



3 днем народження, Академіє!



Остання декада листопада. Дні закручуються в тугий вузол, і кожний з них особливо важливий, пам'ятний і бентежний. 21 листопада — День Гідності та Свободи на відзначення двох Майданів, двох революцій: Помаранчевої й Революції Гідності. На 22-ге припадає третя субота листопада, коли українці згадують Голодомор 1932–33 років, влаштований сталінською владою, щоб знищити дух спротиву українського села і ціною мільйонів годин смертей оплатити радянську індустріалізацію. Це день тихої печалі, свічки на вікні й скорботи в душі.

У такі дні ворог не може не гатити по містах і селах, по мирних людях. Масований терор рашисти вчинили 19 листопада, накривши всю Україну, а особливо її Захід сотнями ракет і ударних дронів. Львів, Тернопіль, Бурштин, Івано-Франківськ, Хмельниччина, Дніпро, Харків, Миколаїв, Одещина й Київщина. Під ударами була енергетика й цивільна інфраструктура. За цими

словами — нові блекауті, екстрені й аварійні відключення, руйнування помешкань і горе — безкінечне горе людей, які втратили своїх близьких. Тернопіль — ще одна глибока рана в серцях українців.

А водночас у країні підвищується політична напруга — з огляду на викриття корупційного кубла в Енергоатомі, звільнень з посад двох міністрів та перспектив оприлюднення нових розслідувань — у Верховній Раді спалахує дискусія: а чи не перезавантажити весь уряд.

І на тлі цих внутрішніх подій, на тлі обстрілів і атак ворога, що не припиняються, на тлі горя і страждання людей з'являється новий проєкт так званої мирної угоди, підготовлений США з росією (план Віткоффа і Дмитрієва) на 28 пунктів, який неможливо назвати інакше, ніж угодою про капітуляцію України.

Важко зрозуміти, на що розраховували автори проєкту й ті, хто за ним стоять (можливо, Дональду Трампу хотілося просто інтенсифікувати процес переговорів, тоді йому це вдалося), але цілком

очікувано у Женеві зібралася інша договірна група за участі представників України, Європи та США. За словами держсекретаря США Марко Рубіо, ці зустрічі були для нього «найпродуктивнішими та найбільш значущими» в мирному процесі (що триває вже десять місяців).

Отже, новий вогник у кінці тунелю? Поки що далеко не світло. Але Україна тримається. Триматься її доблесні воїни, тримається тил. Що ми можемо протиставити зараз, окрім власної стійкості й готовності допомогти загальній справі — кожний на своєму місці?

І не даремно на листопад припадають дві (а з цього року — навіть три) важливі події, пов'язані з наукою. 11 листопада — Всесвітній день науки в ім'я миру та розвитку. 27-го — День народження Національної академії наук України (дехто й серед читачів «Світу» наполягає, що відлік необхідно вести з 14 листопада 1918 року, коли гетьман Скоропадський підписав документ про створення УАН. Але офіційно визнана дата — одна). Окрім того,

тепер 27 листопада ще й відзначатимемо Міжнародний день залучення до науки заради сталого розвитку — його затвердила на початку цього місяця Генконференція ЮНЕСКО за пропозицією академіка НАН України й президента МАН (Центру під егідою ЮНЕСКО) Станіслава Довгого.

І, звичайно, 27 листопада ми згадуємо багаторічного керівника НАН України, ровесника Академії, видатного вченого Бориса Євгеновича Патона, якому виповнилося б 107 років.

Від початку російсько-української війни, а надто після повномасштабного вторгнення, науковці НАН України створили чимало унікальних речей, які допомагають ЗСУ нищити ворога. Настане час — про це розповімо. Останніми роками зміцніли зв'язки з науковими центрами світу. Академія стала справді науковою силою незалежної України. Вітаючи іменинницю, бажаємо всім науковцям проривних ідей, нових відкриттів і гідного фінансування!

Колектив газети «Світ»

СЬОГОДНІ В НОМЕРІ



Нова парадигма керування світлом і радіохвилями

Учені КПІ ще 1989 року створили, математично змоделивали й запатентували винахід мікрохвильового режекторного фільтра, що здійснює повне поглинання енергії електромагнітних хвиль.



Українські фізики у серці світової науки

Українські дослідники долучаються до створення універсальної установки нового покоління, яка поєднає переврені технології ВАК із найновішими досягненнями у сфері магнітів, криогенних систем і вакуумної техніки.



Відомі-невідомі клітини, які захищають життя

Чи будуть у нас нобелівські лауреати? Мабуть, будуть. Якщо наукова робота гідна — вона одержить Нобелівську премію в будь-якому разі. В Україні багато талантів, тому все у нас буде.



Цунамі у Чорному морі: чи готова Україна?

І хоча цунамі трапляються рідше, ніж інші природні катастрофи, через свою руйнівну силу та швидкість вони є серйозною загрозою для прибережних і морських територій та громад.



Війна. Вистояти і перемогти

Продовжуємо хроніку українського спротиву, яку «Світ» веде з 24 лютого 2022 року

17 вересня. Новим санкціям — бути

Єврокомісія незабаром представить 19-й пакет санкцій, спрямований проти російських криптоактивів, банківської та енергетичної сфер рф. Про це заявила президентка Єврокомісії Урсула фон дер Ляєн після телефонної розмови з президентом США Дональдом Трампом.

Генштаб повідомляє. За добу на фронті відбулося 155 бойових зіткнень, найбільше (43) — на Покровському напрямку. Противник атакував у районах населених пунктів Володимирівка, Никанорівка, Золотий Колодязь, Ново-економічне, Звірове, Молодецьке, Родинське, Мирнолюбівка, Промінь, Новоукраїнка, Нове Шахове та в напрямку Покровська.

18 вересня. Перше обладнання вже приїхало

До України прибуло перше військове обладнання, передбачене угодою між США і НАТО в межах програми PURL (Prioritized Ukraine Requirements List). Найближчим часом очікуються нові поставання. Про це *Суспільному* повідомив представник Альянсу. За його словами, ще більше пакетів допомоги «вже в дорозі». Наразі в межах програми PURL профінансовано чотири пакети.

Бавовна у волгограді. Вночі підрозділи наших Сил спеціальних операцій уразили волгоградський нафтопереробний завод у росії. Як повідомляє пресслужба ССО, це підприємство залучене до забезпечення потреб збройних сил ворога, а також є найбільшим виробником паливно-мастильних матеріалів у південному федеральному окрузі рф.

Дронова група. Україна і Польща створюють Спільну робочу групу з безпілотних авіаційних систем. Відповідний Меморандум підписали у Києві міністр оборони України Денис Шмигаль і віцепрем'єр-міністр — міністр національної оборони Польщі Владислав Косіняк-Каміш. Центральним елементом цієї робочої групи будуть програми спільного навчання.

19 вересня. Де контратакуємо?

На Донецькому напрямку фронту українські воїни продовжують контрнаступальні дії, зокрема йдеться про райони Покровська і Добропілля. Про це повідомив Президент України Володимир Зеленський у вечірньому зверненні. «У росіян — суттєві втрати, повністю й обмінний фонд для нашої держави», — додав Президент.

Збільшити ресурс для оборони. Державний бюджет України на 2025 рік можуть знову скоригувати, якщо зростатиме потреба у фінансуванні сектору безпеки й оборони. Про таку можливість повідомив міністр фінансів Сергій Марченко під час години запитань до уряду у Верховній Раді. За його словами, нинішня ситуація на фронті може змусити уряд додатково збільшити ресурс для сил оборони.

20 вересня. Окремі Штурмові війська

В Україні вже ухвалено рішення створити Штурмові війська. Про це повідомив Президент України Володимир Зеленський під час спілкування з журналістами. За його словами, триває підготовка до оголошення цього рішення. Глава держави також додав, що у Штурмових військах обов'язково буде «дронівна складова».



Точно в ціль. Українські війська у ніч на 20 вересня атакували стратегічні об'єкти у росії. Як повідомляє наш Генштаб, ураження завдали по саратовському нафтопереробному заводу, який забезпечує 2,54 % від загального обсягу нафтоперероблювання у рф. Також підрозділи Сил безпілотних систем уразили новокуйбишевський нафтопереробний завод у самарській області. Окрім того, підрозділи Сил спеціальних операцій влучили по об'єкту магістральної транспортної інфраструктури — лінійно-виробничо-диспетчерській станції «самара».

21 вересня. Вполювали «термінатора»

412 окремий полк Nemesis знищив ворожий наступальний шляхопрокладач — IMP-3M. Як повідомляється в соцмережах підрозділу, ця машина призначена для розчищення шляху іншим моторизованим військам у складних умовах наступу. Зазначається, що ворог називає IMP-3M «термінатором на гусеницях».

росія провокує у Балтії. У неділю два німецькі винищувачі Eurofighter були підняті в повітря для перехоплення російського військового літака-розвідника Іл-20М над Балтійським морем. Як пише *Європейська правда* з посиланням на DPA, ситуація в регіоні Балтійського моря останнім часом стала ще більш напруженою через порушення росією повітряного простору.

22 вересня. Що під Покровськом?

За добу на фронті відбулося 143 бойових зіткнень, зокрема 44 — на Покровському напрямку. Як повідомляє Генштаб ЗСУ, активність російських окупантів фіксувалася поблизу населених пунктів Никанорівка, Золотий Колодязь, Родинське, Червоний Лиман, Ново-економічне, Мирнолюбівка, Промінь, Мирноград, Звірове, Котлине, Удачне, Молодецьке, Дачне. Га-

ряче було і на Новопапівському напрямку, де українські підрозділи відбили 19 атак у районах населених пунктів Філія, Січневе, Шевченко, Соснівка, Новоіванівка, Тернове, Мирне, Березове, Новогригорівка, Новомиколаївка.

Удар по Запоріжжю. Вранці російські війська завдали ударів по цивільній інфраструктурі в Запоріжжі, внаслідок чого троє людей загинули, четверо поранені. Як розповів начальник Запорізької ОВА Іван Федоров, росіяни скерували на місто щонайменше п'ять авіабомб.

23 вересня. Чергова зустріч із Трампом

Президент США Дональд Трамп поступово зрозумів, що путін надавав йому неправдиву інформацію про ситуацію на полі бою. Про це після зустрічі з очільником Сполучених Штатів розповів Президент України Володимир Зеленський.

Нічне полювання. Генштаб ЗСУ повідомив, що в ніч на 23 вересня підрозділи ракетних військ і артилерії та Сил безпілотних систем ЗСУ, у взаємодії з іншими складовими Сил оборони, уразили лінійно-виробничу диспетчерську станцію «8-Н» у районі населеного пункту найтоповичі брянської області.

Окрім того, підтверджено повторне ураження підрозділами Сил безпілотних систем ЗСУ лінійно-виробничої диспетчерської станції «самара» у самарській області. Також зафіксовано влучання по двох літаках на військовому аеродромі «Кача», на тимчасово окупованій території АР Крим, підрозділами Головного управління розвідки МОУ.

24 вересня. І знову навчальний центр

російські загарбники завдали комбінованого удару, зокрема двома балістичними ракетами «іскандер», по навчальному підрозділу Сухопутних військ ЗСУ. Повідомляється, що внаслідок точного влучання у укриття, попри вжиті заходи безпеки, повністю уникнути втрат серед особового складу не вдалося.

Ворог тисне. Армія рф окупувала села Новоиколаївка Дніпропетровської та Новоіванівка Запорізької областей. Про це повідомляють аналітики DeepState. Також зазначається, що ворог просунувся поблизу Калинівського і Тернового.

25 вересня. СУшка доліталась

Повітряні сили ЗСУ повідомили, що знищили російський винищувач-бомбардувальник СУ-34 — це сталося близько четвертої ранку на Запорізькому напрямку. За даними ПС, цей літак здійснював терористичні атаки по місту Запоріжжя із застосуванням керованих авіабомб.

Що на ЗАЕС? Другий день поспіль окупована росією Запорізька атомна електростанція змушена працювати на дизель-генераторах через втрату зовнішнього електропостачання. Як наголосили в НАЕК «Енергоатом», це створює критичну ситуацію, яка загрожує безпеці не лише України, а й інших країн Європи.

26 вересня. Безпілотні системи ППО

Головнокомандувач Збройних Сил України Олександр Сирський заявив, що в Повітряних силах ЗСУ створюється новий рід військ — безпілотні системи протиповітряної оборони. Він пояснив, що йдеться про дрони-перехоплювачі, які знищують «шахеда» з ефективністю 70 % і більше. Тому зараз створюються і нарощуються підрозділи, оснащені цими дронами-перехоплювачами.

Ворог просочується. А також — продовжує збільшувати свою присутність у Куп'янську. За інформацією аналітиків DeepState, здійснюється фіксація рашистів у центральній частині міста, також вони підбираються до мікрорайону «Ювілейний». Зазначається, що українським силам вдалося унеможливити використання ворогом так званої труби для переправи, тож росіяни знову змушені пересуватися через річку та лісосмуги. Це зменшило інтенсивність проникнення, однак противнику вдалося накопичити достатньо сил для штурмових дій і диверсійно-розвідувальної діяльності.



27 вересня. Посилення захисту від ракет

В Україні вже місяць працює ізраїльський комплекс ППО Patriot, а восени отримаємо ще дві такі системи. Про це на брифінгу повідомив Президент України Володимир Зеленський.

Доступу до полонених немає. Міжнародний комітет Червоного Хреста не має вільного доступу до українських військовополонених у росії та на тимчасово окупованих територіях, а у ті нечасті моменти, коли відвідування дозволялися, показують лише тих полонених, які є у відносно доброму стані. Як передає *Укрінформ*, про це заявили члени незалежної експертної місії московського механізму ОБСЄ під час пресконференції у Відні з нагоди презентації звіту про порушення та злочини, пов'язані з поводженням рф з українськими військовополоненими.

28 вересня. Чергова масована атака

Уночі рашисти запустили по Україні майже 600 ударних дро-

нів та понад 40 ракет. Основними напрямками російської атаки були Київ і область, Запоріжжя, Хмельниччина, Сумщина, Миколаївщина, Чернігівщина, Одещина. Внаслідок обстрілу у столиці пошкоджена будівля Інституту кардіології. Відомо про чотирьох загиблих у Києві, серед яких 12-річна дівчинка, та сорок поранених. Сильно дісталось і Запоріжжю: 42 особи поранені. Загалом пошкоджено 41 багатоквартирний, 22 приватних будинки та нежитлові будівлі.

До Куп'янська не потрапити. Місто Куп'янськ на Харківщині повністю закрито на в'їзд, туди можуть потрапити лише військові, у місті не працює критична інфраструктура. Про це розповів очільник Куп'янської МВА Андрій Беседін в ефірі *Суспільного*. За його словами, евакуація, на жаль, максимально ускладнена, єдиний спосіб вийти — це вийти пішки за територію міста.

29 вересня. Битимемо далеко

Президент США Дональд Трамп санкціонував далекобійні удари України по росії. Про це в ефірі *Fox news* заявив спеціальний представник США генерал Кіт Келлог. Він також додав, що «не існує такого поняття, як сакральне місце».

Є успіх біля Добропілля. Сили оборони оточили частину підрозділів армії рф, які намагалися просунутися до Добропілля на Донеччині. Як заявив головнокомандувач ЗСУ Олександр Сирський, за період контрнаступальної операції площа звільненої території становить близько 175 кв. км. Окрім того, зачищено від диверсійних груп ще майже 195 кв. км.

Жирна ціль. На Донеччині пілоти 59 бригади Сил безпілотних систем знищили російський гелікоптер Мі-28 за допомогою FPV-дрона. Командувач СБС ЗСУ Роберт «Мадяр» Бровді опублікував відповідне відео з моментом ураження.

30 вересня. Втрачаємо Полтавку

російські окупанти захопили село Полтавка на Покровському напрямку. Про це повідомляє DeepState. Окрім того, зазначається, що російські сили просунулися поблизу села Новоіванівка в Запорізькій області, а також у Серебрянському лісництві, що на межі Донецької та Луганської областей.

Два мільярди євро — на дрони. Президентка Єврокомісії Урсула фон дер Ляєн повідомила про домовленість з Україною про спрямування двох мільярдів євро на виробництво дронів. Як передає *Укрінформ*, про це вона повідомила під час спільної заяви з генеральним секретарем НАТО Марком Рютте. «Якщо ми й далі вважаємо, що Україна — це наша перша лінія оборони, ми повинні посилити військову допомогу їй», — зауважила очільниця Єврокомісії.

За повідомленнями Генерального штабу ЗСУ та інформантств (Продовження в наступному номері)

Нова парадигма керування світлом і радіохвилями

Ця назва взята з цитати професора Девіда Р. Сміта з Університету Каліфорнії в Сан-Дієго, який у 2000 році вперше експериментально здійснив теоретично передбачуване з 1968 року явище негативного заломлення у матеріалах з від'ємними діелектричною та магнітною проникностями. Як матеріал було використано так звані розрізні кільцеві резонатори (SRR — Split Ring Resonators), запропоновані професором Джоном Б. Пендрі з Імперського коледжу Лондона для імітації на мікрохвилях магнітних відгуків, не властивих природним матеріалам. Відтак поява SRR і застосування їх на практиці привели до започаткування нового терміну — метаматеріали (від грецького «мета» — «поза, над»), а також до інтенсивного розвитку у світі після 2000 року нового науково-технічного напрямку «Метаматеріали та їхнє практичне застосування».

Після зазначених експериментів у Великій Британії були створені оригінальні метаматеріальні поглиначі електромагнітної енергії, пристрої для мікрохвильової невидимості, антени для супутникового зв'язку. На думку британських фахівців, метаматеріали відкривають нові можливості для бізнесу в усьому: від охорони здоров'я та енергетики до акустики й космічної науки. Для підтримання процесу комерціалізації, роботи зі стартапами й залучення промисловості створено Мережу метаматеріалів Великої Британії, що має змогу фінансувати додаткові дослідження й розвивати інфраструктури для тестування і виробництва метаматеріалів у великих масштабах.

Після 2001 року у США за підтримки Агентства передових оборонних дослідницьких проєктів відбулося бурхливе зростання обсягів інженерних розробок і засто-



сування метаматеріалів. Були створені пристрої для мікрохвильового маскування, почалося практичне використання метаматеріалів для створення антен, зокрема в системах супутникового зв'язку Starlink, інтенсивними є розробки активних метаматеріалів для реконфігуrowаних поверхонь 5G. Головний науковий співробітник з інженерної справи, який брав участь у розробленні знакових проєктів, зокрема системи Patriot, доктор Еллі Брукнер зазначив, що вже видано десятки книжок про метаматеріали, а їхнє застосування є особливо важливим для радарів і телекомунікацій. Китай займає вагомий позиції, орієнтуючись на мікрохвильовий Stels і промислові масштаби радарних покриттів.

Помітне місце у світовому масштабі досліджень метаматеріалів посідає Польща, де відповідні роботи розпочалися з фокусом на електромагнітні властивості резонаторів і поглиначів. Польські науковці, як-от Станіслав Козель і Магдалена Буднаровська з університетів Варшави й Гдині, внесли ключові інновації, орієнтовані на Stels-технології, антени для морських комунікацій і сенсори для медичної діагностики. Вагомі здобутки стосуються створення поглиначів з використанням метаматеріалів для збору енергії з електромагнітних полів.

Внесок України в розвиток пряму метаматеріалів — це понад 100 статей з 2000 року, більшість з яких — стосовно метаферитів — створили науковці Харкова (О. Рибін, С. Тарапов, С. Шульга та ін.). Ці вчені успішно працюють у своїй ніші, здійснюючи дослідження і використовуючи двокомпонентний тип метаматеріалів з феритовими й діелектричними включеннями для радарних поглиначів, циркуляторів, фазозмінних перемикачів, мініатюризованих широкосмугових антен.

Окремо варто відзначити здобутки професора Вадима Слюсаря, який своїми глибокими аналітичними оглядами висвітлює важливі аспекти використання метаматеріалів, розробив теорію для антенних рішень на основі SRR і запропонував інноваційні метаматеріальні структури на основі подвійної стрічки Мебіуса на частотах до 700 МГц.

Завершуючи ретроспективний огляд робіт стосовно метаматеріалів, варто відзначити, що вчені наукової школи з мікрохвильових телекомунікацій Київського політехнічного інституту 1989 року створили, математично моделювали й запатентували винахід мікрохвильового режекторного фільтра, утвореного паралельно під'єднаними до мікροстрічкової лінії двома лінійними смужковими резонаторами (з довжинами пів хвилі та хвилі відповідно), що здійснює повне поглинання енергії електромагнітних хвиль.

У процесі досліджень окремих публікацій щодо SRR ми звернули увагу, що його внутрішнє кільце має довжину майже удвічі меншу, ніж зовнішнє. Ця особливість стала основою для нашого еквівалентного представлення SRR як сукупності двох окремо взятих і паралельно під'єднаних резонаторів.

Скориставшись авторським підходом до математичного моделювання характеристик систем з пара-

лельно під'єднаними резонаторами, ми отримали формули для елементів матриці розсіювання електродинамічної структури, представлені в узагальненому вигляді через коефіцієнти зв'язку кожного окремо взятого резонатора з лінією передачі. Виявлені закономірності зокрема показують, що для отримання метаматеріальних властивостей принципово необхідно, щоб резонатори, які входять до складу метаматеріальної комірки, використовували різні типи синфазних і протифазних чи електричних і магнітних коливань або мали конструкції, що можуть бути представлені як магнітні й електричні диполі. Висвітлення метаматеріальних аспектів через інтеграцію резонаторних структур як комірок метаматеріалів дало змогу наочно моделювати основні властивості мікрохвильових пристроїв на основі комбінації резонаторів різних типів.

У фокусі досліджень — діелектричні та смужкові резонатори в паралельних каналах, що імітують SRR для режекторних фільтрів і структур із взаємно розстроєними резонаторами. Запропоновані 8-полосні резонансні структури мають аналогію з метаматеріалами, даючи змогу в перспективі проєктувати частотно-селективні поверхні з контролем їхньої ширини смуги. Експерименти підтверджують високу добротність та низькі втрати, роблячи ці структури прототипами для метаматеріалів у новітніх системах зв'язку.

У межах грантового проєкту Національного фонду досліджень України «Мікрохвильові пристрої на основі резонансних структур з метаматеріальними властивостями для захисту життєдіяльності та інформаційної безпеки України» проведені як наукові дослідження, так і розроблення нових мікрохвильових пристроїв з метаматеріальними властивостями. Запропоновано нові програмні комплекси

для визначення параметрів метаматеріальної структури з урахуванням реальних добротностей резонаторів, які входять до її складу, що використовується для розроблення частотно-селективних пристроїв.

Створено нову модель метаматеріальних пристроїв на базі мостових резонансних структур, що дає змогу демонструвати такі особливості метаматеріалів, як аномальне поглинання, аномальна добротність, аномальна фазова характеристика та груповий час затримки. Розроблено нові типи пристроїв з використанням кількох резонаторів різного типу із суттєво різними добротностями.

Розроблено метаматеріальні антени нового типу на базі діелектричних резонаторів, розміщених у місцях еліптичної поляризації SIW-структур, що демонструють високу ефективність під час їхнього використання як ректен. Сконструйовано нові типи резонансних структур з метаматеріальними властивостями, які призначені для використання у мікрохвильових генераторах із низькими рівнями фазових шумів.

Фахівці Інституту загальної та неорганічної хімії імені В.І. Вернадського НАН України (як співвидавця грантового проєкту) синтезували та виготовили діелектричні матеріали й резонатори на їх основі для практичної реалізації 3D-комірок метаматеріалів.

Отримані нові наукові результати щодо метаматеріальних властивостей резонансних структур на основі комбінацій мікросмужкових і діелектричних резонаторів, а також розроблені зразки мікрохвильових пристроїв можуть бути використані для керування електромагнітними хвилями під час створення сучасних і перспективних радіотехнічних і телекомунікаційних систем різного призначення, зокрема з метою підвищення рівня захисту інформаційних каналів зв'язку та забезпечення життєдіяльності населення і військово-службовців. Одним із прикладів є виконання КПІ ім. Ігоря Сікорського та Центром фізичних наук та технологій (FMTC, Вільнюс, Литва) спільного міжнародного грантового проєкту NATO G6002 3D Metamaterials for Energy Harvesting and Electromagnetic Sensing (2023–2026 pp.) за програмою «Наука заради миру та безпеки».

Михайло ІЛЬЧЕНКО,
академік НАН України

ВИДАННЯ

Про ШІ вже пишуть підручники

У Видавничому домі «Академперіодика» Національної академії наук України побачив світ підручник «Системи і методи штучного інтелекту», підготовлений академіком НАН України Михайлом ЗГУРОВСЬКИМ і професором Юрієм ЗАЙЧЕНКОМ. Видання створив Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу» МОН України і НАН України у межах Цільової комплексної програми «Наукові основи функціонування та забезпечення умов розвитку науково-видавничого комплексу Національної академії наук України».

Підручник адресовано студентам, аспірантам, викладачам і дослідникам спеціальностей «Комп'ютерні науки» та «Системний аналіз і управління», а також інженерам, програмістам і фахівцям IT-галузі, які впроваджують інтелектуальні технології у професійній діяльності. Він покликаний стати не лише навчальним посібником, а й науково-методичною основою для підготовки нового покоління фахівців, здатних мислити системно, розробляти й упроваджувати інноваційні рішення у сфері штучного інтелекту.

Підручник є першим українськомовним комплексним виданням, у якому системно узагальнено біль-

шість основних напрямів сучасного розвитку штучного інтелекту — від класичних моделей нейронних мереж і систем нечіткої логіки до новітніх технологій глибокого навчання, обчислювального інтелекту, еволюційних алгоритмів, обробки природної мови та інтелектуального аналізу великих даних.

У 16 розділах підручника охоплено:

теоретичні основи штучних нейронних мереж, їхні архітектури й алгоритми навчання;

системи нечіткої логіки й нейронечіткі моделі, зокрема ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System — адаптивна нейронечітка система виведення) та TSK (Takagi-

Sugeno-Kang — модель нечіткого виведення);

метод групового урахування аргументів (MGA) — унікальний український внесок у машинне навчання;

генетичні, ройові та еволюційні алгоритми, що становлять основу обчислювального інтелекту;

гібридні архітектури глибокого навчання — CNN (Convolutional Neural Networks — згорткові нейронні мережі) та RNN (Recurrent Neural Networks — рекурентні нейронні мережі);

застосування моделей штучного інтелекту у медицині, економіці, безпеці, технічних системах і соціальному управлінні тощо.



Окремий розділ присвячено історії розвитку штучного інтелекту — від ідей Алана Тюрінга до досягнень українських учених Віктора Глушкова, Миколи Амосова й Олексія Івахненка, які стояли біля джерел світової кібернетики та машинного навчання.

Інф. «Світу»

Всесвітній день науки-2025: привід обговорити найактуальніше

На честь Всесвітнього дня науки, який відзначається 11 листопада, в інноваційному парку UNIT.City відбулося урочисте і водночас ділове зібрання під назвою «Всесвітній день науки 2025: Україна». Воно об'єднало науковців, представників закладів вищої освіти й наукових установ, уряду, бізнесу, міжнародних організацій і молодих дослідників. Учасники й учасниці обговорили трансформації у сфері науки й інновацій, підтримку молодих учених, партнерство між державою, університетами та бізнесом, а також нові можливості для українських дослідників.

Організаторами стали Міністерство освіти і науки України, Рада молодих вчених при МОН, УНТЦ за партнерства Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України, Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій, World Bank, UNIT.City та Dita.City.Union.

У межах заходу відбулися дві стратегічні сесії — «Дизайн політики: що потрібно бізнесу від науки?» і «Партнерство науки, бізнесу та держави у сфері R&D», а також круглий стіл «Science. City та бізнес-замовлення — нові моделі науково-бізнесової співпраці».

Велику аудиторію зібрав VI Міжнародний форум рад молодих вчених «Наука без кордонів». Учасники розглянули успішні кейси з фінансування рад молодих вчених та окремих науковців, а також провели дискусію щодо розширення можливостей фінансування науки й освіти. Молоді науковці презентували свої досягнення за різними науковими напрямками, зокрема на міжнародному рівні, а також успішні кейси створення перспективних умов для розвитку колег.

Нововведення, підсумки й тенденції

Про це з учасниками зібрання поділився заступник міністра освіти і науки України Денис Курбатов.

При закладах вищої освіти наступного року, заявив він, передбачається створити великі дослідницькі центри оборонного спрямування за шістьма напрямками: системи спрямованої енергії, космічні технології, зв'язок і навігація, автономні роботизовані системи, напівпровідники й радіолокація — на це уряд закладає фінансування в розмірі 900 мільйонів гривень. Орієнтовно в грудні планується конкурс концепцій, за результатами якого й буде відібрано шість університетів, при яких створюватимуться центри з новітнім обладнанням, новими просторами й підвищеними заробітними платами для фахівців, котрі там працюватимуть.

Уже другий рік функціонує новий механізм формування державного замовлення на науково-технічні розробки, нагадав заступник міністра. Цьогоріч проводиться вже друга черга відповідного конкурсу. Очікуваний ресурс у держбюджеті-2026 — 205,6 мільйона гривень.

Ішлося у виступі й про систему законопроектів Science city — комплексну реформу активізації інноваційної діяльності вишів і установ через наукові парки. «Ми розробили зміни до п'яти законів і трьох кодексів, які знімають бар'єри для залучення позабюджетних коштів», — поділився Денис Курбатов. — Вважаю, що це великий незалучений ресурс фінансування».

Великий проект державно-приватного партнерства з бізнесом — створення Агенції прикладних досліджень та замовлення бізнесу на R&D. Наступного року в проєкті бюджету на це передбачено 100 мільйонів гривень. У межах заходу було проведено круглий стіл з участю технологічних топкомпаній — щоб окреслити дизайн конкурсу. Як ішлося під час презентації, вже розроблено й подано на погодження проєкт розпорядження КМУ про створення агенції, підготовлено концепт підрозділу на базі установи МОН, розроб-



Василь КАРПУША, Вадим ТКАЧУК, Денис КУРБАТОВ, Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО, Володимир БУТРОВ

ляється проєкт постанови щодо співфінансування.

Як нагадав Денис Курбатов, цього року в Римі на конференції з питань відновлення 14 країн світу за координації Єврокомісії та з залученням наших ключових партнерів, зокрема ЮНЕСКО і Світового банку, створили Міжнародну коаліцію з підтримки науки, досліджень та інновацій в Україні. Анонсоване фінансування — 130 мільйонів євро до 2029 року.

«Це класний інструмент для концентрації міжнародної підтримки, тому що в нас вона дуже часто розпорошена, а також дисонує з державними пріоритетами, — зауважив заступник міністра. — Натомість коаліція, по-перше, буде концентрувати ресурси, а по-друге, нарощуватиме їх. У грудні заплановано засідання технічного комітету, тобто ми вже рухаємося до реалізації домовленості, яка була підписана в Римі».

Щодо участі України у програмі «Горизонт Європа», то, як ішлося у виступі, за чотири роки її існування українські вчені змогли залучити 63 мільйони євро, а це більше, ніж за сім років існування попередньої програми «Горизонт 2020». «Очевидно, потенціал суттєво більший, — переконаний Денис Курбатов. — Тому ми створили інфраструктуру підтримки

участі наших науковців у цій програмі (це й офіс, і національні контактні пункти) і розвиваємо цей напрям».

Серед запланованих експериментів — проєктна аспірантура для STEM-спеціальностей. Наступного року відбудеться конкурс проєктів, а загалом планується профінансувати за новою моделлю перших 100 аспірантів.

45 мільйонів гривень, які передбачено у проєкті держбюджету, планується витратити на суттєве збільшення заробітних плат аспірантів, мотивування їхніх керівників, реактиви, матеріали, відрядження тощо.

Заступник міністра позитивно оцінив програму з підвищення енергостійкості наукових установ шляхом будівництва сонячних електростанцій на об'єктах дослідницької інфраструктури, завдяки якій було створено 39 СЕС.

Сказав він і про створення Національної системи дослідників — йдеться про індивідуальну підтримку кращих учених, на що передбачається витратити 190 мільйонів гривень. Нині розроблено концепцію підтримки, триває погодження з ЦОВВ. Планується, що наступного року буде підтримано 2650 вчених, 50 % із них — молоді.

Серед важливих законопроектів для галузі, які парламент уже ухвалив у першому читанні, Денис Курбатов назвав законопроекти щодо дослідницької інфраструктури та підтримки молодих учених, КРІ директорів наукових установ, нових пріоритетів у науці.

Атестація — серйозний екзаме́н

За результатами державної атестації ЗВО і наукових установ, наступного року буде розподілено майже три мільярди гривень базового фінансування для колективів категорій А і Б, які дістали 158 наукових установ і 110 університетів. Кошти буде спрямовано на заробітні плати кращих учених, розвиток дослідницької інфраструктури й на розвиток власне установ (тобто непрямі адміністративні витрати).

Коментуючи результати атестації установ біомедичного напрямку, Денис Курбатов звернув увагу на середню чисельність працівників закладів категорії А (130) і неатестованих (30). «Є міф, що маленька установа може бути успішною і давати результат, — зауважив він. — Насправді їм дуже важко конкурувати, що й засвідчила атестація».

«У разі атестації за категоріями А і Б у вишу чи установи буде більша спроможність, краще обладнання, кращі науковці, а також більше державних місць в аспірантурі», — зауважив заступник міністра.

Після презентації відбулося вручення сертифікатів науковим установам і вишам, які за результатами атестації було віднесено до групи А (біомедичний і суспільно-гуманітарний напрямки), а також ЗВО, які здобули найвищі сукупні результати державної атестації за кількома науковими напрямками.

Підготував Дмитро ШУЛКІН.
Фото автора

Наука — міст для діалогу, миру та стійкості

27 листопада світ відзначатиме ще один День науки

На 43-ій сесії Генеральної конференції ЮНЕСКО у Самарканді (Узбекистан) ухвалено резолюцію про проголошення Міжнародного дня залучення до науки заради сталого розвитку. Ініціатором подання став президент Малої академії наук України (Центру 2-ї категорії під егідою ЮНЕСКО), академік НАНУ Станіслав Довгий.

Ще 14 квітня 2025 року на засіданні Виконавчої ради ЮНЕСКО Станіслав Довгий запропонував відзначати Міжнародний день залучення до науки заради сталого розвитку 27 листопада. Це символічна дата для

України, адже цього дня народився видатний український науковець Борис Патон, а також була заснована Українська академія наук.

Виконавча рада ЮНЕСКО ухвалила відповідне рішення переважною більшістю голосів. Окрім членів цієї ради, ідею започаткування Міжнародного дня залучення до науки заради сталого розвитку також підтримали понад 50 країн світу.

«Це історичне рішення, адже Україна виступила ініціатором і автором міжнародного заходу під егідою ЮНЕСКО. Для мене це результат шести років наполегливої роботи, яка об'єднала зусилля бага-

тьох однодумців», — зазначив президент МАН Станіслав Довгий. Він подякував за підтримку Міністерствам закордонних справ та освіти і науки, НАН України, Національній комісії України у справах ЮНЕСКО, Постійному представництву України при ЮНЕСКО, Секретаріату ЮНЕСКО, Сектору природничих наук ЮНЕСКО, фундації Falling Walls, а також усім делегаціям держав-членів, які підтримали проголошення цього дня.

Представники України подякували всім учасникам за ухвалення резолюції, наголосивши, що цей день виражає віру в науку як міст для

діалогу, миру та стійкості, особливо в умовах сучасних викликів. Мета ініціативи — поглибити залучення до науки для досягнення цілей сталого розвитку, а також підтримати міжнародну співпрацю.

Представники багатьох країн підтримали українську ініціативу. Представники делегації Польщі наголосили, що в часи парадоксів, кризи довіри та фрагментації знань ця ініціатива сприятиме популяризації науки й покаже, яку роль вона відіграє у розв'язанні глобальних викликів.

Делегація Мозамбіку відзначила, що активно залучатиме уні-

верситети й наукові спільноти до обговорень і планує просувати цей новий міжнародний день. Представники країни висловили вдячність ЮНЕСКО за внесок у демократизацію науки, яка служить людству та планеті.

«Цей день стане щорічним нагадуванням світові про силу наукової співпраці, а для України — символом її інтелектуальної місії у світі та підтвердженням того, що навіть у часи випробувань ми продовжуємо відкривати нові горизонти», — наголосив Станіслав Довгий.

Інформація МАН України

Українські фізики у серці світової науки

Учені КНУ працюють у найпередовіших експериментах ЦЕРН

Еволюція експериментальних і теоретичних досліджень властивостей матерії на фундаментальному рівні зумовила необхідність створення установок, які за масштабом можна порівняти з мегаполісами. Найпотужнішою серед них є Великий адронний колайдер (БАК) — унікальна прискорювальна установка, розташована у підземному тунелі завдовжки 27 км на кордоні Швейцарії та Франції. Саме тут, у міжнародному дослідницькому центрі ЦЕРН, тисячі фізиків з усього світу шукають відповіді на фундаментальні питання про будову Всесвіту. Серед них — і вчені КНУ імені Тараса Шевченка.

Про ЦЕРН і БАК

«Якщо коротко, ЦЕРН — це місце, де вчені намагаються зрозуміти, з чого складається матерія і як вона тримається купи, — пояснює професор кафедри ядерної фізики та високих енергій фізичного факультету КНУ, учасник експериментів ЦЕРН Володимир Аушев. — Колайдер дає нам змогу в мініатюрі відтворити умови, за яких формувалася Всесвіт після Великого вибуху. Коли частинки стикаються, вони розлітаються на ще дрібніші «цеглинки» матерії, абсолютна більшість з яких дуже швидко зникає. Але БАК — це лише своєрідний «стадіон». Щоб побачити, що відбувається під час зіткнень, потрібні гігантські «мікроскопи» — великі та складні детекторні системи, що дають змогу зазирнути у глибини мікросвіту».

За словами вченого, два головні детектори БАК — ATLAS і CMS — є справжніми гігантами науки. «CMS, — додає Аушев, — можна порівняти з футбольним клубом рівня «Реал Мадрид». Це детектор заввишки з п'ятиповерховий будинок і масою понад 14 тисяч тонн, де працюють тисячі дослідників, які аналізують інформацію з мільйонів інформаційних каналів від детектора. Саме команди CMS і ATLAS у 2012 році відкрили бозон Гігса — частинку, що пояснює походження маси у матерії».

Експеримент Proto-DUNE

Вчені КНУ імені Тараса Шевченка не є новачками в ЦЕРН. Фахівці фізичного факультету, а саме кафедр квантової теорії поля та космофізики і ядерної фізики та високих енергій, на постійній основі беруть участь у кількох експериментах. Один із них — у напрямі нейтринних досліджень, зокрема, в рамках Нейтринної платформи та експерименту Proto-DUNE. Цей проект готує основу для майбутнього американського мегадослідження DUNE (Deep Underground Neutrino Experiment): якщо БАК вивчає процес зіткнення частинок, то Proto-DUNE дає змогу досліджувати загадкові властивості нейтрино —



Станіслав ВІЛЬЧИНСЬКИЙ

частинок, що можуть проходити крізь товщу Землі, майже не взаємодіючи з нею.

У складі команди працюють професори Ігор Каденко і Володимир Аушев, наукова співробітниця Ольга Гогота і доцент Руслан Єрмоленко. Proto-DUNE — це масштабний прототип майбутнього детектора DUNE. Для проведення досліджень його камери завжди заповнені сотнями тонн рідкого аргону, який підтримується за температури близько -184°C. Коли нейтрино взаємодіє з аргонном, воно виробляє заряджені частинки, які іонізують атоми. Це дає вченим змогу виявляти й вивчати взаємодії нейтрино.

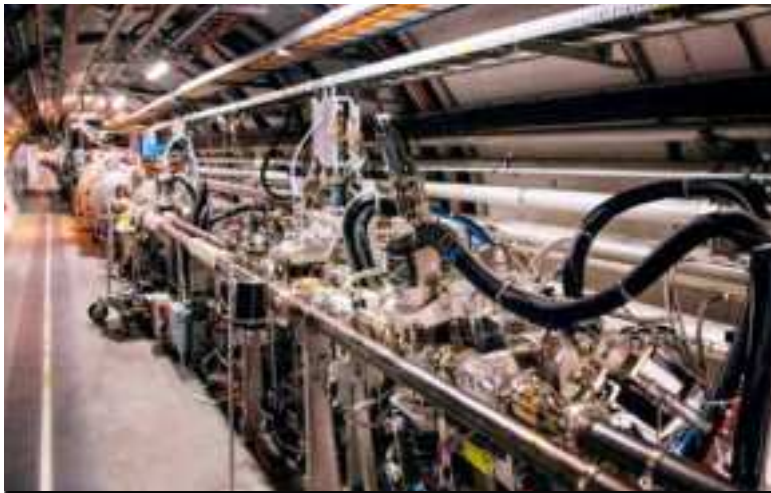
Далекий детектор DUNE, який буде приблизно у 20 разів більшим за Proto-DUNE, будуватиметься у Сполучених Штатах. Пучок нейтрино буде надіслано з Національної прискорювальної лабораторії Фермілаб поблизу Чикаго, штат Іллінойс, на відстань понад 1300 кілометрів по Землі до нейтринних детекторів, розташованих на глибині 1,5 км під землею в Сенфордському підземному дослідницькому центрі (SURF) у Сенфорді, Південна Дакота.

Експеримент SHiP

Інша група фізиків КНУ — професор Станіслав Вільчинський, доцент Олег Безшийко і Лариса Голінка-Безшийко — є учасниками колаборації SHiP (Search for Hidden Particles). Цей новий експеримент у ЦЕРН, розпочатий у квітні 2024 року, спрямований на пошук поки що невиявлених частинок, які можуть пояснити природу темної матерії та походження асиметрії між речовиною й антиматерією у Всесвіті.

«Ми сподіваємося задетектувати частинки, які надзвичайно слабо взаємодіють зі звичайною матерією, — розповідає професор Вільчинський. — Ідеться про темні фотони, аксіони, важкі нейтральні лептони — гіпотетичні частинки, котрі можуть бути складниками невидимої матерії. Вони передбачені кількома теоретичними моделями, які виходять за рамки Стандартної моделі й сучасної теорії, що описує елементарні частинки та сили, котрі їх об'єднують. Наше завдання — визначити, у яких межах мас і змішувань ці частинки можуть існувати, і які з них зможуть виявити детектор SHiP». Вільчинський також зазначає, що до-

слідження українських учених охоплюють ширший контекст — від генерації баріонної асиметрії у ранньому Всесвіті до моделей виникнення первинних магнітних полів під час інфляції.



Сюди мріє потрапити кожний фізик

Загалом кінцевий етап експерименту містить розроблення великого детектора та мішені, які будуть встановлені в прискорювальному комплексі ЦЕРН. Отже, SHiP планує «вирушити у плавання» для дослідження прихованого сектору у 2031 році.

Експеримент LHCb

Також група дослідників кафедри ядерної фізики та високих енергій, серед яких доценти Олег Безший-



Інна МАКАРЕНКО одержала почесну премію колаборації CMS за визначний внесок у модернізацію трекової частини детектора

ко і Лариса Голінка-Безшийко, аспірант Денис Клекоць і кілька студентів, — уже низку років представляють КНУ у міжнародній колаборації LHCb у ЦЕРН. Саме тут досліджують рідкісні процеси взаємодії елементарних частинок, щоб перевірити межі Стандартної моделі фізики. Завдяки високим результатам роботи студент Владислав Орлов здобув стажування на 15 місяців у ЦЕРН і престижну нагороду Early Career Scientist Award від LHCb за 2022 рік.

У 2025 році група отримала безоплатний донат від ЦЕРН — кластерний комплект із 22 серверів сумарною потужністю понад 1800 ядер. У межах своєї дисертації Денис Клекоць розробляє новий тип детектора, який планується застосувати саме в LHCb, а згодом — у проєкті майбутнього кільцевого колайдера FCC. Попри обмеження, пов'язані з війною, українські студенти залишаються активними учасниками експериментів LHCb. Завдяки програмі IRIS-HEP, що фінансується Національним науковим фондом США, вони мають змогу віддалено працювати над проєктами з аналізу даних і розроблення наукового програмного забезпечення. Програму підтримують також Національна академія наук США та Office of Naval Research Global у межах ініціативи IMPRESS-U. Отже, робота в таких колабораціях відкриває

лайдера. Робота над проєктом нині триває дуже інтенсивно: 31 березня 2025 року в ЦЕРН було представлено техніко-економічне обґрунтування FCC, зосереджене на оцінці його технічної та фінансової життєздатності. Наразі вивчаються геологічні та екологічні умови, а також технічно доцільні концепції інфраструктури й детекторів FCC. Проєкт передбачає створення нового підземного тунелю завдовжки 90,7 км (порівняно з 27 км у нинішнього БАК) і шахт завглибшки від 180 до 400 метрів. У ньому буде розміщено чотири експериментальні установи й вісім наземних майданчиків.

FCC планують реалізувати у дві фази: спершу — FCC-ee, електрон-позитронний колайдер для надточних вимірювань, який працюватиме близько 15 років із кінця 2040-х, а далі — FCC-hh, протон-протонний прискорювач із рекордною енергією зіткнень у 100 TeV (для порівняння: у БАК — до 14 TeV). Нова установка дасть змогу досліджувати структуру матерії на принципово новому рівні й перевіряти гіпотези поза межами Стандартної моделі фізики.

Група вчених КНУ, яка вже працює в колаборації LHCb, бере участь у розробленні нових типів детекторів і методів аналізу даних, що стануть частиною експериментів FCC. Отже, українські дослідники долучаються до створення універсальної установки нового покоління, яка поєднає перевірені технології БАК із найновішими досягненнями у сфері магнітів, криогенних систем і вакуумної техніки.

Плани на майбутнє

Попереду вчених КНУ чекає ще масштабніший етап міжнародної наукової співпраці. Сьогодні кафедра ядерної фізики та високих енергій проходить процедуру вступу до колаборації CMS (Compact Muon Solenoid) — одного з найпрестижніших і найвпливовіших експериментів світу, який діє на Великому адронному колайдері. «Якщо участь у проєкті FCC — це інвестиція у майбутнє фізики на найближчі десятиліття, то вступ до CMS стане реальним проривом у сучасній співпраці з ЦЕРН, адже це активний експеримент, що відіграє ключову роль у дослідженні фундаментальних законів природи», — коментує Володимир Аушев.

Команда КНУ вже встановила контакт із керівництвом CMS, представила своє бачення потенційного внеску університету та окреслила напрями, в яких українські фізики можуть долучитися до розв'язання складних експериментальних завдань. Процес входження — тривалий і багаторівневий, проте саме він відкриє перед науковцями шлях до роботи на передовій світової фізики високих енергій.

Паралельно вчені також беруть участь у японському експерименті на колайдері SuperKEKB та є учасниками американського нейтринного проєкту DUNE — флагманського експерименту США у галузі фізики частинок. Повноцінний запуск усіх модулів DUNE заплановано на 2027 рік. Участь у таких колабораціях демонструє, що українська наука активно інтегрована у світовий науковий простір, а КНУ продовжує розвивати партнерства, які формують нову генерацію дослідників світового рівня.

Аліна ВОЛИК

Відомі-невідомі клітини, які захищають життя

«Нобелівську премію з фізіології та медицини 2025 отримали Фред Рамсделл із Сан-Франциско, Мері Брункоу з Сіетла (штат Вашингтон) та Шимон Сакагучі з Осацького університету в Японії. Це премія за дослідження, що визначило «охоронців імунної системи», яких називають регуляторними Т-клітинами», — з офіційного повідомлення Нобелівського комітету.

Ми розмовляємо про нобелівських лауреатів та їхні відкриття з Денисом Володимировичем КОЛИБОМ — доктором біологічних наук, професором, членом-кореспондентом НАН України. Він — головний науковий співробітник відділу молекулярної імунології Інституту біохімії імені О.В. Палладіна НАН України, а також викладає в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та Національному університеті «Киево-Могилянська академія». Нещодавно за його авторством вийшла книжка «Імунологія».

Сфера його наукових інтересів широка: імунобіологія бактерій, інфекцій та імунобіотехнологія, механізми формування імунної відповіді на дію збудників інфекційних хвороб, розроблення нових засобів імунодіагностики інфекцій. Дослідження нобеліатів 2025 року у сфері фізіології та медицини на сто відсотків потрапляє у сферу його інтересів.

— Денисе Володимировичу, чи було для вас несподіванкою те, що саме ця тема та її дослідники стали лауреатами Нобелівської премії у сфері фізіології та медицини? — Це справді була несподіванка, і, переконаний, не тільки для мене. На відміну від останніх років, коли не так важко було «вгадати», які відкриття потраплять до поля зору Нобелівського комітету — тобто ті, що були на слуху, певною мірою навіть «хайпові»: то «молекулярні ножиці», які розрізають і корегують ДНК (CRISPR-технології), то мРНК-вакцини тощо... Справді, неважко було передбачити, що «нобелівка» вже ходить за ними назирці.

А наукове відкриття нинішніх лауреатів — якесь дуже тихе. Його важливість добре зрозуміла в середовищі біологів і лікарів, але воно не мало широкого публічного розголосу. Тож було певною несподіванкою повідомлення про те, що люди, які здійснювали фундаментальні дослідження, відомі лише вузькому колу фахівців, раптом одержали Нобелівську премію.

Я можу провести певну аналогію з іншим нобелівським лауреатом — Іллею Мечниковим, який одержав Нобелівську премію за фагоцитарну теорію імунітету, розробивши її після відкриття явища фагоцитозу. Однак ця тема на той час була зрозумілою лише науковцям його профілю — вона не мала жодної комерційної цінності ні тоді, ні тепер, — але в ній міститься вся основа сучасної імунології. Хоч минуло по-



над століття: адже Мечникову Нобелівську премію було присуджено ще 1908 року.

Підсумовуючи, скажу: це дуже добре, коли Нобелівську премію отримують науковці, які працюють над суто фундаментальними речами.

— Виходить, вибір випав на нинішніх лауреатів тому, що цього разу не було «хайпової» теми?

— Я б не сказав, що таких тем нема. Вони формуються. Є такі теми, за які цілком можуть, і напевне, дадуть Нобелівську премію найближчим часом. Можливо, навіть наступного року.

— Поділитися здогадками?

— Наприклад, наступного чи найближчих роками Нобелівську премію можуть дати за так звану CAR-T-терапію. Пишеться так (показує — авт.): CAR-T therapy. Вона полягає у використанні штучно програмованих Т-клітин для лікування пухлин.

Є й інші відкриття, які теж можуть претендувати на таку премію, принаймні, використання пептидів, що інгібують набір ваги. Ожиріння — одна з епідемій сучасності, і пептиди використовують для боротьби з нею.

— І все ж Нобелівський комітет вибрав цього року саме цю тему. У чому її особлива, нагальна цінність?

— Різного роду захворювання — інфекційні, неінфекційні, аутоімунні, нейродегенеративні тощо — мають запальний компонент. А от пригнічувати його — дуже обмежений вибір можливостей. Є нестероїдні протизапальні препарати, які за тиждень уже не діють. Далі — стероїдні препарати, цитостатики... Ще є імунотерапія — використання антитіл проти певних запальних інтерлейкінів.

А дослідження нинішніх лауреатів показують, що для пригнічення запалення, а також аутоімунних хвороб можна використовувати клітини.

Що таке аутоімунна хвороба, мабуть, не треба пояснювати: це коли імунна система помилково атакує власні здорові клітини й тканини організму, сприймаючи їх як нібито реальну, а насправді уявну за-

грозу. І це призводить до довготривалого процесу запальних реакцій. Цим процесом треба вміти керувати. Відкриття Фреда Рамсделла, Мері Брункоу та Шимона Сакагучі дає нам надії на нові методи терапії.

Власне, японський учений зробив перше ключове відкриття ще 1995 року, виявивши цілий клас імунних клітин, що захищають організм від аутоімунних захворювань. Американські вчені Мері Брункоу і Фред Рамсделл здійснили свої дослідження 2001 року.

— А як використовуються ці клітини? Це ще тільки теорія чи вже реальність?

— Це і теорія, і реальні спроби використання цих клітин. Ми ще не зовсім добре розуміємо, попри Нобелівську премію, як вони працюють. Уявіть собі, що в людини такі клітини-охоронці становлять усього 1 % від усіх Т-лімфоцитів крові.

Але водночас клітини-охоронці — не зовсім незнайомці. Біологи давно знають, що всі лімфоцити діляться на В- і Т-лімфоцити. Останні поділяються на Т-хелпери (помічники), Т-кілери (вбивці) і Т-супресори, які й пригнічують запалення. (І, по суті, саме за Т-супресори дали Нобелівську премію 2025 року).

Про це не лише знали — ці знання застосовували в клініках, використовуючи індекс «хелпери/супресори». Нас ще в університеті навчали, що співвідношення Т-хелперів до Т-супресорів у здорової людини має складати приблизно півтори одиниці. Оцінювали за маркерами CD4+ (хелпери) та CD8+ (супресори). Якщо індекс підіймався — це означало ризик аутоімунних захворювань, якщо знижувався — ризик імунодефіциту. Лікарі цей індекс використовували у своїй практиці, і все здавалося логічним.

Але нинішні вчені-нобеліати довели, що все «трохи не так». І що не ті клітини, які вважалися класичними супресорами, насправді виконують супресорні функції. Супресорами є клітини з фенотипом CD4+ (тобто ті, які частково належать до хелперів), а також з фенотипом CD25+high, і всі вони мають внутрішньоклітинний маркер FoxP3+. Ота-

ка досить неочікувана популяція. І з'ясувалося, що саме ці клітини становлять 1–2 % від усіх лімфоцитів — але їх вистачає, щоб підтримувати ауто толерантність в організмі.

Яка функція таких клітин? Найперше — припинення або стримування імунної відповіді. Друге — підтримання толерантності до «свого». І третє — на мою думку, найголовніше (хоча формально це так не вважається) — підтримання добрих стосунків із мікрофлорою. (Сьогодні правильніше говорити «мікробіотою», але слово «мікрофлора» поки звичніше.) Усі ці взаємини треба контролювати, щоб імунна система жила з мікрофлорою в мирі. От за ці функції й відповідають зазначені клітини.

— Але ж Нобелівську премію 2025 року присуджено саме за визначення «охоронців імунної системи», тобто регуляторних Т-клітин?

— Так, і маємо приклад того, якими складними дорогами науковці доходять до істини. Спочатку ми знали, що серед лімфоцитів є хелпери, супресори, кілери. Потім з'ясували, що хелпери теж діляться на популяції — Т-хелпери 1, Т-хелпери 2. Далі побачили, що вони перебувають у реципрокних взаємодіях: якщо активуються одні — інактивуються інші, і навпаки. І дуже багато явищ почали пояснювати саме цією взаємодією різних популяцій Т-хелперів.

Про Т-супресори на певний час забули. Вирішили, що це був міф, і приблизно 10–20 років їх майже не згадували. Аж поки не відбулася своєрідна реінкарнація цих Т-супресорів: знання про них поглибилися, і тепер їх називають регуляторними клітинами, або T-reg.

Перші дослідження в цьому напрямі провів японець Шимон Сакагучі. Він ще у 1990-х роках пересаджував безтимусним хворим мишам лімфоцити від здорових тварин і показав, що лімфоцити критично важливі для захисту від багатьох хвороб, зокрема аутоімунних.

А двоє американців натрапили на T-reg, вивчаючи у мишей лімфопроліферативний синдром. До речі, для T-reg можна додати ще одну функцію: стримування лімфопроліферативних захворювань. Це дуже важливо. Саме за цим напрямом американці й виявили ці клітини. (Лімфопроліферативні захворювання — це, якщо сказати простіше, лімфоми або лейкози, коли лімфоцити діляться неконтрольовано. Таких захворювань — багато).

Вивчаючи мишей із неконтрольованим поділом лімфоцитів, дослідники знайшли в них мутантний ген FoxP3, а продовжуючи роботу — відкрили цілу популяцію клітин, у яких іде епігенетична регуляція промоторної ділянки цього гена, зокрема деметилування. Це досить складні речі...

— А що у нас в Україні? Чи були дослідження в цьому напрямі?

— Усі наші діагностичні лабораторії визначають Т-лімфоцити всіх відомих популяцій. І індекси, про які ми говорили раніше, теж дуже важливі для лікарів. Якщо Т-супресорів багато — це теж погано, оскільки може

свідчити про різні негативні явища: хронічні інфекції, підвищену чутливість до респіраторних хвороб, чутливість до раку тощо. Лікарі про все це знають — принаймні ті, хто цікавиться наукою, а таких чимало. І науковці цікавляться цією темою з дослідницького погляду.

На цьому місці зазвичай запитують: чи будуть у нас нобелівські лауреати? Мабуть, будуть. І, мабуть, швидше серед тих, хто виконує сьогодні роботу за кордоном: там справді є дуже цікаві дослідження. Світова спільнота сприймає наших учених дуже добре, але інтегрує у своє наукове середовище. Так українські вчені за кордоном стають, по суті, вже закордонними вченими. Як і українські представники — нобелівські лауреати. Адже вони є: той же Ілля Мечников, Зельман Ваксман народилися на території сучасної України... Це якщо про біологію (точніше, про фізіологію та медицину). А фізиків-лауреатів — ще більше.

Я тільки знаю одне: якщо наукова робота гідна — вона одержить Нобелівську премію в будь-якому разі. В Україні багато талантів, то му все у нас буде.

— Розкажіть про новий підручник. Чи правильно знаю, що він у вас перший?

— Так, за моїм авторством — це вже третє видання. Але в попередніх я був зі співавторами. Зараз я відокремив свою частину — вийшов «вступ до імунології». Тут 8 розділів, або 8 лекцій. Перші лекції — про запалення як першу ланку імунітету. Дуже важливо було докладно описати запалення — я багато часу цьому присвятив. Далі — клітини імунної системи, антитіла як фактори захисту, антигени. Після цих лекцій має бути молекулярна імунологія, біохімія імунітету і прикладні аспекти імунології. Але цей варіант ще не видано, хоча написано.

Загалом ми з колегами з кафедри мікробіології та імунології КНУ імені Тараса Шевченка підготували 18 лекцій до нового спільного підручника. Це фактично 18 розділів. Їх написали чотири співавтори: доценти Юлія Швець, Ольга Моложава, Наталія Сенчило і я. З 2020 року ми багато працювали над цим підручником. Це було б третє видання (перше й друге вийшли 2005 та 2011 років), але це вже абсолютно новий підручник — з урахуванням усього, чого досягла наука за два десятиліття. Ми перевірили тотожність тексту з попередніми виданнями: лише 3 %. Це — новий сучасний, дуже потрібний підручник. Але видати його повністю — поки що немає фінансових можливостей.

І я вирішив (можливо, наївно) надрукувати власним коштом маленьку частину підручника, щоб привернути увагу видавців. Більше того — хочу знайти видавця, який візьметься довести повний підручник до комерційного впровадження. Або хоча б до беззбитковості, але доведе його до читача. Буду радий, якщо знайдуться такі майстри своєї справи.

Це сигнальний варіант. Я б назвав його сучасним терміном: бета-версія програмного продукту. Ми розмістимо його на сайті для безплатного ознайомлення і читання. Але я все ж таки хотів би, щоб підручник у повній версії вийшов друком, щоб його можна було придбати студентам за доступною ціною в українських книгарнях.

Спілкувалася
Лариса ОСТРОЛУЦЬКА.
Фото Володимира ЧЕРНИШЕНКА

БЕЗПЕКА ДОВКІЛЛЯ

Цунамі у Чорному морі: чи готова Україна?

Щороку в листопаді людство відзначає Всесвітній день поширення інформації про проблему цунамі.

Чи є небезпека цунамі для України? Чи готова наша країна до захисту від цієї небезпеки? А також — що роблять для захисту від цунамі інші країни?

Найчастіше цунамі накопуються на берег у вигляді вертикальної стіни турбулентної води, яка має велику руйнівну силу. Це є одним із проявів морських геологічних небезпек. До них також належать підводні землетруси або землетруси, що виникають неподалік від моря; підводні зсуви, рухи тектонічних плит уздовж активних розломів, потенційні викиди газу з донних відкладів моря та екстремальні метеорологічні явища.

І хоча цунамі трапляються рідше, ніж інші природні катастрофи, через свою руйнівну силу та швидкість вони є серйозною загрозою для прибережних і морських територій та громад.

Одне з найпотужніших цунамі сталося в Індійському океані після підводного землетрусу магнітудою 9,1, що виник 26 грудня 2004 року на глибині близько 20 км під дном океану і приблизно за 200 км на захід від північного узбережжя острова Суматра в Індонезії. Внаслідок цунамі, висота якого місцями сягала 15 метрів, загинуло понад двісті тисяч людей у 14 країнах.

Як свідчить «Позиційний документ 26» Експертної робочої групи Європейської морської ради з морських геологічних небезпек, за останні півтори тисячі років у Чорному морі було зафіксовано 22 цунамі, спричинених землетрусами.

Сучасні наукові оцінки газогрозного вулканізму в Чорноморському басейні не дають підстави сумніватися щодо можливості виникнення цунамі у Чорному морі в майбутньому.

Міжнародні системи захисту

Після найпотужнішого в історії спостережень землетрусу у 1960 році поблизу міста Вальдивія в Чилі магнітудою 9,5, який призвів до руйнівного цунамі з висотою хвилі 10–25 м на узбережжях Чилі, Японії, островах у Тихому океані (о. Пасхи, Гавайських островах та інших), бу-

ло створено першу систему попередження про цунамі — Тихоокеанську. А з 1965 року глобальною мережею координації попередження про цунамі керує Міжурядова океанографічна комісія, що діє у складі ЮНЕСКО (далі — МОК ЮНЕСКО).

Це світова система моніторингу океанів і сейсмічної активності, яка допомагає виявити наближення цунамі, швидко попередити населення та організувати заходи безпеки, щоб зменшити кількість жертв і руйнувань. Ця мережа охоплює Тихий океан, Індійський океан, Карибське море, Північно-Східну Атлантику, Середземне та прилеглі моря. Цунамі можуть виникнути дуже раптово, і час реагування — критичний. Саме тому така мережа допомагає виграти дорогий час, що може врятувати тисячі життів.

У червні 2021 року МОК ЮНЕСКО затвердила Програму з цунамі в рамках нинішньої планетарної місії — Десятиліття ООН, присвяченого науці про океан в інтересах сталого розвитку (2021–2030). Програма з цунамі базується на багаторівневому підході, що поєднує мережу датчиків і сейсмостанцій, систему регіональних і національних центрів оповіщення та підготовку прибережних громад через ініціативу ЮНЕСКО «Готові до цунамі», яка охоплює 43 країни.

Виконання цієї Програми координують чотири регіональні міжурядові координаційні групи, які узгоджують регіональні заходи з попередження про цунамі та пом'якшення їхніх наслідків, зокрема з питань надання інформації національним центрам попередження про цунамі.

Україна також є членом МОК ЮНЕСКО. Держави-члени цієї комісії входять до складу регіональних міжурядових координаційних груп з питань цунамі. Їхнє головне завдання — моніторинг виникнення цунамі, організація та координація регіональних заходів із пом'якшення наслідків, оперативне поширення попереджень, а також підготовка населення до належного реагування на загрозу.

Для забезпечення безперервної роботи цих механізмів держави призначають національних ко-

ординаторів, делегованих урядами для постійної участі в діяльності регіональних міжурядових коор-



динаційних груп. Вони також беруть участь у координації роботи Міжнародної системи попередження про цунамі та пом'якшення їхніх наслідків.

Країнами-учасницями Регіональної міжурядової координаційної групи щодо системи раннього попередження про цунамі та пом'якшення їхніх наслідків у Північно-Східній Атлантиці, Середземному морі та прилеглих морях є: Бельгія, Болгарія, Велика Британія, Данія, Естонія, Єгипет, Ізраїль, Ірландія, Італія, Кабо-Верде, Кіпр, Ліван, Мальта, Монако, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Сирія, Словенія, Туреччина, Україна, Хорватія, Швеція.

Ця координаційна група має офіційний сайт (<https://www.unesco.org/en/archives>), де розміщено дані щодо національних центрів інформації про цунамі у країнах Чорноморського регіону (Болгарії, Румунії, Туреччині) та призначених національних координаторів з питань цунамі з-поміж науковців та урядовців.

Україна: прогалини та пріоритети

Хоча Україна також входить до складу Регіональної міжурядової координаційної групи, однак на її офіційному сайті станом на жовтень 2025 року відсутні дані щодо

Національного центру інформації про цунамі в Україні, його координаційних та контактних органів, призначеного національного координатора з питань цунамі. Це питання потребує комплексного та якнайшвидшого розв'язання.

Ймовірно, що у разі виникнення цунамі в Чорному морі основними нормативно-правовими документами для реалізації заходів безпеки стануть чинне Положення про єдину державну систему цивільного захисту в Україні від 9 січня 2014 р. № 11 та нова постанова уряду «Про затвердження Порядку функ-

ціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, проведення моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій» від 17 вересня 2025 року.

Однак на сьогодні у системі вітчизняних нормативно-правових актів з цивільного захисту (Кодекси цивільного захисту України, підпорядкованих нормативно-правових документах) відсутнє визначення поняття морської геологічної небезпеки, яка має планетарно-регіональний характер і несе транскордонну загрозу, тому потребує спеціального врегулювання.

Водночас нагадаємо, що наукові установи НАН України брали безпосередню участь у науковому обґрунтуванні та розробленні проєкту системи раннього попередження про цунамі у Чорному морі.

Зокрема, у 2009 році Морський гідрофізичний інститут НАН України спільно з Інститутом геологічних наук НАН України та іншими установами-співвиконавцями завершив науково-дослідну роботу, в результаті якої розроблено структуру і склад системи раннього попередження про цунамі в Чорному морі як структурного елемента Європейської системи; розпочато її дослідну експлуатацію; створено комп'ютерну систему для оперативного прогнозування небезпечних морських хвиль сейсмогенної

природи й відтворення можливих сценаріїв розвитку цунамі у Чорному морі. Створено Експериментальний національний центр морських прогнозів.

На наше переконання, необхідно продовжити вітчизняні наукові дослідження та системно поповнювати наукові знання про цунамі, превентивно впроваджувати та масштабувати апробовані результативні моделі соціальної поведінки для формування стійкості громад під час загрози лиха. Це потребуватиме зміцнення науково-дослідного потенціалу та активізації передавання технологій, зокрема для досягнення цілей Програми з цунамі в рамках Десятиліття океану.

Варто зауважити, що прибережне мілководдя територіального моря України, окрім реальної загрози підводних землетрусів та їхніх наслідків у формі цунамі в Чорному морі, суттєво обтяжене наслідками воєнних дій: за попередніми оцінками ДСНС України, близько 14 000 м² внутрішніх і морських українських акваторій на сьогодні забруднені вибухонебезпечними предметами. У разі віднесення приморських територій до ризикових від цунамі негативні наслідки для громад, прибережної інфраструктури та морської біоти потенційно зростуть.

Тому Україні, навіть за сучасного стану, вкрай важливо налагодити й підтримувати в активному стані транскордонну співпрацю, контакти та обмін інформацією з державами Причорноморського басейну у складі Регіональної міжурядової координаційної групи.

Враховуючи реалії, що склалися в Україні, доцільно завчасно розробити й затвердити відповідні доповнення до положень про функціональні та територіальні підсистеми попередження про морські геологічні небезпеки (цунамі) єдиної державної системи цивільного захисту, водночас необхідно врахувати рекомендації з Плану досліджень, розробок та впровадження здійснення Програми з цунамі в рамках Десятиліття океану.

Без цих кроків Україна залишається сліпою зоною на карті цунамі-ризиків Чорного моря. І це питання не лише національної безпеки, а й відповідальності за життя людей, які мешкають у зоні ризику.

Олександр ЩИПЦОВ,
член-кореспондент Національної академії наук України.
На фото Евана ШНАЙДЕРА
(© UN Photo): наслідки цунамі на узбережжі Індонезії між містами Банда-Ачег і Мевлабоз після підводного землетрусу та цунамі 26 грудня 2004 року в Індійському океані

ДО РЕЧІ

У перекладі з японської — це «хвиля в затоці»

Всесвітній день поширення інформації про проблему цунамі було запроваджено з ініціативи японської сторони у грудні 2015 року.

Минуло всього чотири роки відтоді, як 11 березня 2011-го біля східного узбережжя острова Хонсю о 14.46 за місцевим часом (7.46 — за київським) стався величезний землетрус магнітудою 9,1–9,0 за шкалою Ріхтера. Він вважається найсильнішим у

відомій історії Японії, хоча за кількістю жертв менш руйнівний, ніж землетруси 1896 та 1923 років.

Порятунок тисяч життів Японія завдячує науці та зокрема своїй системі раннього оповіщення, що об'єднує понад 1000 сейсмографів по всій країні. Було своєчасно передано інформацію про землетрус і цунамі. Адже підраховано, що хвилям цунамі для того, щоб досягти берега, потрібно було щонаймен-

ше 10 хвилин. Аеропорт Сендай во-да залила через 69 хвилин.

Отакий був люфт часу для порятунку. Енергія, що вивільнилася під час землетрусу і призвела до цунамі та нових поштовхів, в епіцентрі, на глибині, була у 205 тисяч разів сильнішою, ніж на поверхні. Дослідники також стверджують, що гул, який супроводжував землетрус, був гучнішим, ніж усі попередні за всю історію спостережень.

Цунамі, яке призвело до великих руйнувань і великих жертв на японському березі, поширилося на все тихоокеанське узбережжя — від Аляски до Чилі. В Японії максимальна висота хвилі була зафіксована у префектурі Міягі й сягала 40,5 метра. Хвилі цунамі заввишки 1–2 метри досягли Курильських островів. Такої ж висоти хвиля прибила до Гаваїв, узбережжя Північної Каліфорнії.

В Японії на 5 вересня 2012 року офіційно визнано, що кількість загиблих під час землетрусу і цунамі у 12 префектурах Японії становила 15 870 осіб, 2846 вважалися такими, що зникли безвісти, 6110 — поранено. Водночас врятовано понад 25 000 осіб. Ще понад 350 000 осіб залишалися в тимчасових помешканнях.

Інф. «Світу»

«Іграшкові знання» не злітають

Програма «Захист України» мала стати ключовим елементом відновлення військової підготовки у школах. Але, схоже, на ділі все не так динамічно. Держава цьогоріч оновила Типовий перелік обладнання для осередків «Захисту України», однак, у ньому все ще чимало обладнання або застарілого, або «демонстраційного», яке не дає практичних навичок. На третій рік повномасштабної війни підготовку молодого покоління обмежують лише теорією і подекуди «іграшками». Зокрема, у сфері БпЛА навчальні заклади вчать учнів основ пілотування на дитячих мікророботах TinyWoop.

Про те, чому «іграшкові знання» не готують справжніх захисників — говоримо з Наталією ГОЛОВІХІНОЮ, директоркою столичного Ліцею № 23 «Кадетський корпус».



Наталія ГОЛОВІХІНА та її вихованці

— **Наталіє Михайлівно, предмету «Захист України» невдовзі два роки. Як вважаєте, чи набула Україна інструмент дієвої підготовки молоді до реалій, які диктує війна?**

— У молоді росте рівень патріотизму та ідентичності. Це еволюція: коли змінюються обставини, кожен змусить змінитися, щоб вижити в нових умовах. Усвідомлення того, що сталося за ці роки, ще триває. Утім, молодь прогресує швидше, ніж держава встигає на це реагувати. Наприклад, діти активно беруть участь у військово-патріотичній грі «Сокіл» («Джур»), долучаються до пластового руху, самі цікавляться безпілотними технологіями, намагаються «літати» на FPV та інших дронах, навчаються дронного інжинірингу. Предмет «Захист України» мав би каталізувати усі ці зміни, але він дещо «відстає». У першому Типовому переліку обладнання, за яким облаштовували осередки «Захисту України», взагалі не було справжніх FPV — лише TinyWoop. Так, це милі мікродрони, але вони створені для розваг, а не для навчання військової справи. На фронті FPV щодня знищують десятки й сотні одиниць ворожої техніки. Вчитися на «вупах» — це, як готуватись до перегонів «Формули-1» на самокаті. Навіть після того, як Типовий перелік поліпшили й у ньому з'явився 7-дюймовий «фронтвий» FPV-дрон, на ньому все одно поставили тавро — «демонстраційне обладнання». Це означає, що літати він не буде. Молодь учать дивитися на техніку, а не керувати нею.

— **Ми бачимо, що роль дронів у війні колосальна. За словами головнокомандувача ЗСУ, навесні цього року Сили безпілотних систем ліквідували понад 77 тисяч ворожих цілей. Така реальність мала б зробити навчання дронарства пріоритетним...**

— Будь-які системні зміни, зокрема й у системі освіти — поступові й навіть повільні. Усе рухається з острахом зробити якусь помилку. Водночас на фронті інновації шляхом спроб і помилок з'являються чи не щотижня. Якщо 80 % уражень ворожої техніки на окремих ділянках фронту відбувається завдяки дронам, останні мають стати одним із пріоритетів у військовій підготовці. Утім, поки ми рухаємося старими шаблонами. Молодь учать розбирати й складати автомат Калашникова, який невдовзі може стати неактуальним під час переходу на стандарти НАТО. Звісно, вивчати стрілецьку зброю треба. Але нинішня війна — це тепловізори, коліматори, супероптика, старлінк, БпЛА тощо.

— **Чи можливо обійти гальмувальні фактори у військовій підготовці?**

— Типовий перелік для предмета «Захист України» — це, так би мовити, рекомендації. Але на місцях їх сприймають як керівництво до дії. Тож переважна більшість осередків дотримуватиметься рекомендованого і не підійматиме «сімки» у повітря, залишаючи їх у розряді «демообладнання». Але подекуди осередки чи окремі навчальні заклади все-таки проявляють ініціативу, відкидають ці страхи й працюють по-справжньому — мають повноцінні льотні години. Так відбувається в різних регіонах, зокрема й на Київщині. Наприклад, в одному з ліцеїв, де є осередок «Захист України», дронарство працює на землі та в небі. У класах — теорія на симуляторах, а надворі — практичні польоти на 7-дюймових дронах. Так, потрібні дозволи від компетентних державних органів. Їх отримують і літають на своєму ж стадіоні на дозволених висотах.

Ми теж маємо невеликий дронний клас, обладнаний FPV-симуляторами та повноцінними

8-дюймовими БпЛА. Звісно, цим мало вже кого здивуєш, але у нашому випадку клас працює лише для кадетів. Осередки «Захисту України» в усій країні перевантажені, навчають відразу 5–6 і більше шкіл. Графік настільки щільний, що з FPV школярам вдається попрацювати кілька годин на місяць. Якщо зважати, що в класі 20–25 учнів, то кожен потримає дрон у руках хвилин п'ятнадцять. Чи можна нормально навчитись керувати БпЛА в такому цейтноті?



Парадна форма лічить кожному

Щоб навчитись керувати FPV на середньому рівні, потрібно щонайменше 200 годин нальоту. Програма «Захист України» — це 8 годин на місяць для однієї школи на вивчення всіх модулів, а їх шість, зокрема й БпЛА. Навіть, якщо половину часу віддавати на дрони, за рік учні матимуть годин 40 на це. Що робити? Тут може зарадити лише масштабування — клас дронів має з'явитись у кожній школі.

— **Що, на вашу думку, потрібно змінити, щоб «дронна революція» в освіті справді відбулася?**

— Насамперед змінити пріоритети. Марно вчитися військової справи на макетах і муляжах. Треба давати молоді максимум практики, справжню техніку, реальний досвід, що його могли б передати ветерани, яких серед викладачів того ж таки «Захисту України» поки дуже мало. Друге — актуалізувати програму «Захист України». Там є модулі, які не мають практичного сенсу, зате з'їдають час. Натомість вивчення FPV, комунікацій, такмеду, кіберзахисту треба поглибити.

тує своїх захисників на сучасному рівні, ризикує втратити значно більше, ніж зекономить на цій підготовці.

Навчання керування FPV-дронами — не просто модна військова спеціальність сьогодення, а напрям, який відкриває великі горизонти у найближчому майбутньому. Сьогодні навички FPV-пілотів справді рятують життя — вони перетворилися на один із ключових інструментів сучасної війни. Проте після перемоги ці вміння матимуть не меншу цінність — як у технологічному, так і в економічному сенсах.

— **Ви кажете, що пілоти FPV будуть потрібними й у мирний час?**

— Саме так. У цивільному житті ці технології вже сьогодні активно застосовуються в індустріях, які розвиваються швидше, ніж будь-коли. Від кінематографа до аграрного сектору, від рятувальних операцій до логістики — всюди потрібні пілоти, здатні швидко орієнтуватися, мислити тактично й володіти точністю керування. У США та Японії, наприклад, FPV-дрони вже використовуються для інспекції електромереж, мостів, гідропоруд — там, де людині складно або небезпечно працювати. Аналітики PwC прогнозують, що до 2030 року глобальний ринок дронів перевищить \$90 мільярдів, а попит на FPV-пілотів виросте у кілька разів. І це лише початок — FPV стають елементом «нової інфраструктури спостереження і доставлення». У світі вже тестують дрони для екстреного доставлення крові й медикаментів, а FPV-технологія дає змогу зробити ці польоти точними навіть у складних умовах.

Окрім того, FPV — це школа сучасного мислення. Це розвиток просторової уяви, реакції, вміння працювати під тиском і ухвалювати рішення за секунди. Недарма багато пілотів кажуть: «FPV — це шахи на швидкості звуку». Відомий український інструктор з FPV Андрій Хаврук зазначав: «Хто вміє керувати дроном, завтра зможе керувати будь-якою автоматизованою системою». Після війни FPV-пілотування може стати основою для розвитку нових галузей — безпілотного будівництва, екстреної логістики, екотуризму, 3D-знімання, навіть спортивних перегонів. Торік чемпіонат DRL (DroneRacingLeague) зібрав аудиторію понад 70 мільйонів глядачів і ця цифра продовжує зростати.

Отже, навчання FPV — це не просто корисна навичка. Це інвестиція у майбутнє, де людина і технологія працюють у тандемі. Володіння дроном стає новою «цифровою грамотою» — так само, як колись знання комп'ютера відкрило двері у світ цифрових технологій. І ті, хто сьогодні вчать літати, завтра допоможуть не лише захищати, а й відбудовувати країну, створювати нові робочі місця і нову економіку.

Підготувала Наталія ЯНЕНКО