилювання старовинними пам'ятками, національними традиціями становить присутній підтекст художнього змісту його творів.

Проза Шевченка засвідчує диференційне сприйняття романів В. Скотта: українського митця особливо зацікавив образ королівського жебрака Еді Охілтрі з роману «Антиквар», як про це свідчить відомий епізод із повісті «Прогулка...». З другого боку, за посередництва автобіографічного героя повісті «Художник», який, прочитавши відповідний уривок із роману В. Скотта «Вудсток», по-юнацьки безкомпромісно відкидає специфічні моральні звичаї осіб королівської крові, зокрема Карла II Стюарта (принц запропонував дівчині,

яка його переховувала, стати коханкою), повістяр висловив своє несприйняття монархів, які недвозначно асоціювалися в нього з такими знайомими російськими царями.

Не оминав увагою Шевченко й творчості інших англійських романістів. Однак спершу нагадаємо кілька моментів із біографії митця, що відбулися в його прозі. У спогадах М. Чалого йдеться про захоплення І. Сошенка Марією Європеус, а згодом і Шевченкові залицяння до неї, через що «у взаєминах друзів виникли незлагоди» [6], адже Сошенко навіть збирався одружитися з дівчиною. У пізнішій праці М. Чалого сказано, що роман Шевченка і Марії «мав дуже недобрі наслідки для Маші...» [7]. Однак із повісті «Художник» знаємо, що причиною нещастя дівчини Паші, прототипом якої і була Марія Європеус, став мічман Олександр Оболонський. Як переконливо довів В. Яцюк, мічман Оболонський, але на ім'я Петро, справді існував. У травні 1842 р. (у повісті — навесні) він залишив Петербург [8]. А от твердження Чалого досі нічим не підтверджено. Важливе інше: Шевченка на засланні, ймовірно, гнітила думка про те, що він міг би врятувати вагітну від безчесного мічмана дівчину, одружившись із нею, але ціною власної мистецької кар'єри.

У повісті «Художник» не раз мовиться про роман Олівера Голдсмита «Векфілдський священник». Він створює своєрідне семантичне поле довкола викладу історії закоханості в дівчину Пашу автобіографічного героя твору. Шевченко акцентує у повісті переважно один мотив із багатого змісту англійського роману — збезчещеної цноти. Ця тема спершу як застереження, а згодом як неминучість звучить у «Художнику» на різних регістрах, відлунюючи в тих чи тих подіях твору, позафабульних відступах, присвячених, зокрема, міркуванням розповідача про родинне вогнище, згубність для щасливого сімейного життя бездушних красунь і особливо — про фатальні наслідки шлюбу для молодого митця з вразливою душею і болісним відчуттям чужої непорядності.

Приголомшливим подіям фіналу повісті передують майже ідилічні сцени, на які зловісні тіні накладає згадка про роман Голдсмита:

«Смиренница Паша сидела за «Векфильдским священником» и рассматривала картинки. Я <...> попросил Пашу, чтобы она читала вслух. Довольно медленно, но правильно и внятно прочитала она страницу из «Векфильдского священника»» [3, 183]. Прикметно, що в рукописі Шевченко в цьому місці помилився, написавши «сидела за «Радклифским священником»» [3, 517]. Очевидно, на пам'ять йому спливла англійська письменниця А. Радкліф, авторка готичних романів, наповнених жахами й таємницями, — її книжка «Ліс, або Сент-Клерське абатство» була добре відома Шевченкові. Описка зовсім не випадкова, адже гнітючі передчуття навіюють згадки про твір Голдсмита, чого, ймовірно, прозаїк і прагнув досягти.

Паралель — одруження і нагале розлучення К. Брюллова — готує ґрунт до сприйняття повідомлення про шлюб молодого художника зі своєю «весталкою», зневаженою мічманом. Розв'язка «Векфілдського священника» є неправдоподібно позитивною. Зумовлена художньою логікою твору, проте далека від реального життя, вона становить різочий контраст до фіналу «Художника». На різних етапах розповіді в Шевченковій повісті актуалізуються відмінні семантичні шари роману Голдсмита: від розпачливої історії про збезчещену і зниклу дочку Примроза та інші поневіряння його родини до щасливих шлюбів у кінці твору. Повість Шевченка завершується трагічною смертю талановитого художника під тягарем непосильних життєвих обставин унаслідок власної шляхетності. Замикається паралель із життям К. Брюллова: «Незабвенный Карл Великий уже умирал в Риме» [3, 207].

З французького письменства Шевченко серед іншого згадував творчість Ежена Сю, маючи на увазі, ймовірно, «Паризькі таємниці» — найвідоміший його роман. У повісті «Несчастный» Шевченко використовує ім'я Сю для характеристики інтелектуального рівня Іполитишки: «Это было что-то вроде идиота. <...> Однажды приходит он ко мне навеселе и видит у меня развернутую книгу на столе. «Что это вы почитываете? — спрашивает он. — «Мертвые души»? — а, это сочинение Эжена Сю» [9]. Дотепер дослідники робили з цього правильні ви-

сновки про стримане ставлення Шевченка до творчості Ежена Сю. Однак наведений уривок повісті слід розглянути і під іншим кутом зору — семантичної наповненості, структурного значення в розгортанні оповіді. Зрозуміло, процитований діалог достатньою мірою виявляє ступінь деградації Іполита, його невисоку читацьку культуру. Назва поеми Гоголя, про якого він, очевидно, ніколи навіть не чув, асоціативно пов'язується лише з доробком Ежена Сю, що ним у 1840-х роках зачитувалася вся Росія, хоча «Мертві душі» (1842) в той час теж набули неабиякої популярності, втім, не порівнюваної з резонансом «Паризьких таємниць».

Наведене інтертекстуальне відсилання знаходиться у сильній, особливо вагомій позиції на початку повісті, а тому одразу визначає вектор очікувань реципієнта щодо Іполита. Згаданий прийом не належить до метатекстуальності, адже жодного критичного осмислення творчості Сю в повісті Шевченка немає, натомість виразно задекларовано ставлення до неї. Це відсилання «підключає» до тексту стандартний на той час читацький досвід. Шевченко гумористично обігрує неосвіченість свого персонажа, кепкуючи водночас і з читача, якщо той захоплюється романами Сю, або залучаючи його до однодумців, за умови, що ім'я Гоголя означає для нього найвищу художню якість. Із плином часу процитований фрагмент зазнав істотного переосмислення. Романи Сю нині переважно зникли з активного читацького обігу, але це не заважає правильному розумінню тексту. Щоправда, відповідний епізод потребує певної літературної компетентності ідеального читача, який, до речі, має змогу, на відміну від Шевченка, читати Сю в оригіналі або, як мінімум, у повних перекладах.

У повісті «Несчастный» не йдеться про конкретний роман Сю. Його творчість постає як суцільний невірзаний текст. Читач легко

встановлює з контексту необхідний для правильного розуміння інтерпретант — з протиставлення Сю Гоголю. За п'ять років до написання повісті у листі до В. Репніної від 7 березня 1850 р. Шевченко дав найвищу оцінку «Мертвим душам» Гоголя на протигагу творчості Сю [1, 53–54]. Можливо, така його думка сформувалася як полемічна відповідь критиці у «Северной пчеле» Ф. Булгаріна, що підносила «Паризькі таємниці» й натомість ганила «Мертві душі» (див. [10]). Шевченка не могли привабити мелодраматичні ефекти і сюжетно-композиційні прийоми Ежена Сю, його подекуди надмірний пафос, риторичні коментарі до зображуваних подій, прямолінійні характеристики тощо. Втім, поза увагою Шевченка опинилися — можливо, через неповноту перекладів — соціально-реформаторські ідеї французького письменника, який щиро вболівав за знедолених.

Отже, у прозовій творчості Шевченко справді орієнтувався на всесвітньовідомих письменників-романістів Чарлза Діккенса і Вальтера Скотта, але застосовував із їхнього художнього доробку лише те, що відповідало його задумам, суголосило мистецьким настановам (див. докладніше [11–15]). Скажімо, він майже ніколи не вдавався до моделювання напруженої інтриги, як, приміром, Діккенс чи Сю, хоча відповідні вміння продемонстрував у повісті «Несчастный». Прозу Шевченка, переважно глибоко ліричну, насичено численними позафабульними відступами, від авторських міркуваннями. Низку творів визнаних майстрів слова він використовував радше для гри з читачем, не поділяючи художніх принципів їхніх авторів. Саме засвоєння досвіду західноєвропейських письменників, серед іншого, допомогло Шевченкові окреслити власний шлях художньо-естетичних пошуків у прозі.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Шевченко Т.Г.* Повне зібрання творів: у 12 т. Т. 6: Листи. Дарчі та власницькі написи. Документи, складені Т. Шевченком або за його участю. — К.: Наук. думка, 2003. — 629 с.
2. *Лазаревский М.* Извещение о прозаических сочинениях Т.Гр. Шевченка на великорусском языке // *Основа*. — 1862. — № 3. — С. 142–143.
3. *Шевченко Т.Г.* Повне зібрання творів: у 12 т. Т. 4: Повісті. — К.: Наук. думка, 2003. — 599 с.

4. *Большаков Л.* Быль о Тарасе. Кн. 1: Яман-кала. — М.; Оренбург, 1993. — С. 209.
5. Листи до Тараса Шевченка / упоряд. та авт. коментарів В.С. Бородин, В.П. Мовчанюк, М.М. Павлюк, В.Л. Смілянська, Н.П. Чамата. — К.: Наук. думка, 1993. — С. 47.
6. Т.Г. Шевченко. Біографія. — К.: Наук. думка, 1984. — С. 56.
7. *Чалий М.К.* Життя і твори Тараса Шевченка (Звід матеріалів до його біографії) / пер. з рос., післямова та коментарі В. Смілянської. — К.: Веселка, 2011. — С. 28.
8. *Яцюк В.* «Катерина» відома й невідома // Живопис — моя професія: Шевченкознавчі етюди. — К.: Рад. письм., 1989. — С. 8—37.
9. *Шевченко Т.Г.* Повне зібрання творів: у 12 т. Т. 3: Драматичні твори. Повісті. — К.: Наук. думка, 2003. — С. 242.
10. Смесь. Журнальная всякая всячина // Северная пчела. — 1843. — 20 марта (№ 63). — С. 249—251.
11. *Боронь О.* Чарлз Діккенс у лектурі та творчій практиці Тараса Шевченка: контактні зв'язки і типологічні збіги // Бібліотечка «Дивослова». — 2011. — № 3. — С. 42—50.
12. *Боронь О.* «Векфілдський священик» Олівера Голдсмита в інтертексті Шевченкової повісті «Художник» // 36. праць 38-ї Міжнар. наук. шевченк. конф. — Черкаси, 2011. — С. 434—441.
13. *Боронь О.* Повісті Тараса Шевченка і романістика Вальтера Скотта: контактні зв'язки й типологічні паралелі // Слово і Час. — 2012. — № 5. — С. 20—29.
14. *Боронь О.* Повість Шевченка «Варнак» і роман Вальтера Скотта «Роб Рой»: спільне і відмінне // Шевченкознавчі студії: зб. наук. праць КНУ імені Тараса Шевченка. — Вип. 16. — К., 2013. — С. 167—170.
15. *Боронь О.* Тарас Шевченко і Ежен Сю (про одне інтертекстуальне відсилання у повісті «Несчастный») // Літературознавчі студії КНУ імені Тараса Шевченка. — Вип. 37, ч. 1. — К., 2013. — С. 66—72.

*А.В. Боронь*

Институт литературы им. Т.Г. Шевченко  
Национальной академии наук Украины  
ул. Михаила Грушевского, 4, Киев, 01001, Украина

#### ПРОЗА ТАРАСА ШЕВЧЕНКО И ЗАПАДНОЕВРОПЕЙСКИЕ ЛИТЕРАТУРЫ: ПОДРАЖАНИЕ ИЛИ ТВОРЧЕСКОЕ УСВОЕНИЕ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОПЫТА?

Предпринята попытка расширить круг контактных связей Шевченко-прозаика с романистикой Чарльза Диккенса. Доказано, в частности, что Шевченко, кроме упоминавшихся в его прозе романов «Николаас Никлби» и «Дэвид Копперфилд», знал также «Холодный дом» и «Домби и сын». Проанализированы связи повестей Шевченко с творчеством Вальтера Скотта. Рассмотрена семантика интертекстуальных отсылок в повести «Художник» к роману «Векфильдский священник» Оливера Голдсмита. Указывается на критическое восприятие Шевченко наследия Эжена Сю, романы которого украинский писатель использовал скорее для игры с читателем. В итоге поставлен под сомнение распространенный в шевченковедении тезис о подражательности повестей Шевченко западноевропейским образцам прозы.

**Ключевые слова:** лектура, реминисценция, контактные связи, интертекстуальность.

*О.В. Боронь*

Shevchenko Institute of Literature of the National Academy of Sciences of Ukraine  
4 Myhajlo Hrushevs'ky St., Kyiv, 01001, Ukraine

#### PROSE BY TARAS SHEVCHENKO AND WESTERN LITERATURE: IMITATION OR CREATIVE ASSIMILATION OF ARTISTIC EXPERIENCE?

An attempt is made to expand the circle of contact connections of Shevchenko as a prose writer with novels by Charles Dickens. In particular, it is proved that in addition to knowing Dickens's novels "Nicholas Nickleby" and "David Copperfield" mentioned in his prose, Shevchenko was aware of "Bleak House" and "Dombey and Son". The article analyses connections between Shevchenko's stories and works by Sir Walter Scott. It also examines semantics of intertextual references in the story "The Artist" to the novel "The Vicar of Wakefield" by Oliver Goldsmith. It is pointed out that Shevchenko critically assimilated the artistic heritage of Eugene Sue's whose novels were used by the Ukrainian writer rather for playing with readers. As a result, the article calls into question the widespread in the Shevchenko studies thesis that in his stories the author imitates the prose models of western literature.

**Keywords:** scope of reading, reminiscence, contact connections, intertextuality.

ТАНЬШИНА

Алла Владимировна —  
кандидат педагогических наук



Академик  
Иван Васильевич Обреимов

## ФЕНОМЕН УФТИ

### Историко-документальный очерк

*Статья посвящена 120-летию со дня рождения выдающегося физика академика Ивана Васильевича Обреимова (1894–1981), директора-организатора Украинского физико-технического института (ныне — Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»).*

Выразить благодарность академику А.Ф. Иоффе за проявленную им инициативу в деле развития научно-исследовательской работы на Украине, в частности, отметить с удовлетворением выдвижение Ленинградским физико-техническим институтом группы высококвалифицированных научных работников для работы в Украинском физико-техническом институте.

*Из Постановления заседания коллегии Научно-технического управления ВСНХ УССР от 16 мая 1928 г. [1].*

### Предтеча (из первых уст, без комментариев)

«Тяжелые институты» наиболее правильно следовало бы — с психологической точки зрения — рассматривать как некие «гигантские игрушки».

*П.С. Эренфест*

П.С. Эренфест<sup>1</sup> — А.Ф. Иоффе<sup>2</sup> [2]  
13 апреля 1928 г.

Мой дорогой друг!

<...> Позволь мне высказать некоторые *возражения* [здесь и далее так выделено в первоисточнике. — Прим. А.Т.] по пово-

<sup>1</sup> Эренфест (Ehrenfest) Пауль (1880–1933) — физик-теоретик, иностранный чл.-корр. РАН (1924). В 1907–1912 гг. работал в Петербурге, с 1912 по 1933 г. — заведующий кафедрой теоретической физики Лейденского университета. В 1929–1933 гг. — научный консультант Украинского физико-технического института.

<sup>2</sup> Иоффе А.Ф. (1880–1960) — физик-экспериментатор, академик (1920). Родился в г. Ромны Полтавской обл. В 1927–1929 гг. и 1942–1945 гг. — вице-президент АН СССР. С 1918 по 1950 г. — директор Ленинградского физико-технического института. В 1952–1955 гг. — директор Лаборатории полупроводников АН СССР.

ду твоего плана забрать к себе Мандельштама и Тамма. Конечно, я прекрасно понимаю, насколько важно, во-первых, создать этим двум превосходным физикам благоприятные — по возможности — условия работы, вместо того чтобы бесполезно растрчивать их силы. Тем более, что они не только превосходные физики, но и *совершенно превосходные* люди. Я могу, во-вторых, очень хорошо и по достоинству оценить, что будет означать приход обоих этих людей, с их огромной *ясностью* мышления (!!!) и — в случае Тамма — с блестящей энергией и изобретательностью, в вашу группу для обучения лучших из молодежи. Но я все же должен тебе сказать, в чем суть моего возражения. Эта огромная концентрация внушает мне чувство глубокого страха. Французская революция сконцентрировала все в Париже; сравни теперь ситуацию там с тем, что имеет место в Германии. Одним из смертельнейших ядов такой концентрации является то, что кучка постаревших людей владеет абсолютно всем. В лучшем случае это люди, которые в молодости сделали нечто совершенно выдающееся, но зачастую и этого не бывает. Жизнь молодежи становится тогда адом. *Здоровое* развитие она может получить лишь в *децентрализованных* местах, заполненных сотрудниками только наполовину... Это *зло* ужасно, потому что проявляется оно очень медленно. Но это — смертельный яд!

То, что молодежь получает высшее образование в одном, двух центрах, — это очень хорошо, но затем она должна иметь возможность развернуться в процессе самостоятельной деятельности в децентрализованных местах, обеспеченных научными работниками не в полной мере.

Ну, а теперь немножко о другом, что стало заметным за последнее время! Централизация приводит к возникновению «тяжелых институтов», «солидных организаций», в которые тот, кто их создает и организует, умеет на долгое время — и по всем отраслям — вдохнуть истинную жизнь. Ведь в большей или меньшей степени это плоть, которую создает его душа! Но нередко эти институты становятся для их создателей проклятием. «Тяжелые

институты» наиболее правильно следовало бы — с психологической точки зрения — рассматривать как некие «гигантские игрушки», которые мальчик 50 лет позволяет себе подарить или купить. Мальчишеское упрямство мешает ему отшвырнуть их даже тогда, когда они становятся для него невыносимыми, когда они начинают обкрадывать ядро его собственного «я»...

Мой дорогой Иоффе! Я очень хорошо знаю, что все это ты говорил себе сам, однако ты все же считаешь, что должен избрать путь концентрации и размаха. Но в том, что я тебе еще раз об этом написал, быть может, все-таки есть смысл. Возможно, ты позаботишься тогда и о том, чтобы кое-что из этого отрицательного последствия было уменьшено.

Пожалуй, ты уже сейчас в некоторой степени сможешь провести подготовку к тому, чтобы по-настоящему хорошее пополнение тяготело бы не к Ленинграду, а смогло рассчитывать на удовлетворительные условия для развития в периферийных местах. Особенно это относится к математикам и физикам-теоретикам. Но и в их случае нужно, чтобы это происходило в *дружеском* контакте с тобой...



Сотрудники ЛФТИ с П.С. Эренфестом. Слева направо: И.В. Обреимов, Н.Н. Семенов, П.С. Эренфест, А.Ф. Иоффе, А.А. Чернышев. Ленинград. 1924 г.

Прости за это, несомненно, неприятное для тебя письмо. Во всяком случае оно показывает тебе, с каким вниманием я отношусь к твоим планам <...>.

**«Выезжайте немедленно организовывать Харьков» — «СОС пятьсот»**

С 1929 г. выделил из Физико-технического института такие же институты для Томска, Харькова, Днепропетровска и Свердловска.

*Из автобиографии А.Ф. Иоффе*

*Де-факто* (со слов И.В. Обреимова, директора-организатора УФТИ): «У нас в стране было всего два центра физической науки — Ленинград и Москва, и они «переманивали» многих хороших физиков из провинции...

Началась пропаганда того, что научные центры, и в частности крупные физические центры, надо строить в провинции в организованном порядке.

Институт получил два предложения: одно — открыть физико-технический институт в Свердловске, другое — усилить кафедру физики в Томске и создать на ее основе физико-технический институт.

Насколько идея рассредоточения физики встретила всеобщее сочувствие, настолько конкретный вопрос — кто поедет осваивать новые места — оказался трудным...

Когда я сообщил своей жене, Екатерине Александровне Пузино, о том, как проходит организация новых центров, она мне сказала: «Все твои молодые коллеги, которых ты так хвалишь, в действительности мало чего стоят. Они мастера критиковать. Но теперь, когда им дана возможность строить институты так, как они считают нужным, они дрейфят, не желают рисковать. Они предпочитают критиковать готовенькое». Я возразил: «Имей в виду, большую роль играют жены, которые не хотят уезжать из Ленинграда. Ведь если бы мне предложили уехать в провинцию, ты бы первая возразила». — «И ничего подобного. При условии, если разрешат строительство

института на новом месте, я бы советовала тебе ехать».

На следующий день я сказал А.Ф. Иоффе: «Если никто не желает ехать в Свердловск, то я согласен». — «Нет, — ответил он. — Вы должны оставаться здесь». Вскоре я уехал в Лейден, там окончил свою работу по спектрам кристаллов при низких температурах и стал работать на заводе Хука в Схидаме, где изготовлялась машина жидкого водорода для ЛФТИ.

Неожиданно в октябре 1928 г. получаю от А.Ф. Иоффе телеграмму: «Выезжайте немедленно организовывать Харьков». Я ответил: «СОС пятьсот». Получив свои «СОС пятьсот», я вернулся в Ленинград и на следующий день выехал в Харьков, взяв с собой П.И. Стрельникова и А.И. Лейпунского» [3].

**Блицкриг**

В 1929 году приказом по ВСНХ УССР был назначен директором вновь организуемого Украинского физико-технического института в г. Харькове.

*Из автобиографии И.В. Обреимова*

И.В. Обреимов — П.Л. Капице [4]  
12 июня 1928 г.

<...> В наш ГФТИ поступило разом два предложения организовать 2 физических института, один в Томске, другой у Харкові [так в первоисточнике. — Прим. А.Т.].

С Томском дело сделано... С Харьковом дело не только не кончено, но даже и не начато. В жертву Харьковому обречен Ваш покорный слуга. В Харькове предполагается дело очень интересное — большая криогенная лаборатория с водородом и гелием. Отчасти по моей инициативе...

Должен Вам сказать, что к институтам сверхдредноутам у меня влечения нет, т.ч. я мыслю себе — это очень скромный институт. Но вот когда я думаю о Вас, то мне кажется, что если бы вы там были, то это был бы допинг для нашей физики, и для физики вообще.

Вы подумайте, что можно сделать в таком институте. А для отечества — это ведь тоже





В лаборатории УФТИ. И.В. Обреимов (сидит в центре). Харьков. 1932 г.

◀ И.В. Обреимов — организатор и первый директор УФТИ. 1929 г.

будет институт, который будет конкурировать по своему значению с Питером и будет Питер подтягивать <...>

Л.В. Каменев — П.Л. Капице [4]  
Москва, 23 января 1929 г.

Уважаемый Петр Леонидович. Сейчас мы организуем в Харькове Физико-технический институт по типу Ленинградской [физико-технической] лаборатории академика А.Ф. Иоффе. Придавая этому делу исключительное значение, я решил просить Вас принять участие в организации этого института в качестве консультанта. Если Вы соглашаетесь на мое предложение, то на Вашей обязанности будет лежать ежегодный приезд в СССР на 2—3 месяца. Вопрос о визах (въездных и проездных) для Вас и Вашей семьи не будет связан для Вас ни с какими затруднениями и может быть при Вашем первом приезде сюда урегулирован так, как это Вам будет удобно. За Вашу работу здесь Вы будете получать ежегодно 2000 рублей, причем в эту же сумму будут входить и Ваши расходы по поездкам сюда.

Зная о ваших научных успехах, я полагаю, что Ваши приезды сюда окажут вообще существенное значение не только для Харьковского института, но и вообще для дела научно-технического развития СССР. Ознакомившись

с Вашим вопросом, я вообще был удивлен, что до сего времени не велось официальных переговоров с Вами о перенесении Ваших работ, как советского ученого, в СССР. Те средства, которыми располагает НТУ, вполне позволят создать для Вас в СССР — Ленинграде, Москве или Харькове — те условия, которые необходимы для успешного развития Вашей работы. Я полагаю, что при приезде сюда мы побеседуем с Вами об этих возможностях. Я вполне гарантирую вам, однако, что никакие давления в смысле немедленного переезда сюда на Вас не будут оказаны и весь вопрос будет решен в смысле наиболее успешного и бесперебойного хода Вашей работы.

Уважающий Вас,  
Л. Каменев

И.В. Обреимов — П.Л. Капице [4]  
Кембридж, 17 ноября 1929 г.

Дорогой Петр Леонидович. Нас всех крайне порадовало твое согласие быть консультантом у нас в Институте, и я надеюсь, что это лишь первый шаг к твоему постоянному переезду в СССР для постоянной научной работы. Ты прекрасно знаешь, как быстро научная работа развивается у нас в стране и какое громадное значение придается ей у нас.



И.В. Обреимов. Москва. 1946 г.

Я тебя могу уверить, что все необходимое, чтобы облегчить твой переезд будет предпринято и частично уже предпринято с нашей стороны.

1. Принимая во внимание твои моральные обязательства по отношению [к] Кавендишской лаборатории, мы включили в пятилетний план УФТИ на 1929/30 г. сумму в 250 тысяч рублей валютой на выкуп твоей лаборатории. Этот 5-летний план утвержден Президиумом ВСНХ УССР <...>.

3. В пятилетний план на 1929/30 год включена сумма в 300 тысяч рублей на постройку твоей Магнитной Лаборатории на участке нашего института.

4. Что касается твоего положения, то оно будет таким, каким ты пожелаешь, т.е. либо директором УФТИ, либо независимым Старшим Физиком, либо можешь иметь совершенно независимую лабораторию <...>.

И. Обреимов

П.Л. Капица – А.А. Капице [4]  
Москва, 15 апреля 1935 г.

<...> Настроение убийственное. Представь, уже почти 8 месяцев я сижу и ничего не делаю, и это не потому, что не желаю, а, конечно, потому, что я не могу...

Замечания: «Почему вы не поедете в Хар[ьков], работать там», так же наивны, как предложить шоферу сесть на козлы извозчика. То, что автомобиль и телега служат для езды, не значит еще, что один и тот же человек может на них ездить. Так и ученого нельзя пересаживать из одной лаборатории в другую.

## Status quo

Мы в УФТИ правильно оценили тенденцию развития науки.

*И.В. Обреимов*

«Мы в УФТИ правильно оценили тенденцию развития науки, что дальнейшее развитие науки пойдет по двум направлениям: физика конденсированной фазы (которую называют сейчас физикой твердого тела, или физикой кристаллов, причем оба названия меня несколько коробят) и физика атомного ядра.

УФТИ был инициатором в СССР направления «атомного ядра». В других центрах этим вопросом не занимались и не предполагали заниматься, отчасти считая, что для народного хозяйства эта проблема лежит в далеком поле. Физика твердого тела. Надо помнить, что до появления Петра Капицы мы были первой и единственной лабораторией в СССР и четвертой в мире, где был жидкий водород, а с 1933 г. и жидкий гелий. Мне вспоминается встреча с О. Мейсснером в берлинском Рейхсанштальте (аналогичен нашему Институту метрологии) в 1928 г. Он мне сказал: «Вы желаете иметь машину жидкого водорода? Вопрос в том, будете ли Вы иметь достаточно культурного механика, чтобы ее обслужить. Я такого механика добыть себе не могу и сам обслуживаю эту установку. Другие на ней работают, а я обслуживаю. Немецкие механики, конечно, культурнее русских механиков. Ваша судьба такая: Вы будете механиком при машине, а другие будут с жидким водородом работать. Впрочем, я буду Вам охотно помогать».

И он, действительно, очень помогал, не с водородом, где помощь оказывал Лейден, персонально профессор Кроммелин и главный механик Флим, а с гелием. Но пророчество Мейсснера не оправдалось. В руках механика Ивана Петровича Королева, а затем Владимира Ивановича Богатова и их воспитанников работали и две установки жидкого водорода, а впоследствии и установка жидкого гелия, полученная с помощью того же Мейсснера, работают и поныне.

Мы также правильно оценили масштаб и широкий стиль работ, стиль хороших измерений. Мы не задавались целью «догнать и перегнать», а просто делали как можно лучше, как можно тщательнее те исследования, которые, мы считали, стоят в повестке дня физики. С этой стороны я должен вспомнить Льва Васильевича Шубникова, который создал в УФТИ стиль критической, тщательной, точной работы. Надо вспомнить также Вадима Сергеевича Горского. Открытие им упорядоченных и частично упорядоченных твердых растворов является гордостью УФТИ.

Мы переезжали в Харьков — город, уже обладающий высокой культурой в области физики. Я имею школу Дмитрия Аполлинарьевича Рожанского, продолжателем дела которого был Александр Абрамович Слуцкий. Напомню, что до 1941 г. мировой рекорд по 30-мм-ым магнетронным колебаниям принадлежал УФТИ» [5].

### Вместо послесловия

«Ми занадто щасливі, що можемо розповісти про те сильне враження, яке викликало в нас відвідування Українського фізико-технічного інституту в Харкові.

Проблеми, що в ньому вивчаються, обіймають найважливіші теми чистої фізики й опрацьовуються з найсучаснішої точки зору.

Радісно бачити, що Радянський Союз робить такі величезні витрати для безкорисних шукань, які до того рано чи пізно відбиваються в практичному житті і приводять до винаходів, корисних для людства.

Особливо відмітимо установки, що відносяться до низьких температур (надпровідність, явище магнето-калорійного ефекту, адсорбція), і установки, що відносяться до ядерної фізики (установки для зруйнування атомів).

Але ще більше, ніж апарати для дослідів, ми були щасливі бачити всіх молодих співробітників, бадьорих і життєрадісних, які віддають свій труд туди, де теоретики і експериментатори об'єднують свої зусилля, тому що коли важливо мати апарати, то занадто важливіше, а це буває рідко, мати голови, які уміють користуватися ними.

Кращі побажання французьких фізиків їх харківським товаришам»<sup>3</sup>.

Харків, червень 1935 р.

ЖАН ПЕРРЕН —

дійсний член Французької та Української академії наук

ФРЕНСІС ПЕРРЕН —

професор теоретичної фізики (Париж)

*Стаття підготовлена по матеріалам монографії А.В. Таньшиной «Иван Васильевич Обреимов — первый директор УФТИ» (2008). Автор выражает искреннюю признательность научному куратору академику НАН Украины Виктору Григорьевичу Барьяхтару, а также всем, кто, так или иначе, содействовал выходу в свет цитированной выше монографии и юбилейной статьи.*

<sup>3</sup> Цитується (с сохранением орфографии и стилистики тех лет) отзыв о посещении УФТИ.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Научно-организационная деятельность академика А.Ф. Иоффе. Сборник документов. — Л.: Наука, 1980. — С. 112.
2. Эренфест — Иоффе. Научная переписка (1907—1933 гг.). — Л.: Наука, 1973. — С. 204—207.
3. Воспоминания об А.Ф. Иоффе. — Л.: Наука, 1973. — С. 51—52.
4. Рубинин П.Е. П.Л. Капица и Харьков: хроника в письмах и документах // Физика низких температур. — 1994. — Т. 20, № 7. — С. 699—734.
5. Обреимов И.В. Развитие естествознания за пятьдесят лет. Доклад первого директора Харьковского физико-технического института Академии наук УССР на торжественном заседании Ученого совета, посвященном 40-летию создания института. — Харьков, ротاپринт ФТИ АН УССР. — 1977. — С. 13.

## КРИВОНОС

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

## ГУБАРЕВ

**Вячеслав Федорович** –  
член-кореспондент НАН України,  
завідувач відділу Інституту  
космічних досліджень  
НАН України та НКА України

## НАУКА ЯК НАЙВИЩА ЦІННІСТЬ

До 100-річчя з дня народження  
академіка НАН України О.І. Кухтенка

*Статтю присвячено 100-річчю з дня народження академіка НАН України Олександра Івановича Кухтенка (1914–1994) – відомого українського вченого в галузі механіки і технічної кібернетики, талановитого організатора і популяризатора науки, засновника знаної наукової школи з автоматичного управління, теорії інваріантності, фізичної кібернетики, абстрактної теорії систем.*

...Наука – самое важное, самое прекрасное  
и нужное в жизни человека...

*А.П. Чехов*

11 березня 2014 р. виповнюється 100 років з дня народження академіка НАН України Олександра Івановича Кухтенка – відомого українського вченого в галузі автоматичного управління, теорії інваріантності та її застосувань, абстрактної теорії систем та інших напрямів інформатики. Його багатогранна наукова діяльність вдало поєднувала фундаментальні дослідження з використанням сучасних досягнень математики і вирішення актуальних прикладних завдань. Ідеї, які він висунув і розвивав щодо застосування абстрактних математичних структур як основи міждисциплінарних зв'язків наук, і сьогодні залишаються джерелом нових напрямів математичної теорії систем і теорії управління.

Олександр Іванович Кухтенко народився в м. Городня Чернігівської області в сім'ї викладача математики і фізики жіночої гімназії. Його батько рано прищепив сину любов до науки, якій присвятив усе своє життя. У роки навчання в Донецькому індустріальному інституті саме батько познайомив Олександра з книгами «Теоретическая механика на основе техники» Д.О. Граве і «Теоретическая механика» Г.К. Суслова. Вони й визначили коло професійних інтересів у ранній період наукової діяльності вченого. Дослідження з динаміки неголономних систем стосовно автоматичного управління та зі стійкості

руху неголономних систем, які О.І. Кухтенко здійснив у ті роки і до яких неодноразово звертався, перебуваючи вже на новому рівні, в подальшому стали значним фундаментальним внеском у науку управління.

Олександр Іванович з відзнакою закінчив інститут, і його запросили на викладацьку роботу. Він успішно поєднував наукову й педагогічну діяльність, захистивши у травні 1941 р. кандидатську дисертацію.

Під час Великої Вітчизняної війни О.І. Кухтенко був рядовим стрілецького і артилерійського полків 1-го та 4-го Українських фронтів. За участь у бойових діях його нагороджено орденом Червоної зірки та медаллю «За перемогу над Німеччиною у Великій Вітчизняній війні 1941–1945 рр.».

До наукової діяльності Олександр Іванович повернувся одразу після демобілізації з лав Радянської Армії. У 1949 р. він організував і очолив лабораторію автоматики в Інституті гірничої справи АН УРСР, а з 1956 р. поновив педагогічну діяльність у Київському інституті цивільного повітряного флоту (з 1965 р. — Київський інститут інженерів цивільної авіації, КІІЦА). На запрошення академіка В.М. Глушкова в 1963 р. О.І. Кухтенко перейшов до Інституту кібернетики АН УРСР на посаду завідувача відділу, але продовжив педагогічну і науково-дослідну діяльність у КІІЦА.

У 1964 р. О.І. Кухтенка було обрано членом-кореспондентом, а в 1972 р. — академіком АН УРСР.

Багато зусиль та уваги Олександр Іванович приділяв координаційній і науково-організаційній роботі, популяризації та розвитку науки, формуванню нових перспективних напрямів досліджень. Він очолював київську секцію Наукової ради з проблеми «Управління рухом та навігацією», був заступником головного редактора двотомного видання «Енциклопедія кібернетики», заступником голови Наукової ради з проблеми «Кібернетика».

О.І. Кухтенко — двічі лауреат Державної премії України, його нагороджено багатьма орденами й медалями Радянського Союзу, Почесною грамотою Президії Верховної Ради



УРСР, присвоєно звання заслуженого діяча науки України.

Непересічна особистість Олександра Івановича, широта і багатогранність його наукових поглядів, викладацький хист приваблювали до нього талановиту молодь. Багато з тих, кого він залучив до наукової діяльності, згодом захистили кандидатські й докторські дисертації, стали відомими вченими.

Після отримання перших значних результатів з динаміки неголономних систем О.І. Кухтенко взявся за розв'язання складних, на той час маловивчених задач управління. У 40-х роках минулого століття проблема інваріантності була дискусійною і викликала гострі суперечки серед фахівців. Активно долучившись до дослідження цієї проблеми, Олександр Іванович у підсумку одержав фундаментальні результати, які виклав у монографії «Проблема інваріантності в автоматике». Наприкінці 80-х років йому вдалося замкнути дві гілки теорії інваріантності — алгебраїчну і проблему управління. До цього всі вважали, що між ними не було нічого спільного. Крім суто теоретичних проблем його цікавили дослідження, пов'язані з використанням теорії інваріантності на практиці, зокрема в задачах автопілотування літальних апаратів. Без жодного сумніву можна стверджувати, що роль робіт О.І. Кух-

тенка у становленні та подальшому розвитку цього напрямку надзвичайно велика.

Останній період своєї наукової діяльності Олександр Іванович присвятив абстрактній теорії систем (АТС), яку він розглядав як загальнонаукову платформу для цілої низки дисциплін. Аналізуючи різноманітні концепції, пов'язані зі створенням загальнометодичного і математичного підґрунтя, необхідного для уніфікації знань, він дійшов до ідеї побудови АТС індуктивним шляхом, спираючись на породжуючі структури Бурбакі та їх іманентні об'єднання. І хоча математика Бурбакі зазнавала різкої критики з боку багатьох математиків і фізиків, все ж таки з погляду систематизації та уніфікації знань запропонований ним підхід виявився корисним. Останнім часом завдяки появі нових розділів математики, в яких використовують мову геометрії і топології, нелінійний функціональний аналіз чи абстрактний гармонічний аналіз, з'явилася можливість, залишаючись у рамках класичної математики, по-но-

вому оцінити його ідею. Безсумнівно, роботи О.І. Кухтенка в галузі АТС мали величезний вплив на розвиток цього наукового напрямку, в якому сьогодні плідно працюють багато його послідовників.

Досягнення можливої єдності наукових знань — основна тема його статей «О физике и кибернетике», «Кибернетика и фундаментальные науки» та деяких інших. У цих публікаціях Олександр Іванович розглядав також питання, пов'язані з побудовою методичних основ загальної теорії систем.

Багато часу і зусиль О.І. Кухтенко приділяв справі популяризації науки. Він опублікував низку статей, в яких висвітлив основні етапи становлення теорії інваріантності, історії формування кібернетики, диференціації наук кібернетичного напрямку та інформатики.

Багатогранна діяльність видатного вченого і організатора науки академіка Олександра Івановича Кухтенка є сьогодні для молодих науковців яскравим прикладом самовідданого служіння науці.



## ЩО СПІЛЬНОГО МІЖ ЧОРНОЮ ДІРОЮ І ПРОГНОЗОМ ПОГОДИ?

Відомий британський фізик-теоретик Стивен Хокінг, один із засновників сучасної теорії чорних дір, опублікував препринт своєї статті, в якій пропонує переглянути одне з основних положень цієї теорії, а саме: замінити горизонт події чорної діри, через який ані матерія, ані енергія не можуть повернутися назовні, на так званий уявний горизонт (*apparent horizon*), здатний затримувати матерію та енергію лише на деякий час.

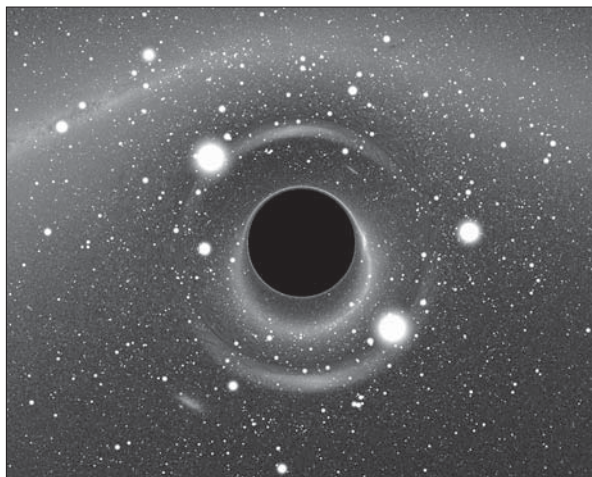
«Більшість фізиків, достатньо ексцентричних, щоб написати у своїй статті: «чорних дір не існує» (принаймні у тому вигляді, як ми їх зазвичай уявляємо), знають напевне — такий матеріал не опублікують, а їх пошлють у дурні. Проте, коли до пересмислення ключових понять закликає Стивен Хокінг (Stephen Hawking), то на це варто звернути увагу», — пише журнал *Nature*<sup>1</sup>.

Справа в тому, що 22 січня 2014 р. відомий фізик-теоретик з Кембриджського університету (Велика Британія), один із творців сучасної теорії чорних дір Стивен Хокінг виклав у онлайн-доступі препринт статті з досить незвичною назвою «Збереження інформації та прогноз погоди для чорних дір»<sup>2</sup>, в якій пропонує відмовитися від основного поняття цієї теорії, так званого *горизонту подій* — невидимої межі, яка, як вважають, оточує будь-яку чорну діру і через яку ніщо, ані матерія, ані енергія, навіть інформація, не може прорватися. Замість цього він пропонує м'якший варіант *уявного горизонту* (*apparent horizon*), який лише тимчасово утримує матерію та енергію в полоні, врешті-решт звільняючи їх, хоча й у дуже спотвореному вигляді. Статтю написано за матеріалами лекції, яку С. Хокінг прочитав під час інтернет-конференції в Інституті теоретичної фізики ім. Ф. Кавлі (Каліфорнія) в серпні 2013 р.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> <http://www.nature.com/news/stephen-hawking-there-are-no-black-holes-1.14583>.

<sup>2</sup> *Hawking S.W.* Information preservation and weather forecasting for black holes. — <http://arxiv.org/abs/1401.5761>.

<sup>3</sup> [http://online.kitp.ucsb.edu/online/fuzzorfire\\_m13/hawking/](http://online.kitp.ucsb.edu/online/fuzzorfire_m13/hawking/).



Чорна діра (комп'ютерна графіка)

Згідно з традиційними уявленнями, якщо щільність матерії досягає деякої критичної величини, під впливом власної гравітації вона колапсує в чорну діру — частину простору, де гравітаційні сили настільки великі, що навіть світло не може її покинути. Чорна діра відділена від решти Всесвіту горизонтом подій — умовним бар'єром, проникним лише в один бік.

У класичній теорії відносності чорна діра не може нічого випромінювати, однак у середині 70-х років С. Хокінг показав, що квантові ефекти поблизу горизонту подій призводять до того, що діра все ж таки випромінює, причому спектр цього випромінювання є аналогічним до спектра випромінювання абсолютно чорного тіла. З погляду квантової механіки, це означає, що чорна діра втрачає інформацію про те, що вона поглинула. Цей ефект суперечить постулату про збереження інформації (у певному сенсі узагальненню закону збереження енергії) і тому дістав назву *інформаційного парадоксу* чорних дір.

Розвиваючи ідеї С. Хокінга і намагаючись розв'язати цей парадокс, фізик-теоретик Дж. Полчинські (Joseph Polchinski) з колегами в 2012 р. описали ефект так званої *вогняної стіни* (*firewall paradox*), суть якого полягає в тому, що за законами квантової механіки межа горизонту подій має бути настільки насиченою енергією, що будь-який об'єкт, який потрапляє

до неї, буде знищено. Цей результат, у свою чергу, суперечить теорії відносності, згідно з якою горизонт подій з погляду фізичних законів нічим не відрізняється від решти регіонів простору.

У своїй новій роботі С. Хокінг запропонував інший, неймовірно простий варіант. Квантова механіка і загальна теорія відносності залишаються справедливими, але у чорних дір просто немає горизонту подій. Його версія спирається на те, що квантові ефекти довкола чорної діри примушують простір-час закручуватися так, наче чіткої поверхневої межі не існує. Замість горизонту подій він пропонує поняття уявного горизонту — поверхні, яка утримує матерію та енергію, але тимчасово, надаючи їм врешті-решт можливість вирватися з поля дії чорної діри. У теорії загальної відносності ці два горизонти є ідентичними, однак насправді вони дещо відрізняються. Якщо чорна діра поглинає дедалі більше матерії, то її горизонт подій має розбухати і розростатися за межі уявного горизонту. «Відсутність горизонту подій означає, що не існує чорних дір у тому сенсі, що є такий стан, звідки світло ніколи не зможе вирватися», — пише С. Хокінг.

Учений зауважує також, що випромінювання чорної діри матиме хаотичний, у математичному сенсі, характер. Це означає, що, незважаючи на принципове збереження інформації, витягти її з випромінювання неможливо. У своїй роботі С. Хокінг порівнює завдання вилучення інформації з випромінювання чорної діри з прогнозування погоди на віддалене майбутнє: теоретично це можливо, але практично, з достатнім ступенем точності — не вдається. Хаотичність у цьому випадку означає таку залежність від початкових умов, що найменша неточність у їх визначенні призводить до принципово різних розв'язків задачі. «У класичній теорії з чорної діри немає виходу, однак квантова теорія дозволяє енергії та інформації вирватися за її межі», — пояснив С. Хокінг в інтерв'ю журналу Nature. Учений погоджується, що для повного з'ясування процесу потрібно створити теорію, яка б успішно поєднала гравітацію з іншими фундаменталь-



ними силами природи, над чим фізики б'ються вже майже століття. «Правильне трактування, — підсумував С. Хокінг, — залишається загадкою».

«Змальована С. Хокінгом картина виглядає правдоподібною, — коментує препринт Дон Пейдж (Don Page), фізик та експерт з чорних дір з Університету Альберта (Канада), який співпрацював із С. Хокінгом у 70-х роках. — Припущення про відсутність горизонту подій може здаватися надто радикальним, але це суто квантові умови і неоднозначність залишається навіть у тлумаченні самого простору-часу, не кажучи вже про реальність горизонту подій». І хоча Д. Пейдж поділяє нову ідею С. Хокінга, він висловлює сумнів, що одного цього факту буде достатньо, щоб подолати парадокс вогняної стіни. Навіть наявність ефемерного уявного горизонту, попереджає він, може спричинити такі самі проблеми, як і в разі горизонту подій.

На відміну від горизонту подій, уявний горизонт з часом може зникати. Д. Пейдж зазначає, що С. Хокінг підводить нас до надзвичайного сценарію, «за яким в принципі все може вийти за межі чорної діри». Щоправда, С. Хокінг не вказує у своїй статті, як саме має зникати уявний горизонт, і Д. Пейдж зробив припущення, що це може статися, коли чорна діра зменшиться до певного розміру, за якого ефекти квантової механіки та гравітації об'єднуються. У цю мить усе, що колись потрапило в чорну діру, звільниться, хоча й у дуже спотвореному стані.

Якщо С. Хокінг правий, то, можливо, у центрі чорної діри немає і сингулярності. Матерія лише тимчасово утримується в межах уявного

горизонту, який із часом зміщується всередину внаслідок тяжіння чорної діри, однак ніколи не впаде в її центр. Інформація про цю матерію збережеться, проте вона настільки зміниться, що, потрапивши назовні у вигляді променів Хокінга, не дасть жодної можливості довідатися, чим саме були колись поглинуті об'єкти. «Це буде складніше, аніж намагатися відтворити з попелу книгу, спалену дощенту», — каже Д. Пейдж.

Утім Дж. Полчинські висловлює сумніви щодо існування чорної діри без горизонту подій, оскільки певний тип жорстких флуктуацій, потрібних для його зникнення, — це надто рідкісне явище у Всесвіті. «У гравітаційній теорії Ейнштейна горизонт чорної діри не дуже відрізняється від будь-якої іншої частини космосу, — зазначає він. — Ми ніколи не побачимо флуктуацію простору-часу навколо себе: це дуже рідко трапляється на великих масштабах».

Рафаель Буссо (Raphael Bousso), фізик-теоретик з Каліфорнійського університету в Берклі, колишній студент С. Хокінга, наголошує, що ця стаття зайвий раз підкреслила, наскільки суперечливою є ідея вогняної стіни. Проте він також з обережністю ставиться до розв'язку Хокінга. «Думка про те, що у чорній дірі немає такої точки, з якої неможливо було б вирватися, певною мірою навіть радикальніша за ідею вогняної стіни і ставить перед фізиками ще більше проблем, — каже він. — Однак той факт, що ми й досі обговорюємо ці питання, хоча після публікації перших робіт С. Хокінга щодо чорних дір минуло вже 40 років, свідчить про їх величезне значення».

# CONTENTS

## OFFICIAL SECTION

- From Conference Hall of NAS of Ukraine Presidium  
(15 January 2014) ..... 3
- From Conference Hall of NAS of Ukraine Presidium  
(29 January 2014) ..... 8

## SCIENTIFIC REPORTS

- Krukovskiy P.G.** Thermogasodynamic State Analysis  
for New Safe Confinement and the Object “Shelter”  
(*by Materials of Scientific Report at NAS of Ukraine  
Presidium Meeting 15 January 2014*) ..... 13
- Konovalenko A.A.** On the Results of the Comple-  
tion of the Special Complex Scientific Investigations  
Program of NASU “Modernization of the UTR-2 Ra-  
dio Telescope and Perspective Development of Low  
Frequency Radio Astronomy in Ukraine” (*by Materi-  
als of Scientific Report at NAS of Ukraine Presidium  
Meeting 29 January 2014*) ..... 20

## ARTICLES AND REVIEWS

### NOBELIANA-2013

- Gorbar E.V., Gusynin V.P.** Higgs Boson: Anticipa-  
tion, Search, and Discovery ..... 31
- Vitsiaz S.P.** Regional Aspects of Political Events An-  
cient Rus First Half XI Century ..... 42
- Petrychenko V.F., Kots S.Ya.** Symbiotic Systems in  
Modern Agricultural Manufacture ..... 57

## INNOVATIVE DEVELOPMENT

- Smertenko P.S., Chernyshev L.I., Bilan I.I., Solo-  
nin Y.M., Gorohovatska M.Ya., Kulchytsky I.I.,  
Kot O.V., Boyko N.V.** Clusters and Technology Plat-  
forms as a Mechanism for Development of Economy  
of Ukraine ..... 67

## SCIENTIFIC FORUMS

- Zelnichenko O.T., Lipodayev V.M.** Welding and  
Related Technologies – Present and Future (*Interna-  
tional Conference*) ..... 77
- Ryabets L.V., Ocheretyanko S.I.** Ukrainian Ency-  
clopedistics (*III International Scientific Conference*) ..... 83

## YOUNG RESEARCHERS

- Boron’ O.V.** Prose by Taras Shevchenko and West-  
ern Literature: Imitation or Creative Assimilation  
of Artistic Experience? (*Scientific Report at NAS of  
Ukraine Presidium Meeting 2 October 2013*) ..... 89

## SCIENTIFIC TRENDS

- Tanshyna A.V.** Phenomenon of Ukrainian Physico-  
Technical Institute (*Historical Documentary Essay*) ..... 94

## PEOPLE OF SCIENCE

- Kryvonos Yu.G., Gubarev V.F.** Science as the High-  
est Value (*to 100<sup>th</sup> Anniversary of NAS Academician  
O.I. Kukhtenko*) ..... 100

## SCIENCE NEWS

- What do Black Hole and Weather Forecasting Have  
in Common ..... 103

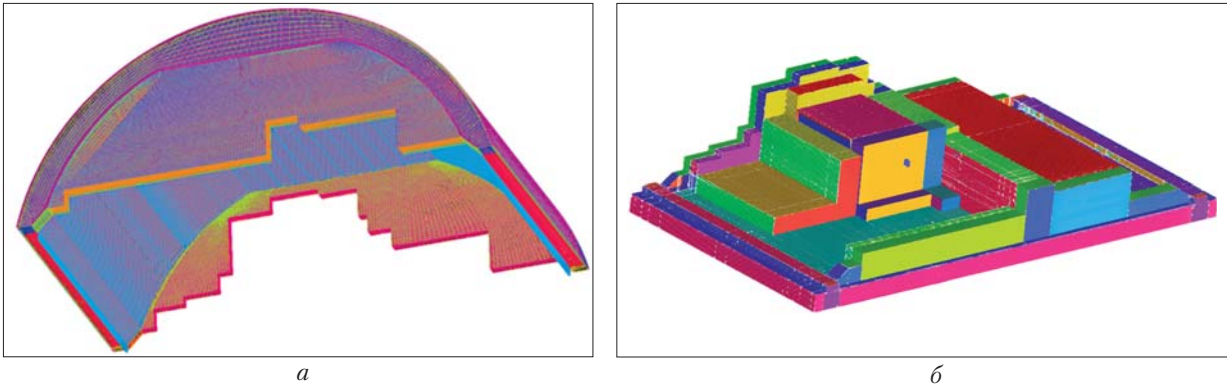


Рис. 4. Частини геометричних і сіткових моделей Арки (а) та всіх об'єктів під нею, в тому числі об'єкта «Укриття», ґрунтів і фундаментів (б)

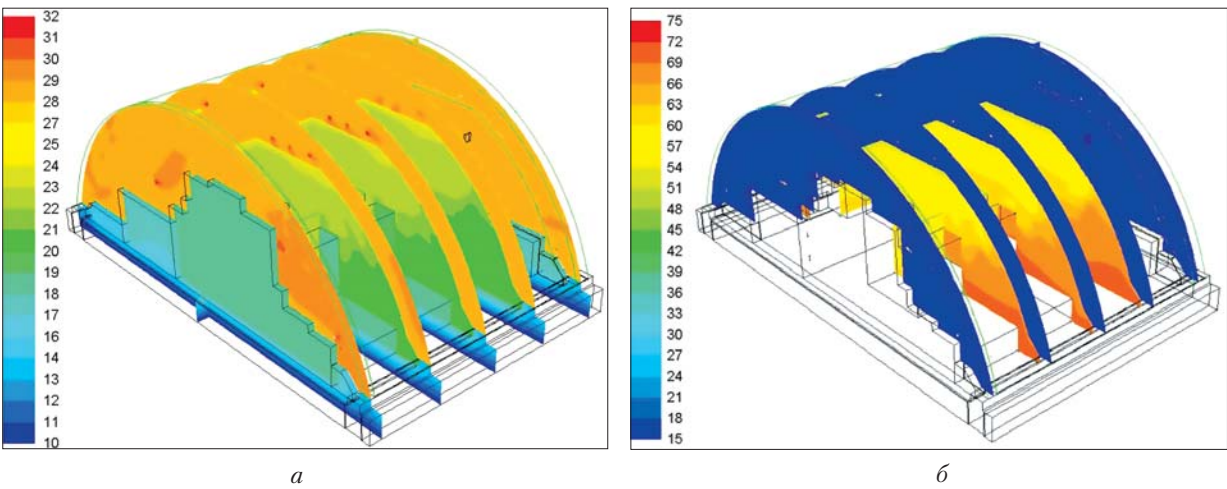


Рис. 5. Розподіл температур (а) і вологості (б) в кільцевому та основному об'ємах НБК і об'єкта «Укриття»

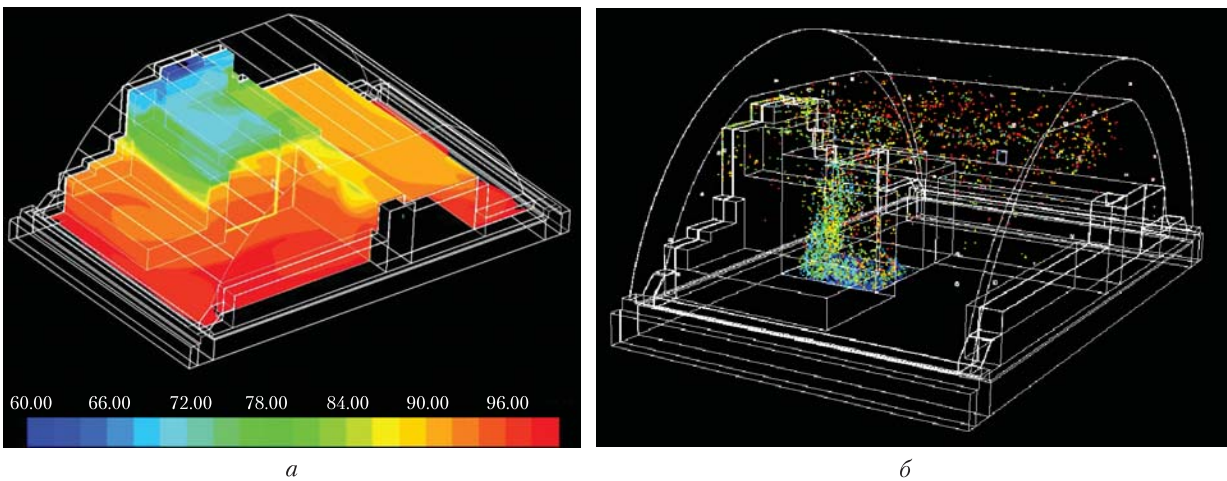
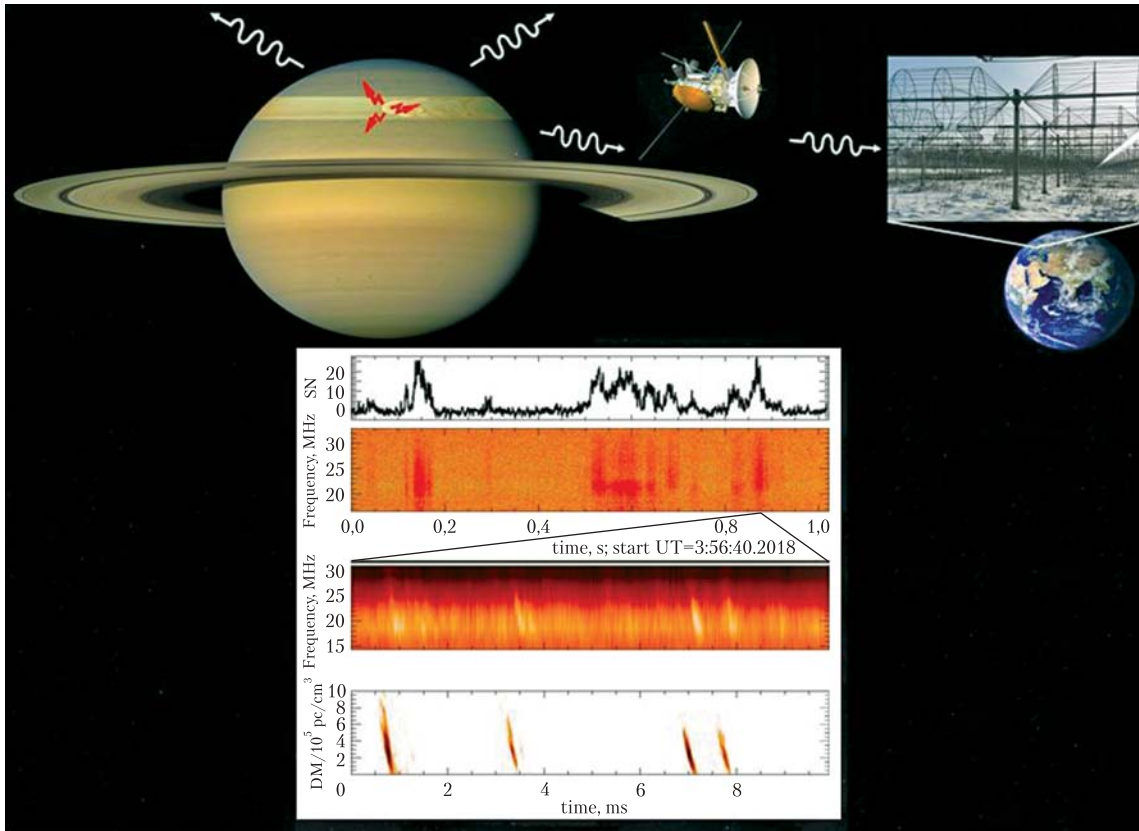
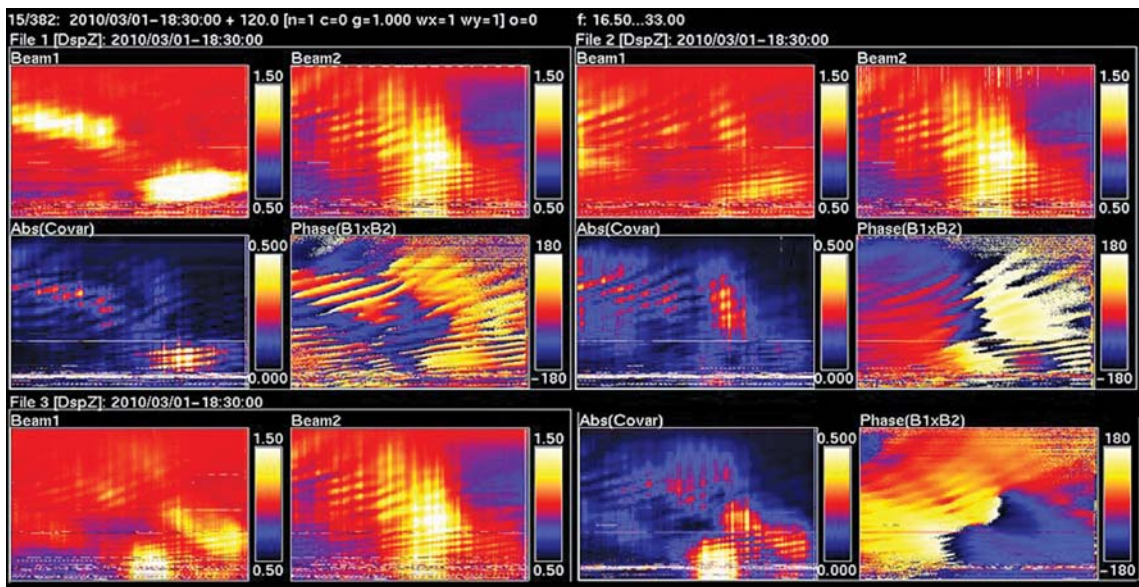


Рис. 6. Розподіл відносної вологості на поверхнях об'єкта «Укриття» навесні (а) і щільності частинок радіоактивного пилу у зруйнованому реакторі й основному об'ємі НБК (б)



**Рис. 6.** Детектування радіовипромінювання блискавок і його надтонкої структури в атмосфері Сатурна (синхронні спостереження УТР-2 і космічного апарата «Кассіні»)



**Рис. 7.** Багатоантенні і багатопроменеві вимірювання динамічних спектрів на УТР-2 для вивчення міжпланетного середовища та іоносфери (космічна погода)



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

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

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

**Редактори:**

Л.Є. КАНІВЕЦЬ, А.О. ЧЕПИЛЕНКО

**Адреса редакції:**

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

тел./факс (38044) 234-71-18

E-mail: visnyk@nas.gov.ua

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

Технічний редактор *Т.М. Шендерович*

Комп'ютерне верстання *В.М. Кانیщева*

---

Підписано до друку 05.03.2014. Формат 84 × 108/16. Гарн. Петербург.

Ум. друк. арк. 11,13+0,21 вкл. Обл.-вид. арк. 11,91.

Тираж 316 прим. Зам. 3839

---

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

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

© Президія Національної академії наук України, 2014

© Академперіодика, 2014