



УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ЕКСПЕРТИЗИ ТА ІНФОРМАЦІЇ

■ НАУКА ■ ТЕХНОЛОГІЇ ■ ІННОВАЦІЇ

science • technologies • innovations



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№1 (25)/2023

ISSN 2520-6524



9 772520 652007

ЗАСНОВНИКИ:

ДНУ “Український інститут
науково-технічної
експертизи та інформації”

ДУ “Інститут досліджень науково-технічного
потенціалу та історії науки
ім. Г. М. Доброва НАН України”

ДВНЗ “Український державний
хіміко-технологічний
університет” МОН України

ISSN 2520-6524

№ 1 (25)/2023

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Виходить 1 раз на квартал / Видається з 1 січня 2017 р.

Свідоцтво про реєстрацію у Міністерстві юстиції:
серія KB № 22498-12398P від 13.01.2017 р.

Передплатний індекс — 60072.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Камишин В. В., д-р пед. наук

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:

Рева О. М., д-р техн. наук

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Аврамчук Б. О., канд. екон. наук

Верещак В. Г., д-р техн. наук

Дубницький В. І., д-р екон. наук

Єгоров І. Ю., д-р екон. наук

Писаренко Т. В., канд. техн. наук

Півоваров О. А., д-р техн. наук

Попович О. С., д-р екон. наук

Федулова С. О., д-р екон. наук

Черваков О. В., д-р екон. наук

ІНОЗЕМНІ ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:

Гусейнова А., д-р екон. наук (Азербайджан)

EDITORIAL BOARD

CHIEF EDITOR

Kamyshyn V. V., D. Sc. in Pedagogy

ASSOCIATE EDITOR:

Reva O. M., D. Sc. in Engineering

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Avramchuk B. O., PhD in Economics

Vereshchak V. G., D. Sc. in Engineering

Dubnytskyi V. I., D. Sc. in Economics

Yehorov I. Yu., D. Sc. in Economics

Pysarenko T. V., PhD in Engineering

Pivovarov O. A., D. Sc. in Engineering

Popovych O. S., D. Sc. in Economics

Fedulova S. O., D. Sc. in Economics

Chervakov O. V., D. Sc. in Economics

FOREIGN MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:

Huseinova A., D. Sc. in Economics (Azerbaijan)

ІННОВАЦІЙНА ЕКОНОМІКА

<i>Федулова С.О.</i> Багатовимірний поточний світовий криза проти концепції полікризи.	3
<i>Ігнацевич С.П., Баланчук І.С.</i> Науково-технічна діяльність у сфері трансграничного співробітництва: європейський досвід	8

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВЛАСНІСТЬ

<i>Андросчук Г.О.</i> Політика і стратегії розвитку штучного інтелекту в країнах світу: quo vadis? (частина 1)	15
---	----

ПРОБЛЕМИ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ

<i>Кірюхін М.М.</i> Інженерна грамотність.	30
<i>Шварцман Л.Я., Баженов Е.В.</i> Отримання колоїдного діоксиду кременю (SiO ₂) з кварцу.	37

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Павлов С.В., Межієвська І.А., Вуйцік В., Власенко О.В., Аврун О.Г., Масловський В.Ю., Волосович О.С.</i> Перспективність застосування медичних інформаційних технологій для оцінювання ризиків анатомічного ураження коронарних артерій	44
--	----

ТРАНСФЕР: НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Медицина (лазерна термотерапія), матеріали та обладнання для медичної техніки, органічна хімія, будівництво, нетрадиційні джерела енергії, Аеророзвідка, військова справа, системи вимірювання та контролю, охорона навколишнього середовища	56
---	----

INNOVATIVE ECONOMY

<i>Fedulova S.O.</i> The multidimensional current global crisis versus the concept of polycrisis.	3
<i>Ihnatsevyich S.P., Balanchuk I.S.</i> Scientific and technical activities in the sphere of transborder cooperation: european experience	8

INTELLECTUAL PROPERTY

<i>Androshchuk H.O.</i> Policies and strategies for the development of artificial intelligence in the countries of the world: quo vadis? (part 1)	15
--	----

PROBLEMS OF SCIENTIFIC AND
TECHNOLOGICAL ACTIVITIES

<i>Kiryukhin M.M.</i> Engineering literacy.	30
<i>Schwarzman L.Y., Bazhenov E.V.</i> Obtaining colloidal silicon dioxide (SiO ₂) from quartz	37

INFORMATIONAL TECHNOLOGIES

<i>Pavlov S.V., Mezhiievskaya I.A., Wójcik W., Vlasenko O.V., Avrunin O.H., Maslovskiy V.Yu., Volosovych O.S.</i> Perspectives of the application of medical information technologies for assessing the risk of anatomical lesion of the coronary arteries	44
--	----

TRANSFER: NEW TECHNOLOGIES

Medicine (laser thermotherapy), Materials and equipment for medical technology, Organic chemistry, Construction, Non-conventional energy sources, Aerial reconnaissance, Military affairs, Measurement and control systems, Environmental protection	56
---	----

С. О. ФЕДУЛОВА, д-р екон. наук, проф.

БАГАТОВИМІРНА ПОТОЧНА СВІТОВА КРИЗА ПРОТИ КОНЦЕПЦІЇ ПОЛІКРИЗИ

Резюме. Стаття присвячена найактуальнішим питанням дослідження багатовимірної поточної світової кризи та концепції полікризи. Ключовою ідеєю статті є визначення сутності багатовимірності поточної світової кризи та її впливу на подальший світовий розвиток. У статті визначено, що сучасні кризові потрясіння варто описувати з позиції багатовимірної поточної світової кризи, а не з позиції катастрофічної полікризи. Запропоноване дослідження розкриває сутність багатовимірної поточної світової кризи через фактори геополітичної напруженості, глобальні кризи, що утворилися під дією зазначених факторів і глобальні ризики. Факторами геополітичної напруженості визначено такі: війна в Україні; напруженість між США та Китаєм; пандемія Covid-19; зміна клімату. Зазначено, що складні та значною мірою невизнані причиново-наслідкові зв'язки між світовими економічними, соціальними та екологічними системами можуть призвести до того, що чимало ризиків стануть критичними майже одночасно. У статті актуалізовано, що найсерйознішим безпосереднім ризиком є криза вартості життя. Визначено, що багатовимірна поточна світова криза має ознаки нелінійності розвитку, і не можна остаточно стверджувати, що всі глобальні ризики взаємопов'язані та можуть призвести до глобальних катастрофічних наслідків. У цьому контексті прості, фрагментовані та орієнтовані на кризу підходи є неефективними та часто створюють коло нерозв'язаних проблем.

Ключові слова: багатовимірна поточна світова криза, полікриза, криза вартості життя, війна, політична напруженість, пандемія.

ВСТУП

Каскадні та пов'язані між собою кризи, що вже значною мірою проявилися на початку 2023 р., вимагають нового опису для визначення масштабу проблем, з якими стикається світ.

Війна в Україні призвела до стрімкого зростання цін на енергоносії та продукти харчування. У результаті зазначених дій, інфляційний тиск викликав кризу вартості життя, яка призвела до соціальних заворушень. Окрім того, викиди вуглецю продовжували зростати, оскільки економіки країн мають відновлюватися після пандемії.

У Звіті про глобальні ризики у 2023 р. Всесвітнього економічного форуму використовується термін «полікриза». Так, теперішні та майбутні ризики можуть взаємодіяти один з одним, утворюючи *полікризу* — кластер пов'язаних глобальних ризиків із комплексним ефектом, а перетин поточних ризиків із кризовими ситуаціями, що виникають, створює найбільший ризик полікризи.

Необхідно зазначити, що глобальні кризи дедалі рідше трапляються ізольовано. Вони взаємодіють між собою так, що одна криза робить іншу більш імовірною та поглиблює їхню загальну шкоду. Таким чином, концепція полікризи підкреслює *причиново-наслідкову взаємодію криз у глобальних системах*.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Полікризова логіка має певні недоліки. Логіка полікризи передбачає припущення, що одна системна криза неминуче призведе до негативних ефектів зворотного зв'язку, які спричинять кризи інших систем. Якщо це припущення не виконується, то вся логіка єдиної полікризи розвалюється.

Але, можливо є сенс говорити про багатовимірну поточну світову кризу? Наприклад, вихід Китаю з нульового рівня Covid-19, імовірно був антициклічним, що підштовхнуло до економічного зростання, тоді як інші регіони занурилися в рецесію.

Ще одним прикладом є випадкова взаємодія між зміною клімату та вторгненням росії в Україну. Чимало експертів були стурбовані тим, що контрсанкції росії у вигляді припинення експорту енергоресурсів зроблять зиму 2023 р. надзвичайно важкою та дорогою для Європи. Однак зміна клімату надала Європі дивну геополітичну допомогу. Таким чином, здатність росії сіяти хаос в європейській економіці була обмежена.

Наведені тези не означають, що системні кризи не можуть посилювати одна одну. Людству дійсно потрібно захиститися від малоімовірних наслідків із сильним впливом і від найгірших сценаріїв.

Однак вбачається, що здебільшого потрібне визначення багатовимірності поточної світової кризи та її впливу на подальший світовий розвиток, а термін «полікриза» більше відволікає, аніж додає ефективності в прийнятті управлінських рішень.

Метою статті є визначення сутності багатовимірності поточної світової кризи та її впливу на подальший світовий розвиток.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Поточна криза має багато вимірів, що підкреслюється концепцією полікризи, яка стала часто використовуваним терміном, як зазначає Міністр фінансів Колумбії пан Окампо, під час виступу з 18-м випуском лекцій ЮНКТАД [1]. Ця криза, яка виникла під час глобальної пандемії Covid-19, посилює існуючу вразливість і розширює нерівність у всьому світі.

Треба зазначити, що багато економічних аспектів кризи пов'язані з геополітичною напруженістю, зокрема через війну в Україні та зростання напруженості між США та Китаєм.

Усі країни постраждають від цієї кризи, але країни, що розвиваються, які вже постраждали від пандемії Covid-19, зростання боргу та кліматичних змін, особливо сильно постраждають від перебоїв із продовольством, паливом і фінансами.

У Звіті про глобальні ризики у 2023 р., опублікованому Всесвітнім економічним форумом як найближчу перспективу визначено п'ять глобальних ризиків, а саме [2]:

- 1) криза вартості життя;
- 2) стихійні лиха;
- 3) геополітичне протистояння;
- 4) нездатність пом'якшити наслідки кліматичних змін;
- 5) руйнування соціальної згуртованості та поляризація суспільства.

Поєднання саме цих ризиків створює розуміння концепції полікризи.

У розуміння полікризи закладено основи взаємовпливу кожної з криз одна на одну. Існують різні думки з цього приводу. Одна частина науковців і практиків вважає цю концепцію надуманою, а інші вбачають катастрофічний взаємовплив і наслідки, вказуючи на те, що криза в одній глобальній системі має побічні ефекти, що каскадом поширюються на інші глобальні системи, створюючи або посилюючи кризи в них. Проте, безпосередньо, існування кожної з криз окремо, є незаперечним.

Дослідимо взаємовпливи криз. Вбачається, що передумовами створення глобальних криз є фактори геополітичної напруженості. До зазначених факторів можна зарахувати: війну в

Україні; напруженість між США та Китаєм; пандемію Covid-19; зміну клімату.

З-поміж глобальних криз, що утворилися під дією факторів геополітичної напруженості, виокремлюються такі, як продовольча криза, енергетична криза, фінансова криза (**рис. 1**).

Поява глобальних криз створила умови розвитку п'яти глобальних ризиків, що визначені Всесвітнім економічним форумом. На рисунку 1 зазначено, що не всі глобальні ризики є наслідками появи глобальних криз.

Такі глобальні ризики, як стихійні лиха та нездатність пом'якшити наслідки кліматичних змін запропоновано зарахувати до категорії таких, що опинилися в «заручниках» від появи глобальних криз. Це означає те, що дані глобальні ризики існують окремо від появи глобальних криз (продовольчої, енергетичної, фінансової), але існування зазначених криз чинить істотний вплив на розв'язання проблем цих ризиків і в результаті — на виконання цілей сталого розвитку (ЦСР) до 2030.

Інші глобальні ризики — криза вартості життя, геополітичне протистояння, руйнування соціальної згуртованості та поляризація суспільства — вважаємо ризиками, які дійсно з'явилися завдяки глобальним кризам (продовольчій, енергетичній, фінансовій).

Зазначене вище вказує на можливість все ж говорити про багатовимірну поточну світову кризу, а не про катастрофічну полікризу.

Однак варто зауважити, що складні та значною мірою невизнані причиново-наслідкові зв'язки між світовими економічними, соціальними та екологічними системами можуть призвести до того, що багато ризиків стануть критичними майже одночасно.

Найстрашнішим фактором геополітичної напруженості є війна в Україні. Вона призвела до глобального ризику — кризи вартості життя, що значно обмежує сімейні бюджети, внаслідок неімовірного зростання цін на продукти та різкого зниження доходів. Це має серйозні наслідки для рівня бідності та голоду, рівня освіти та доступу до енергії.

Найсерйознішим безпосереднім ризиком є криза вартості життя. Нездатність пом'якшити кліматичну кризу було визначено як найбільший ризик через 10 років.

Війна, у всіх її вимірах, загострює глобальну кризу вартості життя, поставивши під загрозу життя, засоби існування та прагнення людства до кращого світу до 2030 року.

Найбільша криза вартості життя у XXI ст. стала, коли люди та країни мають обмежені можливості впоратися з нею внаслідок вже наявних каскадних криз пандемії Covid-19 і зміни клімату.

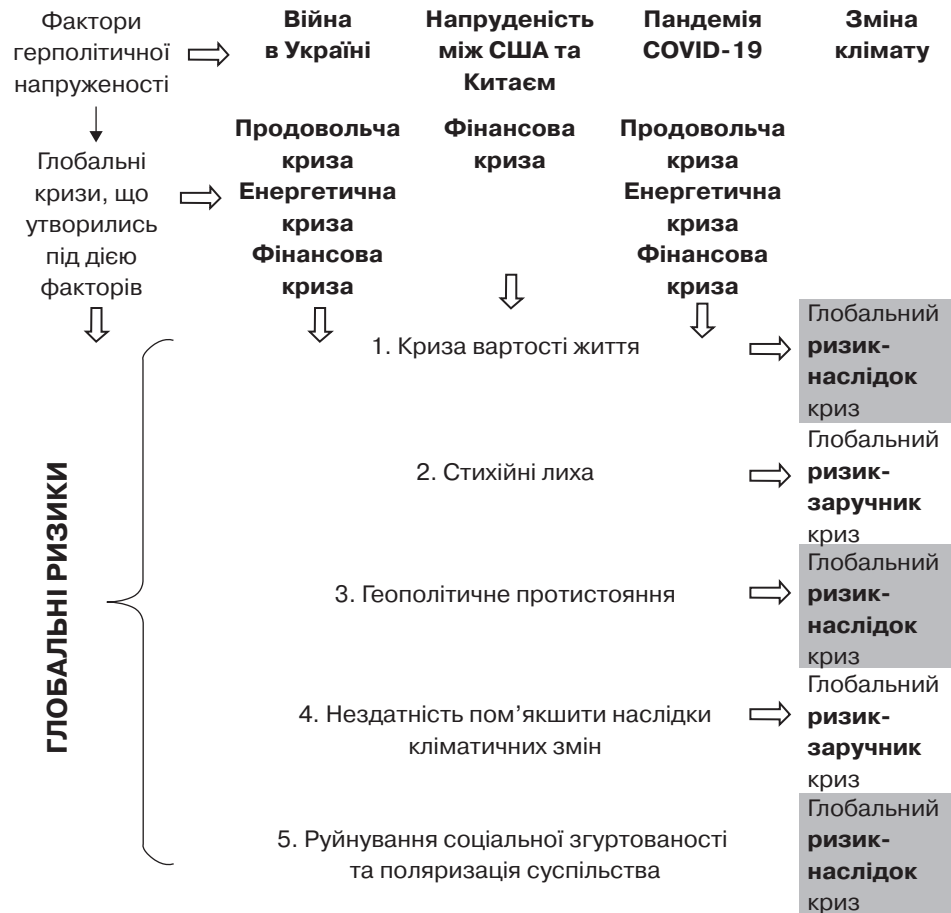


Рис. 1. Пульс багатовимірної поточної світової кризи

Джерело: авторська розробка.

Ключовою причиною поглиблення кризи вартості життя є серйозні цінові шоки на ринках продуктів харчування, енергії та добрив через війну в Україні, враховуючи центральне місце як України, так і росії на цих ринках.

Потрясіння такого масштабу є серйозним викликом незалежно від часу, а також таким, яке матиме історичні масштаби.

Високі ціни на продовольство та енергоносії найбільше вплинули на найуразливіші верстви суспільства, особливо в країнах, що розвиваються, де понад 50 % доходу найбідніших сімей витрачається на їжу [3]. Значна частина груп, які вважаються «небідними», також є дуже вразливими через їхню близькість до межі бідності (рис. 2).

Але, попри війну в Україні та тривалий вплив пандемії, у 2022 р. значно зросла торгівля як товарами, так і послугами. Торгівля товарами зросла на 10 % у порівнянні з минулим роком до приблизно 25 трлн дол. США, частково це відбулося через підвищення цін на енергоносії. Реалізація послуг зросла на 15 % до рекордних 7 трлн дол. США [5] (рис. 3). Треба відміти-

ти, що уповільнення у другій половині 2022 р. вказує на ймовірне погіршення умов торгівлі у 2023 році.

Також фактори геополітичної напруженості (війна в Україні; напруженість між США та Китаєм; пандемія Covid-19 і зміна клімату) призвели до умов стрімкого розв'язання проблем продовольчої, енергетичної та фінансової криз. Можна стверджувати, що світ знаходиться на початку технологічної революції, заснованої на зелених технологіях, яких на початок 2023 р. налічується до 17 провідних технологій, що підтверджено Звітом про технології та інновації ЮНКТАД у 2023 рік. Нова хвиля зелених технологій використовується для виробництва товарів і послуг із меншим викидом вуглецю та охоплює технології від штучного інтелекту до виробництва електромобілів.

Проактивна промислова, інноваційна та енергетична політика, зорієнтована на зелені технології, запроваджується в країнах, що розвиваються, для того, щоб вони могли отримати користь від революції зелених технологій для стимулювання сталого економічного

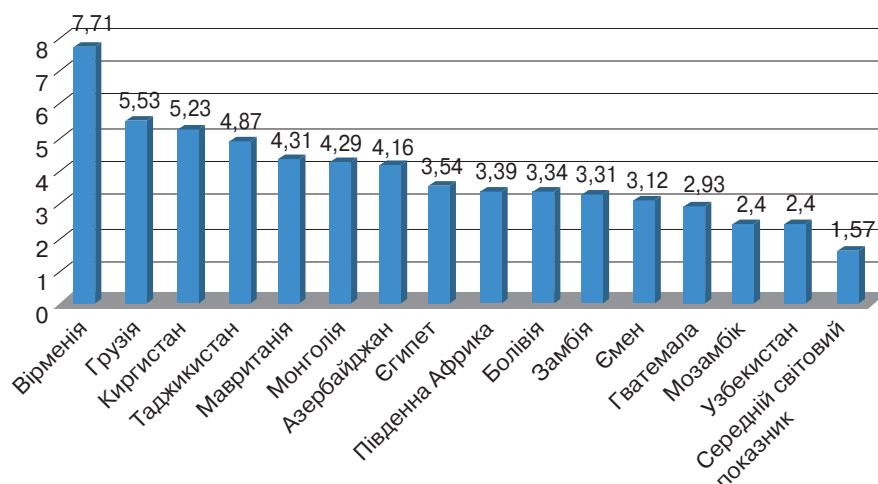


Рис. 2. Зниження реальних доходів (у %) до 2021 р.: країни, що найбільше постраждали

Джерело: складено автором на основі розрахунків ЮНКТАД [4].

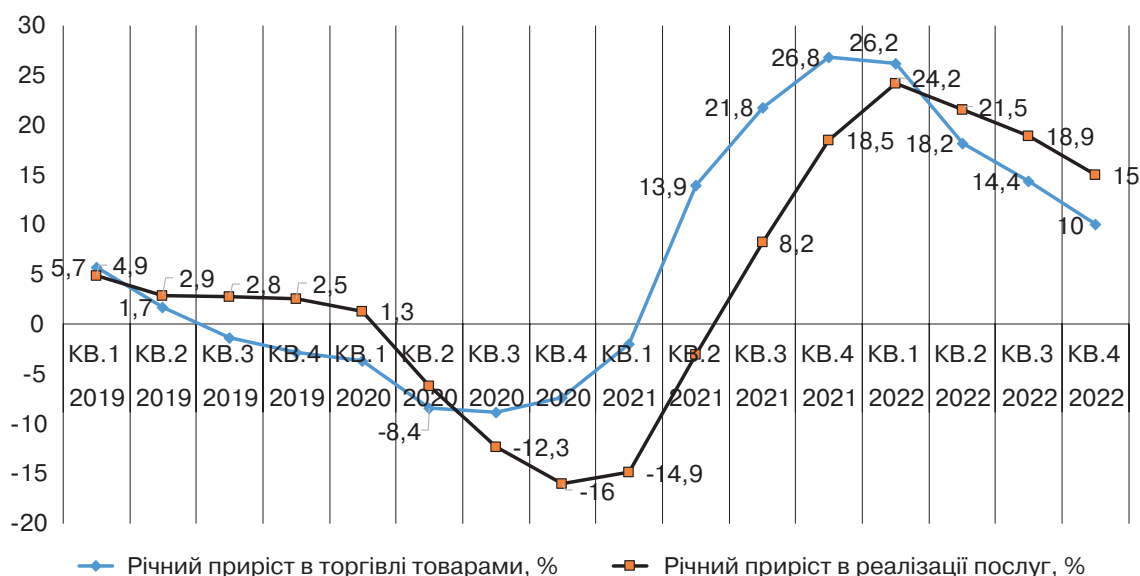


Рис. 2. Зниження реальних доходів (у %) до 2021 р.: країни, що найбільше постраждали

Джерело: складено автором на основі розрахунків ЮНКТАД [4].

зростання та підвищення своєї стійкості до майбутніх криз.

Треба відмітити, що економічні та кліматичні потрясіння посилюють одне одного та відображаються на вразливості країн, які розвиваються, що призводить до постійних збоїв, економічної невизначеності та повільного зростання продуктивності [6; 7].

З огляду на це, можна стверджувати, що багатовимірна поточна світова криза має ознаки нелінійності розвитку, а тому не можна остаточно стверджувати, що всі глобальні ризики взаємопов'язані і можуть призвести до глобальних катастрофічних наслідків.

Наведені приклади тенденцій світового розвитку засвідчують, що в окремих випадках одна з криз веде до вирішення або пом'якшенні іншої кризи.

Тож новим є не те, що в людства раптом виникла незліченна кількість пов'язаних проблем — це завжди було, а те, що, нарешті, людство усвідомило, як мало воно розуміє про хаотичні, нелінійні стани, у яких опинилося.

ВИСНОВКИ

Отже, допоки тривають кризові потрясіння, економіки країн вступають в епоху низького економічного зростання, низьких інвестицій і

низької співпраці, а дії, які будуть вжиті сьогодні, визначатимуть майбутнє окреслення ризиків.

Окреслені фактори геополітичної напруженості катастрофічно підривають економічні, освітні та оздоровчі здобутки дедалі більшої частки населення, у зв'язку з чим зростає розбіжність між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються. Це на додаток, взаємодіє ще й з численними екологічними та геополітичними ризиками (змінюю клімату, колапсом екосистеми, конфліктами між різними сферами), створюючи подальшу загрозу безпеці та стабільності суспільств у всьому світі.

У цьому контексті прості, фрагментовані та орієнтовані на кризу підходи є неефективними та часто створюють коло нерозв'язаних проблем. Відсутність готовності до довгострокових ризиків ще більше дестабілізує окреслення ризиків, створюючи ще жорсткіші компроміси для країн та особистостей, які намагаються впоратися з одночасними кризами. Потрібний суворий підхід до передбачення та готовності, оскільки людство прагне зміцнити стійкість до довгострокових ризиків і намітити шляхи вперед до більш сталого світу.

Зазначене в статті вказує на можливість говорити про багатовимірну поточну світову кризу, а не про катастрофічну полікризу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Colombia finance minister Ocampo spells out actions to tackle global economic crisis [Electronic resource] // United Nations Conference on Trade and Development. — 2023. — Access mode: <https://unctad.org/news/colombia-finance-minister-ocampo-spells-out-actions-tackle-global-economic-crisis>.
2. The Global Risks Report 2023. 18th Edition. INSIGHT REPORT : World Economic Forum, 2023. — 98 p.
3. The impact of the cost-of-living crisis on people [Electronic resource] // United Nations Conference on Trade and Development. — 2023. — Access mode: <https://unctad.org/news/impact-cost-living-crisis-people>.

4. Official website of the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) [Electronic resource]. — Access mode: <https://unctad.org>.
5. Official website of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [Electronic resource]. — Access mode: <http://www.fao.org>.
6. Andreas Kluth. So We're In a Polycrisis. Is That Even a Thing? The Washington Post [Electronic resource] / Andreas Kluth. — 2023. — Access mode: https://www.washingtonpost.com/business/so-were-in-a-polycrisis-is-that-even-a-thing/2023/01/21/cf05856e-9963-11ed-a173-61e055ec24ef_story.html.
7. Fedulova S. Determining the impact of virtual water scarcity risk on the global food crisis 2022 as a result of hostilities / S. Fedulova, A. Zadoia, I. Shkura, V. Komirna, M. Savchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2023. — No. 1/13 (121). — P. 18–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272950>.

REFERENCES

1. Colombia finance minister Ocampo spells out actions to tackle global economic crisis. (2023). United Nations Conference on Trade and Development. Retrieved from: <https://unctad.org/news/colombia-finance-minister-ocampo-spells-out-actions-tackle-global-economic-crisis>.
2. The Global Risks Report 2023 18th Edition INSIGHT REPORT (2023). World Economic Forum. 98 p.
3. The impact of the cost-of-living crisis on people. (2023). United Nations Conference on Trade and Development. Retrieved from: <https://unctad.org/news/impact-cost-living-crisis-people>.
4. Official website of the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Retrieved from: <https://unctad.org/>.
5. Official website of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved from: <http://www.fao.org>.
6. Andreas, Kluth (2023). So We're In a Polycrisis. Is That Even a Thing? The Washington Post. Retrieved from: https://www.washingtonpost.com/business/so-were-in-a-polycrisis-is-that-even-a-thing/2023/01/21/cf05856e-9963-11ed-a173-61e055ec24ef_story.html.
7. Fedulova, S., Zadoia, A., Shkura, I., Komirna, V., & Savchenko, M. (2023). Determining the impact of virtual water scarcity risk on the global food crisis 2022 as a result of hostilities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/13 (121), 18–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272950>.

FEDULOVA S. O., D. Sc. of Economics, Professor

THE MULTIDIMENSIONAL CURRENT GLOBAL CRISIS VERSUS THE CONCEPT OF POLYCRISIS

Abstract. The article is devoted to the most relevant issues of the research of the multidimensional current world crisis and the concept of polycrisis. The main idea of the article is to determine the essence of the multidimensionality of the current world crisis and its impact on further world development. It was determined that ongoing crisis upheavals should be described from the standpoint of the multidimensional current world crisis, and not from the standpoint of a catastrophic polycrisis. The proposed study reveals the essence of the multidimensional current world crisis due to the factors of geopolitical tension; global crises caused by these factors and global risks. The factors of geopolitical tension are defined as the war in Ukraine; tensions between the US and China; the Covid-19 pandemic and climate change. It notes that the complex and largely unrecognized causal relationships between the world's economic, social and environmental systems can lead to many risks becoming critical almost simultaneously. It has been updated that the most serious immediate risk is the cost of living crisis. It was determined that the multidimensional current world crisis has signs of non-linearity of development, and it is impossible to definitively assert that all global risks are interconnected and can lead

to global catastrophic consequences. In this context, simple, fragmented and crisis-oriented approaches are ineffective and often create a circle of unresolved problems.

Keywords: *cmultidimensional current global crisis, polycrisis, cost of living crisis, war, political tension, pandemic.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Федулова Світлана Олександрівна — д-р екон. наук, проф., Університет імені Альфреда Нобеля, вул. Січеславська Набережна, 18, м. Дніпро, Україна, 49000; +38(067)775-76-89; sveta_fedulova@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5163-3890.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Fedulova S. O. — D. Sc. of Economics, Professor, Alfred Nobel University, 18, Sicheslavska Naberezhna, Dnipro city, Ukraine, 49000; +38(067)775-76-89; sveta_fedulova@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5163-3890.



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-1-02>

УДК 339.9:327

С. П. ІГНАЦЕВИЧ, канд. екон. наук, с. н. с.

І. С. БАЛАНЧУК, заввідділу

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ У СФЕРІ ТРАНСКОРДОННОГО СПІВРОБІТНИЦТВА: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД

Резюме. Нині питання міжнародної співпраці стоїть вкрай гостро і має важливе значення як для політичного та економічного життя будь-якої країни, так і для науково-технічної складової державного розвитку. У сучасних умовах, коли поняття кордонів як роздільної смуги між окремими державами, практично зникло, важливість налагодження тісної кооперації між прикордонними територіями несе неоціненну користь не лише цим територіям, а й усій країні загалом. Не в останню чергу цей факт стосується науково-технічної сфери. Поняття, суть і зміст такого напряму міжнародної співпраці, як транскордонне співробітництво, подано в публікації. Визначено, що інституціональна основа транскордонної співпраці реалізується шляхом створення так званих єврорегіонів. Успішні приклади співпраці європейських країн у контексті науково-технічної співпраці були представлені. Автори дійшли висновку, що з метою подальшого розвитку міжнародної кооперації України з країнами – членами Європейського Союзу, зокрема в науково-технічній сфері, необхідно поглиблювати контакти в рамках транскордонної взаємодії. Для виконання зазначених цілей першочергово варто актуалізувати вітчизняну нормативно-правову базу в цій сфері, осучаснити його, реформувавши до вимог європейського законодавства.

Ключові слова: аналітика інтелектуальної власності, винаходи, прогнозування, картування технологій, озброєння та військова техніка, патентний ландшафт, патентна інформація, перспективні технології, національна безпека.

ВСТУП

Основою сталого розвитку будь-якої території, особливо якщо йдеться про території біля державного кордону, є інноваційна та науково-технічна діяльність, яка стимулює розвиток на по-

силення транскордонних зв'язків між регіонами сусідніх країн на рівні муніципальної співпраці.

З точки зору інноваційної економіки, регіон — це не лише суб'єкт інноваційного процесу, а й, власне, середовище його функціо-

нування. Науково-технічна діяльність регіону залежить від багатьох факторів. Це і розвиток інституційної структури, інфраструктури, наявність спеціалізованих компаній, рівень внутрішнього та зовнішнього попиту на інновації, доступність до стратегічних ресурсів, соціальна складова, яка наразі часто недооцінюється через складність у вартісному вимірюванні [1].

Інституціональна основа транскордонного співробітництва реалізується шляхом створення євро регіонів. Їхні стратегічні цілі та завдання діяльності, зокрема й науково-технічної, визначаються їх статутами. Євро регіони створюються з метою посилення співробітництва в усіх сферах господарської діяльності (економічної, соціальної, екологічної, а також культурно-освітньої, інфраструктурної тощо).

Кожен євро регіон утворюється внаслідок укладання угод про транскордонне співробітництво між місцевими органами влади прикордонних регіонів, які спільно зацікавлені в реалізації різноманітних проектів транскордонної співпраці.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розвиток спільної науково-технічної діяльності на прикордонних територіях потребує від України адаптації нашого законодавства до нормативного регулювання транскордонної діяльності Євросоюзу та сучасних геополітичних реалій, які стримують, ускладнюють і деколи навіть унеможливають транскордонне співробітництво. Наразі лише третина державного сухопутного кордону України межує з країнами, транскордонне співробітництво з якими принаймні можливе (Молдова, Румунія, Польща, Угорщина, Словаччина). Причому значна частка припадає на річки та гірську місцевість, що суттєво впливає на становлення і розвиток транскордонної науково-технічної діяльності.

Варто враховувати, що Україна взаємодіє не просто з окремою сусідньою державою, яка укладає з нами двосторонню угоду про транскордонну співпрацю, а з членом Євросоюзу, що потребує суттєвого узгодження нормативного забезпечення таких взаємин із нормативним забезпеченням усього об'єднання країни Євросоюзу.

Науково-технічна сфера України вже декілька десятиліть розвивається в умовах ринкової економіки, проте функціонування ринкових механізмів науково-технічної діяльності загалом і у сфері транскордонної співпраці зокрема, поки залишається на досить низькому рівні. Навіть попри наявний потужний потенціал науково-технічної сфери, суттєві обсяги завершених наукових досліджень, перетворених в унікальні технології.

Тому однією з ключових умов розвитку науково-технічної діяльності у сфері транскордонного співробітництва залишається забезпечення в регіонах реалізації заходів із державної підтримки науково-технічної діяльності, розвитку технологій і відповідної інфраструктури на рівні регіонів. Для цього варто не лише окреслити головні завдання розвитку науково-технічної сфери, а й забезпечити належний рівень управління організаційним забезпеченням науково-технічної діяльності. Потрібно забезпечити переорієнтування такої діяльності на ринкові механізми функціонування, без яких розвиток транскордонної співпраці в сучасних умовах просто неможливий.

Метою статті є дослідження європейського досвіду та аналіз нормативно-правового забезпечення науково-технічної діяльності у сфері транскордонного співробітництва євро регіонів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

У вітчизняних і закордонних наукових публікаціях активно розглядаються питання оцінювання ефективності науково-технічної діяльності, визначення зовнішніх і внутрішніх чинників розвитку такої діяльності та підвищення ефективності функціонування євро регіонів, вплив таких євро регіонів на науково-технічний потенціал території та країни в цілому.

Питання транскордонного співробітництва в євроінтеграційній стратегії України досліджував І. Артьомов [2], проблеми реалізації транскордонного співробітництва на місцевому рівні вивчав В. Проскура [3] та інші вчені.

Аналіз опублікованих праць вітчизняних та європейських вчених, які досліджують розвиток транскордонного співробітництва, свідчить про актуальність цього напрямку дослідження, проте зараз недостатня увага приділена механізмам та інструментам транскордонного співробітництва, що спрямовані на посилення науково-технічної діяльності в Україні. Це потребує проведення подальших досліджень.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розвиток транскордонного співробітництва безпосередньо залежить від подолання звичного розуміння державного кордону як бар'єру, зокрема й для реалізації спільних транскордонних проектів, які можуть мати позитивний економічний ефект для двох (чи навіть більше) країн-учасниць. Транскордонне співробітництво має високий потенціал у науково-технічній сфері, оскільки передбачає докладання спільних зусиль, об'єднання ресурсів для отримання

результату, скористатися яким зможуть усі учасники, що суттєво підвищує економічну ефективність науково-технічної діяльності [4].

Якщо розглянути інтенсивність розвитку транскордонного співробітництва в межах Європи, то позиції лідера природним чином посідають країни Європейського Союзу. За рахунок інструментів загальноєвропейського фінансування європейські прикордонні території дедалі тісніше інтегруються в об'єднану соціально-культурну, економічну, і, як наслідок, інноваційну та науково-технічну сфери. Також варто зазначити, що такий рівень згуртованості мав змогу безперешкодно розвиватися протягом тривалого часу.

Основу транскордонного співробітництва в Україні, і науково-технічна діяльність тут не виняток, переважно складали місцеві органи влади на прикордонних територіях. Тому розвиток децентралізації позитивно впливає на рівень транскордонного співробітництва, а створення та функціонування євро регіонів натомість стимулює розвиток муніципального управління.

Згідно з даними Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), найвищу ефективність взаємодії демонструють суб'єкти, віддалені одне від одного в радіусі близько 200 км. Україна, уклавши Угоду про асоціацію між Європейським Союзом (ЄС) та Європейським співтовариством з атомної енергії, засвідчила намір і спроможність попри всі економічні та політичні виклики продовжувати інтегруватися в європейський економічний та інноваційний простір.

Гармонізація вітчизняного законодавства з європейським, а також участь України в науково-технічному партнерстві в рамках функціонування Європейського дослідницького простору (ERA) має відбуватися з урахуванням регіональної спеціалізації прикордонних територій, оскільки ефективність транскордонної взаємодії безпосередньо залежить від наявності інструментарію повного й достовірного оцінювання економічного потенціалу, конкурентних переваг і слабких сторін науково-технічної діяльності території.

Для уніфікації транскордонного співробітництва на території ЄС функціонує транскордонна регіональна інноваційна система (CBRIS). Вона призначена для об'єднання суб'єктів господарювання різного типу, розбудови інституційного середовища їхньої взаємодії на прикордонних територіях. Ця система покликана сформувати єдине інноваційне середовище замість точкових регіональних центрів інновацій.

Хоча європейські наукові дослідження показали [5], що такі масштабні інноваційні системи

краще працюють на рівні національних центрів, тоді як суб'єкти господарювання, які функціонують на прикордонних територіях, віддають перевагу місцевим центрам науково-технічного розвитку. Тому наразі система CBRIS розбудовує загальну мережу інноваційного розвитку на основі регіональних інноваційних центрів.

Основою державного регулювання транскордонної співпраці загалом і науково-технічної діяльності зокрема, є закони України "Про транскордонне співробітництво", "Про місцеве самоврядування в Україні" зі змінами до них. Цими законами визначені повноваження місцевих органів влади у сфері транскордонного співробітництва та розвитку науково-технічної діяльності. Зміни в законах від 2018 р. зокрема забезпечили підвищення рівня прямого залучення владою регіону іноземних інвестицій для реалізації науково-технічних проектів на місцевих рівнях.

Нормативні акти, які регулюють науково-технічну діяльність в Україні, можна класифікувати за рівнем юридичної значущості цих актів, від найвищого до найнижчого. Чинний порядок нормативних актів, які регулюють правові відносини у сфері транскордонного співробітництва, наступний:

- міжнародні угоди, підписані Україною та ратифіковані у передбаченому чинним законодавством порядку;
- закони України;
- підзаконні нормативно-правові акти (підписані Президентом України та затверджені урядом);
- підзаконні акти місцевого рівня.

Таким чином, в Україні визнається примат міжнародного права, що дає змогу здійснювати необхідні реформи, а саме: удосконалювати, розвивати і гармонізувати національне законодавство відповідно до вимог міжнародного права з урахуванням особливостей і відмінностей науково-технічної діяльності в Україні та поза її межами. У сфері транскордонного співробітництва вітчизняне нормативне регулювання хоч і базується на Європейській конвенції, дво- чи багатосторонніх міжнародних угодах, укладених між Україною та сусідніми державами [2], досі гостро стоїть питання гармонізації вітчизняного законодавства, без чого подальший розвиток науково-технічної діяльності в сучасних умовах просто неможливий.

В ЄС головними й найбільш важливими нормативно-правовими актами регулювання сфери транскордонного співробітництва загалом і науково-технічної діяльності зокрема є такі:

- Північна угода про транскордонне співробітництво між муніципалітетами;

- Європейська рамкова конвенція про транскордонне співробітництво між територіальними громадами або місцевими органами влади та протоколи до неї (Мадридська конвенція);
- дво- чи багатосторонні угоди між країнами, укладені в рамках Мадридської Конвенції;
- угоди, укладені на місцевому рівні, покликані спростити транскордонне співробітництво та реалізацію проєктів і програм, зокрема й науково-технічних (євро регіони);
- спрощена проєктна співпраця між окремими економічними суб'єктами по різні боки кордону, яка базується на укладанні прямих двосторонніх угоди в рамках європейського чи національного правового регулювання.

Порівнявши такий порядок із викладеним вище вітчизняним, можна помітити значно більшу децентралізацію європейського регулювання. Такий підхід демонструє високу ефективність, але потребує відповідного рівня автономії місцевого управління.

Варто зазначити, що всі вищезгадані міжнародні конвенції та угоди поступово були Україною ратифіковані, що дало змогу включити їхні положення у вітчизняне законодавство та реалізацію науково-технічної діяльності. Таким чи-

ном, Україна стала їх стороною (учасницею), що дало можливість вітчизняним суб'єктам транскордонної співпраці доєднатися до розвитку проєкту "Європи без розділових ліній" [6].

Науково-технічна діяльність у сфері транскордонного співробітництва допомагає сформувати сприятливі умови для нарощування економічної діяльності, залучення закордонних інвестицій у вітчизняні підприємства (наявні чи новостворені), реалізації важливих інфраструктурних проєктів на місцевому рівні.

Розвиток транскордонної співпраці сприяє активізації ринку праці в регіоні, а підвищення рівня зайнятості в науково-технічній діяльності — підвищенню рівня добробуту населення в регіоні.

З урахуванням визначення євро регіону в європейському законодавстві проаналізуємо найбільш відомі з них у Північній Європі. Необхідно зауважити, що деякі з них надто великі за площею та розгалужені, щоб вважатися традиційними суб'єктами транскордонного співробітництва (наприклад, євро регіон між Ірландією та Північною Ірландією був розділений на три окремі регіони з функціональними центрами відповідного масштабу для кожної зі сторін). Регіони представлені в **табл. 1**.

Таблиця 1

Транскордонні регіональні інноваційні системи Північної Європи

№	Країна	Кількість євро-регіонів	К-ть спільних публікацій/патентів на 1 млн мешканців	Назви євро регіонів	Країни-партнери
1	2	3	4	5	6
1	Німеччина	12	665,9/613,2	Sonderjylland-Schleswig, Fehmarnbelt, Pomerania, Viadrina, Spree-Neiße-Bober, Neiße-Nisa-Nysa, Ems Dollart, EUREGIO, Rhein-Waal, Rhein-Maas-Nord, Maas-Rhein, SaarLorLux	Нідерланди, Польща, Данія, Бельгія, Чехія, Франція
2	Нідерланди	6	778,2/574,1	Ems Dollart, EUREGIO, Rhein-Waal, Rhein-Maas-Nord, Maas-Rhein, Scheldemond	Німеччина, Бельгія
3	Польща	5	10,8/0	Pomerania, Neman, Viadrina, Spree-Neiße-Bober, Neiße-Nisa-Nysa	Німеччина, Чехія, Литва, Білорусь, Росія
4	Ірландія	4	126,91/33,2	Ireland-Wales, East Border, Central border, North-West Border	Уельс, Північна Ірландія
5	Швеція	4	1461,8/268,8	Tornio River Valley, Kvarken, Skargard, Oresund	Фінляндія, Данія

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
6	Фінляндія	4	464,3/80,6	Tornio River Valley, Kvarken, Skargard, Helsinki-Tallinn	Швеція, Естонія
7	Литва	3	0/0	Country of Lakes, Neman, Bartuva	Білорусь, Латвія, Польща, Росія
8	Північна Ірландія	3	267/33,2	East Border, Central border, North-West Border	Ірландія
9	Латвія	3	0/0	Livonia, Bartuva, Country of Lakes	Литва, Естонія, Білорусь
10	Бельгія	3	388,5/314,7	Maas-Rhein, Scheldemond, SaarLorLux	Нідерланди, Німеччина
11	Данія	3	1405,4/221,1	Oresund, Sonderjylland-Schleswig, Fehmarnbelt	Німеччина, Швеція
12	Білорусь	2	0/0	Country of Lakes, Neman	Литва, Латвія, Польща, Росія
13	Естонія	2	403,4/6	Helsinki-Tallinn, Livonia	Фінляндія, Латвія
14	Уельс	1	100,2/0	Ireland-Wales	Ірландія
15	Росія	1	0/0	Neman	Литва, Білорусь, Польща
16	Франція	1	83,6/36,6	SaarLorLux	Німеччина, Бельгія, Люксембург
17	Люксембург	1	83,6/36,6	SaarLorLux	Німеччина, Франція, Бельгія
18	Чехія	1	0/0	Neiße-Nisa-Nysa	Польща, Німеччина

Джерело: Систематизовано на основі [8].

Здійснений кореляційний аналіз обсягу спільних наукових праць, спільних патентів демонструє сильний кореляційний зв'язок між близькістю інноваційного розвитку євро регіонів та обсягом спільних публікацій у регіоні. Окрім того, спостерігається прямий кореляційний зв'язок між рівнем розгалуженості технологічних зв'язків та обсягом спільних публікацій відносно загальної кількості населення регіону [7].

Разом із тим, помічено, що спільне патентування та спільна публікація (як різні види науково-технічної діяльності) тісно пов'язані між собою та корелюють з загальною чисельністю населення євро регіону.

Зауважимо, що хоча використання показників спільних патентів і спільних наукових праць відносно добре працює для аналізу регіонального рівня науково-технічної діяльності та є вільно доступними, вони, як і решта проксі-

індикаторів, не співвідносяться з обсягом фактичних інновацій, які були в тому чи іншому вигляді комерціалізовані.

Подальший розвиток науково-технічної діяльності у сфері транскордонного співробітництва в Україні вбачається в таких діях:

- розвиток двосторонніх і багатосторонніх угод щодо провадження науково-технічної та інноваційної діяльності з метою забезпечення високого рівня ефективності гармонізації національних і регіональних економічних інтересів;
- створення необхідних умов для розвитку інноваційного ринку на прикордонних територіях;
- визначення зон спільних економічних інтересів, формування ключових пріоритетних напрямів науково-технічної діяльності, створення сприятливих умов для реалізації інноваційних проектів на місцевому рівні;

- ефективне використання та розвиток наявної науково-технічної та інноваційної інфраструктури, удосконалення механізмів транскордонної співпраці між місцевими органами влади, науковими організаціями, університетами, окремими суб'єктами господарювання;
- гармонізація нормативного регулювання з метою мінімізації можливих правових та адміністративних перешкод, забезпечення умов для розвитку спільної стандартизації та сертифікації результатів науково-технічної діяльності тощо.

ВИСНОВКИ

Транскордонна співпраця має вагоме практичне значення щодо реалізації інноваційної політики та розвитку науково-технічної діяльності. Організація ефективного транскордонного співробітництва на європейському прикладі демонструє підвищення економічної та соціальної згуртованості прикордонних територій країн ЄС, подолання політико-адміністративних розривів через кордони. Отже, євро регіони є ключовими елементами сталого регіонального розвитку.

Особливої уваги науковців заслуговують передумови та пріоритети розвитку економічного співробітництва між Україною та країнами Європи саме щодо науково-технічної діяльності на рівні транскордонної співпраці. Розвиток науково-технічної діяльності здатен забезпечити стрімку трансформацію економічних взаємовідносин між місцевими органами влади та економічними суб'єктами.

Тому ці питання потребують подальшого детального, всебічного та поглибленого дослідження, зокрема вивчення європейського досвіду створення та розвитку дієвих транскордонних євро регіонів надасть можливість підвищити ефективність науково-технічної діяльності на місцевому рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Mikhaylov A. S. Innovation security of cross-border innovative milieu / A. S. Mikhaylov, A. A. Mikhaylova, O. V. Savchina // *Entrepreneurship and Sustainability* — 2018. — No. 6 (2). — P. 754–766. [https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.2\(19\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.2(19)).
2. Артьомов І. В. Транскордонне співробітництво в євроінтеграційній стратегії України : монографія / І. В. Артьомов. — Ужгород: Ліра, 2009. — 520 с. (Серія “Євроінтеграція: український вимір”. Вип. 13).
3. Проскура В. Ф. Проблеми та перспективи реалізації транскордонного співробітництва на місцевому рівні / В. Ф. Проскура, М. Л. Фозекош // *Економіка та суспільство*. — 2018. — № 14. — С. 139–146.
4. Romano N. C. A motivational model for technology-supported cross-organizational and cross-border collaboration / N. C. Romano, James B. Pick, Narsyz Roztocki // *Eur. J. Inf. Syst.* — 2010. — No. 19. — P. 117–133. <https://doi.org/10.1057/ejis.2010.17>.
5. Makkonen T. Cross-Border Regional Innovation System Integration: An Analytical Framework / T. Makkonen, A. Weidenfeld, A. Williams // *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. — 2017. — No. 108. — P. 805–820. <https://doi.org/10.1111/tesg.12223>.
6. Транскордонне співробітництво: правові основи та успішні практики: посібник / Ю. Б. Євчак, А. Зарді, Я. В. Лазур, та ін.; за заг. ред. В. А. Устименка; ред.-упоряд. А. К. Гук, А. Є. Санченко. — Київ, 2020. — 152 с.
7. Makkonen T. Science and technology cooperation in cross-border regions: a proximity approach with evidence for Northern Europe / Teemu Makkonen, Allan Williams, Timo Mitze, Adi Weidenfeld // *European Planning Studies*. — 2018. — No. 26. — P. 1961–1979. <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1500528>.

REFERENCES

1. Mikhaylov, A. S., Mikhaylova, A. A., & Savchina, O. V. (2018). Innovation security of cross-border innovative milieu. *Entrepreneurship and Sustainability*, 6 (2). 754–766. [https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.2\(19\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2018.6.2(19)).
2. Artomov, I. V. (2009). *Transkordonne spivrobitnytstvo v yevrointehratsiini strategii Ukrainy [Cross-border cooperation in the European integration strategy of Ukraine]*. Vol. 13. Uzhhorod, 520 p. [in Ukr.].
3. Proskura, V. F., & Fozekosh, M. L. (2018). Problemy ta perspektyvy realizatsii transkordonnoho spivrobitnytstva na mistsevomu rivni [Problems and prospects of implementation of cross-border cooperation at the local level]. *Ekonomika ta suspilstvo — Economy and society*. 14, 139–146. [in Ukr.].
4. Romano, N. C., Pick, J. B., & Roztocki, N. (2010). A motivational model for technology-supported cross-organizational and cross-border collaboration. *Eur. J. Inf. Syst.*, 19, 117–133. <https://doi.org/10.1057/ejis.2010.17>.
5. Makkonen, T., Weidenfeld, A., & Williams, A. (2017). Cross-Border Regional Innovation System Integration: An Analytical Framework. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. 108, 805–820. <https://doi.org/10.1111/tesg.12223>.
6. Ievchak, Yu. B., Zardi, A., Lazur, Ya. V., Ochkaï, D., Sanchenko, A. Ie., Soshnykov, A. O., Ustymenko, V. A., & Fetko, Yu. I. (2020). *Transkordonne spivrobitnytstvo: pravovi osnovy ta uspishni praktyky [Cross-border cooperation: legal foundations and successful practices]*. Kyiv, 152 p. [in Ukr.].
7. Makkonen, T., Williams, A., Mitze, T., & Weidenfeld, A. (2018). Science and technology cooperation in cross-border regions: a proximity approach with evidence for Northern Europe. *European Planning Studies*. 26, 1961–1979. <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1500528>.

S. P. IHNATSEVYCH, PhD in Economics, Senior Researcher

I. S. BALANCHUK, Head of the Department

SCIENTIFIC AND TECHNICAL ACTIVITIES IN THE SPHERE OF TRANSBORDER COOPERATION: EUROPEAN EXPERIENCE

Abstract. Today, the issue of international cooperation is extremely acute and is of great importance both for the political and economic life of any country, and for the scientific and technical component of state development. In modern conditions, when the concept of borders as a separate strip between individual states has practically disappeared, the importance of establishing close cooperation between border areas is of invaluable benefit not only to these territories, but to the country as a whole. Not least, this fact concerns the scientific and technical sphere. The concept, essence and content of such an area of international cooperation as cross-border cooperation is given in the publication. It has been established that the institutional basis for cross-border cooperation is implemented through the creation of the so-called Euroregions. Successful examples of cooperation between European countries in the context of scientific and technical cooperation are presented. It is concluded that in order to further develop international cooperation between Ukraine and the member countries of the European Union, in particular, in the scientific and technical field, it is necessary to deepen contacts within the framework of cross-border cooperation. To achieve these goals, first of all, it is necessary to update the domestic regulatory framework in this area, modernize it, reforming it to the requirements of European legislation.

Keywords: cross-border cooperation, scientific and technical activity, legal regulation, innovative development, technology transfer, foreign experience.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Ігнацевич Сергій Петрович — канд. екон. наук, с. н. с. відділу міжнародного науково-технічного співробітництва та трансферу технологій, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (063) 815-26-78; ignatsevichserg@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-0401-4325

Баланчук Ірина Сергіївна — заввідділу міжнародного науково-технічного співробітництва та трансферу технологій, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-09-81; slavira218@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5179-7350

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ihnatsevych S. P. — PhD in Economics, Senior Researcher of Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, Antonovycha Str., 180, Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (063) 815-26-78; ignatsevichserg@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0002-0401-4325

Balanchuk I. S. — Head of the Department, Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information (UkrSTEI), 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-09-81; slavira218@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5179-7350



ДО УВАГИ АВТОРІВ:

До друку приймаються статті українською та англійською мовами.

Відповідальність за достовірність поданих даних несуть автори матеріалів.

Редакція може не поділяти думки авторів, викладені у статтях.

У разі передруку матеріалів — посилання на журнал «Наука, технології, інновації» обов'язкове.

Адреса редакції: вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150.

Контакти редакції: тел.: +38 (044) 521-00-39.

e-mail: journal@uintei.kiev.ua

Умови для публікації викладено на сайті: <http://nti.ukrintei.ua>.

З питань придбання та розміщення реклами: тел. +38 (044) 521-00-39.

e-mail: uintei.ua@gmail.com або sale@uintei.kiev.ua

Г. О. АНДРОЩУК, канд. екон. наук, доц.

ПОЛІТИКА І СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В КРАЇНАХ СВІТУ: QUO VADIS? (Частина 1)

Резюме. Досліджено організаційні й економіко-правові аспекти розробки та реалізації політик і стратегій розвитку штучного інтелекту (ШІ) у провідних країнах світу. Усі основні економіки (понад 60 країн) розробили національні політики (стратегії) розвитку ШІ. Провідними у впровадженні національних стратегій ШІ вважаються такі країни: США, Китай, Канада, Велика Британія, Японія, ОАЕ, Франція, Німеччина, Південна Корея, Індія та більшість країн Європейського Союзу (ЄС). Розглянуто структуру стратегій розвитку ШІ, пріоритети, моделі фінансування. Проаналізовано основні принципи розвитку і використання технологій ШІ, пріоритетні напрями, цілі та завдання використання ШІ. Виділено проблеми, пов'язані з використанням ШІ: це питання даних для обробки ШІ, контролю над використанням ШІ, слідування за рішеннями, що приймаються ШІ та відповідальність за їх прийняття, контроль за конфіденційністю, забезпеченням захисту персональних даних. Порівнюючи українську концепцію розвитку ШІ зі стратегіями розвинених країн, можна дійти висновку, що вона не сприятиме ефективному розвитку ШІ, оскільки інвестиції в технології ШІ відрізняються в сотні разів, не передбачено стимулювальних інструментів і конкретних дій для розвитку ШІ. Інститутом проблем штучного інтелекту МОН України і НАН України розроблено проєкт Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні на 2022–2030 роки. Кабінету Міністрів України необхідно вжити заходів щодо прийняття Стратегії розвитку штучного інтелекту в Україні. Підсумовано, що на міжнародній арені відбувається процес формування двох великих просторів у галузі технологій ШІ: перший об'єднує країни ОЕСР з безумовним фінансовим, технологічним і ціннісно-нормативним домінуванням США та ЄС. Другий – формується навколо Китаю, в орбіту якого потрапляють країни, для яких співпраця з Заходом ускладнюється через широкий спектр міжнародних суперечностей (зокрема і росія). Перед країнами, які не в змозі протистояти технологічній гегемонії Китаю та США, стоїть дилема між двома великими технологічними просторами.

Ключові слова: інтелектуальна власність, штучний інтелект, законодавство, стратегія розвитку, пріоритети, комп'ютерна технологія, державне регулювання, цифрова інфраструктура.

ВСТУП

Штучний інтелект (ШІ) і, зокрема, методи, засновані на даних (наприклад, машинне навчання), є перспективними радикальними перетвореннями економічних і соціальних систем у всьому світі. Це допомагає людям робити більш точні прогнози та приймати рішення. Згідно з прогнозами, до 2030 р. ШІ додасть світовій економіці 15 трлн дол. США. Нині ШІ є одним із пріоритетів політики більшості країн як на національному, так і на міжнародному рівні. Чимало ініціатив національних урядів зосереджені на використанні додатків ШІ для розвитку та економічного зростання. Окрім того, ШІ є одним із пріоритетів на порядку денному таких міжнародних та регіональних організацій, як G7 ("Велика сімка"), G20 ("Група двадцяти"), Організація Об'єднаних Націй з питань освіти, науки та культури (ЮНЕСКО), Організація з економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ), Європейського Союзу (ЄС), Ліги арабських держав (ЛАД), Африканського союзу

(АС) та інших. Цей міжнародний діалог спрямовано формування загального розуміння нових технологій ШІ. Організація Об'єднаних Націй (ООН) також має численні поточні ініціативи, що пов'язані з ШІ, з метою визначення принципів і політичних пріоритетів для ШІ, спрямованих на прискорення прогресу в досягненні Цілей ООН у сфері сталого розвитку (ЦСР).

Технологія ШІ є однією з найбільш перспективних технологій цифрової економіки, що активно зростає. Останніми роками регулювання технології ШІ стає предметом як національної, так і міжнародної політики. Стрімкий розвиток технологій ШІ супроводжується істотним зростанням як державних, так і приватних інвестицій в їх розвиток, розробку прикладних технологічних рішень на основі ШІ. Згідно з оцінками міжнародних експертів, інвестиції в технології ШІ зросли з 2014 р. до 2017 р. утричі, склавши близько 40 млрд дол. США. У 2018 р. світовий ринок технологічних рішень, розроблених на основі ШІ, склав 21,5 млрд дол. США і, за прогнозами експертів, до 2024 р. досягне майже

140 млрд дол. США. Нині у світі відбувається прискорене впровадження технологічних рішень, розроблених на основі ШІ, у різні галузі економіки та сфери суспільних відносин. За оцінками експертів, очікується, що завдяки впровадженню таких рішень зростання світової економіки в 2024 р. складе не менше 1 трлн дол. США [1]. Зазначені тенденції зумовлені такими факторами: а) загальний (“наскрізний”) характер застосування прикладних технологічних рішень, розроблених на основі ШІ; б) високий ступінь впливу технологічних рішень, розроблених на основі ШІ, на результативність діяльності організацій і людини, зокрема пов’язаної з прийняттям управлінських рішень; в) висока доступність інструментів (у тому числі програм для ЕОМ із відкритим кодом) для розробки на основі ШІ технологічних рішень; г) потреба в обробці великих обсягів даних, що створюються як людиною, так і технічними пристроями, для підвищення ефективності економічної та іншої діяльності.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Щодо категорійно-понятійного апарату дослідження. **Політика в управлінні** — це система принципів для прийняття рішень і досягнення оптимальних результатів. Політика направляє дію на досягнення генеральних цілей під час виконання конкретних завдань. Шляхом розподілу напрямів, яким потрібно слідувати, вона пояснює механізми, яким чином мають бути досягнуті цілі. Водночас політика залишає свободу маневру в послідовних діях. **Політика визначає стратегію** відносин з іншими суб’єктами через спільність або конкуренцію інтересів (держава, організація, індивід) в усіх сферах взаємовідносин. Відповідно, стратегія (від грец. *Στρατηγία* — мистецтво полководця) — загальний, недеталізований план, що охоплює тривалий період часу, спосіб досягнення складної мети, а пізніше взагалі — будь-якої діяльності людини. Завданням стратегії є ефективне використання наявних ресурсів для досягнення основної мети (стратегія як спосіб дій стає особливо необхідною в ситуації, коли для прямого досягнення основної мети недостатньо наявних ресурсів). Тактика є інструментом реалізації стратегії та підпорядкована головній меті стратегії. Стратегія досягає головної мети через рішення проміжних тактичних завдань по осі “ресурси — мета”.

Питання державного регулювання ШІ, можливості використання, обмеження у використанні ШІ, правове регулювання та державна політика підтримки сприяння розвитку ШІ описані в стратегіях розвитку ШІ, які окремо розробили вже понад 60 країн світу (після Канади, яка першою опублікувала свій документ ще у 2017 р).

У Європі 20 країн — членів Європейського Союзу (ЄС) і Норвегія опублікували свої національні стратегії ШІ до 2021 року [2].

Більшість стратегій розвитку ШІ в розвинених країнах є подібними, водночас мають свої особливості та відмінності. Попри приклад стратегій розвитку ШІ в розвинених країнах, більшість країн, що розвиваються, не мають документів, де описані заходи, що сприятимуть розвитку ШІ, хоча всі країни розуміють і наголошують на тому, що ШІ — це та технологія, що підвищить конкурентоспроможність країни, а також сприятиме швидшому економічному зростанню.

ШІ може використовуватися майже в усіх галузях економіки. Насамперед варто звернути увагу на застосування технології ШІ в бізнесі. ШІ допомагає в оптимізації роботи компанії, аналізі даних і прийнятті найкращого рішення для покращення роботи та оптимізації всіх процесів. По-друге, важливим є використання ШІ в наукових дослідженнях, де він обробляє величезну кількість наявних даних, знань, матеріалів тощо, синтезує та встановлює нові явища, властивості та закономірності, де постає у ролі вченого й створює нові наукові відкриття. По-третє, варто згадати використання ШІ у військовій сфері. Застосування ШІ в оборонній галузі надає переваги та мінімізує потенційні ризики і загрози. У цій ситуації ШІ аналізує всю наявну інформацію, оцінює наміри противника та надає найкраще рішення.

Головною перевагою ШІ в порівнянні з людським інтелектом є те, що ШІ здатен обробляти набагато більше інформації за мінімальні терміни. Причому ймовірність помилки є мінімальною, або ж взагалі відсутня.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

ШІ є найбільш перспективною технологією майбутнього. Ринок ШІ з кожним роком активно зростає. ШІ зможе зробити певні країни більш конкурентоспроможними на світовому ринку та забезпечуватиме економічне зростання їхніх економік. У той час як країни, що є менш розвиненими та не використовуватимуть технології ШІ будуть значно відставати від провідних країн, і цей розрив із кожним роком лише зростатиме. Тому дослідження перспектив ШІ, аналіз і порівняння політик та стратегій ШІ в різних країнах, порівняння іноземних стратегій розвитку ШІ з українською концепцією розвитку ШІ є актуальним і важливим для розуміння майбутніх економічних перспектив.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у вивченні політики та національних стратегій і тактики розвитку

ШІ розвинених країн, їх структури, пріоритетів, дослідження та розробки (НДДКР), моделей фінансування та особливостей державного регулювання, перспектив для соціально-економічного зростання країн, вироблення рекомендацій для України.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розвиток технологій ШІ досліджують як іноземні, так і вітчизняні науковці. Поняття ШІ вперше ввів американський вчений Дж. МакКарті ще в 1956 році. Він досліджував можливості навчання комп'ютера, що міг би самостійно навчатися, думати та самовдосконалюватися. Вченими-першопроходцями також були А. Тюрінг, Й. Бенджі, Д. Хілтон та Я. Лекун, В. Глушков. Їх науковий внесок в розвиток комп'ютерних технологій створив основу для сучасного розвитку ШІ. Нині проблеми ШІ, зокрема стратегії їхнього розвитку, досліджують такі науковці, як А. Агравал, С. Хойманн, Н. Зан, Е. Вільямс, К. Шваб, В. Блануца, С. Васін, Я. Селянин, І. Соколов. Вітчизняними дослідниками, які присвячують свою увагу цим проблемам, є Г. Андрощук, О. Баранов, В. Гончарук, К. Єфремова, О. Івахненко, Л. Калужнін, О. Кухтенко, О. Костенко, О. Краковецький, О. Радутний, О. Піжук, О. Пістракевич, В. Скурицін, В. Хаустова, А. Шевченко та ін.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Загальноприйнятого визначення поняття ШІ не існує. Наприклад, у США у 2020 р. було запропоновано таке визначення: машинна система, яка може для заданого набору завдань, визначених людиною, робити прогнози, рекомендації чи приймати рішення, які впливають на реальне чи віртуальне середовище. У ЄС законопроект про штучний інтелект (англ. Artificial Intelligence Act) пропонує схоже визначення ШІ: програмне забезпечення, яке може для заданого набору завдань, що визначається людиною, генерувати вихідні дані, такі, як контент, прогнози, рекомендації чи рішення, що впливають на середовище, з якими воно взаємодіє [3].

У концепції розвитку ШІ в Україні визначено ШІ як організовану сукупність інформаційних технологій, із застосуванням якої можливо виконувати складні комплексні завдання шляхом використання системи наукових методів досліджень і алгоритмів обробки інформації, отриманої чи самостійно створеної під час роботи, а також створювати та використовувати власні бази знань, моделі прийняття рішень, алгоритми роботи з інформацією та визначати способи досягнення поставлених завдань [4]. У кембриджському словнику ШІ — це комп'ю-

терні програми, що мають деякі якості людського розуму, такі, як здатність розуміти мову, розпізнавати картинки та вчитися на досвіді [5]. Економічна та соціальна комісія Азії та Тихого океану (ESCAP) дає таке визначення: ШІ — це здатність машин і систем здобувати та застосовувати знання, а також виконувати розумні функції поведінки [6].

Отже, ШІ — це комп'ютерна технологія, що використовує машинне навчання та може виконувати дії, які ще донедавна могла виконувати лише людина. ШІ самостійно розпізнає та розуміє, аналізує інформацію, самостійно приймає рішення на основі зібраних даних та їх висновків і вчиться, з кожним разом покращуючи свою роботу та результати. На відміну від людського інтелекту, ШІ може обробляти в сотні разів більше інформації, а процес аналізу займає набагато менше часу. Зрештою, технологія ШІ на перших етапах допомагатиме людям в аналізі величезних масивів даних та узагальненні певних висновків. На далі ШІ зможе виконувати більш складні операції, а людина зможе повністю покладатися на його рішення. Розуміючи важливість технології ШІ для збереження лідерських позицій у світовій економіці, розвинені країни почали створювати та реалізовувати власні національні стратегії розвитку ШІ.

Провідними у впровадженні національних стратегій ШІ вважають такі країни: США, Китай, Канада, Велика Британія, Японія, ОАЕ, Франція, Німеччина, Південна Корея, Індія та більшість країн Європейського Союзу (ЄС). Стратегії цих країн визначають напрями фінансування, досліджень та розробок (НДДКР), методи сприяння розвитку ШІ, розвиток цифрової інфраструктури, що сприятиме легшому поширенню ШІ, створенню нормативно-правової бази з метою регулювання та контролю галузі ШІ. Загалом, у всьому світі понад 60 країн (включаючи ЄС) розробили або знаходяться в процесі розробки національної стратегії ШІ. 3-поміж них 37 мають (або планують мати) або окремі стратегії для ШІ в державному секторі, або особливу спрямованість, що вбудована в ширшу стратегію (рис. 1). Додаткову інформацію можна знайти в розділі "Політика і ініціативи в галузі ШІ" (англ. AI Policies and Initiatives) книги ОЕСР "Штучний інтелект в суспільстві" (англ. AI in Society). Окрім того, ОЕСР запустив Обсерваторію політики в галузі ШІ (AIPO) на початку 2020 р. в OECD.AI.

Новий Звіт G20.AI: національні стратегії, глобальні амбіції (G20.AI: National Strategies, Global Ambitions, July 2022, Observer Research Foundation and Observer Research Foundation America) містить огляд стратегій ШІ країн G20. У цьому дослідженні використовуються чотири

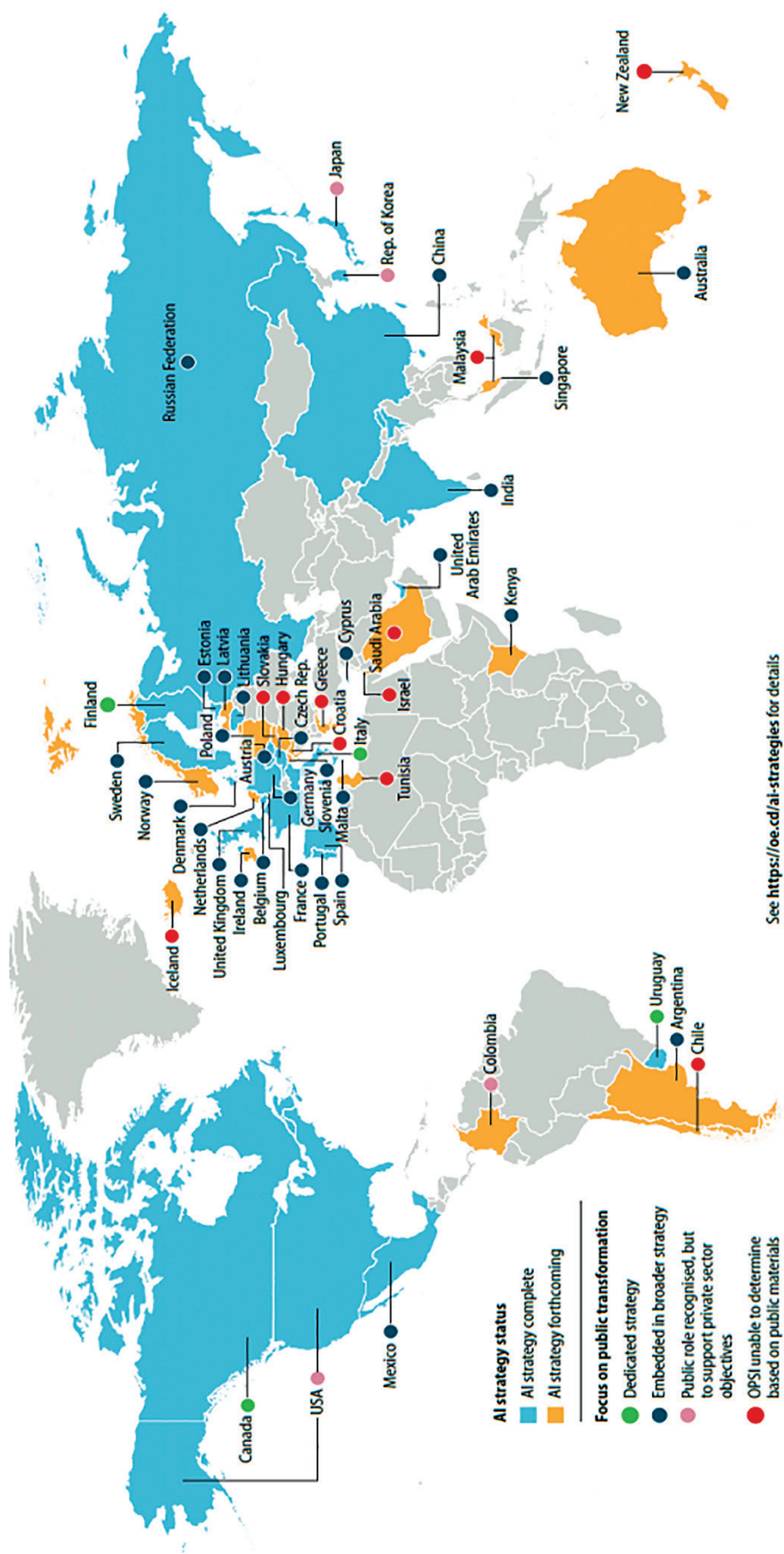


Рис. 1. Стратегії ШІ і компоненти державного сектора [2]

параметри, які об'єднують усі документи G20 щодо ШІ та є фундаментальними для побудови екосистеми ШІ: дослідження та розробки (НДДКР); навички; інфраструктура ІКТ; екосистема даних [2]. Національні стратегічні документи поділяють ці спільні елементи, дозволяючи дослідникам порівнювати рівень специфіки, який кожна країна надає кожному стовпу, їх визначені межі та внутрішні пріоритети, які можуть стимулювати різні підходи.

На **рис. 2**, як на радіолокаційному графіку, зображена сила стратегії ШІ кожної країни, а площа поверхні графіка вказує на її відносну силу. Чим далі вузли для кожного параметра розташовані на графіку, тим сильніша стратегія, — і навпаки. З графіку видно, що найсильніші стратегії у США, Китаю, Європейського Союзу, Японії, Канади, Австралії, Великої Британії, Німеччини, Бразилії, Кореї, Росії, Італії.

Окрім держави, надзвичайно важливу роль у розвитку ШІ відіграє приватний бізнес. Головними розробниками ШІ зараз виступають найбільші технологічні компанії (переважно американські та китайські), які мають значні ресурси та досвід. Приватні компанії володіють значними обсягами інформації, працюють над створенням обчислювальних мереж, впроваджують машинне навчання в алгоритмах своєї роботи, співпрацюють з університетами, дослідницькими центрами. Держава в цьому випадку залучає університети до співпраці з приватними компаніями.

Стратегія розвитку ШІ США. Національної стратегії розвитку ШІ, як такої, у США немає. Основи стратегії викладено в трьох документах: "Підготовка до майбутнього застосування штучного інтелекту", "Національний стратегічний план дослідів та розробок у галузі штучного інтелекту", "Штучний інтелект, автоматизація та економіка". Ці документи сприяють розвитку ШІ та описують певні дії, які є необхідними для розвитку ШІ: по-перше, це створення нормативно-правової бази стосовно регулювання ШІ; по-друге, це фінансування наукових досліджень і розробок у сфері комп'ютерних технологій; по-третє, це сприяння розвитку та поширенню технології ШІ в державному та приватному секторах. Також створено Американську ініціативу ШІ, що зосереджена на п'яти сферах. Перша сфера — це дослідження та розробки, де федеральним фінансовим агентствам дозволено самостійно розставляти пріоритети в інвестиціях ШІ. Друга сфера — це сфера ресурсів, де дослідники ШІ повинні мати доступ до федеральних даних та алгоритмів роботи. Третя сфера — це стандарти, що стимулюватимуть розробку ШІ використовуючи надійні, що безпечні системи

роботи ШІ. Четверта сфера — це підготовка та кваліфікація працівників, де працівники мають готуватись до всіх змін, що виникнуть під час розвитку ШІ. П'ята сфера — це співпраця США з іншими країнами, що має покращувати міжнародні зв'язки в галузі ШІ [7]. У 2020 р. було виділено 140 млн дол. США на фінансування інститутів із дослідження ШІ. Першочерговими діями уряду для розвитку ШІ є: 1) зобов'язання приватних компаній та наукових центрів інформувати уряд у можливостях ШІ у військовій сфері; 2) можливість надати додаткові ресурси для співпраці національної безпеки та приватним сектором; 3) визначити ті програми ШІ, що треба обмежити міжнародними договорами. Також виділено 160 млн дол. США у вигляді грантів. Упродовж наступних п'яти років загальні обсяги фінансування складуть понад 1 млрд дол. США. США все ще залишаються лідером у сфері ШІ: розвиток ШІ тут оцінюється в 33 % від світового рівня розвитку. Затверджено тимчасову Комісію національної безпеки в ШІ. Засновано також Об'єднаний центр ШІ, який консолідує зусилля національного військового сектору в галузі ШІ та має стати проміжною ланкою між розробниками і користувачами ШІ. Особливу роль ШІ приділяють у військовому секторі. На програми ШІ у військовій сфері на наступні п'ять років виділено 1,7 млрд дол. США. У 2019 р. опубліковано Національну стратегію Міністерства оборони США у сфері ШІ. Пріоритетними задачами у військовій сфері є: використання ШІ для посилення військових переваг; утримання лідерства в обороні; залучення до розвитку ШІ кваліфікованого



Рис. 2. Сила стратегії ШІ країн G20 [2]

персоналу; взаємодія з приватними, комерційними та міжнародними партнерами. Першочергово ШІ використовуватимуть у логістиці для координації та розміщенні військової техніки. [8] ШІ також аналізуватиме всю наявну інформацію для виявлення потенційних загроз. До того ж, ШІ буде використовуватись приватними компаніями для власного зростання. Для досягнення всіх цілей створено спеціальний комітет з ШІ, що консультуватиме уряд у міжвідомчих пріоритетах у галузі ШІ. Пріоритетними напрямками застосування ШІ є військова галузь, кібербезпека, промисловість, сфера охорони здоров'я, судова система та ІТ-сфера [9; 10].

Пріоритетними цілями уряду США є [8]: 1) утримання лідерства у сфері ШІ; 2) підтримка робочого класу США; 3) проведення суспільних досліджень та розробок; 4) ліквідування всіх бар'єрів для інновацій. США мають багато переваг для розвитку ШІ: 1) американські компанії є лідерами у сфері ШІ; 2) ШІ є національним пріоритетом і найвищим бюджетним пріоритетом для всіх американських органів влади; 3) кремнієва долина є найбільш технологічною територією у світі, де працює більшість всіх технологічних компаній; 4) національне законодавство має сприяти розвитку ШІ; 5) США досліджують усі можливі ризики, що можуть бути пов'язані з розвитком ШІ.

Слабкі сторони США для розвитку ШІ: 1) конкуренція з боку Китаю загрожує світовому лідерству США; 2) США необхідний постійний приплив нових кадрів з інших країн; 3) значна присутність у наукових колах представників із Китаю, які збирають інформацію про наукові досягнення, отримують кваліфікацію та виїжджають працювати в Китай.

Можливі негативні наслідки розвитку ШІ: 1) можливе збільшення рівня безробіття, оскільки ШІ замінить роботи значної кількості працівників; 2) розвинені країни отримають ще більше конкурентних переваг, унаслідок чого ці розвинені країни зможуть негативно впливати на менш розвинені країни; 3) застосування ШІ у військовій галузі в разі певних збоїв або помилок може призвести до негативного впливу на людей; 4) різноманітні кібератаки в майбутньому будуть ґрунтуватися на технології ШІ, що значно збільшує їх негативні наслідки. Відділом регулювання бюджету 17 листопада 2020 р. прийнято Постанову Федерального уряду. Федеральні агентства мають надати правила стосовно ШІ, що мають враховувати безпеку споживачів і дотримання антидискримінаційних дій. Федеральна рада директорів з інформаційних технологій має розробити керівництво та вимоги інвентаризації додатків ШІ. У рамках Закону про повно-

важення національної оборони (NDAA), Конгрес створив нове Національне управління ініціативи ШІ для федеральної координації технології ШІ.

Комісія з національної безпеки в галузі штучного інтелекту (NSCAI) 1 березня 2022 р. опублікувала Остаточний звіт Комісії національної безпеки зі штучного інтелекту (англ. Final Report National Security Commission on Artificial Intelligence) з рекомендаціями для президента Дж. Байдена, Конгресу, керівників бізнесу та уряду щодо збереження технологічного домінування США [11]. Автори звіту пропонують подвоїти витрати на дослідження та розробки в галузі ШІ до 2026 року. Комісія назвала 40 млрд дол. США інвестицій для демократизації досліджень і розробок у галузі ШІ "скромним початковим внеском за майбутні прориви". Група припускає, що найближчими роками федеральний уряд витратить на ШІ сотні мільярдів доларів. Також відомство закликала створити корпус для найму технічних фахівців, заснувати Академію цифрових послуг для підготовки держслужбовців і потроїти кількість національних дослідницьких інституцій ШІ. Для забезпечення національної безпеки рекомендують автоматизувати більшість завдань розвідки, визначити військовослужбовців із технічним мисленням, встановити відповідальних керівників ШІ в кожній агенції з національної безпеки та в кожному роді збройних сил. Приватному сектору запропоновано сформувати організацію, яка опікуватиметься питаннями усунення нерівності, а також розширити доступ до програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом для федеральних агентств, включаючи Пентагон. Автори звіту вважають, що Китай є головним викликом технологічній перевазі США, який загрожує економічній і військовій могутності вперше після закінчення Другої світової війни, закликають США створити коаліцію технологій, що розвиваються з союзниками, і підтримувати постійний дипломатичний діалог на високому рівні з китайським урядом для співпраці в розв'язанні глобальних проблем.

Таким чином, розвиток ШІ допоможе США в захисті американських технологій та інтересів, допоможе в національній та економічній безпеці. Попри деякі слабкі сторони для розвитку ШІ, США мають усі перспективи для подальшого розвитку та конкуренції з китайським ШІ.

Стратегія розвитку ШІ Китаю. Стратегія розвитку ШІ в Китаї є найбільш детальною з-поміж більшості національних стратегій. До 2020 р. Китай мав створити конкурентоспроможну індустрію ШІ, до 2025 р. Китай має стати світовим лідером у деяких сферах ШІ. Китай планує стати передовою країною та світовим

лідером до 2030 р. у галузі ШІ. Китайська стратегія включає наукові дослідження та розробки, освітні програми в галузі ШІ [12]. Уряд Китаю готовий вкласти 150 млн дол. США в розвиток ШІ та ще 1 млрд дол. США в пов'язані цифрові галузі. Також Китай планує залучати найбільш кваліфікованих працівників до технологій ШІ. До того ж, уряд розробляє та фінансує освітні програми з підготовки кваліфікованої вітчизняної робочої сили. Зрештою, Китай бажає бути одним із головних світових керівників з управління ШІ. Для досягнення лідерських позицій у галузі ШІ в стратегії виділено такі пріоритети розвитку: розробка інтелектуальних і мережевих продуктів (транспортні засоби; системи ідентифікації; роботи, що створені для обслуговування), розвиток системи забезпечення ШІ (нейронні мережі та розумні сенсори), розвиток інтелектуального виробництва, покращення інфраструктури для забезпечення роботи технології штучного інтелекту. Також уряд співпрацює з китайськими інноваційними цифровими компаніями, що мають перспективи для розвитку ШІ. Нині розвиток ШІ в Китаї оцінюється в 17 % від загального світового рівня розвитку ШІ. Китай інвестує найбільші кошти з державного бюджету в ШІ. Також уряд Китаю часто купує підприємство (або ж частину приватного підприємства) для посилення контролю над виконанням державних задач і пріоритетів.

Переваги Китаю для розвитку ШІ: зараз Китай є другою країною за розвитком ШІ; стратегія розвитку ШІ Китаю є тісно пов'язаною з більшістю інших стратегічних документів Китаю; економічний успіх є головною ціллю країни; державний контроль над даними, інформацією та національними компаніями в галузі ШІ; Китай досліджує стратегії, досвід, відкриття всіх передових країн; певна закритість країни від решти світу (інформація про китайських користувачів зберігається на території Китаю, національні стандарти зв'язку тощо).

Пріоритетними напрямками застосування ШІ є: сфера охорони здоров'я, військова промисловість, соціальна безпека, судова система та державний сектор. Першочерговими діями уряду є: підвищення ефективності програм залучення талантів і кваліфікованого персоналу з-за кордону; покращення доступності даних та інформації як важливого компоненту для розвитку національних компаній і покращення конкурентоздатності національних компаній з іноземними компаніями. Також Китай приділяє найбільшу у світі роль держави для сприяння розвитку ШІ [7; 13; 14].

Як заявив голова КНР і генсек китайської компартії Сі Цзіньпін, "штучний інтелект — це

нова рушійна сила технологічної революції та трансформації. Нам необхідно активізувати зусилля у сфері розвитку технологій штучного інтелекту нового покоління, щоб надати імпульсу якісному економічному зростанню країни".

Єдиним потужним конкурентом Китаю залишається США, які займають зараз лідерську позицію. Але, попри це, Китай намагається стати головною країною в галузі ШІ.

Стратегія розвитку ШІ в країнах Європейського Союзу. Комісія ЄС прийняла документ у 2018 р. стосовно розвитку ШІ. Пріоритетними цілями ЄС є: 1) збільшення технологічного та промислового потенціалу ЄС та використання ШІ в державному та приватному секторах; 2) підготовка громадян ЄС до змін у соціально-економічному житті викликаних застосуванням ШІ; 3) забезпечення необхідним законодавством цифрові галузі [15; 16]. Також очікується створення Європейського альянсу з ШІ, де будуть проводитися збори й обговорюватимуться всі питання, що пов'язані з ШІ на території європейських країн. Також у 2018 р. створено Групу експертів високого рівня з ШІ. Головне завдання цієї групи — це максимізація впливу інвестицій в країнах ЄС та покращення партнерства між країнами Європейського Союзу, обмін досвідом і науковими даними між країнами. Уже за перший рік роботи ця група експертів підготувала ключові принципи етики ШІ та рекомендації політики, що сприятиме інвестиціям і розвитку ШІ. ЄС планує інвестувати в ШІ до 2 млрд дол. США. Основна робота ШІ буде спрямована на забезпечення справедливості, безпеки та прозорості. Європейський Союз націлений на міжнародну співпрацю, оскільки європейські країни самостійно не можуть конкурувати з США та Китаєм. Ключовим завданням цієї стратегії розвитку ШІ є забезпечення глобальної конкурентоспроможності ЄС. Також комісією прийнято закон "Про цифрові ринки" та закон "Про цифрові послуги", що регулюватимуть ШІ на території ЄС. Європейський Союз має створити сприятливі умови для розвитку власних компаній і залучення висококваліфікованих працівників у сфері ШІ. Європейський Союз вживає найбільше заходів у світі для регулювання ШІ. Європейський Парламент прийняв резолюцію щодо цивільно-правового регулювання ШІ та робототехніки. Цей документ описує суспільні, економічні, питання стандартизації та регулювання розвитку, етичні та правові норми, що необхідно регулювати з розвитком цифрових технологій [12].

Європейською Комісією розроблено ключові вимоги до ШІ, з якими він має розвиватися на території ЄС: 1) людське посередництво та

контроль — людина має контролювати дії ШІ, а також має враховувати інтереси суспільства; 2) надійність та безпека — робота ШІ має бути стабільною та безпечною в разі різноманітних помилок; 3) конфіденційність — особисті дані та збереження приватності є дуже важливими в сучасному світі; 4) прозорість — дії та робота ШІ мають бути підконтрольними та зрозумілими людині; 5) справедливості — ШІ має враховувати всі інтереси людини та має бути справедливим у своїй роботі; 6) соціально-економічний добробут — ШІ має працювати на благо людини, покращуючи її соціально-економічне становище; 7) підзвітність — ШІ має бути підконтрольним і підзвітним для людини.

Слабкі сторони ЄС для розвитку ШІ: європейські компанії програють у конкуренції компаніям США та Китаю в галузі ШІ; значна міграція кваліфікованих працівників до США; інвестиції США та Китаю в ШІ значно більші ніж інвестиції ЄС.

Проблеми ЄС для розвитку ШІ: країни ЄС програють США та Китаю в розробках програмного забезпечення. Майже всі цифрові компанії, що працюють на території Європи, є американськими компаніями; більшість високотехнологічної продукції виробляється в США та в Китаї, а ЄС немає виробництва комп'ютерної техніки, що може негативно вплинути на розвиток ШІ в ЄС; цифрова інформація зберігається в різних форматах, що може значно ускладнити її використання комп'ютерними системами.

Зараз ЄС у сфері ШІ працює над такими задачами: посилення міжнародного співробітництва в галузі досліджень, інновацій і технологічних ринків; створенням спільної міжнародної правової основи розробки, використання та управління ШІ та технологічними системами; розробка нових інструментів для вирішення питання прямих іноземних інвестицій, що спрямовані в технологічні сфери; дослідження китайських цілей розвитку ШІ, державне субсидування технологічних компаній; розробка заходів підвищення ефективності європейських компаній у сфері технологічного виробництва; дослідження промислової політики Китаю та покращення обізнаності уряду ЄС у цій галузі; захист власної інформації та технологій. Президент Європейської комісії Урсула фон дер Ляйен зробила нагляд за ШІ своїм пріоритетом [17].

У квітні 2021 р. був опублікований проект Закону ЄС про штучний інтелект "Проект нормативно-правового акта Європейського парламенту та Ради Європи, який встановлює узгоджені правила щодо штучного інтелекту (Закон про штучний інтелект) та вносить зміни до деяких законодавчих актів ЄС" від 21 квіт-

ня 2021 р. (англ. Proposal for a regulation of the European parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts). Попри затримку через пандемію Covid-19, комісія працює над досягненням поставленої мети. Її пропозиції базуються на Білій книзі штучного інтелекту (англ. White Paper on Artificial Intelligence — A European approach to excellence and trust) і Керівних принципах етики для штучного інтелекту. [18]

Акценти, розставлені в наведених стратегічних документах, надають можливість дійти висновку, що головними завданнями ЄС у галузі ШІ є забезпечення рівного розподілу благ від використання цієї технології, мінімізація ризиків для всіх учасників відносин із розробки й експлуатації систем ШІ, а також побудова стабільної, надійної та високоефективної індустрії ШІ шляхом залучення до контролю над безпекою ШІ-систем як пересічних громадян, так і бізнесу та держави. Окрім того, окремо наголошується на важливості симетричного розвитку технологій ШІ в різних державах — членах ЄС на тлі створення єдиного інноваційного центру світового рівня, покликаного забезпечити Європі глобальне технологічне лідерство в цій сфері.

Стратегія розвитку ШІ Франції. Уряд Франції планує інвестувати 1,5 млрд євро протягом п'яти років для того, щоб зробити Францію глобальним лідером у галузі ШІ. Близько 700 млн євро планують інвестувати в дослідження ШІ: 100 млн — на інвестиції в приватні компанії та стартапи; решта — у промислові проекти в галузі ШІ [15]. Насамперед стратегією передбачено зміцнення французької екосистеми та залучення міжнародних кадрів. Також планується створення декількох дослідницьких інститутів по всій Франції. По-друге, розробляється політика заохочення використання ШІ в державному та приватному секторах. По-третє, створюється спеціальне законодавство для регулювання сфери ШІ. Пріоритетними галузями для впровадження ШІ у Франції вважають сферу охорони здоров'я, транспортну промисловість і військовий сектор. Головною галуззю розвитку ШІ має стати сфера охорони довкілля, де Франція має стати лідером до 2030 року.

Стратегія розвитку ШІ Німеччини. У 2018 р. в Німеччині було прийнято національну стратегію розвитку штучного інтелекту. Також уряд Німеччини планує створити спільний дослідницький центр у галузі ШІ разом із Францією. Планується застосування технологій ШІ в експортно-орієнтовані галузі експорту Німеччини. Пріоритетну роль для застосування ШІ уряд вбачає у

створенні розумних сервісів на базі технології ШІ. До 2025 р. уряд виділить 3 млрд євро на розробку та поширення ШІ [15]. Також уряд працюватиме над законодавством у сфері ШІ, посиленням міжнародної співпраці, підтримкою приватного сектору та розвиватиме державну співпрацю з приватним сектором.

Стратегія розвитку ШІ Великої Британії.

Власну стратегію “Стратегія промисловості в галузі штучного інтелекту” Велика Британія прийняла у 2018 році. У майбутньому країна має забезпечити своє світове лідерство в деяких сферах ШІ [15]. Згідно з національною стратегією розвитку ШІ Великої Британії, уряд інвестуватиме понад 400 млн дол. США в приватний сектор технологічних компаній. До 2027 р. загальні інвестиції в розробки мають становити до 2,4 % ВВП країни. Також інвестиції спрямовані на наукові дослідження, цифрову інфраструктуру, кадровий потенціал [19]. Нова національна стратегія ШІ Великої Британії відповідає планам уряду щодо підтримки робочих місць і економічного зростання за рахунок значних інвестицій в інфраструктуру, навички та інновації. Велика Британія вбачає зростання інвестицій у НДДКР завдяки урядовій дорожній карті досліджень і розробок, щоб до 2027 р. досягти 2,4 % ВВП. ШІ володіє винятковим потенціалом для вирішення деяких із найбільш серйозних проблем у науці, суспільстві та економіці. ШІ Великої Британії продовжує набирати обертів: у 2020 р. британські фірми, які впроваджують або створюють технології на основі ШІ, отримали фінансування в розмірі 1,78 млрд фунтів стерлінгів у порівнянні з 525 млн фунтів стерлінгів, залученими французькими компаніями, і 386 млн фунтів стерлінгів — залученими в Німеччині. ШІ життєво важливий для майбутнього економіки, безпеки і суспільства. Національна стратегія в галузі ШІ є ключем до визначення та реалізації цього бачення, а також розкриття потенціалу ШІ для стимулювання інновацій, економічного зростання, створення робочих місць і соціального блага. Підраховано, що до 2035 р. ШІ може додати економіці Великої Британії 814 млрд дол. США (630 млрд фунтів стерлінгів), збільшивши темпи зростання ВВП з 2,5 до 3,9 % на рік.

Стратегія розвитку ШІ Данії. Данія схвалила власну стратегію *Strategy for Denmark's Digital Growth* в 2018 році. Насамперед ця стратегія зорієнтована на використання ШІ в роботі з великими масивами даних. По-друге, це створення сприятливої інфраструктури для використання ШІ в державному та приватному секторах. Стратегія визначає чотири цілі щодо розвитку і використання ШІ в Данії: 1) Данія повинна мати загальну етичну і орієнтовану на людину осно-

ву для ШІ; 2) данські дослідники повинні досліджувати і розвивати ШІ; 3) данський бізнес має досягти зростання за рахунок розробки та використання ШІ; 4) державний сектор повинен використовувати ШІ, щоб пропонувати послуги світового класу. Пріоритетними діями уряду є сприяння приватним компаніям для використання ШІ у своїй роботі. Головним завданням ШІ є забезпечення достатку населення в цифровій економіці. Інвестиції в ШІ до 2025 р. мають скласти 25 млн дол. США. Ініціативи стратегії стосуються чотирьох головних напрямів, які допоможуть гарантувати, що робота над ШІ буде заснована на етичних принципах, з доступом до достовірних даних, сильних компетенцій і нових знань, а також, що можливості для інвестицій в технології поліпшуються. Сформульовані конкретні цілі в чотирьох пріоритетних сферах: охорона здоров'я, енергетика і комунальні послуги, сільське господарство і транспорт. Стратегія містить 24 ініціативи, які охоплюють державний і приватний сектори. На нові ініціативи в стратегії виділено 60 млн данських крон. Запропоновано запустити пілотний проект у вигляді інвестиційного пулу в розмірі 20 млн данських крон (3,1 млн євро), націлений на підприємства з бізнес-моделлю, заснованій на ШІ. Попередньою умовою є 50 % фінансування з боку приватного сектору в розмірі 40 млн данських крон (6,2 млн євро). Управлятиме фондом Данський фонд зростання ШІ [20].

Політика розвитку ШІ Польщі. “Політика розвитку штучного інтелекту в Польщі з 2020 року” (пол. *Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020*) описує дії, які Польща має здійснити, а також цілі, яких вона має досягти в короткостроковій (до 2023 р.), середньостроковій (до 2027 р.) та довгостроковій (після 2027 р.) перспективі, що спрямовані на розвиток польського суспільства, польської економіки та польської науки в галузі ШІ [21]. Усі цілі та інструменти поділені на шість напрямів: 1) ШІ та суспільство — діяльність, яка має зробити Польщу одним з основних бенефіціарів економіки, заснованої на даних, а поляків — суспільством, яке усвідомлює необхідність постійного вдосконалення знань та навичок, зокрема цифрових компетенцій; 2) ШІ та інноваційні компанії — діяльність, спрямована на підтримку польських підприємств ШІ, створення механізмів фінансування їхнього розвитку, збільшення кількості замовлень, співробітництво між стартапами й урядом і впровадження нових правил, що сприяють розвитку (цифрові пісочниці); 3) ШІ та наука — діяльність, що підтримує польське науково-дослідне співтовариство в розробці міждисциплінарних завдань чи рішень у галузі

ШІ з урахуванням гуманітарних і соціальних наук, а також створення відділів ШІ, навчання докторантів, присудження грантів дослідникам та інші заходи, що спрямовані на підготовку команди експертів, які здатні створювати рішення у сфері ШІ з урахуванням принципів етичного та безпечного використання цієї технології на благо економіки та благополуччя громадян; 4) ШІ та освіта — діяльність, що здійснюється від початкової освіти через початковий рівень до університетського рівня — програми курсів для людей, яким загрожує втрата роботи внаслідок автоматизації, що прогресує, та впровадження нових технологій, освітні гранти для допомоги в підготовці кращих кадрів для польської економіки, пов'язаної з ШІ; 5) ШІ та міжнародна співпраця — діяльність на міжнародній арені, яка підтримуватиме просування польського бізнесу в галузі ШІ та розвиток технологій ШІ з повагою до людської гідності та основних прав відповідно до стандартів ЄС та ОЕСР, а також цифрова дипломатична діяльність у галузі політики чи правил, що стосуються ШІ; 6) ШІ та державний сектор — діяльність з підтримки державного сектору у виконанні замовлень із ШІ, кращої координації діяльності, подальшого розвитку таких програм, як GovTech Polska, а також забезпечення адекватного захисту населення від загроз. Інші інструменти будуть віртуальні сховища даних або довіра до даних (тобто ініціативи у вигляді довірених просторів даних), державні хмарні обчислення, а також відкриття та надання для використання громадянами та компаніями якомога більшої кількості загальнодоступних даних. Метою Політики ШІ є підтримка суспільства, компаній, представників науки та державного управління у використанні можливостей, пов'язаних із розвитком ШІ, при забезпеченні захисту людської гідності та умов для чесної конкуренції в глобальній конкуренції. Ця Політика в галузі ШІ враховує міжнародний, юридичний та етичний аспекти, а також аспект технічних та організаційних стандартів, формулюючи вимоги та умови для досягнення переваг, пов'язаних із додатками ШІ впродовж усього їх життєвого циклу, включаючи проєктування, дослідження, розробку, впровадження, застосування, використання, виведення з експлуатації та утилізацію. Політика розвитку ШІ в Польщі передбачає всебічне впровадження ШІ майже в усіх сферах функціонування держави. Основна мета — входження до вузької групи 20–25 % країн, що будують ШІ. До 2025 р. в країні має бути створено понад 700 компаній ШІ. Для досягнення цих цілей до 2023 р. у Польщі потрібні інвестиції в будівництво та розвиток ШІ на суму приблизно 9,5 млрд злотих. Місія стратегічної

політики Польщі у сфері ШІ полягає в підтримці науки, досліджень та розвитку ШІ задля зростання інновацій і продуктивності економіки, заснованої на знаннях, а також у підтримці громадян у трансформації робочого середовища та покращенні компетенцій, враховуючи захист гідності людини та забезпечення умов для чесної конкуренції. Польща має потенціал динамічного переходу від ролі претендента до міжнародно визнаного лідера в галузі ШІ з брендом “+PL”. Для реалізації цієї місії Польща приєднується до геополітичного суперництва з метою інтеграції центрів інтелектуальної власності та бізнес-досліджень, розташованих у Польщі, у глобальні ланцюги цінностей. Виконання наміченої місії потребує досягнення таких цілей: створення, впровадження, підтримка та динамізація польської екосистеми в рамках взаємопов'язаних дев'яти факторів успіху: 1) організація та управління екосистемою; 2) знання та компетенції; 3) дані; 4) фінансування соціальних програм, науки, досліджень, впровадження та трансферу технологій; 5) інфраструктура; 6) технічні та організаційні стандарти; 7) етичний вимір; 8) правовий вимір; 9) транскордонне співробітництво та міжнародний вимір [22; 23].

Стратегія розвитку ШІ Фінляндії. Фінляндія ще не прийняла власну стратегію розвитку ШІ. Нині Фінляндія має два документи (“Доба штучного інтелекту в Фінляндії” та “Робота в добу штучного інтелекту”), де описано переваги та недоліки сучасного стану Фінляндії в галузі ШІ та рекомендації, що сприяли б Фінляндії в розвитку ШІ. Однією з рекомендацій є створення Фінського центру з ШІ для розширення досліджень ШІ, розвитку талантів і співробітництву дослідницьких центрів. Також важливу роль приділяють використанню ШІ в державній роботі. ШІ має допомогти Фінляндії в економічному зростанні, зменшенні рівня безробіття, а також у покращенні рівня освіти та соціальній сфері.

Стратегія розвитку ШІ Швеції. Швеція прийняла власну стратегію розвитку ШІ “Національний підхід розвитку штучного інтелекту” в 2018 році. У ній визначено пріоритети Швеції в ШІ, викладено основи для розвитку ШІ. Швеція націлена також на залучення іноземних висококваліфікованих кадрів для роботи в шведських дослідницьких центрах, зацікавлена в національній освітній програмі для розвитку власних кваліфікованих спеціалістів. Уряд фінансує освітні програми, наукові парки ШІ та решту інноваційних проєктів, що пов'язані з розробкою та дослідженнями ШІ, прагне використовувати ШІ для зростання конкурентоздатності національної економіки на світовому рівні та покращення добробуту населення [24; 25].

Стратегія розвитку ШІ Австралії. Розвиток ШІ в Австралії є частиною стратегії розвитку цифрової економіки. ШІ є однією з головних технологій, у якій Австралія вбачає важливість для розвитку цифрової економіки. Уряд Австралії планує інвестувати понад 23 млн дол. США на підтримку розвитку технології ШІ. Уряд має створити Дорожню карту технологій, підходи для національної етичної структури ШІ для підтримки розвитку ШІ. Також уряд підтримує створення спільних Центрів дослідження ШІ. Найближчим часом держава планує створити правила для контролю над технологією ШІ, оскільки штучний інтелект є важливим для майбутнього економічного розвитку. ШІ має використовуватися для підвищення продуктивності австралійської промисловості, створення робочих місць, забезпечення економічного розвитку, поліпшення якості життя нинішніх і майбутніх поколінь. Технологічна спеціалізація має сприяти отриманню порівняльних переваг Австралії на світовому рівні. Пріоритетними галузями застосування ШІ є: сфера охорони здоров'я; використання ШІ для міст та для покращення інфраструктури; природні ресурси та охорона довкілля. ШІ зможе покращити інфраструктуру міст, безпеку, ефективність та економічність використання фінансових ресурсів, буде аналізувати та контролювати забруднення середовища. Також ШІ може зменшити витрати та підвищити продуктивність сільського господарства, гірничодобувної, рибної, лісової та екологічної діяльності. До того ж, уряд звертає увагу на підготовку висококваліфікованих кадрів і застосування ШІ для покращення роботи державного апарату.[26]

Стратегія розвитку ШІ Канади. Канада є однією з перших країн, що створила та почала реалізовувати власну стратегію розвитку ШІ. З 2017 р. уряд планує інвестувати понад 100 млн дол. США в дослідження та розвиток ШІ. Канадська стратегія має наступні цілі: 1) збільшення кількості вчених та дослідників сфери штучного інтелекту; 2) створення трьох кластерів наукового розвитку; 3) розвиток лідерства у сфері розуміння економічних, політичних та правових наслідків ШІ; 4) підтримка національних дослідницьких центрів дослідження ШІ. Серед пріоритетів канадської стратегії є збільшення кількості працівників у галузі ШІ, створення нормативно-правової бази регулювання сфери ШІ в Канаді. Також Канада найбільше у світі націлена на дослідження, розвиток талантів і вітчизняних професіоналів у сфері ШІ [27].

Стратегія розвитку ШІ Індії. Національна стратегія розвитку ШІ в Індії спрямована більше на застосування ШІ в соціальній сфері.

Національна стратегія Індії націлена на: розвиток та поширення можливості пошуку роботи; інвестування в дослідження та галузі, що можуть покращити економічне зростання країни; поширення рішень ШІ індійського виробництва для менш розвинених країн. Також Індія планує створення центрів із дослідження ШІ. У майбутньому Індія буде використовувати ШІ у сфері охорони здоров'я, сільському господарстві, освіті, у розумних містах. На думку уряду Індії, саме ці галузі найбільше виграють від застосування ШІ. Також планується окремо розробити принципи застосування ШІ для кожної галузі окремо [28].

Стратегія розвитку ШІ Японії. Японія стала другою країною, яка розробила національну стратегію ШІ. На основі вказівок прем'єр-міністра Абе під час державно-приватного діалогу щодо інвестицій у майбутнє. Наприкінці квітня 2016 р. було створено Стратегічну раду з технологій ШІ, щоб розробити "цілі досліджень і розробок і дорожню карту для індустріалізації ШІ. У березні 2017 р. було оприлюднено План "Стратегія технології штучного інтелекту". Дорожня карта індустріалізації передбачає ШІ як послугу та організовує розвиток в три етапи: використання та застосування даних (керований ШІ, розроблений у різних сферах), публічне використання ШІ та даних, розроблених у різних сферах, а також створення екосистем, що побудовані шляхом з'єднання багатьох доменів. Стратегія застосовує цю структуру до трьох пріоритетних сфер японської ініціативи "Суспільство 5.0" — продуктивність, здоров'я та мобільність — і окреслює політику для реалізації дорожньої карти індустріалізації. Ці політики включають нові інвестиції в дослідження та розробки, таланти, публічні дані та стартапи. Пріоритетними галузями застосування ШІ є сфера охорони здоров'я, підвищення продуктивності праці та транспортна галузь. Інвестиції спрямовані на наукові дослідження, інші наукові програми, а також на підтримку приватних компаній, що займаються розробкою ШІ. ШІ має базуватися на таких принципах: співпраця, прозорість, безпека, керованість, конфіденційність, захищеності, повазі до людини, допомозі користувачам, підзвітності [29].

Стратегія розвитку ШІ Південної Кореї. Уряд Республіки Південної Корея 17 грудня 2019 р. ухвалив Національну стратегію щодо ШІ. З баченням "На шляху до світового лідера ШІ за межами IT" (Towards a global leader in AI beyond IT), Корея прагне досягти цифрової конкурентоспроможності, створити величезний економічний ефект від ШІ та покращити якість життя людей до 2030 року. Програма охоплює

100 загальнодержавних завдань у рамках дев'яти стратегій у трьох сферах ШІ: екосистема, використання ШІ та ШІ, що орієнтований на людину. Уряд планує інвестувати 250 млн дол. США у наукові розробки в галузі ШІ. Головними напрямками національної стратегії Південної Кореї є: забезпечення кадрового потенціалу; фінансування пов'язаних із ШІ проєктів в обороні, медицині та науці; підтримка цифрових приватних компаній і стартапів. Південна Корея працює також над створенням нормативно-правової бази, що має сприяти залученню інвестицій та розвитку ШІ на власні території. Головною метою стратегії є забезпечення конкурентоспроможності Південної Кореї в галузі ШІ. Уряд також бажає створити спільні наукові та дослідницькі центри, освітні програми для розвитку власних кваліфікованих кадрів. Державна політика має сприяти розвитку та застосуванню ШІ в приватному секторі, а державний апарат має використовувати ШІ для оптимізації своєї роботи, контролю міграції, а також в оборонній галузі [30].

Стратегія ШІ Об'єднаних Арабських Еміратів. ОАЕ одна з перших країн, що створила національну стратегію розвитку ШІ. Вона спрямована на розвиток ШІ до 2030 р., коли ОАЕ мають вже використовувати ШІ в державному секторі. Це перша країна, яка створила Міністерство з питань штучного інтелекту. На початкових етапах ШІ планують використовувати для збільшення продуктивності роботи уряду. Пріоритетними напрямками для інвестування є транспортна галузь, система охорона здоров'я, аерокосмічна галузь, наукові дослідження, освіта, енергетика, охорона довкілля. Уже зараз держава ініціює освітні програми для державних службовців і молоді у сфері ШІ. Також уряд планує створити умови для залучення компаній з інших країн і кваліфікованих кадрів, що будуть зареєстровані та працюватимуть в ОАЕ. До того ж, Міністерство штучного інтелекту ОАЕ має програми, де уряд разом із приватним сектором обговорює майбутню політику сприяння розвитку ШІ [31].

Стратегія розвитку ШІ росії. Уряд росії розробив власну стратегію розвитку ШІ, яка має стати окремим федеральним проєктом — частиною національної програми “Цифрова економіка”. Згідно з ціллю стратегії, росія має стати одним із міжнародних лідерів у питаннях розвитку ШІ для: 1) зростання благополуччя та підвищення якості життя населення росії; 2) стимулювання економічного зростання національної економіки; 3) забезпечення національної безпеки та забезпечення охорони правопорядку. До 2024 р. частка компаній і державного сектору, що використовуватимуть ШІ,

має складати 10 %, а до 2030 р. — 20 %. Також виділено фактори, що сприяють розвитку ШІ: алгоритми, програмне забезпечення, інформація, апаратне забезпечення, кваліфіковані кадри, нормативно-правова база. Визначено пріоритети стратегії ШІ. Першим пріоритетом є дослідження в алгоритмах і математичних методах. Для цього заплановано такі заходи: створення нових дослідницьких центрів і лабораторій; організація довгострокової фінансової підтримки досліджень; забезпечення доступу до обчислювальних ресурсів; участь у міжнародних конференціях; врахування вкладу дослідника в розробку програмного й апаратного забезпечення. Пріоритетом є розроблення програмних і технологічних рішень. Для його реалізації уряд планує такі заходи: стимулювання запровадження рішень ШІ; забезпечення фінансовою підтримкою молодих спеціалістів; розробка відкритих бібліотек; створення спеціальних тестових зон. Наступним пріоритетом стратегії є збір, збереження та обробка даних. До 2024 р. було заплановано створити онлайн-платформи з державними та приватними даними, а до 2030 року. Заплановано було увійти до десятки країн за обсягом державних, корпоративних і користувацьких даних. Ще одним пріоритетом є розробка спеціального апаратного забезпечення. До 2024 р. необхідно забезпечити доступність обчислювальних ресурсів, створити російський чіп ШІ, що має бути схожим на іноземні аналоги. До 2030 р. заплановано вивести на ринок засоби, що будуть працювати на російських чіпах ШІ. Для цього заплановано такі заходи: підтримка фундаментальних досліджень у розробці нових обчислювальних архітектур; організація фінансової підтримки дослідженням; підтримка розвитку центрів з обробки даних для задач ШІ. Пріоритетом також є підготовка кваліфікованих кадрів у галузі ШІ, що вимагатиме проведення таких заходів: розробка програм формування навичок аналізу даних ШІ; надання можливості отримування безкоштовної другої освіти в галузі ШІ; забезпечення необхідних умов праці. Останнім пріоритетом стратегії є створення нормативно-правової бази в галузі ШІ. Для цього пропонуються такі заходи: створення правових умов для доступу даних, що збирає державний сектор; розробка механізму спрощеного тестування та впровадження розробок ШІ; забезпечення підтримки компаній, що інвестують в ШІ; забезпечення правових та етичних правил використання ШІ. Ця стратегія потребує більше 1 млрд дол. США протягом наступних п'яти років. Уряд, окрім власних інвестицій, планує залучити 2 млрд дол. США від міжнародних партнерів [32].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Przegląd strategii rozwoju sztucznej inteligencji na świecie [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.telix.pl/rynek/raporty-prezentacje/2018/07/przegląd-strategii-rozwoju-sztucznej-inteligencji-na-swiecie/>.
2. Vats A. G20 AI: National Strategies, Global Ambitions [Electronic resource] / Antara Vats and Nikhila Natarajan // Observer Research Foundation and Observer Research Foundation America. — 2022, July. — Access mode: <https://www.orfonline.org/research/g20-ai-national-strategies-global-ambitions/>.
3. Симонова В. Правовое регулирование искусственного интеллекта в Казахстане и за рубежом [Электронный ресурс] / В. Симонова, А. Сеитова. — Режим доступа: <https://www.dentons.com/ru/insights/articles/2022/june/8/legal-regulation-of-artificial-intelligence-in-kazakhstan-and-abroad/>.
4. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text>.
5. Cambridge dictionary [Electronic resource]. — Access mode: <https://dictionary.cambridge.org/ru/%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C/%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/artificial-intelligence>.
6. Artificial Intelligence in Asia and the Pacific [Electronic resource]. — Access mode: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj69tT0h6nvAhVT9IUKHZIPA0MQFjACegQIBBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.unescap.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FESCAP_Artificial_Intelligence.pdf&usq=AOvVaw3_rqNM4Jp5vx_VDjomeB3X.
7. Развитие искусственного интеллекта в странах мира: США, Китай, Великобритания [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://d-russia.ru/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-stranah-mira-ssha-kitaj-velikobritaniya.html>.
8. Artificial Intelligence for the American People [Electronic resource]. — Access mode: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/ai/>.
9. Top 10 Countries Leading the Artificial Intelligence Race [Electronic resource]. — Retrieved from: <https://www.analyticsinsight.net/top-10-countries-leading-the-artificial-intelligence-race/>. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/ai-investment-by-country.html>.
10. The Different Challenges and Approaches to AI by Country [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.unite.ai/the-different-challenges-and-approaches-to-ai-by-country/>.
11. Final Report National Security Commission on Artificial Intelligence [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.nsc.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>.
12. Андрощук Г. Тенденції розвитку технологій штучного інтелекту: економіко-правовий аспект / Г. Андрощук // Теорія і практика інтелектуальної власності. — 2019. — № 3. — С. 84–101. — Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpiv_2019_3_11.
13. Вінникова Н. А. Штучний інтелект як чинник геополітичного впливу / Н. А. Вінникова // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. — 2021. — Вип. 40. — С. 21–28. (Серія “Питання політології”).
14. Кіктенко В. О. Розробка штучного інтелекту в Китаї як шлях до глобального технологічного лідерства [Електронний ресурс] / В. О. Кіктенко. — Режим доступу: <https://sinologist.com.ua/kiktenko-v-o-rozrobka-shtuchnogo-intellekta-v-kytai-yak-shlyah-globalnogo-tehnologichnogo-liderstva/>.
15. Развитие искусственного интеллекта в мире: ЕС, Франция, Германия, Израиль [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://d-russia.ru/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-mire-es-frantsiya-germaniya-izrail.html>.
16. Костенко О. В. Аналіз національних стратегій розвитку штучного інтелекту / О. В. Костенко // Інформація і право. — 2022. — № 2(41). — С. 58–69.
17. Штучний Інтелект в США і ЄС: нова стратегія управління і контролю [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uisgda.com/ua/iskusstvennyj-intellekt-v-ssha-i-es-novaya-strategiya-upravleniya-i-kontrolya.html>.
18. White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust [Electronic resource]. — Access mode: https://commission.europa.eu/publications/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust_en.
19. New strategy of AI in UK [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.gov.uk/government/news/new-strategy-to-unleash-the-transformational-power-of-artificial-intelligence>.
20. Denmark's National Strategy for Artificial Intelligence [Electronic resource]. — Access mode: <https://en.digst.dk/policy-and-strategy/denmarks-national-strategy-for-artificial-intelligence/>.
21. Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020 [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.gov.pl/web/ai/polityka-dla-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-od-roku-2020>.
22. Андрощук Г. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Польщі [Електронний ресурс] / Геннадій Андрощук // Юридична газета online. — 2021. — Режим доступу: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/zahist-intelektualnoyivlasnosti-avtorske-pravo/strategiya-rozvitku-shtuchnogo-intellekta-v-polshchi-.html>.
23. Андрощук Г. Політику розвитку штучного інтелекту в Польщі прийнято. Що далі? [Електронний ресурс] / Геннадій Андрощук. — Режим доступу: <https://yur-gazeta.com/golovna/politiku-rozvitku-shtuchnogo-intellekta-v-polshchi-priynyato-shchodal.html>.
24. Sweden AI Strategy Report [Electronic resource]. — Access mode: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/ai-watch/sweden-ai-strategy-report_en.
25. National strategies on Artificial Intelligence A European perspective in 2019 [Electronic resource]. — Country report — Sweden. — Access mode: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/sweden-ai-strategy-report.pdf>.
26. AI policy — Australia [Electronic resource]. — Access mode: <https://futureoflife.org/ai-policy-australia/>.
27. Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy [Electronic resource]. — Access mode: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiiuclXzsbvAhVFXhokHKS4oDCkQFjAFegQICxAD&url=http%3A%2F%2Fwww.jaist.ac.jp%2F~bao%2FAI%2FOtherAIstrategies%2FPan-Canadian%2520Artificial%2520Intelligence%2520Strategy.pdf&usq=AOvVaw0eqj0F59X2AbfZ_O76XcFc.

28. AI policy India [Electronic resource]. — Access mode: <https://futureoflife.org/ai-policy-india/>.
29. AI Policy — Japan [Electronic resource]. — Access mode: <https://futureoflife.org/ai-policy-japan/>.
30. National Strategy for Artificial Intelligence — South Korea [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=eng&mId=10&mPid=9&bbsSeqNo=46&nttSeqNo=9>.
31. AI Policy — United Arab Emirates [Electronic resource]. — Access mode: <https://futureoflife.org/ai-policy-united-arab-emirates/>.
32. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://base.garant.ru/72838946/#block_1000.

REFERENCES

1. Przegląd strategii rozwoju sztucznej inteligencji na świecie. Retrieved from: <https://www.telix.pl/rynek/raporty-prezentacje/2018/07/przeglad-strategii-rozwoju-sztucznej-inteligencji-na-swiecie/>.
2. Vats, A., & Natarajan, N. (2022). G20 AI: National Strategies, Global Ambitions. *Observer Research Foundation and Observer Research Foundation America*. Retrieved from: <https://www.orfonline.org/research/g20-ai-national-strategies-global-ambitions/>.
3. Simonova, V., & Seitova, A. Pravovoe regulirovanie iskusstvennogo intellekta v Kazahstane i za rubezhom [Legal regulation of artificial intelligence in Kazakhstan and abroad]. Retrieved from: <https://www.dentons.com/ru/insights/articles/2022/june/8/legal-regulation-of-artificial-intelligence-in-kazakhstan-and-abroad> [in Russ.].
4. Kontsepsiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Ukraini [Concept of artificial intelligence development in Ukraine]. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80#Text> [in Ukr.].
5. Cambridge dictionary. Retrieved from: <https://dictionary.cambridge.org/ru/%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8C%D0%B0%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/artificial-intelligence>.
6. Artificial Intelligence in Asia and the Pacific. Retrieved from: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwJ69tT0h6nvAhVT9IUkHZIPA0MQFjACegQIBBAD&url=https%3A%2F%2Fwww.unescap.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FESCAP_Artificial_Intelligence.pdf&usq=AOvVaw3_rqNM4Jp5vx_VDjomeB3X.
7. Razvitie iskusstvennogo intellekta v stranah mira: SSHA, Kitaj, Velikobritaniya [Development of artificial intelligence in the countries of the world: USA, China, Great Britain]. Retrieved from: <https://d-russia.ru/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-stranah-mira-ssha-kitaj-velikobritaniya.html> [in Russ.].
8. Artificial Intelligence for the American People. Retrieved from: <https://trumpwhitehouse.archives.gov/ai/>.
9. Top 10 Countries Leading the Artificial Intelligence Race. Retrieved from: <https://www.analyticsinsight.net/top-10-countries-leading-the-artificial-intelligence-race/> <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/ai-investment-by-country.html>.
10. The Different Challenges and Approaches to AI by Country. Retrieved from: <https://www.unite.ai/the-different-challenges-and-approaches-to-ai-by-country/>.
11. Final Report National Security Commission on Artificial Intelligence. Retrieved from: <https://www.nsc.gov/wp-content/uploads/2021/03/Full-Report-Digital-1.pdf>.
12. Androschuk, H. (2019). Tendentsii rozvytku tekhnolohii shtuchnoho intelektu: ekonomiko-pravovyi aspekt [Trends in the development of artificial intelligence technologies: economic and legal aspect] *Teoriia i praktyka intelektualnoi vlasnosti* [Theory and practice of intellectual property]. 3, 84–101. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpiv_2019_3_11 [in Ukr.].
13. Vinnikova, N. A. (2021). Shtuchnyi intelekt yak chynnyk heopolitychnoho vplyvu [Artificial intelligence as a factor of geopolitical influence]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina* [Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin]. 40, 21–28. [in Ukr.].
14. Kiktenko, V. O. Rozrobka shtuchnoho intelektu v Kytai yak shliakh do hlobalnoho tekhnolohichnoho liderstva [Development of artificial intelligence in China as a path to global technological leadership]. Retrieved from: <https://sinologist.com.ua/kiktenko-v-o-rozrobka-shtuchnogo-intelektu-v-kytai-yak-shlyah-globalnogo-tehnologichnogo-liderstva/> [in Ukr.].
15. Razvitie iskusstvennogo intellekta v mire: ES, Franciya, Germaniya, Izrail' [Development of artificial intelligence in the world: EU, France, Germany, Israel]. Retrieved from: <https://d-russia.ru/razvitie-iskusstvennogo-intellekta-v-mire-es-frantsiya-germaniya-izrail.html> [in Russ.].
16. Kostenko, O. V. (2022). Analiz natsionalnykh stratehii rozvytku shtuchnoho intelektu [Analysis of national strategies for the development of artificial intelligence]. *Informatsiia i pravo* [Information and Law]. 2 (41), 58–69. [in Ukr.].
17. Artificial Intelligence in the USA and the EU: a new management and control strategy. Retrieved from: <https://uisgda.com/ua/iskusstvennyj-intellekt-v-ssha-i-es-novaya-strategiya-upravleniya-i-kontrolya.html>.
18. White Paper on Artificial Intelligence: a European approach to excellence and trust. Retrieved from: https://commission.europa.eu/publications/white-paper-artificial-intelligence-european-approach-excellence-and-trust_en.
19. New strategy of AI in UK. Retrieved from: <https://www.gov.uk/government/news/new-strategy-to-unleash-the-transformational-power-of-artificial-intelligence>.
20. Denmark's National Strategy for Artificial Intelligence. Retrieved from: <https://en.digst.dk/policy-and-strategy/denmark-s-national-strategy-for-artificial-intelligence/>.
21. Polityka dla rozwoju sztucznej inteligencji w Polsce od roku 2020. Retrieved from: <https://www.gov.pl/web/ai/polityka-dla-rozwoju-sztucznej-inteligencji-w-polsce-od-roku-2020>.
22. Androschuk, H. (2021). Stratehiia rozvytku shtuchnoho intelektu v Polshchi. [Strategy for the development of artificial intelligence in Poland]. *Yurydychna hazeta online* [Legal newspaper online]. Retrieved from: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/zahist-intelektualnoyi-vlasnosti-avtorske-pravo/strategiya-rozvitku-shtuchnogo-intelektu-v-polshchi-.html> [in Ukr.].
23. Androschuk, H. Polityku rozvytku shtuchnoho intelektu v Polshchi pryniato. Shcho dali? [The policy of artificial intelligence development in Poland has been adopted. What's next?]. Retrieved from: <https://yur-gazeta.com/golovna/politiku-rozvitku-shtuchnogo-intelektu-v-polshchi-priynyato-shcho-dali.html> [in Ukr.].

24. Sweden AI Strategy Report. Retrieved from: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/ai-watch/sweden-ai-strategy-report_en.
25. National strategies on Artificial Intelligence A European perspective in 2019 Country report — Sweden. Retrieved from: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/sites/default/files/sweden-ai-strategy-report.pdf>.
26. AI policy — Australia. Retrieved from: <https://futureoflife.org/ai-policy-australia/>.
27. Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy. Retrieved from: <https://www.google.com/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiiucLxzsbbvAhVFxhoKHS4oDCKQFjAFegQICxAD&url=http%3A%2F%2Fwww.jaist.ac.jp%2F~bao%2FAI%2FOtherAIstrategies%2FPan-Canadian%252>.
28. AI policy India. Retrieved from: <https://futureoflife.org/ai-policy-india/>.
29. AI Policy — Japan. Retrieved from: <https://futureoflife.org/ai-policy-japan/>.
30. National Strategy for Artificial Intelligence — South Korea.
31. AI Policy — United Arab Emirates. Retrieved from: <https://futureoflife.org/ai-policy-united-arab-emirates/>.
32. National strategy for the development of artificial intelligence for the period until 2030. Retrieved from: https://base.garant.ru/72838946/#block_1000.

H. O. ANDROSHCHUK, PhD in Economics, Associate Professor

POLICIES AND STRATEGIES FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE COUNTRIES OF THE WORLD: QUO VADIS? (part 1)

Abstract. *The organizational and economic and legal aspects of the development and implementation of policies and strategies for the development of artificial intelligence (AI) in the leading countries of the world have been studied. All major economies (more than 60 countries) have developed national policies (strategies) for the development of AI. The following countries are considered advanced in the implementation of national AI strategies: USA, China, Canada, UK, Japan, UAE, France, Germany, South Korea, India and most countries of the European Union (EU). The structure of AI development strategies, priorities, funding models were considered, the main principles of the development and use of AI technologies, priority directions, goals and objectives of the use of AI were analyzed. The problems associated with the use of AI are highlighted: these are issues of data for processing AI, control over the use of AI, tracking AI decisions and responsibility for their adoption, control over confidentiality, ensuring the protection of personal data. Comparing the Ukrainian concept of AI development with the strategies of developed countries, we can conclude that it will not contribute to the effective development of AI, since investments in AI technologies differ hundreds of times, incentive tools and specific actions for the development of AI are not provided. The Institute of Artificial Intelligence Problems of the Ministry of Education and Science of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine have developed a project of the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine for 2022–2030. The Cabinet of Ministers of Ukraine needs to take measures to adopt the Strategy for the Development of Artificial Intelligence in Ukraine. It is concluded that there is a process of formation of two large spaces in the field of AI technologies in the international arena: the first unites the OECD countries with the unconditional financial, technological and value-normative dominance of the USA and the EU. The second is formed around China, in whose orbit countries fall, for which cooperation with the West is complicated due to a wide range of international conflicts (including Russia). Countries that are unable to resist the technological hegemony of China and the United States are faced with the dilemma of choosing between two large technological spaces.*

Keywords: *intellectual property, artificial intelligence, legislation, development strategy, priorities, computer technology, state regulation, digital infrastructure.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Андрощук Геннадій Олександрович — канд. екон. наук, доц., головний науковий співробітник, Науково-дослідний інститут інтелектуальної власності Національної академії правових наук України, вул. Казимира Малевича, 11, корп. 4, м. Київ, Україна, 03680; +38 (044) 200-08-76; genandro1@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0781-9740

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Androshchuk H. O. — PhD in Economics, Associate Professor, Chief Researcher, Scientific Research Institute of Intellectual Property of the National Academy of Legal Sciences of Ukraine; Kazymira Malevycha Str., 11, 4, Kyiv, 03680; genandro1@gmail.com; +38 (044) 200-08-76; ORCID: 0000-0003-0781-9740



M. M. KIRYUKHIN, PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher

ENGINEERING LITERACY

Abstract. The UN project “17 Sustainable Development Goals” pursues the goal of a guaranteed solution to the problem of hunger, providing clean water and the like for the entire population of the Earth. The brief terms of this project (only 15 years) reinforce the responsibility of the main team, namely engineers. The qualification of any engineer will increase if he/she acquires additional knowledge in other technical areas in addition to the main profession. A compulsory educational program called “Engineering Literacy” (EL) is offered. It is planned that the EL will describe the main sectors of modern engineering. The same format is provided for the description of each technical sector under the heading, for example, the Space Industry Section, or the Nuclear Energy Section, or the Construction Sector Section, etc. The difficulty of each of the sections should be at the level of a high school graduate. Other requirements for each section are discussed in more detail in the article. As a demonstration, the article presents a preliminary short version of the Section “Nuclear Energy. Lessons from the past to avoid mistakes in the future”.

Keywords: UN SDG, Engineering Literacy, Science Literacy, Space Industry, Construction Sector, Brief description of the Section.

INTRODUCTION

Human beings moved slower compare to animals almost in all periods of their presence on Earth. In ancient times large groups of people, e.g., the armies of Alexander the Great or Roman cohorts even with access to the best technologies of their time had the same speed as our present walking tours. Most likely, this fact will be considered as obvious. Therefore, let's make a mental jump “closer” to our time. We will be surprised but the motion of armies saved the same “walking” speed after 2 thousand years. This statement is correct for Napoleon's army; for the battles of World War I and even for the main part of World War II.

Unique machines, which helped to outstrip the fastest animals [1–3], appeared quite recently, only about 100 years ago [4–6]. These references demonstrate the results of fair competition. Trains appeared earlier, in the 19th Century, but train requires rails for its motion.

It took about 50 years more for the implementation of the “records” into regular life. As the result, today, any inhabitant of the Earth can move faster than animals on the ground, in the sky and in the sea¹. Technical progress didn't stop there. The artificial “brain” demonstrated its advantages compare to the human being one after the victory over the chess champion in 2000. More and more artificial assistants were being created in parallel. Almost every human being has a cell phone — a pocket device for communication with the whole world with the “library” with unlimited amount of

information as a bonus (access to the Internet). The list can be continued.

Statement #1:

Exactly last 30–50 years are the period of triumph of technical progress after investments into science for thousands of years

The UN program “17 Sustainable Development Goals” for 2015–2030 [7] was created for fixing key problems of mankind, such as the exclusion of hunger; the provision of every inhabitant of the Earth with clean water and enough amounts of energy, etc. Moreover, the UN stated that SDGs should be implemented within 15 years. Such a short period for the program means that SDGs can be achieved by using the existing technical base only. Implementation of new (significant) inventions looks unrealistic within 15 years. Thus, the most qualified expert community confirms the author's Statement #1.

Statement #1 doesn't against scientific research. Indeed, this is the confirmation that investment in science is the correct decision. But for the purposes of this article the main objective of Statement # 1 is to stress of increasing role of engineers today.

This article is the continuation of the previous author's research related to Science Literacy in general [8–10]. Based on Statement #1 one can speak about separate and PRIORITY element within Science Literacy, namely Engineering Literacy (EL). EL also can be the pilot initiative for mandatory training. The arguments, which explain above, are in the first and the second chapters of this article.

¹ E. g., AWD cars; Water scoopers and Airliners.

The third chapter proposes the general format for EL. The key proposal is to have separate Divisions for each area of engineering. Thus, the last chapter demonstrates the first draft of such Division by using nuclear energy as an example.

SCIENCE LITERACY, SCIENCE POPULARIZATION AND STEM WHY DO WE NEED ENGINEERING LITERACY AS ADDITIONAL ELEMENT?

The different areas that compliment “classic” education and increase the level of scientific knowledge were analyzed in previous publications [8–10]. More specifically, Science Literacy and Science Popularization related to natural sciences as well as “Science + Technology + Engineering + Math” (STEM) were discussed. The following conclusions were made from this analysis:

- 1) Science Literacy is the component, which integrates all three listed ones: Science Literacy; Science Popularization and STEM. The function of Science Literacy is similar to the function of the elementary school if one builds a “hierarchy” of Science Literacy; Science Popularization and STEM. This is exactly Science Literacy, which can help any human being to identify correctly the challenges of technical progress (both positive and negative ones);
- 2) Science Literacy training similar to the study in elementary school should be MANDATORY for everybody. Science Literacy training in contradiction to elementary school study should be extended for the whole life to follow the progress in technique.

Declaration (about mandatory training) and implementation (of mandatory training) have totally different content. It is impossible to overcome the “distance” between declaration and implementation in one jump. The step-by-step approach is more acceptable. And engineers are the most suitable audience for the start. First of all they are “inside the subject” because of their profession. Secondly, they already use post-graduate courses, thus the new training can be considered as the extension. Additional arguments are listed below.

THE ESSENCE OF ENGINEERING LITERACY

The story, which was described in Jules Verne’s novel “The Mysterious Island” [11], is related to the second part of the 19th Century. The heroes of this novel were landed on a deserted island as the result of the damage the balloon. Despite of shortage of initial tools they could create a metallurgical plant, build a boat, design and install telegraph communication lines and did other useful things. These results were achieved by us-

ing a comprehensive knowledge of engineer Cyrus Smith and his correct management. The prototype of the “universal” engineer Cyrus Smith was based on real people in Jules Verne’s science fiction 150 years ago. The universal engineer in the 21st Century is real science fiction.

The majority of modern engineers are high-skilled experts. This statement is correct for the knowledge and skills in the only area of their professional expertise. Unfortunately, (very often) the engineer doesn’t differ too much from humanitarian in case of discussions about other technical fields.

The union of scientific and engineering associations of Ukraine (USEAU) receives proposals, which can “change the world” very often. In most cases even elementary expertise shows useless of such proposals. One of the latest proposals was about the following. The “inventor” suggested to create powerful solar plants on the Earth’s poles and to connect this power stations with the fridges for ice production. New ice would stop the global temperature increasing according to the inventor’s thoughts. The absurdity of this idea is absolutely clear for anyone, who remembers physics from secondary / high school. The school task asks: what would be with the temperature in the room in case one opens the door of the working fridge? It is evident that the school task and above invention are the same in nature and have only scale difference. The limited survey was conducted among engineers about the correct answer to school task during preparing of this article. Unfortunately, only a few engineers gave the right answer².

Let’s use the soft definition “forgetfulness of modern engineers” for the knowledge quality of school physics / chemistry. There are (at least) two reasons for such forgetfulness. The first reason is related to the explosive increasing in the amount of information. “Beautiful packaging” helps for better memorization of new information without verification of its trustfulness. At the same time proven (but boring) info is transferred to the periphery of our memory. The second reason for forgetfulness (author’s vision) is the permanent increasing in friendliness of the modern machines and devices. Once upon a time we measured room size by a measuring tape. It was impossible to get correct data without refreshing of the theory of mistakes [12]

² Indeed, there are no needs in deep knowledge in thermodynamic. One also doesn’t need to study of the components of the fridge and their relationship. The only one fact is needed: the efficiency of any device is always lower than 100 %. And also remember that efficiency has a useless part (missing part to 100 %), which always **heats the environment**. Thus, a fridge with an open door would heat the room, and very expensive complexes (solar panels plus fridge) on the poles would increase (!!!) the temperature of the planet.

in our memory. Almost all cell phones today have electronic/ laser measuring tape. Thus, one can measure office size without leaving a chair and without a theory of mistakes. The classic thermometer reminded us about the expansion of the liquid with increasing of temperature. The changes of atmosphere pressure were clear from the deformations of the “box” in the old barometer and their connections with the arrow. Alas, modern electronic devices exclude the opportunity to remind physical laws. The majority of us have forgotten numeracy skills, preferring to use Excel of phone calculator. As the result, the technical knowledge, which engineer has acquired on the lessons of physics, chemistry, biology and mathematics in school, are firmly forgotten in “adult life”.

Although forgetfulness is caused by objective reasons, it leads to (at least) three negative consequences specifically for engineers.

Firstly, an engineer with wider knowledge has added value in its profession. The credibility of his / her project will increase in case the engineer compares own solutions with best practice in other branches. Such additional knowledge can be used by both: or engineer-researcher, or technician. The forgetful engineer has no such advantage.

Secondly, and it is natural, that exactly the engineer can provide his / her relatives by fair knowledge about the influence of modern and future technologies on family life. The noise from the construction of a new building nearby in combination with breaking news about earthquake initiate natural question. What about the safety of our own building? Can IT-engineer answer on this question? What about the harm from a multi-hour talk by use cell phone? The powerful source of electromagnetic waves is very close to the brain. Does a chemical engineer know the right answer?

There were very prestigious to be the officer in the bank for many centuries. Modern online banking followed to fast firing of human beings in the banks. AI will enhance the trend. There is an opin-

ion that unmanned vehicles can kill the profession of taxi driver. What is about my own profession in the future?

The discussions about many global challenges today, like climate changes or Mars colonization are similar to Agora — meetings in Ancient Greece or revolutionary crowds. In both cases participants are guided primary by emotions³ instead of analysis. Who, if not engineers, should act as independent experts for increasing analysis value? This is the third reason for fighting with forgetfulness.

The above arguments can be undoubtedly rewritten into the following:

Statement No. 2:

The program Engineering Literacy is needed, which will describe modern level of S&T and link this knowledge to the basic laws of nature

What is the novelty of Engineering Literacy compare to “ordinary” post-graduate training? Post graduate training is already used worldwide and confirmed its efficiency. It is also mandatory for civil engineers in many countries.

Engineering Literacy as a new program should be the addendum to regular post-graduate study. The objective of “classic” training is updating knowledge for the specific profession periodically. The proposed objective of Engineering Literacy is to get extra knowledge. It is assumed that the new program will consist of “Divisions” with the specific description about, e. g., space industry, or construction, or green energy in each of them. The list of proposed divisions is the below **table 1**.

The list of Divisions for mandatory study should be complimentary to the main profession of the specific engineer. By other worlds, Engineering

³his statement doesn't mean that author is against the emotions. There were exactly the emotions, which saved our Motherland — Ukraine several times in recent history. However, the author is strictly against such emotions, which are in contradictions with the laws of nature.

Table 1

Proposed list of Divisions

No.	Division title	No.	Division title
1.	Nuclear energy	8.	Artificial intelligence
2.	Space industry	9.	Metallurgy and chemical technologies
3.	Construction	10.	Roads and ground transportation
4.	Green energy	11.	Helicopters and aircrafts
5.	Traditional energy	12.	Nano- and other advanced materials
6.	Microelectronics	13.	Communication and GPS
7.	Clean water	14.	Bioengineering

Literacy is an additional study for NON-PROFILE engineers.

GENERAL REQUIREMENTS FOR THE FUTURE PROGRAM

The general approach for the study of natural sciences in high and secondary schools, despite of some negative / inefficient elements, can be used as the base for Engineering Literacy. The author was a member of the team for preparing of the chain of textbooks in physics for secondary and high school, e. g. [13]. This experience allows getting sight of the main feature of studying natural sciences in schools. It is impossible to create a full chain of proofs, similar to university course, because of limited knowledge of schoolchildren in mathematics. This conclusion is valid for 90 % (?) of cases. Instead, the authors of any textbook provide more or less free description. The trustfulness of such description is supported by the high reputation of school education.

A similar approach can be used for Engineering Literacy. The author does believe that the scientific complexity of Engineering Literacy should be on the similar level of the complexity of the natural science programs in high school. This is only the chance to save interest to the subject for the future students. And world class authors and the umbrella of international engineering federations will ensure the credibility of the information in the Engineering Literacy Divisions.

The free presentation style in the Division allows to include of three mutually supported parts in the whole description. The first one is the history of this area of technique. This part should be limited by the framework: Past experience for the elimination of the mistakes in the future. The second part is for demonstration of the best technical results in this area. And finally, the text description should be supplemented by a large number of qualitative problems for increasing the creativity component.

Each Division should be prepared in the format of E-brochure (for decreasing expenses and increasing opportunities for distribution). The content should be updated periodically and E-format is the most suitable for this purpose. Similar to the best school manuals the description should have an Internet extension. Based on this feature, the limited size of the main E-brochure (probably around 50 pages) can be extended by: a) an exercise book with the task of different level of complexity; b) science popularization in various formats; c) movies related to the subject for family watching.

As the summary, proposed Engineering Literacy is the flexible system, which:

- Includes periodically updated package of knowledge needed for the engineer for improvement of his / her professional skills;
- Use the same package for the needs of the engineer's family or public activities;
- Is created in the framework of the similar amount of knowledge as in high / secondary schools and is synchronized with school programs;
- Is available for free;
- Is formed in the format for potential use by the whole family;
- Can be used itself as technical dictionary;
- Provides links to other technical databases.

NUCLEAR ENERGY; LESSONS FROM THE PAST TO EXCLUDE MISTAKES IN THE FUTURE

In parallel to this article, the author is preparing E-brochure with the same, as this chapter name. It is assumed that this E-brochure will be the draft of the first Engineering Literacy Division (see Table above). The limited size of the article size doesn't allow to include of all information into this chapter. Therefore, this chapter can be considered as "a movie trailer".

Nuclear reactions are much more powerful source of energy compare to fossil fuels or conventional explosives. Such understanding appeared long before the exact values of nuclear reactions were measured. There is one copy of the engineering journal, which was issued in the regional branch of the Ukrainian engineering organization and which is stored in the archive of USEAU [14]. The name of the Ukrainian city Mykolaiv, where this journal was issued, is known mainly for the engineering community because of as a shipbuilding plant. Nevertheless, one can find the article about engineering aspects of nuclear energy use, which was written by the almost modern language. Please, note that the first nuclear reactor was built only after 40(!) years after the Ukrainian publication [15]. Impact from the nuclear device on the globe level was demonstrated even later, in 1961 [16]⁴.

"Nuclear world" is absolutely unusual for the classic engineer. The first difference is the sizes. The next comparison demonstrates this difference clearly. One of the thinnest artificial items in our everyday life is aluminum foil in our kitchen. Its thickness is 20 mkm. Let's mentally increase the microscopic nucleus of an atom up to a more "ordinary" size, say to the size of an orange. A proportionally enlarged thin foil will transfer into giant

⁴It was the test of so-called the Tsar Bomb with a nuclear yield of 58.6 Mt. The seismic wave generated by the explosion circled the globe three times. More details one can find by himself.

plate with equal to the Earth's diameter thickness. The measuring "device" in the micro world has the similar size as the object of measurement, therefore, the measurement procedures are differed from regular ones. The interaction between particles has a non-linear (also unusual) nature. All listed phenomena require new theoretical description, namely quantum physics instead of classic one. Interested engineers can expand their knowledge in math and learn quantum theory by themselves.

Here is the continuation of the engineering aspects of nuclear energy use. Despite of the specific features of the micro world, the engineering solutions were very similar to those in the classic world. The size of the journal article doesn't allow to describe the details. The only two features are underlined here: a) the key engineering solutions are the examples of masterpieces; b) the scale of production facilities for nuclear energy use exceeded previous cases in tens and more times. The only one example is shown below for decoding of above statements. The technologies and equipment for the separation of uranium isotopes should be created. Every family uses separation of the substances with different masses a few times a week while switching on the centrifuge of the washing machine. The task with uranium is more complicated because: a) the masses of isotopes are almost the same; b) the quantity of needed isotope is less than 0,1 % in the mixture. By use analogy, one should obtain, say 10 liters of water from almost dry clothes. Let's continue this analogy. One should gather all washing machines from the large city, like Paris and Rome. He also should gather all the clothes and, maybe, all linen from the city. The next step is to rent a stadium for these washing machines and to build an electric power plant for the supply of the new facility by electricity. Indeed, previous description is almost the right picture for uranium separation. The only one correction is much more precise centrifuge use.

The history of nuclear energy contained not only engineering masterpieces, but also the engineering mistakes. E. g., the accidents on Chernobyl [17] and Fukushima [18] atomic power plants are well-known. The engineering mistake is the most popular explanation for both of these accidents. An alternative version can be formulated as: the reason is the shortage of scientific and engineering literacy. The proof package will be in the full version of this Division⁵. Both terrible accidents defined the trends: a) to close nuclear

⁵If shortly, there were two faults: a) unprofessional experiment at the beginning and b) operator mistake at the end. Both ones were because engineers ignored the technical difference between a nuclear reactor and ordinary thermal reactor.

energy programs (e. g., Germany) and b) to use more safe solutions. International Atomic Energy Agency recommends one of a such safe solution, namely the module reactor [19].

It should be mentioned thermonuclear reactors, which are using fusion nuclear reactions, for complete the picture. Natural examples of such reaction one can see every day (Sun or other stars on the sky). The example of military application was mentioned above [16]. But there is a long delay with the creation of a fusion reactor for electricity / heat production. Scientists from many countries are trying to obtain "artificial Sun" in the labs for 70+ years. The only last information demonstrates certain progress [20].

The links to the movies related to the subject will be provided in the last part of the chapter. These movies can be recommended for watching together with the families. After completion of Engineering Literacy the engineer can be the family guide with the explanation of complicated scientific / engineering items. There are stories about heroism, e. g. [21]; spy stories, e. g. [22; 23]; tragedies, e. g., [24]; and human dramas, e. g. [25]. This list can be continued.

CONCLUSIONS

1. The mandatory Engineering Literacy course as the addendum to the standard post-graduate education is proposed;

2. Engineering Literacy should include the study of those areas of technique that compliment the main profession of an engineer. The list of such areas has been proposed, in particular, Space industry; Nuclear energy; Construction sector, etc.;

3. The same format is proposed for each description (Division). The main components of this format are: a) lessons learned from the history of the development of the specific area of technique; b) modern level; c) the set of qualitative problems for increasing creativity component. More specific criteria were also formulated as addendum to the main ones;

4. The draft / pilot description for the Division "Nuclear energy" with the title "Nuclear energy; Lessons from the past to exclude mistakes in the future" is presented.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Cheetah [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cheetah>.
2. Peregrine Falcon [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Peregrine_falcon.
3. Sailfish [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sailfish>.
4. Christie_M1931 [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Christie_M1931.

5. Supermarine_Spitfire [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Supermarine_Spitfire.
6. Torpedo_boat [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Torpedo_boat.
7. #Envision2030: 17 goals to transform the world for persons with disabilities [Electronic resources]. — United Nations, Department of Economic and Social Affairs Disability. — Access mode: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html>.
8. Кірюхін М. М. Наукова грамотність як інструмент виживання у світі, що змінюється / М. М. Кірюхін, В. Д. Пархоменко // Наука, технології, інновації. — 2019. — № 1. — С. 15–19.
9. Кірюхін М. М. Топ-4 таємниці для просування грамотності / М. М. Кірюхін // Наука, технології, інновації. — 2019. — № 4. — С. 11–15. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2019-4-02>.
10. Кірюхін М. М. Змагання наукової грамотності та STEM: хто є головним? / М. М. Кірюхін // Наука, технології, інновації. — 2021. — № 2. — С. 3–7. <http://doi.org/10.35668/2520-6524-2021-2-01>.
11. Верн Ж. Собрание сочинений в 12 томах / под ред. Б.А. Агапова — М. :Государственное издательство художественной литературы, 1956. — Т. 5. Таинственный остров. — 656 с.
12. Observational_error [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Observational_error.
13. Фізика: підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти / за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого, 2-ге вид. — Харків : Ранок, 2021. — 272 с.
14. Атомная энергия // Сборник трудов Николаевского отделения общества инженеров. — 1904. — С. 75–98.
15. Nuclear reactor [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reactor.
16. Tsar_Bomba [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Tsar_Bomba.
17. Chernobyl_disaster [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster.
18. Fukushima_nuclear_disaster [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_nuclear_disaster.
19. What are Small Modular Reactors (SMRs)? [Electronic resources] // IAEA. — 2021, 4 Nov. — Retrieved from: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>.
20. Fusion_power [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Fusion_power.
21. The_Heavy_Water_War [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Heavy_Water_War.
22. The_Catcher_Was_a_Spy_(film) [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/The_Catcher_Was_a_Spy_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Catcher_Was_a_Spy_(film)).
23. Manhattan_(TV_series) [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_\(TV_series\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_(TV_series)).
24. Chernobyl_(miniseries) [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_\(miniseries\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_(miniseries)).
25. Radioactive_(film) [Electronic resources] // Wikipedia. — Access mode: [https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_(film)).

REFERENCES

1. Cheetah. *Wikipedia*. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cheetah>.
2. Peregrine Falcon. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Peregrine_falcon.
3. Sailfish. *Wikipedia*. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sailfish>.
4. Christie_M1931. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Christie_M1931.
5. Supermarine_Spitfire. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Supermarine_Spitfire.
6. Torpedo_boat. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Torpedo_boat.
7. #Envision2030: 17 goals to transform the world for persons with disabilities. Retrieved from: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/envision2030.html>.
8. Kiryukhin, M., & Parkhomenko, V. (2019). Naukova hramotnist yak instrument vyzyvannia u sviti, shcho zminiuietsia [Science literacy as the tool for surviving in the changing world]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, Technologies, Innovations]. 1, 15–19. [in Ukr.].
9. Kiryukhin, M. (2019). Top-4 taiemnytsi dla pro-suvannia hramotnosti [TOP-4 secrets for science literacy promotion]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, Technologies, Innovations]. 4, 11–15. [in Ukr.].
10. Kiryukhin, M. (2021). Zmahannia naukovoї hramotnosti ta STEM: khto ye holovnym? [Science literacy and STEM: Who is the boss?]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii* [Science, Technologies, Innovations]. 2, 3–7. [in Ukr.].
11. Vern, Zh.; Agapov, B. A. (Ed.). (1956). Sbranie sochinenij v 12 tomah. Vol. 5. Tainstvennyj ostrov [Collected works in 12 volumes. Vol. 5. Mysterious island]. Moscow. 656 p. [in Russ.].
12. Observational_error. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Observational_error.
13. Bariakhtar, V. H., & Dovhyi, S. O. (Eds.). (2021). Fizyka: Pidruchnyk dla 10 klasu zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Physics: Textbook for the 10th grade of institutions of general secondary education]. Kharkiv, 272 p. [in Ukr.].
14. Atomnaya energiya [Atomic Energy] (1904). *Sbornik trudov Nikolaevskogo otdeleniya obshchestva inzhenerov* [Collection of works of the Nikolaev branch of the society of engineers]. P. 75–98. [in Russ.].
15. Nuclear_reactor. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_reactor.
16. Tsar_Bomba. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Tsar_Bomba.
17. Chernobyl_disaster. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_disaster.
18. Fukushima_nuclear_disaster. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Fukushima_nuclear_disaster.
19. What are Small Modular Reactors (SMRs)? IAEA. Retrieved from: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs>.
20. Fusion_power. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Fusion_power.
21. The_Heavy_Water_War. *Wikipedia*. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/The_Heavy_Water_War.
22. The_Catcher_Was_a_Spy_(film). *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/The_Catcher_Was_a_Spy_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Catcher_Was_a_Spy_(film)).
23. Manhattan_(TV_series). *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_\(TV_series\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Manhattan_(TV_series)).

24. Chernobyl_(miniseries). *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_\(miniseries\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chernobyl_(miniseries)).

25. Radioactive_(film). *Wikipedia*. Retrieved from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_\(film\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_(film)).

М. М. КІРЮХІН, канд. фіз.-мат. наук, с. н. с.

ІНЖЕНЕРНА ГРАМОТНІСТЬ

Резюме. Проєкт ООН “17 Цілей Сталого Розвитку” має на меті гарантоване розв’язання проблеми голоду, забезпечення чистою водою для всього населення Землі тощо. Стислі терміни цього проєкту (лише 15 років) посилюють відповідальність команди ключових виконавців, а саме — інженерів. Кваліфікація будь-якого інженера буде зростати в разі набуття додаткових знань в інших технічних сферах, які є додатковими до основної професії. До уваги читачів пропонується обов’язкова освітня програма “Інженерна грамотність”, що має на меті описати основні сектори сучасного інжинірингу. У програмі передбачено однаковий формат для опису кожного технічного сектору: наприклад, розділ “Космічна промисловість”, розділ “Ядерна Енергія”, розділ “Сектор Будівництва” тощо. Складність кожного розділу має бути на рівні випускника середньої школи. Інші вимоги до кожного розділу окреслено в статті більш детально. У статті наведено попередню коротку версію розділу “Ядерна енергія. Уроки з минулого для виключення помилок у майбутньому”.

Ключові слова: ЦСР ООН, інженерна грамотність, наукова грамотність, космічна промисловість, сектор будівництва, стислий опис розділу.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kiryukhin M. M. — PhD in Physics and Mathematics, Senior Researcher, President of Union of scientific and engineering societies of Ukraine, 21, Sichovykh Striltsiv Str., Kyiv, Ukraine, 04053; +38 (044) 272-42-85; info@snio.org.ua; ORCID: 0000-0001-6017-4043

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Кірюхін Микола Михайлович — канд. фіз.-мат. наук, с. н. с., президент Співки наукових та інженерних об’єднань України, вул. Січових Стрільців, 21, м. Київ, Україна, 04053; +38 (044) 272-42-85; info@snio.org.ua; ORCID: 0000-0001-6017-4043



ШАНОВНІ ПРЕДСТАВНИКИ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА НАУКОВИХ УСТАНОВ, НАУКОВЦІ, ВІНАХІДНИКИ!

В УкрІНТЕІ впроваджено послугу “Комплексне інформаційне обслуговування”. Це актуальна і систематизована інформація з питань трансферу технологій, науково-технічного та інноваційного розвитку, що надсилається в онлайн-режимі і призначена для здійснення наукової та інноваційної діяльності. Видання надсилаються протягом року згідно з вказаною на сайті Інституту періодичністю. До вашої уваги інформаційний пакет “Комплексний” (8 видань):

- фаховий журнал “Наука, технології, інновації”;
- інформаційний бюлетень “Дослідження, технології та інновації у Європейському Союзі”;
- дайджест новин “Наука, технології, інновації”;
- дайджест трансферу технологій;
- “Збірник рефератів дисертацій, НДР та ДКР”;
- “Бюлетень реєстрації НДР та ДКР”;
- бюлетень “План проведення наукових, науково-технічних заходів в Україні”;
- “Закони та підзаконні акти, директивні документи у сфері вищої освіти, науки, науково-технічної інформації, науково-технологічного та інноваційного розвитку України”.

КОНТАКТИ:

телефон (044) 521-00-39,

e-mail: uintei.ua@gmail.com, uintei.info@gmail.com

Детальніше на сайті УкрІНТЕІ: www.uintei.kiev.ua

Л. Я. ШВАРЦМАН, доктор філософії, чл.-кор. АН України

Е. В. БАЖЕНОВ, канд. техн. наук

ОДЕРЖАННЯ КОЛОЇДНОГО ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ (SiO_2) З КВАРЦУ

Резюме. Колоїдний діоксид аморфного кремнію є продуктом на основі мікронізованого порошку діоксиду кремнію (SiO_2). Продукт у великих масштабах затребуваний на ринку через свої видатні адсорбційні властивості. Широко відомий за назвою AEROSIL®. Технологія AEROSIL® заснована на використанні як сировинного компонента чотирехлористого кремнію (SiCl_4), що визначає вартісні, енергетичні та екологічні оцінки процесу. Один із напрямів поліпшення названих техніко-економічних оцінок полягає в пошуку рішень, що виключають використання SiCl_4 з процесу отримання мікронізованого порошку кварцу. У роботі, як альтернативні технології, розглянуто плазмові процеси отримання нанопорошків діоксиду кремнію за схемою, що виключає необхідність отримання SiCl_4 . У пропонуваній схемі діоксид аморфного кремнію виробляється за технологією з прямим використанням природного джерела кремнію — кварциту. Технологія реалізується послідовністю технологічних операцій активації частинок кварциту та глибокого енергоефективного очищення кварцу на молекулярному рівні, що дозволяє отримати ультрадисперсний аморфний кремнезем високої чистоти. Виконання технологічних операцій у режимі невисоких температур і без витрат енергії на плавлення матеріалів, повна регенерація реагентів дозволяє забезпечити вимоги економічності, енергоефективності та екологічності виробництва.

Ключові слова: діоксид кремнію, аеросил, AEROSIL®, плазмові процеси, кварцит, аморфний, комплексні сполуки, сублімація, вилуговування.

ВСТУП

Вихідна ідея роботи належить Л. Я. Шварцману, який, на жаль, не встиг її завершити. На основі його ідеї виконано представлене системне дослідження питання одержання колоїдного діоксиду кремнію з кварцу.

Колоїдний діоксид кремнію (SiO_2). Технічна назва — пірогенний діоксид кремнію. Основа — мікронізований порошок. Основний спосіб отримання — взаємодія чотирехлористого кремнію (SiCl_4) із парами води. Реакція екзотермічна. Утворюється безбарвний драглистий осад, що використовується для отримання аеросилу — безводного високодисперсного двоокису кремнію (оціночно: розмір частинок 5–50 нм, питома поверхня 50–600 м²/г, щільність 160–190 кг/м³).

Компанія Evonik Industries AG (Німеччина) — піонер освоєння способу високотемпературного гідролізу і сьогодні лідер на ринку промислового виробництва нанопорошку діоксиду кремнію (з 1943 р. зареєстровано під брендом AEROSIL®) [1]. Спосіб заснований на швидкому протіканні реакції гідролізу летючого кремнієвого з'єднання в полум'ї гримучого газу (так званий “полум'яний процес”) за температури більше 1000 °C:



Створення умов поєднання високої динаміки хімічних реакцій із високою швидкістю фазових перетворень призводить до утворення наночастинок SiO_2 . Первинні частки в міру переміщення в робочому просторі об'єднуються в агрегати, які агломеруються, створюючи специфічну об'ємну структуру хлоп'яподібну, більшу частину якої займає повітря (до 98 %). Насипна щільність продукту становить 35–150 г/дм³.

Можливості управління умовами реакції забезпечують керовані зміни властивостей одержуваного матеріалу, зокрема це крупність агрегатів аморфного діоксиду кремнію, що формуються внаслідок зіткнення отриманих наночастинок SiO_2 . Управляючи складом вихідного матеріалу, до складу формованої структури можна вводити наночастинки оксидів Al_2O_3 , TiO_2 тощо.

Необхідність застосування спеціальної сировини — у цьому випадку чотирехлористого кремнію — визначає проблеми економічного й екологічного характеру. Рівень проблематичності посилюється в рамках поставлених завдань декарбонізації. Таким чином, в умовах, що склалися, недоліки “полум'яного процесу” полягають у відсутності можливості отримання аеросилу з природних сировинних матеріалів, а так само в складності точного управління розміром частинок і фазовим складом одержуваного нанопорошку.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Базування “полум’яного процесу” на застосуванні чотирохлористого кремнію як сировини є фактором, що визначає потенціал розвитку технології. Отримання чотирохлористого кремнію є енергоємним і екологічно важким, досить складним процесом. Пошуки розв’язання проблем призвели до появи альтернативних способів одержання нанопорошків SiO_2 , які насамперед зорієнтовані на відмову від використання чотирохлористого кремнію. Такий напрям розв’язання проблеми створює високий потенціал розвитку технології. Рішення у цьому напрямі мають бути енергетично та екологічно ефективними та забезпечені сировинними джерелами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Варіанти альтернатив — плазмові та променеві процеси. У **табл. 1** наведено характеристики нанопорошків SiO_2 щодо вибірки з низки технологій.

Наведені дані демонструють схожість можливостей порівнюваних технологій за розмірами одержуваних нанопорошків SiO_2 . Напрями розвитку технології потрібно шукати в інших технологічних, економічних, екологічних параметрах процесів. Безперечна перевага технологій, заснованих на застосуванні того чи іншого виду плазми — виключення з процесу тетрахлориду кремнію — з відповідними позитивними наслідками виробничого, економічного та екологічного характеру.

Проте нові рішення породжують нові проблеми.

Плазмові (як і променеві) процеси одержання нанопорошків діоксиду кремнію засновані на випаровуванні кремнеземистого матеріалу з розплаву під впливом високих температур (3000–5000 K). Подача енергії призводить до розриву міжмолекулярних зв’язків — формуються процеси плавлення та випаровування. У частині робочої зони, що охолоджується, йде конденсація газової фази — формуються наночастки.

Визначальним ефектом у формуванні наночастки є процес загартування, що задає швидкість охолодження та фазового переходу. Саме загартування визначає зростання зародків, процес формування їх розміру та структури. За температур, що перевищують 1000 °C, порушення режиму загартування призводить до активізації кристалізаційних процесів і аморфний кремній може переходити в кристалічний.

За таких високих температур і високих швидкостей процесу нагрівання випаровуються практично всі речовини сировинного складу, що створює проблеми реалізації концепції ви-

користання цих процесів вихідної сировини з мінімальною підготовкою. Інакше кажучи, це призводить до виникнення проблеми попередньої підготовки сировинних матеріалів із метою коригування їх складу.

Основний кандидат на роль природного сировинного матеріалу — кварцит — порода з високим вмістом діоксиду кремнію, який найчастіше знаходиться в поліморфній модифікації α -кварцу [4].

Кварцит є твердою метаморфічною гірською породою, що складається в основному із зерен кварцу (SiO_2 , 95–100 %). Домішки у кварциті — мінерали мусковіт, хлорит, гематит, графіт та ін., а також елементи, що важко видаляються (бор і фосфор), створюють додаткові проблеми отримання діоксиду кремнію необхідної чистоти.

У світі є родовища кварцу та високочистих кварцових пісків із вмістом домішок не більше 0,0001 % мас. Це обмежує ресурси, на які претендує металургія напівпровідникового кремнію та технології отримання високочистого аморфного кремнію.

МЕТА

Таким чином, завдання зводиться до використання сировинних ресурсів нижчої якості, а саме: у побудові технології отримання високочистого високодисперсного діоксиду кремнію на базі кварциту як сировинного джерела, що сприятиме розв’язанню питання ретельної підготовки вихідного сировинного матеріалу. Критерії якості підготовки — рівень чистоти, фракційний склад, економічні та екологічні характеристики виробничих процесів підготовки сировини.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Основою досліджень є теорія металургійних процесів, включаючи теорію активації

Таблиця 1

Розподіл організацій і проєктів за регіонами України*

Характеристика	Середній розмір, нм	Питома поверхня, $\text{м}^2/\text{г}$
AEROSIL® OX 50 [1]	5–40	35–65
Таркосіл ($\sim\text{SiO}_2$) — з використанням плазмово-дугового методу отримання [2]	20–40	37–39
SiO_2 — з використанням електронно-променевої технології [3]	40–80	34–68

компонентів, що беруть участь у процесі. Значну частину теоретичної бази досліджень становить термодинаміка хімічних процесів у твердій фазі, кінетика процесів сублімації-десублімації.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Методика досліджень базована на порівнянні металургійних і хімічних процесів використання кварцитів і кварцового піску в отриманні хлорсиланів у технологіях полікристалічного кремнію. Порівняння об'єктивних техніко-економічних показників процесів дає змогу оцінити потенціал розвитку як окремого напрямку, так і можливих об'єднань процесів.

У виконаних дослідженнях використано дані експериментів, оцінок експериментальних робіт і дослідно-промислових виробництв, що отримані з науково-технічних публікацій. У результаті аналізу інформації на підставі досвіду авторів у виробництві напівпровідникового кремнію виконано обґрунтування напрямку розвитку виробництва аморфного кремнію, що розглядається.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На підставі виконаного аналізу процесів енергоефективного очищення матеріалів, що містять кварц (кварцит, кварцові піски) запропоновано ефективну технологічну схему отримання високочистого дрібнодисперсного порошку аморфного кремнезему.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Пропоноване рішення полягає в послідовності операцій багатостадійного перетворення вихідного матеріалу — кварциту — з подальшим використанням отриманих активованих дрібнодисперсних порошків кварцу в процедурах утворення комплексних твердофазних сполук і їх сепарації шляхом сублімації з метою виділення високочистого дрібнодисперсного аморфного SiO_2 . Укрупнена принципова схема запропонованого процесу наведена на **рис. 1**.

Технологія помелу, що застосовується, забезпечує передачу енергії, що перевищує поріг молекулярних зв'язків між кристалами в їх кон-

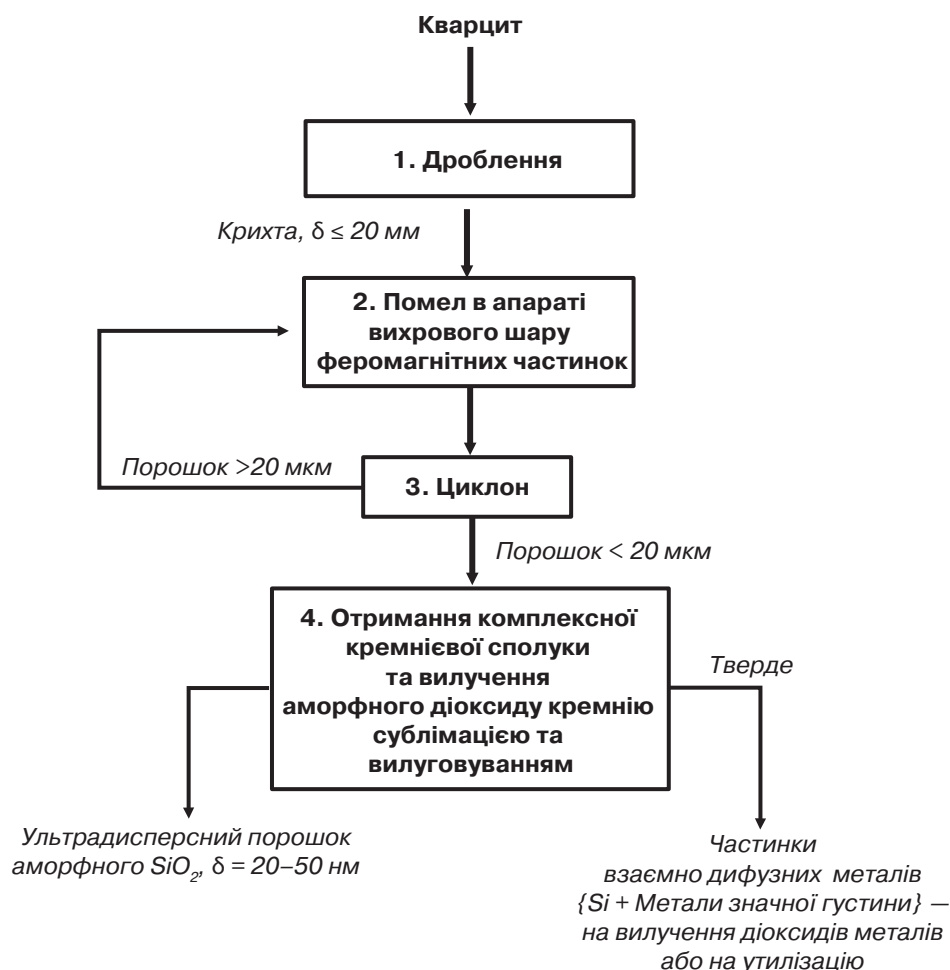


Рис. 1. Принципова схема виділення із кварциту високочистого ультрадисперсного аморфного SiO_2

гломератах і зростках вихідного матеріалу. Процес глибокої деструкції міжкристалічних зв'язків призводить до збільшення реакційної поверхні та забезпечує об'ємну сегрегацію твердих частинок оксидів рудного матеріалу, що розрізняються. Виконана таким чином процедура помелу забезпечує на наступних технологічних операціях збільшення швидкостей гетерогенних реакцій, оптимізує витрату реагентів через їх вибірккову активність.

Застосування технології одержання з оксидів металів комплексних сполук, що потім сублімуються за невисоких температур і з подальшою їх сепарацією шляхом послідовності процесів десублімації та вилуговування, дозволяє отримати ультрадисперсний (0,02–0,05 мкм) діоксид кремнію високої чистоти (99,99 % — більш високий рівень чистоти проблематичний через складнощі видалення домішкового бору).

Короткий опис схеми.

1. Дроблення (первинна ударна дробарка).

У складі дробильної установки завантажувальний і приймальний бункери.

Дроблення виконується у дві стадії.

Перша стадія дроблення: камінь у дробарці руйнується ударами елементів, що дроблять, — відбійних молотків ротора. Високий тиск, що створюється, забезпечує руйнування матеріалу за високих швидкостей. Завантажує матеріали вагою до 3 т, розмір шматків 25–250 мм.

Друга стадія дроблення — отримана крихта надходить у накопичувальний бункер. Фракційний склад переходу зі стадії на стадію і на виході дробарки регулюється.

2. Апарат вихрового шару феромагнітних частинок.

Суть процесу полягає у впливі обертового електромагнітного поля на феромагнітні елементи, що інтенсивно рухаються в робочій зоні і створюють так званий вихровий шар (рис. 2) [5]. Подрібнений матеріал знаходиться в динамічній рівновазі змішувача. Висока питома концентрація енергії в одиниці об'єму робочої зони забезпечує швидке та ретельне перемішування, а також активізацію компонентів.

Активація компонентів призводить до збільшення на два пасма швидкостей фізико-хімічних і механо-фізичних реакцій, що забезпечує підвищення продуктивності технологічного процесу на 50 % і більше.

Висока інтенсивність процесу дозволяє отримувати тонкодисперсні — до 0,5 мкм порошки. Управління тониною помелу дозволяє регулювати продуктивністю установки — у цій реалізації, тонина помелу обмежена 20 мкм, що цілком достатньо з урахуванням особливостей наступних технологічних операцій, і водночас забезпечує потрібну продуктивність для балансу з оцінками продуктивності суміжних операцій загального технологічного процесу.

3. Циклон.

Процес виділення частинок твердого повітряного потоку значною мірою залежить від дисперсного складу частинок твердого. У схемі для поширених циклонів типу ЦН ступінь очищення для частинок з умовним діаметром 20 мкм визначена рівнем 99,5 %.

Зазначимо, що циклони надійні, високопродуктивні, недорогі, прості в експлуатації та для інтеграції в загальну технологічну схему. За необхідності збільшення продуктивності зі збереженням ступеня вилучення твердого газозовий потік пропускається через паралельно

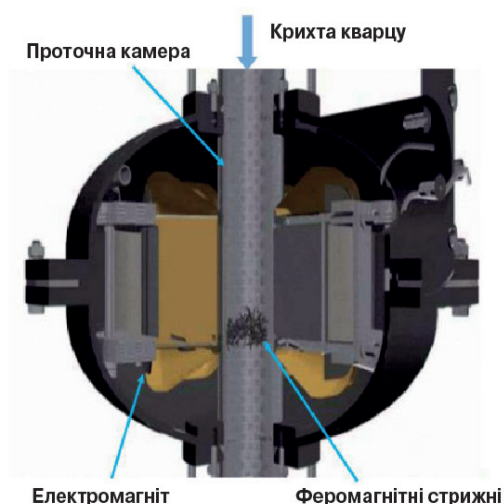
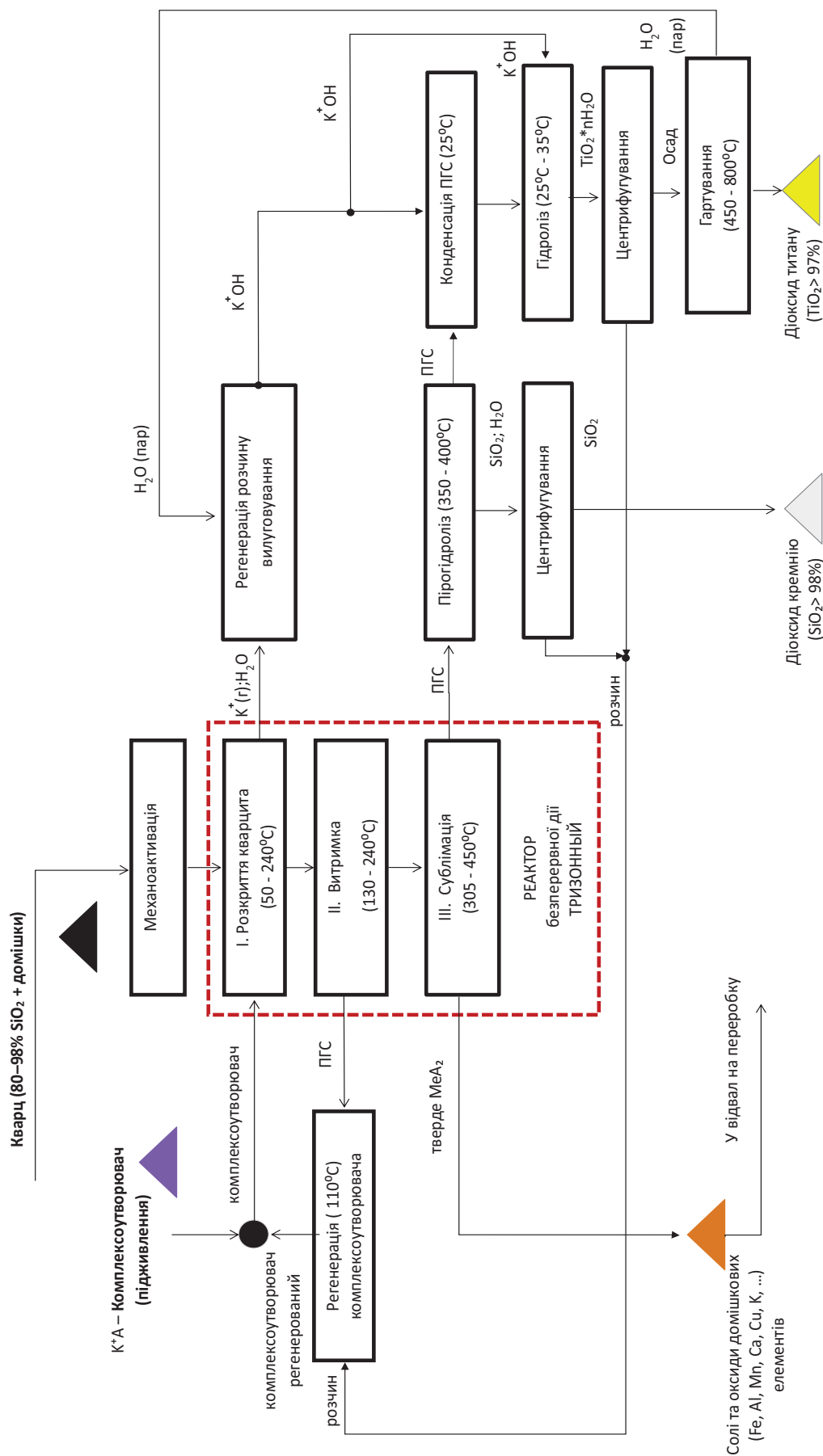


Рис. 2. Загальний вигляд апарату вихрового шару феромагнітних частинок [5]



позначена на схемі К⁺А – комплексоутворювач, К⁺ – катіон, А – аніон

Рис. 3. Принципова схема отримання діоксиду кремнію сублімацією комплексної сполуки

встановлені циклони зменшеного діаметра — формується мультициклонна схема.

4. Ділянка отримання комплексної сполуки кремнію та виділення аморфного діоксиду кремнію сублімацією та вилуговуванням (рис. 3).

Технологія ділянки заснована на одержанні з оксидів металів комплексних сполук із подальшим виділенням цільового продукту (комплексної сполуки кремнію — у подальшому використовуюваного для отримання діоксиду кремнію, SiO_2) шляхом сублімації. Вилучення кремнію становить 94–98 %.

Реакції комплексоутворення починаються у твердій фазі вже за температури 50 °С. При підвищенні температури (130–240 °С) процес інтенсифікується в розплаві реагенту-комплексоутворювача. Сублімаційне відділення летких комплексів кремнію (і супутнього титану — за його наявності у вихідному матеріалі) починається за температури 305 °С і для інтенсифікації реалізується при підвищенні температури до 450 °С.

Очищення комплексного з'єднання кремнію від сполук титану реалізується в процесі водного вилуговування — комплексне з'єднання кремнію переходить у розчин, в осаді — з'єднання титану. Відділення осаду реалізується центрифугуванням — після вилуговування на виході гідратований діоксид титану. Діоксид титану (TiO_2) отримуємо прокалюю (450–800 °С).

Водний розчин комплексної десублімованої сполуки кремнію піддається аміачному вилуговування — в осад у вигляді гелю випадає гідратований діоксид кремнію. Фільтрування та прокалювання (310–450 °С) дозволяє отримати ультрадисперсний (0,02–0,05 мкм) аморфний діоксид кремнію (“біла сажа”) високою чистотою (99,99 %). Температурний режим задає швидкість процесу прокалювання.

За зазначеної організації процесу (рис. 3) реалізується повна регенерація реагенту-комплексоутворювача з поверненням його в голову процесу, а регенерація розчину вилуговування забезпечує замкнену його циркуляцію всередині технологічної схеми. Реакції комплексоутворення екзотермічні, що задає потенціал енергетичної ефективності технології, а використання низькотемпературних твердофазних процесів комплексоутворення та сублімації-десублімації зумовлює догляд екологічної й енергетичної ефективності технології.

ВИСНОВКИ

Застосування наведеної в статті технології забезпечує отримання ультрадисперсного аморфного діоксиду кремнію за споживчими

характеристиками, цілком порівняними з якісними показниками AEROSIL®. Завдяки цьому забезпечуються переваги в оцінці собівартості та енергоемності процесу, розширюються можливості за спектром використовуваних сировинних джерел.

Лабораторні та лабораторно-промислові дослідження передбачаються для відпрацювання технологічних і тимчасових режимів для процесів одержання з оксидів металів комплексних сполук, що сублімуються за невисоких температур і подальшої їх сепарації шляхом послідовності процесів десублімації та вилуговування з метою отримання аморфного ультрадисперсного (0,05 мкм) діоксиду кремнію високої чистоти (99,99 %).

Передбачається можливість з високою енергетичною ефективністю використання аморфного діоксиду кремнію високої чистоти у виробництві напівпровідникового кремнію, а запропонована схема адаптована для перспектив використання як вихідна сировина в перспективах робіт авторів за технологією “кремній з піску”.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AEROSIL 200 (АЭРОСИЛ 200). Гідрофільний пірогенний діоксид кремнію. *Evonik Industries AG*. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://overlack.in.ua/files/Aerosil_200.pdf.
2. Vlasov V. A. Calculation of the melting process of a quartz particle under low-temperature plasma conditions [Electronic resource] / V. A. Vlasov [et al.] // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. Switzerland. — 2016. — Т. 89. — No. 1. — P. 152–156. — Access mode: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016JEPT...89..152V/abstract>.
3. Калінін А. В. Отримання нано-кристалічних композицій керуємим плазмохімічним синтезом [Електронний ресурс] // “Титан 2016”: виробництво та використання в авіабудуванні: тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції. — Запоріжжя, 2016. — 152 с. — Режим доступу: https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2016/conf/4/Zbirka_tez_Titan.pdf.
4. Гасик М. И. Электротермия кремния / М. И. Гасик, М. М. Гасик. — Днепропетровск : Национальная металлургическая академия Украины, 2011. — 487 с.
5. Апарат вихрового шару ABC, інтенсифікація процесів [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [HTTPS://GLOBECORE.INFO/PRODUCTS/APPARATY-VIHREVOGO-SLOYA/MELNITSA-TONKOGO-POMOLA-AVS/](https://GLOBECORE.INFO/PRODUCTS/APPARATY-VIHREVOGO-SLOYA/MELNITSA-TONKOGO-POMOLA-AVS/).

REFERENCTS

1. AEROSIL 200 (AÉROSYL 200). *Hidrofil'nyy pirohenny dioksyd kremniyu*. *Evonik Industries AG*. *Evonik Industries AG*. [Hydrophilic pyrogenic silicon dioxide. Evonik Industries AG]. Retrieved from: http://overlack.in.ua/files/Aerosil_200.pdf [in Ukr.].
2. Vlasov, V. A. et al. (2016). Calculation of the melting process of a quartz particle under low-temperature plasma conditions. *Journal of Engineering Physics*

and Thermophysics. Switzerland. 89 (1), 152–156. Retrieved from: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016JEPT...89..152V/abstract>.

3. Kalinin, A. V. (2016). Otrymannia nano-krystalichnykh kompozytsii keruiemym plazmokhimichnym syntezom [Preparation of nano-crystalline compositions by controlled plasma-chemical synthesis]. „Tytan 2016”: vyrobnytstvo ta vykorystannia v aviabuduvanni [“Titan 2016”: production and use in aircraft construction]. Zaporizhzhia. 152 p. Retrieved from:

https://zp.edu.ua/uploads/dept_s&r/2016/conf/4/Zbirka_tez_Titan.pdf [in Ukr.].

4. Gasik, M. I., & Gasik, M. M. (2011). Elektrotermiya kremniya [Silicon electrothermia]. Dnepropetrovsk, 487 p. [in Russ.].
5. Aparat vykhrovoho sharu AVS, intensyfikatsiia protsesiv. [ABC vortex layer apparatus, process intensification]. Retrieved from: [HTTPS://GLOBECORE.INFO/PRODUCTS/APPARATY-VIHREVOGO-SLOYA/MELNITSA-TONKOGO-POMOLA-AVS/](https://GLOBECORE.INFO/PRODUCTS/APPARATY-VIHREVOGO-SLOYA/MELNITSA-TONKOGO-POMOLA-AVS/) [in Ukr.].

L. Y. SCHWARZMAN, Doctor of Philosophy, Corresponding Member of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine

E. V. BAZHENOV, PhD in Engineering

OBTAINING COLLOIDAL SILICON DIOXIDE (SiO₂) FROM QUARTZ

Abstract. Colloidal amorphous silica is a product based on micronized silicon dioxide (SiO₂) powder. The product is in large demand on the market due to its outstanding adsorption properties. It is widely known as AEROSIL®. The AEROSIL® technology is based on the use of silicon tetrachloride (SiCl₄) as a raw material component, which determines the cost, energy and environmental assessments of the process. One of the ways to improve these technical and economic assessments is to find solutions that eliminate the use of SiCl₄ from the process of producing micronized quartz powder. As an alternative technology, we consider plasma processes for the production of nano-powders of silica according to a scheme that eliminates the need to produce SiCl₄. In the proposed scheme, amorphous silicon dioxide is produced using a technology with direct use of a natural source of silicon – quartzite. The technology is realized by a sequence of technological operations of activation of quartzite particles and deep energy-efficient purification of quartz at the molecular level, which allows to obtain ultrafine amorphous silica of high purity. Performing technological operations at low temperatures and without energy consumption for melting materials, complete regeneration of reagents allows us to meet the requirements of cost-effectiveness, energy efficiency and environmental friendliness of production.

Keywords: silica, aerosil, AEROSIL®, plasma processes, quartzite, amorphous, complex compounds, sublimation, leaching.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Шварцман Леонід Якович — доктор філософії, чл.-кор. АН України, Лауреат премії Ради Міністрів СРСР (1985 г.), науковий консультант Офіційного представництва в Україні Міжнародного інформаційного центру А. Нобеля

Баженов Євгеній Васильович — канд. техн. наук, науковий консультант Офіційного Представництва в Україні Міжнародного інформаційного центру А. Нобеля; +38 (098) 285-95-03; bazeugen@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2889-788X

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Schwarzman L. Y. — Doctor of Philosophy, Corresponding Member of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine, Laureate of the USSR Council of Ministers Prize (1985), Scientific Advisor to the Official Mission of the Nobel International Information Center in Ukraine

Bazhenov E. V. — PhD in Engineering, Scientific Advisor to the Official Mission of the Nobel International Information Center in Ukraine; + 38 (098) 285-95-03; bazeugen@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2889-788X



С. В. ПАВЛОВ, д-р техн. наук, проф.

І. А. МЕЖІЄВСЬКА, канд. мед. наук, доц.

В. ВУЙЦІК, д-р техн. наук, проф.

О. В. ВЛАСЕНКО, д-р мед. наук, проф.

О. Г. АВРУНІН, д-р техн. наук, проф.

В. Ю. МАСЛОВСЬКИЙ, д-р мед. наук, доц.

О. С. ВОЛОСОВИЧ, магістр

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕДИЧНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ АНАТОМІЧНОГО УРАЖЕННЯ КОРОНАРНИХ АРТЕРІЙ

Резюме. У статті проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій. Розроблено методику використання нечітких множин для реалізації інформаційної експертної системи для вирішення завдань медичної діагностики, зокрема під час оцінювання ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ішемічної хвороби серця. Практична цінність роботи полягає в можливості використання автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на основі нечіткої логіки при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ішемічної хвороби серця.

Ключові слова: медичні інформаційні технології, медичні інформаційні системи, коронарні канали, ішемічна хвороба серця.

ВСТУП

Ішемічна хвороба серця (ІХС) залишається однією з провідних причин тимчасової та стійкої втрати працездатності, інвалідизації та смертності населення в економічно розвинених країнах і є однією з найактуальніших проблем кардіології [1; 2]. Нині серцево-судинні захворювання викликають 47 % усіх випадків смерті серед населення Європи, що становить 4 млн випадків щороку [3]. В Україні ІХС становить 65 % у структурі смертності від захворювань системи кровообігу працездатного населення та є головною причиною інвалідизації [4; 5].

Попри те, що в Європі рівень смертності, асоційованої з ІХС за останні десятиріччя, знизився, ця патологія залишається однією з провідних причин смерті. Відносні показники рівня STEMI знижуються, тоді як NSTEMI, відповідно, підвищуються. Незважаючи на зниження рівня смертності, асоційованої з STEMI, що супроводжується розширенням практики проведення реперфузійної терапії, смертність залишається значною. Госпітальна смертність у таких пацієнтів, згідно з європейськими реєстрами, коливається на рівні 4–12 % [6–8; 15].

Інфаркт міокарда є найчастішим проявом ішемічної хвороби серця та однією з головних

причин інвалідності і смертності працездатного населення. Летальність при інфаркті міокарда становить 18,5–40 %, значна кількість хворих вмирає від початку нападу й здебільшого до госпіталізації. Упродовж останніх 10 років значно підвищилася частота виникнення NSTEMI (інфаркт міокарда без підйому сегмента ST). Важливим моментом введення хворих із NSTEMI є розробка стратифікації та прогнозування перебігу, використовуючи різноманітні клініко-інструментальні параметри.

Систематизовані дані про характер ураження коронарних артерій у пацієнтів із NSTEMI демонструють, що 10–20 % пацієнтів мають інтактні коронарні артерії, у 30–35 % випадків наявне ураження однієї, у 25–30 % — 2 артерій і в 5–10 % — ураження стовбура лівої коронарної артерії різного ступеня [1–4]. Низка досліджень демонструють менш значущі анатомічні зміни в коронарних артеріях у жінок у порівнянні з чоловіками в усіх вікових групах [5–7].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

В Україні частота реєстрації інфаркту міокарда (ІМ) є однією з найвищих у Європі та становить близько 50 тис. випадків щорічно, що дає підстави вважати цю патологію однією

з пріоритетних медико-соціальних проблем нашого суспільства. Згідно з четвертим універсальним визначенням термін “інфаркт міокарда”, використовується в разі наявності доведеного некрозу міокарда внаслідок гострої тривалої ішемії міокарда [21]. Саме з некрозом і наступним фіброзом міокарда пов’язана активація структурно-геометричної перебудови камер серця, яка зумовлює цілу низку проблем у післяінфарктному періоді. У віддаленні терміни ІМ прогноз виживання хворих визначається, переважно, розвитком і прогресуванням серцевої недостатності (СН), основу якої становить дисфункція лівого шлуночка (ЛШ) [16; 18].

Згідно з оцінками науковців, до 2030 р. 44 % населення матиме той чи інший тип серцево-судинних захворювань (ССЗ) [20]. Пацієнти з ССЗ відчувають численні суб’єктивні симптоми, з-поміж яких втома, задишка або біль у грудях, що впливає на їх фізичний, емоційний та соціальний стани зі суттєвим погіршенням якості життя [17; 19].

Метою статті є розробка стратифікації та прогнозування перебігу захворювання, що надасть можливість проводити профілактику і запобігати дестабілізації перебігу захворювання та розвитку різних ускладнень хворих з NSTEMI.

СВІТОВИЙ ДОСВІД РОЗВИТКУ МІС

Впровадження інформаційних технологій у таку нетрадиційну і консервативну сферу, як медицина, почалася в другій половині 1960-х років. Так, Н. М. Амосов [9] вперше у світі створив стандартизовану історію хвороби, орієнтовану на застосування в комп’ютері. На початку 1970-х рр. В. І. Бураковський ввів у дію першу у світі автоматизовану систему стеження за хворими і підтримки рішень лікаря за допомогою математичних моделей [10]. У ці ж роки Л. Осборн використовує в Сан-Франциско міні-ЕОМ для лікування тяжкохворих, а Дж. Кірклін разом з Л. Шепард створює в Алабамі і реалізує на “при ліжковій” міні-ЕОМ алгоритм лікування гострої важкої серцевої недостатності [11].

Почалося створення інформаційних медичних систем. У зв’язку з бурхливим розвитком можливостей комп’ютерної техніки та інформаційних технологій, а також з прогресом у медичній техніці, біоелектроніці, молекулярній біофізиці, фізичній хімії, біохімії, генетиці, імунології, а також кібернетиці та інформатиці [12] відбувається розвиток теоретичних основ впровадження інформаційних технологій під час створення МІС. Сформувалися цілі галузі науки — медична кібернетика та медична інформатика [13], які дозволили на теоретичному рівні провести дослідження щодо застосування

кібернетичних методів для підвищення якості всіх етапів лікувально-профілактичного процесу.

Виникли завдання формалізації медичних даних шляхом створення формалізованих і стандартизованих амбулаторних карт (ФАК), історій хвороби (ФІБ), медичних баз знань [14]. Це завдання, на жаль не вирішене повною мірою до теперішнього часу [15]. Наприкінці ХХ ст. отримала розвиток телемедична технологія [16; 17], що прискорило збір і аналіз медичної інформації. Окрім безпосередньої формалізації медичних даних виконувалися роботи з оцінки їхньої інформативності [18] та розробки математичних методів і моделей синтезу комп’ютерного діагнозу. У [19] виділено сім рівнів розвитку МІС.

Перший рівень — автоматизовані медичні записи, які відповідають формалізованим медичним записам на паперових носіях. Для реалізації зазначеного рівня розроблено різні стандартизовані форми подання медичної інформації.

Другий рівень (англ. Computerized Medical Record System) — поєднання комп’ютеризованих записів, зроблених пацієнтом і медичним персоналом, та інформації, отриманої з медичних діагностичних приладів різного призначення.

Третій рівень (англ. Electronic Medical Records) — інтеграція електронних записів з експертними системами в процесі діагностики, вибору стратегії лікування, пошуку необхідних ліків, контролю за проведенням лікуванням.

Четвертий рівень (англ. Electronic Patient Record Systems) — розвиток МІС, коли вся інформація про пацієнта знаходиться в серверах комунікаційної мережі та можливий обмін медичною інформацією між різними серверами. На цьому рівні активно використовуються можливості телемедицини.

П’ятий рівень (англ. Electronic Health Record) — розвиток МІС, що відрізняється від четвертого рівня необмеженим джерелом інформації про здоров’я пацієнта і відображає топологію і типологію фізіологічних або патологічних процесів у людини.

Шостий рівень (СППРМ) передбачає використання синергетичних баз даних і баз знань, з урахуванням взаємодії природного і штучного інтелекту.

Сьомий рівень (Міжнародний Колективний Медичний Розум) — об’єднання в глобальну мережу через Інтернет МІС попередніх рівнів. На цьому рівні оцінюються накопичені в базах МІС дані про різні класи і типи хворих з метою узагальнення і отримання нових знань. Також передбачається активна участь в лікувально-реабілітаційному процесі конкретних пацієнтів.

Наведена класифікація не вичерпує всього спектру МІС. Розрізняють МІС за: спеціалізаціями

та напрямками медицини (кардіологічні, психодіагностичні тощо), застосовуваними методами і приладами дослідження (томографічні, ультразвукові, фонографічні тощо), режимами роботи (системи скринінгових обстежень, сигнальні системи в палатах інтенсивної терапії тощо).

Було розроблено та використовуються упродовж декількох десятиліть такі MIC: PUFF — діагностика легеневих захворювань, VM — контроль стану пацієнтів у палатах інтенсивної терапії, AI/COAG — діагностика захворювань крові, AI/RHEUM — діагностика ревматичних захворювань, MUCIN — діагностика інфекційних захворювань, ONCOCIN — моніторинг пацієнтів, які проходять курс хіміотерапії [10], "Гарвей" — контроль стану серцево-судинної системи для реанімаційних відділень, операційних, палат інтенсивної терапії, кабінетів функціональної діагностики тощо, "Айболіт" — оцінка за індивідуалізованої моделі пацієнтів відділенні інтенсивної терапії [8], АСПОН — автоматизована система профілактично оглядів населення [11], INTERNIST [12], MDX 2 [13] — інтегровані медичні системи тощо.

Однак, як зазначено в [8], попри значні успіхи в інформатизації медицини, як концепції, так і цілі інформатизації в медицині відстають від можливостей сучасної техніки. Найчастіше всередині госпіталів рентгенівські плівки все ще переносять в руках, а для реєстрації біосигналів (ЕКГ, ЕЕГ, РГ тощо) використовуються самописці з ручною розшифровкою зазначених сигналів.

Недостатні темпи інформатизації медицини пояснюються (окрім фінансових, адміністративних і правових аспектів) складністю об'єкта дослідження (організм людини і його взаємодія з навколишнім середовищем), а також тим, що величезний досвід становлення і розвитку кібернетики та інформатики в другій половині ХХ ст., включаючи помилки та невдачі, не враховується, забутий або ігнорується.

У [14] зазначається, що здоров'я людини охоплює чотири складові: фізіологічне, духовне, психічне і соціальне. Причому стан здоров'я конкретного пацієнта визначається процесами внутрішньої і зовнішньої взаємодії між речовиною, енергією та інформацією людини і зовнішнім середовищем з метою підтримки необхідного рівня інформаційно-енергетичного гомеостазу.

У [7] виділено 15 рівнів взаємодії організму та зовнішнього середовища:

- 0-й — соматичний рівень (для взаємодії людини з середовищем);
- 1-й — квантово-біофізичний і біохімічний рівень;

- 2-й — системоорганізаційний рівень серцево-судинної та інших систем;
- 3-й — біоатомарний рівень;
- 4-й — біомолекулярний рівень;
- 5-й — клітинний рівень;
- 6-й — тканинний рівень;
- 7-й — органний рівень;
- 8-й — біосистемний рівень;
- 9-й — організмний рівень;
- 10-й — рівень тонкого ефірного тіла;
- 11-й — рівень астрального (емоційного) тіла;
- 12-й — рівень ментального тіла;
- 13-й — рівень каузального тіла;
- 14-й — інформаційно-енергетичний рівень.

Нині медицина може отримати неповні медичні дані, що відображають динаміку взаємодій рівнів 0–9. На жаль, досі є невідомими дані рівнів 10–13.

У разі порушення взаємодії програм внутрішніх рівнів організму та зовнішнього середовища розвиваються функціональні або морфологічні зміни організму, що пов'язані з реакцією регуляторних систем і компенсацією змін параметрів гомеостазу за рахунок включення резервних механізмів регуляції. У разі вираженого відхилення від належного гомеостазу, спрацьовують сигнальні системи організму і з'являються відчуття дискомфорту — суб'єктивні симптоми наявності патологій.

Складність побудови діагнозу хворої або здорової людини пояснюється ще й тим, що людина навіть в допологовому періоді на основі генетичного контролю успадковує не лише програми розвитку взаємодії на різних часових і структурних рівнях організму, що розвивається, а й програми можливої патології. У [14] передбачається, що вони проявляють себе на рівнях взаємодії системотворчих і системоорганізаційних програм, вбудованих у геном організму, що розвивається під впливом несприятливих факторів зовнішнього середовища. У [16] визначено такі проблеми інформатизації лікувально-діагностичного процесу, які по суті є проблемами побудови СППРМ.

1) Створення комп'ютерних баз фундаментальних знань за умови їх об'єднання з можливостями телекомунікацій. Змістовною частиною зазначених баз знань є системи законів, закономірностей, евристики, практично і статистично перевірений досвід, норми та ефективні загальноновизнані методи досліджень пацієнтів.

2) Розробка та впровадження методів і приладів отримання і введення медичної інформації (датчики фізіологічних і фізичних параметрів, лабораторні прилади, контрольно-вимірювальні і моніторно-комп'ютерні комплекси). Однак, переважання зарубіжних фірм у сфері постачання

медичних інформаційно-вимірювальних систем обумовлює непомірно високу вартість сучасної медичної контролюю-вимірювальної апаратури (десятки і сотні тисяч доларів США). Нині в діагностиці широко використовуються ехографічні, томокомп'ютерні, ангіографічні, ендоскопічні та інші види зображень. Проте досі не вирішеними залишаються питання достовірності отриманої із зазначених зображень інформації та їх правильна інтерпретація.

3) Розробка та обґрунтування застосування математичних методів збору і аналізу медичних даних. Будь-яка МІС, починаючи з третього рівня, формує комп'ютерний діагноз на основі аналізу медичних даних із використанням різних математичних методів і моделей. Під час статистичної обробки медичних даних часто не враховується достатність і необхідність набору діагностичних ознак, їх комбінаторний, а також динамічний характер зміни.

4) Розробка форм представлення і візуалізація медичних даних і знань. Причому розробка дружнього інтерфейсу має вирішальне значення для забезпечення їх конкурентоспроможності [15]. У сучасних МІС спілкування лікаря з ПК стало природним на рівні не лише цифр, а й за допомогою тексту і образів (реальних медичних зображень: рентгенограм, ехограм, томограм тощо, а також віртуальних — синтезованих комп'ютером за результатами вимірювань). З огляду на зазначене вище, при розробці СППРМ актуальною стає проблема оптимального співвідношення кількісного й образного представлення інформації, найбільш адекватного психосенсорним здібностям користувачів-лікарів [23—26].

5) Організація зберігання медичних даних, зокрема системи архівування та документування зображень із забезпеченням введення і збереження протоколів обстежень, заключних діагнозів та іншої супровідної інформації. Однак проблеми змістовної частини, істинності та конструктивності медичних знань, прийнятний рівень формалізації, однозначна інтерпретація даних є актуальними і вимагають негайних рішень.

Завдання, які вони вирішують:

Інформаційна система — організаційно впорядкована сукупність документів та інформаційних технологій, зокрема з використанням засобів обчислювальної техніки і зв'язку, що реалізують інформаційні процеси [1].

Оброблення інформації в інформаційній системі може здійснюватися ручним, механізованим, автоматизованим і автоматичним способами.

У межах кожного рівня інформаційні системи зазвичай діляться за функціональним прин-

ципом, тобто за цілями і завданнями, які вони вирішують.

МЕТОДОЛОГІЯ РЕАЛІЗАЦІЯ МІТ

У медичних інформаційних системах обробка даних і знань зводиться до трьох основних етапів [13—16]:

1) елементи інформації розміщуються в певних рубриках, які мають вигляд параметрів і діагнозів;

2) бази зібраних даних і теоретичних знань упорядковуються — формується їхня структура, визначається порядок розміщення інформації та характер взаємозв'язку між елементами інформації;

3) здійснюється вибір найбільш необхідної інформації, приймається рішення, редагується база знань і база даних.

По суті, прийняття рішення зводяться до ідентифікації нелінійних об'єктів з одним виходом та багатьма входами [13].

У МІТ для обробки інформації використовуються два підходи до організації медичних даних [15]:

- фрагментування;
- комплексування.

Під час фрагментування задача обробки даних підрозділяється на окремі частини з метою більш ефективного її розв'язання.

Під час комплексування для вирішення окремих задач параметри об'єднуються в більш великі розділи.

На практиці в МІТ знаходять застосування обидва підходи, оскільки дані різних досліджень тісно взаємопов'язані. Результати обробки використовуються для верифікації діагнозу, вибору методів лікування, прогностичних висновків тощо.

У процесі розробки медичних діагностично-інформаційних систем важливе значення має аналіз параметрів, які використовує сучасна медицина.

Під час розробки медичної інформаційної системи МІС необхідно розв'язати низку завдань, а саме [13—16]:

- вибір і визначення призначення системи;
- вибір структурної схеми системи;
- формування та аналіз переліку нозологічних форм, які будуть вивчатися, збір статистично достовірної інформації про наявність симптоматики, а також про функціональний стан організму;
- вибір методу оброблення біомедичної інформації;
- побудова алгоритму для розв'язання задач оцінювання біомедичної інформації та формування діагностичного і прогностичного висновків.

Проектування МІС буде високоякісним лише тоді, коли дослідження проводить досвідчений лікар-діагност. Таке дослідження може проектуватися групою кваліфікованих експертів у цій галузі діагностики.

Базова структура МІС, що подана на **рис. 1**, демонструє наявність в інтерфейсі комп'ютерної програми двох функцій: отримання знань у експерта та ведення діалогу з користувачем.

У роботі будується МІС система шляхом проектування та налаштування нечітких баз знань, які є сукупністю лінгвістичних висловлювань типу: якщо <входи>, то <виходи>.

Захворювання проявляється у вигляді тих чи інших ознак. За наявності, ступенем прояву та за сукупністю ознак приймається рішення про рівень ураження коронарних артерій серця.

Під час проведення вимірів медичного характеру можна умовно виділити дві ситуації, відповідно до того, чи використовуються при вимірах фізичні моделі, чи — ні.

У медичних вимірах, проведених із застосуванням фізичних вимірювальних приладів, беруть участь чотири об'єкти: вимірювальний прилад; пацієнт; лікар; умови, за яких проводяться виміри.

Кожен із цих об'єктів є джерелом похибок вимірів, оскільки від точності вимірів фізіологічних характеристик насамкінець залежить достовірність діагностування.

Таким чином, у статті розглянуто базову структуру МІС та висунуто основні рекомендації щодо її проектування, а саме: вибір та призначення системи; вибір структурної схеми системи; формування та аналіз переліку нозологічних форм, збір статистично достовірної інформації про вираженість симптоматики; вибір методу оброблення біомедичної інформації; побудова алгоритму для розв'язання задач оцінювання біомедичної інформації та формування діагностичного і прогностичного висновків.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведених досліджень комплексного обстеження 165 пацієнтів на базі Вінниць-

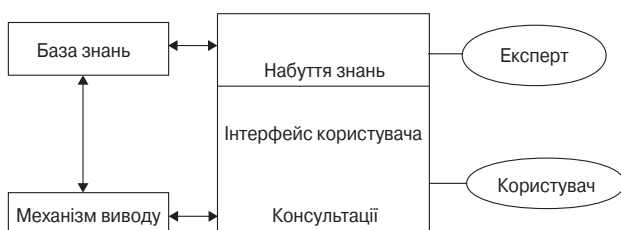


Рис. 1. Географічна структура зовнішньої торгівлі товарами у 2017 р.

кого національного медичного університету ім. М. Пирогова з різними формами ішемічної хвороби серця (ІХС) з і без гіпертонічної хвороби (ГХ) віком від 35 до 79 років (в середньому $60,7 \pm 0,8$, медіана — 61, інтерквартильний розмах — 54 і 69) експертами проаналізовано особливості анатомічного ураження коронарного русла в пацієнтів із різними формами ІХС (**табл. 1**).

Серед обстежених 114 (69,1 %) пацієнтів були чоловічої і 51 (30,9 %) — жіночої. Співвідношення чоловіків до жінок становило 2,2 до 1,0 ($\chi^2 = 48,1$; $p < 0,0001$), що свідчило про суттєве переважання в дослідженні пацієнтів чоловічої статі.

У ролі критеріїв включення пацієнтів у дослідження розглядали:

1) стабільні та гострі форми ІХС (стабільна стенокардія напруги II—III ФК, нестабільна стенокардія і гострий інфаркт міокарда з елевацією і без елевації сегмента ST);

2) гострий інфаркт міокарда лівого шлуночка (ЛШ), що виник вперше (за відсутності в анамнезі перенесеного ІМ);

3) вік пацієнтів від 30 до 80 років.

Аналіз основних клінічних характеристик пацієнтів ІМбелST (**табл. 2**) показав, що 85,5 % обстежених мали ГХ тривалістю від 7 до 25 (в середньому $15,5 \pm 0,41$) років. У 43,0 % пацієнтів до гострого інциденту ІМ спостерігалась інструментально доведена (згідно з медичними документами) стабільна стенокардія напруги I—III ФК з анамнезом від 1 до 15 (в середньому $7,0 \pm 0,44$) років. У 11,5 % обстежених реєструвалася постійна форма фібриляції передсердь, анамнез перманентної аритмії коливався від 1 до 7 (в середньому $4,4 \pm 0,39$) років. У 12,5 % пацієнтів ІМбелST в анамнезі визначався ЦД II типу і в 42,0 % — такий чинник ризику, як куріння. Причому більшість (80,0 %) цих пацієнтів курила на час виникнення ІМ і лише 20,0 % — були курцями в минулому (термін від позбавлення звички не перевищував 2-х років). Загальний стаж куріння коливався від 14 до 40 (в середньому $29,5 \pm 0,84$) років.

Індекс маси тіла (ІМТ) обстежених варіював від 19,3 до 47,6 і в середньому склав $28,6 \pm 0,36$ кг/м². У 36,5 % пацієнтів визначалось аліментарне ожиріння (ІМТ > 30 кг/м²). Ожиріння I ступеня (ІМТ — 30—35 кг/м²) було діагностовано у 25,5 %, II (ІМТ — 35—40 кг/м²) — в 9,0 % і III ступеня (ІМТ > 40 кг/м²) — лише у 2,0 % випадків.

Водночас порівняльний аналіз основних характеристик пацієнтів залежно від статі (**табл. 2**) продемонстрував, що в чоловіків (у порівнянні з жінками) спостерігали суттєве збільшення випадків куріння (52,1 % проти 17,2 %, $p < 0,0001$)

Таблиця 1

**Особливості анатомічного ураження коронарного русла
в пацієнтів із різними формами ІХС**

Особливості анатомічного ураження коронарного русла	Клінічні форми ІХС			
	1. ІМбелST	2. НС	3. ІМелST	4. СтН
Кількість хворих	90	25	25	25
Наявність а/б у басейні стовбуру ЛКА	9 (10,0 %)	1 (4,0 %)	4 (16,0 %)	2 (8,0 %)
Наявність ГЗС у стовбурі ЛКА	–	–	–	–
Наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА	62 (68,9 %)	8 (32,0 %)	21 (84,0 %)	8 (32,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,001; p1-4=0,001; p2-3<0,0001; p3-4<0,0001			
Наявність ГЗС у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА	56 (62,2 %)	8 (32,0 %)	15 (60,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,007; p1-4=0,001; p2-3=0,047; p3-4=0,01			
Тяжкість стенозу в балах	2,57±0,07	2,15±0,13	2,64±0,12	2,00±0,17
<i>One-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2=0,006; p1-4=0,003; p2-3=0,008; p3-4=0,003			
Наявність ГЗС у басейні ОГ ЛКА	32 (35,6 %)	2 (8,0 %)	12 (48,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,0006; p2-3=0,002			
Наявність ГЗС у басейні ОГ ЛКА	32 (35,6 %)	2 (8,0 %)	7 (28,0 %)	5 (20,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,008			
Тяжкість стенозу в балах	2,42±0,18	2,50±0,50	2,08±0,23	2,00±0,26
Наявність а/б у басейні ПКА	29 (32,2 %)	2 (8,0 %)	18 (72,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,02; p1-3<0,0001; p2-3<0,0001; p3-4=0,001			
Наявність ГЗС у басейні ПКА	22 (24,4 %)	0 (0)	16 (64,0 %)	5 (20,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,006; p1-3<0,0001; p2-3<0,0001; p2-4=0,02; p3-4=0,002			
Тяжкість стенозу в балах	2,23±0,12	1,00±0	2,11±0,14	2,00±0,26
<i>One-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2<0,0001; p2-3<0,0001; p2-4=0,0003			
Відсутність ГЗС КА	13 (14,4 %)	16 (64,0 %)	0 (0)	15 (60,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2<0,0001; p1-3=0,04; p1-4<0,0001; p2-3<0,0001; p3-4<0,0001			
ГЗ одностудинне ураження	55 (61,1 %)	8 (32,0 %)	14 (56,0 %)	6 (24,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-2=0,01; p1-4=0,001; p3-4=0,02			
ГЗ двостудинне ураження	16 (17,8 %)	1 (4,0 %)	9 (36,0 %)	2 (8,0 %)
<i>P за критерієм χ^2</i>	p1-3=0,05; p2-3=0,005; p3-4=0,02			
ГЗ трисудинне ураження	9 (10,0 %)	0 (0)	2 (8,0 %)	2 (8,0 %)
Тяжкість ураження КА, сумарний бал	3,66±0,20	2,50±0,43	4,32±0,35	3,64±0,43
<i>P за one-way ANOVA & LSD test</i>	p1-2=0,02; p2-3=0,002			

Примітка. Тут і в наступних таблицях: а/б — атеросклеротичні бляшки, ІМбелST — інфаркт міокарда без елевачії сегмента ST, НС — нестабільна стенокардія, ІМелST — інфаркт міокарда з елевачією сегмента ST, СтН — стабільна стенокардія напруги, КА — коронарні артерії, ГЗС — гемодинамічно значимий стеноз (> 50 %), ЛКА — ліва коронарна артерія, ДГ — діагональна і ПМШГ — передня міжшлуночкова гілка лівої коронарної артерії, ПКА права коронарна артерія, ОГ ЛКА — огибаюча гілка лівої коронарної артерії.

і, відповідно, його стажу (29,6 проти 25,0 років, $p = 0,002$). Натомість у жінок у порівнянні з чоловіками визначали суттєве збільшення випадків передінфарктної стенокардії (55,2 % проти 38,0 %, $p = 0,03$) і постійної форми фібриляції

передсердь (22,4 % проти 7,0 %, $p = 0,002$). Останній факт не мав підтвердження в сучасній літературі, хоча ми вважаємо, що його можливо пояснити суттєво більшим віком жінок у порівнянні з чоловіками. Причому відомо про тісну

Таблиця 2

Основні клінічні характеристики пацієнтів ІМбелST загалом у групі і залежно від статі

Клінічні характеристики (n = 200)	Чоловіки (n = 142)	Жінки (n = 58)	P
ГХ, к-ть (%) n = 171 (85,5 %)	120 (84,5 %)	51 (87,9 %)	0,53
Тривалість ГХ, роки [7–25] 15,5 ± 0,41	15,3 ± 0,50	15,8 ± 0,71	0,63
Стенокардії напруги I–III ФК до ІМ, к-ть (%) n = 86 (43,0 %)	54 (38,0 %)	32 (55,2 %)	0,03
Тривалість стенокардії, роки [1–15] 7,0 ± 0,44	6,8 ± 0,60	7,3 ± 0,63	0,67
Постійна форма ФП, к-ть (%) n = 23 (11,5 %)	10 (7,0 %)	13 (22,4 %)	0,002
Тривалість постійної ФП, роки [1–7] 4,4 ± 0,39	4,4 ± 0,66	4,3 ± 0,50	0,98
ЦД II, к-ть (%) n = 25 (12,5 %)	16 (11,3 %)	9 (15,5 %)	0,40
Куріння, к-ть (%) n = 84 (42,0 %)	74 (52,1 %)	10 (17,2 %)	<0,0001
Стаж активного куріння, роки [14–40] 29,5 ± 0,84	29,6 ± 0,75	25,0 ± 1,01	0,002
Аліментарне ожиріння, к-ть (%) n = 73 (36,5 %)	51 (35,9 %)	22 (37,9 %)	0,78
I ступеня (ІМТ — 30–35 кг/м ²) n = 51 (25,5 %)	37 (26,1 %)	14 (24,1 %)	0,77
II ступеня (ІМТ — 35–40 кг/м ²) n = 18 (9,0 %)	12 (8,5 %)	6 (10,3 %)	0,67
III ступеня (ІМТ > 40 кг/м ²) n = 4 (2,0 %)	2 (1,4 %)	2 (3,4 %)	0,34
ІМТ, кг/м ² [19,3–47,6] 28,6 ± 0,36	28,4 ± 0,41	29,0 ± 0,74	0,42

Примітки:

- ГХ — гіпертонічна хвороба, ІМ — інфаркт міокарда, ФП — фібриляція передсердь, ЦД — цукровий діабет II типу, ІМТ — індекс маси
- У квадратних скобках наведені мінімальне — максимальне значення показника — [min—max];
- Достовірність різниці відсотків між чоловіками і жінками розрахована за критерієм χ^2 і між середніми значеннями показників — за T-test for independent samples by groups

асоціацію розвитку фібриляції передсердь із віком пацієнтів.

Таким чином, варто констатувати, що в чоловіків ІМбелST частіше реєструється такий чинник ризику, як куріння, тоді як у жінок — передінфартна стенокардія та постійна форма ФП.

У квадратних скобках наведені мінімальне — максимальне значення показника — [min—max];

Достовірність різниці відсотків між чоловіками і жінками розрахована за критерієм χ^2 і між середніми значеннями показників — за T-test for independent samples by groups.

**РЕАЛІЗАЦІЯ МЕДИЧНОЇ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ
НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ МНОЖИН**

На основі **табл. 2** сформована **табл. 3** із визначенням мінімальних і максимальних значень факторів X1–X4. У нашому випадку X1 (наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА), X2 (наявність а/б у басейні ОГ ЛКА), X3 (наявність ГЗС в басейні

ПКА), X4 (відсутність ГЗС КА). Визначено основні клінічні форми ІХС (ІМбелST інфаркт міокарда без елевації сегмента ST $\mu^I(x_1x_2x_3x_4)$, НС — нестабільна стенокардія, $\mu^{II}(x_1x_2x_3x_4)$,

Таблиця 3

Формування мінімальних і максимальних значень факторів X1—X4

Клінічні форми ІХС	Особливості анатомічного ураження коронарного русла			
	Наявність а/б у басейні ДГ або ПМШГ ЛКА X1	Наявність а/б у басейні ОГ ЛКА X2	Наявність ГЗС у басейні ПКА X3	Відсутність ГЗС КА X4
ІМбелST інфаркт міокарда без елевачії сегмента ST $\mu^I(x_1x_2x_3x_4)$	$2,57 \pm 0,07$	$2,42 \pm 0,18$	$2,23 \pm 0,12$	$3,66 \pm 0,20$
НС — нестабільна стенокардія $\mu^{II}(x_1x_2x_3x_4)$	$2,15 \pm 0,13$	$2,50 \pm 0,50$	$1,00 \pm 0$	$2,50 \pm 0,43$
ІМелST — інфаркт міокарда з елевачією сегмента ST $\mu^{III}(x_1x_2x_3x_4)$	$2,64 \pm 0,12$	$2,08 \pm 0,23$	$2,11 \pm 0,14$	$4,32 \pm 0,35$
СТН — стабільна стенокардія напруги $\mu^{IV}(x_1x_2x_3x_4)$	$2,00 \pm 0,17$	$2,00 \pm 0,26$	$2,00 \pm 0,26$	$3,64 \pm 0,43$
	min/max $1,83 \div 2,76$	min/max $1,74 \div 3,0$	min/max $1,0 \div 2,35$	min/max $2,07 \div ,67$

ІМелST — інфаркт міокарда з елевачією сегмента ST $\mu^{III}(x_1x_2x_3x_4)$, СТН — стабільна стенокардія напруги $\mu^{IV}(x_1x_2x_3x_4)$

З урахуванням діапазонів факторів X1—X4 сформовано базу знань експертів на основі баз знань експертів.

На основі теорії нечітких множин сформовано рівняння для визначення рівня ураження коронарного русла.

$$\begin{aligned} \mu^{d1}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{HA}(X_4); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d2}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^A(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^{HA}(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^A(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^L(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d3}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{HA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cup \\ & \cup \mu^L(X_1) \cdot \mu^A(X_2) \cdot \mu^{HA}(X_3) \cdot \mu^H(X_4); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d4}(X_1, X_2, X_3, X_4) = & \mu^L(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^L(X_2) \cdot \mu^A(X_3) \cdot \mu^A(X_4) \cup \\ & \cup \mu^L(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4) \cup \\ & \cup \mu^{LA}(X_1) \cdot \mu^{LA}(X_2) \cdot \mu^{LA}(X_3) \cdot \mu^{LA}(X_4). \end{aligned} \quad (4)$$

Розроблено інтерфейс користувача МІС для оцінювання біомедичної інформації (рис. 2).

Рис. 2. Інтерфейс користувача МІС для оцінювання ступеня анатомічного ураження коронарних каналів

ВИСНОВКИ

У статті проаналізовано основні сфери застосування математичних методів у медичній

діагностиці, сформульовано принципи діагностики на основі нечіткої логіки.

Проаналізовано світовий досвід розвитку медичних інформаційних технологій.

Розроблено методику використання нечітких множин для реалізації інформаційної експертної системи для вирішення завдань медичної діагностики, зокрема при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ІХС.

Основні наукові результати: розроблено математичні моделі й алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на основі нечіткої логіки з кількісними та якісними параметрами стану пацієнта; розроблено математичні моделі функцій приналежності, що формалізують представлення кількісних і якісних параметрів стану пацієнта у вигляді нечітких множин, які використовуються в моделях і алгоритмах оцінки ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів із різними формами ІХС.

Розроблені моделі та алгоритми медичної діагностики ґрунтуються на ідеях і принципах штучного інтелекту та інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних. Експертна система перевірена на реальних даних.

Практична цінність роботи полягає в можливості використання автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на основі нечіткої логіки при оцінюванні ступеня анатомічного ураження коронарного русла у пацієнтів з різними формами ІХС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wójcik W. Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries / W. Wójcik, I. Mezhiievska, S. V. Pavlov, etc. // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. — 2023. — No. 20. — P. 979. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020979>.
2. Maslovskiy V. Features of the coronary arteries anatomical lesions in nstemi patients depending on the association with the initial clinical characteristics / V. Maslovskiy, I. Mezhiievska // *Georgian Med News*. — 2021. — No. 320. — P. 85–89.
3. Choi Y. Change in T/QRS ratio can be a supplementary diagnostic tool in predicting coronary artery disease in patients with NSTEMI / Y. Choi, J. H. Lee, J. I. Seo // *Am J Emerg Med*. — 2021. — Jan., No. 39. — P. 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.013>.
4. Shafiq A. Predicting Likelihood for Coronary Artery Bypass Grafting After Non-ST-Elevation Myocardial Infarction: Finding the Best Prediction Model / A. Shafiq, J. S. Jang, F. Kureshi and etc. // *Ann Thorac Surg*. — 2016. — Oct.; No. 102(4). — P. 1304–1311. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.03.090>.
5. Blondheim D. S. Characteristics, Management, and Outcome of Transient ST-elevation Versus Persistent ST-elevation and Non-ST-elevation Myocardial Infarction / D. S. Blondheim, M. Kleiner-Shochat, A. Asif and etc. // *Am J Cardiol*. — 2018. — No. 121 (12). — P. 1449–1455. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.02.029>.
6. Maslovskiy V. I. The level of growth stimulating factor expressed by gene 2 and troponin i in the blood plasma of nstemi patients depending on different clinical characteristics / V. I. Maslovskiy, I. A. Mezhiievska // *Wiad Lek*. — 2022. — No. 75 (1 pt 2). — P. 289–292.
7. Lopez-de-Andres A. Are there sex differences in the effect of type 2 diabetes in the incidence and outcomes of myocardial infarction? A matched-pair analysis using hospital discharge data / A. Lopez-de-Andres, R. Jimenez-Garcia, V. Hernandez-Barrera and etc. // *Cardiovasc Diabetol*. — 2021. — No. 20 (1). — P. 81. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01273-y>.
8. Stehli J. Differences Persist in Time to Presentation, Revascularization, and Mortality in Myocardial Infarction Treated With Percutaneous Coronary Intervention / J. Stehli, C. Martin, A. Brennan and etc. // *J Am Heart Assoc*. — 2019. — No. 8 (10). — P. 012161. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.012161>.
9. Амосов Н. М. Автоматизированная система обработки медицинских данных / Н. М. Амосов, Н. Г. Зайцев, Н. А. Попов. — Київ : Наукова думка, 1969. — 128 с.
10. Kirklin J. K. Algorithm of the treatment to sharp heavy warmhearted insufficiency / J. K. Kirklin, J. W. Kirklin // *Ann. Thorac. sms*. — 1981. — Vol. 32. — P. 311–319.
11. Amosov N. M. Basic tasks of medical cybernetics / N. M. Amosov, A. A. Popov, V. G. Melnikov, etc. — Kyiv : Scientific council on cybernetics, 1969. — 98 p.
12. Pavlov S. V. Multichannel system for recording myocardial electrical activity Information Technology in Medical Diagnostics II / O. Vlasenko, W. Wójcik, S. V. Pavlov, etc. — London : CRC Press, Balkema book, Taylor & Francis Group, 2019. — P. 307–314.
13. Serkova V. Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules / V. Serkova, S. Pavlov, V. Romanova and etc. // *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments, Wilga, Poland. — 2017, 104453O*. <https://doi.org/10.1117/12.2280984>.
14. Coronary Atrery Diseases / Edited by Ilya Chakovsky and Nataliia Sydorova, Janeza Trdine 9, 51000. — Rijeka, Croatia, 2012. — P. 332.
15. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. — Винница : Универсум-Винница, 1999. — 320 с.
16. Основи реєстрації та аналізу біосигналів: навч. посіб. / О. Г. Аврунін, В. В. Семенець, В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Зленко, А. В. Кіпенський, С. В. Павлов. — Харків : ХНУРЕ, 2019. — 400 с.
17. Амосов Н. М. Основные задачи медицинской кибернетики / Н. М. Амосов, А. А. Попов, В. Г. Мельников, и др. — Киев : Науч. совет по кибернетике, 1969. — 98 с.
18. Воробьев Е. И. Введение в медицинскую кибернетику / Е. И. Воробьев, А. И. Китов. — М. : Медицина, 1977. — 286 с.
19. Весненко А. И. Топо-типология структуры розвернутого клинического диагноза в современных медицинских информационных системах и технологиях / А. И. Весненко, А. А. Попов, М. И. Проненко //

- Кибернетика и системный анализ. — 2002. — № 6. — С. 143–154.
20. Прокопчук В. А. Разработка структуры базы знаний медицинской интеллектуальной системы на основе формализма / В. А. Прокопчук // Искусственный интеллект. — 2006. — № 4. — С. 469–474.
 21. Лищук В. А. Об инфраструктуре информационной поддержки клинической медицины / В. А. Лищук, А. В. Гаврилов, Г. В. Шевченко и др. // Медицинская техника. — 2003. — № 4. — С. 36–42.
 22. Файнзильберг Л. С. Математические методы оценки полезности диагностических признаков / Л. С. Файнзильберг. — Киев : Освіта України, 2010. — 152 с.
 23. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики: монографія / О. Г. Аврунін, Є. В. Бодяньський, М. В. Калашник, В. В. Семенець, В. О. Філатов. — Харків : ХНУРЕ, 2018. — 248 с.
 24. Wójcik W. Information Technology in Medical Diagnostics II. / W. Wójcik, S. Pavlov, M. Kalimoldayev. — London : Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2019. — P. 336.
 25. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics / S. Pavlov, W. Wójcik, A. Smolarz // CRC Press. — 2017. — July 11. — P. 210.
 26. Shkilniak L. Expert fuzzy systems for evaluation of intensity of reactive edema of soft tissues in patients with diabetes / L. Shkilniak, W. Wójcik, S. Pavlov, O. Vlasenko // IAPGOS. — 2022. — No. 3. — 59–63. <https://doi.org/10.35784/iapgpos.3037>.
- ## REFERENCES
1. Wójcik, W., Mezhiivska, I., Pavlov, S. V., Lewandowski, T., Vlasenko, O. V., Maslovskiy, V., Volosovych, O., Kobylanska, I., Moskovchuk, O., Ovcharuk, V., & Lewandowska, A. (2023). Medical Fuzzy-Expert System for Assessment of the Degree of Anatomical Lesion of Coronary Arteries. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20, 979 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph20020979>.
 2. Maslovskiy, V., & Mezhiivska, I. (2021). Features of the coronary arteries anatomical lesions in nstemi patients depending on the association with the initial clinical characteristics. *Georgian Med News*, 320, 85–89.
 3. Choi, Y., Lee, J. H., & Seo, J. I. (2020). Change in T/QRS ratio can be a supplementary diagnostic tool in predicting coronary artery disease in patients with NSTEMI. *Am J Emerg Med*, 39, 48–54. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.013>.
 4. Shafiq, A., Jang, J. S., Kureshi, F., Fendler, T. J., Gosch, K., Jones, P. G., Cohen, D. J., Bach, R., & Spertus, J. A. (2016). Predicting Likelihood for Coronary Artery Bypass Grafting After Non-ST-Elevation Myocardial Infarction: Finding the Best Prediction Model. *Ann Thorac Surg*, 102 (4), 1304–1311. <https://doi.org/10.1016/j.athorac-surg.2016.03.090>.
 5. Blondheim, D. S., Kleiner-Shochat, M., Asif, A., Katzatker, M., Frimerman, A., Abu-Fanne, R., Neiman, E., Barel, M., Levy, Y., Amsalem, N., Shotan, A., & Meisel, S. R. (2018). Characteristics, Management, and Outcome of Transient ST-elevation Versus Persistent ST-elevation and Non-ST-elevation Myocardial Infarction. *Am J Cardiol*, 15, 121(12), 1449–1455. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2018.02.029>.
 6. Maslovskiy, V. I., & Mezhiivska, I. A. (2022). The level of growth stimulating factor expressed by gene 2 and troponin i in the blood plasma of nstemi patients depending on different clinical characteristics. *Wiad Lek*, 75 (1 pt 2), 289–292.
 7. Lopez-de-Andres, A., Jimenez-Garcia, R., Hernández-Barrera, V., de Miguel-Yanes, J. M., Albaladejo-Vicente, R., Villanueva-Orbaiz, R., Carabantes-Alarcon, D., Zamorano-Leon, J. J., Lopez-Herranz, M., & de Miguel-Diez, J. (2021 Apr 22). Are there sex differences in the effect of type 2 diabetes in the incidence and outcomes of myocardial infarction? A matched-pair analysis using hospital discharge data. *Cardiovasc Diabetol* 20(1), 81. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01273-y>.
 8. Stehli, J., Martin, C., Brennan, A., Dinh, D. T., Lefkovits, J., & Zaman, S. (2019). Sex Differences Persist in Time to Presentation, Revascularization, and Mortality in Myocardial Infarction Treated With Percutaneous Coronary Intervention. *J Am Heart Assoc*, 8(10), e012161. <https://doi.org/10.1161/JAHA.119.012161>.
 9. Amosov, N. M., Zaitsev, N. G., & Popov, N. A. (1969). Avtomatizirovannaya sistema obrabotki medicinskih dannyh [Automated medical data processing system]. Kyiv, 128 p. [in Russ.]
 10. Kirklin, J. K., & Kirkli, J. W. (1981). Algorithm of the treatment to sharp heavy warmhearted insufficiency. *Ann. Thorac. Surg*, 32, 311–319.
 11. Amosov, N. M., Popov, A. A., & Melnikov, V. G., etc. (1969). *Basic tasks of medical cybernetics*. Kyiv, 98 p.
 12. Vlasenko, O., Wójcik, W., & Pavlov, S. V. etc. (2019). *Multichannel system for recording myocardial electrical activity*. Information Technology in Medical Diagnostics II. CRC Press. Balkema book, Taylor & Francis Group, London, UK, P. 307–314.
 13. Serkova, V., Pavlov, S., & Romanava, V. etc. (2017). Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules // Proc. SPIE 10445, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments*, 104453O. <https://doi.org/10.1117/12.2280984>.
 14. Chakovsky, I., & Sydorova, N. (Eds.). (2012). *Coronary Atrery Diseases*, Janeza Trdine 9, 51000, Rijeka, Croatia, 332 p.
 15. Rothstein, A. P. (1999). Intellektual'nye tekhnologii identifikacii: nechetkaya logika, geneticheskie algoritmy, nejronnye seti [Intelligent identification technologies: fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks]. Vinnytsia, 320 p. [in Russ.].
 16. Avrunin, O. H., Semenets, V. V., Abakumov, V. H., Hotra, Z. Iu., Zlepko, S. M., Kipenskyi, A. V., & Pavlov, S. V. (2019). Osnovy reiestratsii ta analizu biosyhnaliv [Basics of registration and analysis of biosignals]. Kharkiv, 400 p. [in Ukr.].
 17. Amosov, N. M., Popov, A. A., & Melnikov, V. G. etc. (1969). Osnovnye zadachi medicinskoj kibernetiki [The main tasks of medical cybernetics]. Kyiv, 98 p. [in Russ.].
 18. Vorobyov, E. I., & Kitov, A. I. (1977). Vvedenie v medicinskuyu kibernetiku [Introduction to medical cybernetics]. Moscow, 286 p. [in Russ.].
 19. Vesnenko, A. I., Popov, A. A., & Pronenko, M. I. (2002). Topo-tipologiya struktury rozvernutoho klinicheskogo diagnoza v sovremennyh medicinskih informacionnyh sistemah i tekhnologiyah [Topo-typology of the structure of a detailed clinical diagnosis in modern medical information systems and technologies]. *Cybernetics and system analysis*, 6, 143–154. [in Russ.].

20. Prokopchuk, V. A. (2006). Razrabotka struktury bazy znanij medicinskoj intellektual'noj sistemy na osnove formalizma [Development of the structure of the knowledge base of a medical intellectual system based on formalism]. *Artificial Intelligence*, 4, 469–474. [in Russ.].
21. Lishchuk, V. A., Gavrilov, A. V., & Shevchenko, G. V., ets. (2003). Ob infrastrukture informacionnoj podderzhki klinicheskoy mediciny [On the infrastructure of information support for clinical medicine]. *Medical technology*, 4, 36–42. [in Russ.].
22. Fainzilberg, L. S. (2010). Matematicheskie metody ocenki poleznosti diagnosticheskikh priznakov [Mathematical methods for assessing the usefulness of diagnostic features]. Kyiv, 152 p. [in Russ.].
23. Avrunin, O. G., Bodyanskyi, E. V., Kalashnyk, M. V., Semenets, V. V., & Filatov, V. O. (2018). Suchasni intelektualni tekhnolohii funktsionalnoi medychnoi diahnostyky [Modern intellectual technologies of functional medical diagnostics]. Kharkiv, 236 p. [in Ukr.].
24. Wójcik, W., Pavlov, S., & Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balke-ma book. 336 p.
25. Pavlov, S. V., Wójcik, W., & Smolarz, A. (2017). *Information Technology in Medical Diagnostics by CRC Press*. 210 p.
26. Shkilniak, L., Wójcik, W., Pavlov, S., & Vlasenko, O. (2022). Expert fuzzy systems for evaluation of intensity of reactive edema of soft tissues in patients with diabetes. *IAPGOS*, 3, 59–63. <https://doi.org/10.35784/iapgos.3037>.

S. V. PAVLOV, D. Sc. in Engineering, Professor

I. A. MEZHIEVSKA, PhD of Medical Sciences, Associated Professor

W. WÓJCİK, D. Sc. in Engineering, Professor

O. V. VLASENKO, D. Sc. of Medical Sciences, Professor

O. H. AVRUNIN, D. Sc. in Engineering, Professor

V. Yu. MASLOVSKYI, D. Sc. of Medical Sciences, Associated Professor

O. S. VOLOSOVYCH, Master Student

PERSPECTIVES OF THE APPLICATION OF MEDICAL INFORMATION TECHNOLOGIES FOR ASSESSING THE RISK OF ANATOMICAL LESION OF THE CORONARY ARTERIES

Abstract. *The work analyzes the world experience in the development of medical information technologies. The method of using fuzzy sets for the implementation of an information expert system for solving the problems of medical diagnostics, in particular, during assessing the degree of anatomical damage of the coronary bed in patients with various forms of coronary artery disease, has been developed. The practical value of the work lies in the possibility of using an automated expert system to solve the problems of medical diagnosis based on fuzzy logic when assessing the degree of anatomical damage of the coronary bed in patients with various forms of coronary artery disease.*

Keywords: *medical information technologies, medical information systems, coronary channels, coronary artery disease.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Павлов Сергій Володимирович — д-р техн. наук, проф. кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021; +38 (097) 239-43-06; psv@vntu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-0051-5560

Межівська Ірина Анатоліївна — канд. мед. наук, доц. кафедри внутрішньої медицини No. 3, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018; +38 (096) 962-67-06; irinamezhievska@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0676-379X

Вуйцік Вальдемар — д-р техн. наук, проф., Люблінський технологічний університет, Nadbystrzycka 38d, Lublin, Poland, 20-618; +48 (601) 362-405; waldemar.wojcik@pollub.pl; ORCID: 0000-0002-0843-8053

Власенко Олег Володимирович — д-р мед. наук, проф., проректор з наукової роботи, НДЛ експериментальної нейрофізіології, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, м. Вінниця, вул. Пирогова, 56, 21018; +38 (067) 760-00-62; vlasenko@vnmu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8759-630X

Аврунін Олег Григорович — д-р техн. наук, проф., зав. кафедри біомедичної інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, прос. Науки, 14, Харків, Україна, 61166; +38 (050) 598-00-86; oleh.avrunin@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6312-687X

Масловський Валентин Юрійович — д-р мед. наук, доц. кафедри внутрішньої медицини No. 3, Вінницький національний медичний університет ім. М. Пирогова, вул. Пирогова, 56, м. Вінниця, Україна, 21018; +38 (068) 293-18-81; vmaslovskyi@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5184-1799

Волосович Олександр Сергійович — магістр, аспірант, кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна, 21021; +38 (063) 702-99-60; sashka.v0@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5497-6805

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pavlov S. V. — D. Sc. in Engineering, Professor, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, 95, Khmelnytsky highway, Vinnytsia, Ukraine, 21021; +38 (097) 239-43-06; psv@vntu.edu.ua; ORCID: 0000-0002-0051-5560

Mezhiievska I. A. — PhD of Medical Sciences, Associated Professor, Department of Internal Medicine No. 3, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str., Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (096) 962-67-06; irina-mezhiievska@gmail.com; ORCID: 0000-0003-0676-379X

Wójcik W. — D. Sc. in Engineering, Professor, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 38d, Lublin, Poland, 20-618; +48 (601) 362-405; waldemar.wojcik@pollub.pl; ORCID: 0000-0002-0843-8053

Vlasenko O. V. — D. Sc. of Medical Sciences, Professor, Vice-rector, Laboratory of Experimental Neurophysiology, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str., Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (067) 760-00-62; vlasenko@vnmu.edu.ua; ORCID: 0000-0001-8759-630X

Avrunin O. H. — D. Sc. in Engineering, Professor, Head of Biomedical Engineering Department, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 14, Nauky Ave, Kharkiv, Ukraine, 61166; +38 (050) 598-00-86; oleh.avrunin@nure.ua; ORCID: 0000-0002-6312-687X

Maslovskyi V. Yu. — D. Sc. of Medical Sciences, Associated Professor, Department of Internal Medicine No. 3, National Pirogov Memorial Medical University, 56, Pirogov Str., Vinnytsya, Ukraine, 21018; +38 (068) 293-18-81; vmaslovskyi@gmail.com; ORCID: 0000-0001-5184-1799

Volosovych O. S. — Master Student, Department of Biomedical Engineering and Optic-Electronic Systems, Vinnytsia National Technical University, 95, Khmelnytsky highway, Vinnytsia, Ukraine, 21021; +38 (063) 702-99-60; sashka.v0@gmail.com; ORCID: 0000-0002-5497-6805



ШАНОВНІ ВІНАХІДНИКИ, РОЗРОБНИКИ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ІНВЕСТОРИ!

Міжрегіональний офіс трансферу знань і технологій, створений на базі ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», пропонує співробітництво у сфері технологічного трансферу.

Наша мета – забезпечення ефективної організації процесу трансферу технологій, сприяння комерціалізації і просуванню розробок на вітчизняні та зарубіжні технологічні ринки, підвищення рівня реалізації державної інноваційної програми.

На нашій сторінці в інтернет www.uinte.kiev.ua/transfer/store/index.html Ви можете ознайомитися з постійно поповнюваною базою нових технологій і розробок, розмістити інформацію про свої розробки, запропонувати своє партнерство або знайти собі партнера у Вашій області діяльності, одержати додаткову інформацію на розробку, що зацікавила Вас, запропонувати себе як експерта або знайти собі експерта за Вашою спеціалізацією, одержати консалтингові і маркетингові послуги, представити свій інвестиційний проект, а також отримати допомогу в пошуку джерел фінансування проекту.

3 пропозиціями щодо співробітництва звертатися:

Михальченкова Олена,

тел.: (098) 419-91-86,

e-mail: alenasimchuk5566@gmail.com

Трансфер технологій є важливим компонентом інноваційного процесу. Він застосовується у сфері інноваційних розробок і базується на передачі технологій, концептуальних засад інноваційної діяльності, механізмів реалізації різноманітних проєктів. Технологічний трансфер відіграє важливу роль у інноваційному прогресі. В умовах глобалізації міжнародний трансфер технологій та науково-технічне співробітництво є базовою основою швидкого відновлення економіки країни, і є актуальним при застосуванні інноваційного процесу на кожному етапі. Він забезпечує зв'язок між господарюючими об'єктами, органами влади та світовою спільнотою.

■ МЕДИЦИНА (ЛАЗЕРНА ТЕРМОТЕРАПІЯ)

ЛАЗЕР ХІРУРГІЧНИЙ ДІОДНИЙ “LIKA-SURGEON+”

Призначення. Застосовується для лікування травм різної локації та етіології, вогнепальні травми, станів після операцій з приводу ампутацій кінцівок, станів після пластики дефектів м'яких тканин, опіків та ран, ушкодження м'язів, тендинітів, артрозів, тендовагінітів, епиконділітів, бурситів, тунельних синдромів, остеохондрозу, дорсалгії різної локації, радикулітів, гриж міжхребцевих дисків.

Області застосування. Медицина.

Опис. Лазерна термотерапія допомагає у відновленні військових після отриманих травм у ході бойових дій; у медицині невідкладних станів з використанням ближнього інфрачервоного лазерного випромінювання.

Переваги. Лазерна термотерапія передбачає нагрівання біологічної тканини в процесі впливу лазерним випромінюванням ближнього інфрачервоного діапазону спектру (довжини хвиль 810 нм, 1060 нм) до температури 37–42°С, що не викликає незворотніх змін біотканини. Оптичне випромінювання цих довжин хвиль слабо поглинається молекулами біологічних тканин, що забезпечує проникнення випромінювання в глибину тканин з незначним зменшенням цільності потужності оптичного випромінювання за глибиною.

Технічні характеристики.

Довжина хвилі: 810 нм; 1060 нм

Потужність лазерного випромінювання: 10 Вт–20 Вт

Новизна. 5 патентів.

Стадія готовності. Впроваджено у виробництво.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Реалізація готової продукції.

■ МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ

МОДУЛІ АВТОМАТИЗАЦІЇ БЕЗДРОТОВИХ ПРИЛАДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПОСТ-ІНФАРКТНИХ, ПОСТ-ІНСУЛЬТНИХ ПАЦІЄНТІВ В ІНДИВІДУАЛЬНИХ УМОВАХ ВІДДАЛЕНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Призначення. Для відновлення пост-інфарктних, пост-інсультних пацієнтів в індивідуальних умовах віддаленої реабілітації.

Області застосування. Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань.

Опис. Мета проєкту — розробка модулів та компонентів автоматизації бездротових приладів для ефективного та контрольованого реабілітаційного відновлення пост-інфарктних, пост-інсультних та уражених з відхиленнями м'язової активності пацієнтів в умовах індивідуальних віддалених процедур, у ході яких здійснюється моніторинг показників стану пацієнтів, протоколюються і передаються всі параметри, шляхом автоматизації процедур та передачі захищених даних каналами радіозв'язку.

Розроблено програмне забезпечення як інструмент інтелектуального аналізу властивостей загальних показників стану та побудови логічних правил для інформаційного доповнення і обробки часових рядів.

Переваги. Немає аналогів в Україні.

Новизна. 3 патенти.

Стадія готовності. Перевірено в лабораторних умовах.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Спільне доведення до промислового рівня.

■ ОРГАНІЧНА ХІМІЯ

КАЛІКСАРЕНОВІ АМФІФІЛИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО ТРАНСПОРТУ ГЕНІВ

Призначення. Розроблення ефективних і селективних систем внутрішньоклітинного транспорту генів із метою створення препаратів для генної терапії спадкових і ракових захворювань.

Області застосування. Медицина. Виготовлення ліків.

Опис. Амфифільні позитивно заряджені каліксарени утворюють міцели, здатні формувати нанорозмірні ($d = 40\text{--}100$ нм) супрамолекулярні комплекси з різними типами ДНК. Такі комплекси проходять через біологічні мембрани і доставляють молекули ДНК усередину клітин, зокрема ракових, де вивільнені ДНК запускають в ядрі клітини процеси біосинтезу пептиду, який вони кодують.

Переваги. Порівняно з комерційними векторами, каліксаренові амфифіли є менш токсичними, і, завдяки малим розмірам утворених супрамолекулярних комплексів із ДНК, мають ширші можливості для трансфекції клітин.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Пошук партнерів для виготовлення дослідних зразків.

■ БУДІВНИЦТВО

ПРОЗОРІ БРОНЬОВАНІ БЛОКИ ДЛЯ УКРІПЛЕННЯ ВІКОН МАШИН І СПОРУД

Призначення. Укріплення вікон броньованих машин і споруд для захисту особового складу та персоналу від кульового та осколкового ураження в умовах бойових дій та збройних нападів на об'єкти, що потребують охорони.

Області застосування. Будівництво. Автомобілебудування. Машинобудування.

Опис. Прозорі броньовані блоки (ПББ) мають клас кулестійкості СК1-СК6 за ДСТУ4546. Для підвищення ступеня захисту від найпотужніших ударних впливів конструкція бронеблока може бути підсилена за спеціальними вимогами, що враховують особливості броньованих машин та споруд і характеристик можливих засобів ураження.

Переваги. Підвищені ударна стійкість і прозорість, зменшена вага бронеблоків по відношенню до вітчизняних аналогів, оптимальне співвідношення "ціна-якість" у порівнянні із закордонними розробками. Передбачена можливість електрообігріву ПББ.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. IRL8, TRL9 Виготовлення за вимогами замовника, постачання і гарантійне обслуговування

■ НЕТРАДИЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

КОМПАКТНЕ ГЕЛЕВЕ ПАЛИВО

Призначення. Для розведення вогню за несприятливих погодних умов, індивідуального обігріву на відкритій місцевості, просушування вологого одягу, білизни, розігрівання або приготування їжі, кип'ятіння води, обігріву малих приміщень.

Області застосування. У військовому побуті, туризм, побутове використання.

Опис. Теплова ефективність каталітичного спалювання газу досягає 99 % за рахунок повноти перетворення палива; шкідливі продукти згоряння CO, NOx і запах відсутні; низький рівень шуму, відсутність вібрації; відсутність випромінювання у видимому діапазоні; невелика вага, мобільність, універсальність, висока економічність.

Переваги. Здатне горіти за несприятливих погодніх умов, не затухати під впливом атмосферних опадів та не задуватися поривами вітру, не містить токсичних речовин та не утворює токсичні продукти горіння, просте у використанні, легко порціонується. Завдяки сильній адгезії до різних твердих матеріалів здатне горіти на похилій площині, не зісковзуючи.

Технічні характеристики. Гелеве паливо має консистенцію густої пасти прозоро-білого кольору, під час горіння не утворює кіптяви, не задувається поривами вітру. 25 г гелевого палива здатне горіти протягом 15 хв дає змогу закип'ятити 200 мл води за 10 хв.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Доведення до промислового рівня.

АВТОНОМНИЙ БЕЗПОЛУМ'ЯНИЙ КАТАЛІТИЧНИЙ ГЕНЕРАТОР ТЕПЛА

Призначення. Для додаткового або основного автономного опалення будь-яких побутових, господарських і військових об'єктів, а також для використання у польових умовах.

Області застосування. Використання на побутових, господарських і військових об'єктах.

Опис. Теплова ефективність каталітичного спалювання газу досягає 99 % за рахунок повноти перетворення палива; шкідливі продукти згоряння CO, NOx і запах відсутні; низький рівень шуму, відсутність вібрації; відсутність випромінювання у видимому діапазоні; невелика вага, мобільність, універсальність, висока економічність.

Переваги. Використання розробленої конструкції теплогенератора у сукупності із запропонованим каталізатором допомагає підвищити ККД процесу горіння майже до 100 %, забезпечує екологічно чисте згоряння вуглеводневого палива. Каталітичний генератор тепла зберігає стабільність роботи протягом тривалого часу.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Виготовлення за вимогами замовника, постачання.

■ АЕРОРОЗВІДКА

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЮЧИХ АПАРАТІВ

Призначення. Аеророзвідка та патрулювання визначеної ділянки місцевості або кордону, розпізнавання, ідентифікації та визначення координат об'єктів інтересу.

Області застосування. Розробка може застосовуватись для контролю переміщення людей, техніки, ідентифікації тварин (тегованих), розвідці.

Опис. Суть розробки полягає у створенні інтелектуальної системи розпізнавання багатоцільового безпілотного літального апарату (БЛА), який призначений для виконання в автономному режимі аеророзвідки та патрулювання визначеної ділянки місцевості або кордону, розпізнавання, ідентифікації та визначення координат об'єктів інтересу. Кількість об'єктів, що детектуються — до 1000. Застосування розробленої інформаційно-вартісної технології дозволяє підвищити точність ідентифікації об'єктів інтересу та знизити енергетичні затрати бортових систем під час польоту, що підвищує автономність роботи БЛА.

Переваги:

- відсутність аналогів в Україні;
- можливість ідентифікації об'єктів в автоматичному режимі;

- широкий спектр застосування (військова розвідка, пошуково-рятувальні роботи, охорона об'єктів, аерофотозйомка);
- порівняно низька собівартість.

Новизна. Патент України.

Стадія готовності. Виготовлено дослідно-промисловий зразок.

Додаткове фінансування. Залежить від об'єму замовлення.

Пропозиції щодо співробітництва. Трансфер технологій та інші напрямки спільної діяльності

■ ВІЙСЬКОВА СПРАВА

КОМП'ЮТЕРНИЙ АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ ПОЛІГОН (КАП)

Призначення. Призначений для навчання (тренування) офіцерів артилеристів, курсантів вищих військових установ і студентів військових кафедр в виконанні вогневих задач з закритої вогневої позиції згідно курсу підготовки артилерії (КПА-2020)

Області застосування. КАП призначений для проведення занять з підготовки офіцерів-артилеристів, проведення тренувань зі стрільби і управління вогнем артилерійської батареї (взводу) та оцінки рівня знань і практичних навичок

Опис. КАП виконаний у вигляді комп'ютерної 3D моделі. Моделює стрільбу артилерійської батареї (взводу, гармати). Спостереження за розривами снарядів або мін.

Коригування стрільби в ході пристрілки та під час стрільби на ураження з використанням комп'ютера і проєкційної апаратури. Проведення незалежної (об'єктивної) оцінки виконання вогневих завдань у відповідності з Курсу підготовки артилерії зброєних сил України" (КПА-2020).

Переваги. Швидкість навчання. Дешева навчання у порівнянні з навчанням на реальному полігоні. Не потребує специфічного комп'ютерного обладнання. Має не великі системні вимоги у порівнянні з аналогами.

Новизна. Захищено авторським свідоцтвом.

Стадія готовності. Розробка впроваджена в деяких військових частинах, що мають у своєму складі артилерійські підрозділи.

Додаткове фінансування. Залежить від вимог замовника та наявного у нього обладнання.

Пропозиції щодо співробітництва. Трансфер технологій та інші напрямки спільної діяльності.

СИСТЕМИ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ КУРСАНТІВ ВІЙСЬКОВИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Призначення. Для підготовки курсантів військових навчальних закладів розроблені програми з використанням технологій віртуальної та доповненої реальності для реалізації навчальних тренажерів військового призначення.

Області застосування. Підготовка курсантів військових навчальних закладів.

Опис. Створено 3D-модель інтер'єру БТР, куди за допомогою окулярів віртуальної реальності, що надає ефект присутності, поміщається користувач, який може в більш наочній формі ознайомитися з обладнанням бойової машини. Розроблено додаток під систему Android із використанням доповненої реальності, що дає можливість при наведенні смартфона на моделі танка і літака побачити відповідні параметри бойової машини і ознайомитися з їх роботою в реальній обстановці на полі бою для танка і польоту в небі для літака.

Переваги.

- наочне навчання та швидкий доступ до моделей військової техніки;
- комфортне отримання інформації;
- економічність.

Новизна. Отримано 3 авторських свідоцтва України на аудіовізуальні засоби.

Стадія готовності. Розробку впроваджено у навчальний процес.

Пропозиції щодо співробітництва. Постачання і гарантійне обслуговування

■ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ

НАДЧУТЛИВА КАМЕРА ВИДИМОГО ТА БЛИЖНЬОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ДІАПАЗОНІВ

Призначення. Для охорони державного кордону, аеропортів, мостів і тунелів, у військовій техніці для керування транспортом в умовах наднизької освітленості, виявлення та ідентифікації об'єктів, засобів наведення озброєння.

Області застосування. Охорона державного кордону, аеропортів, мостів і тунелів, у військовій техніці.

Опис. Камера на базі приладу з зарядовим зв'язком та електронним множенням (ПЗЗЕМ) може бути ефективно використана для ідентифікації динамічних і статичних об'єктів в умовах наднизької освітленості.

Переваги. Аналогів в Україні немає. Дешевша за закордонні прилади.

Технічні характеристики.

- спектральний діапазон, нм 400–1060;
- частота кадрів, Гц 25;
- формат матриці, 640 x 512;
- розмір пікселя, мкм² 16 x 16;
- динамічний діапазон освітленості, лк 10-4-101.

Новизна. Ноу-хау.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Додаткове фінансування. Потребує додаткового фінансування.

Пропозиції щодо співробітництва. Виготовлення за вимогами замовника.

■ ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІДКИХ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНО-ПАЛИВНОГО ЦИКЛУ

Призначення. Підвищення екологічної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу та охорона довкілля.

Області застосування. Підвищення екологічної безпеки об'єктів ядерно-паливного циклу та охорона довкілля.

Опис. Очищення багатокомпонентного багатофазного складу трапних вод із різним вмістом і концентрацією радіонуклідів за наявності поверхнево-активних речовин та органічних забруднювачів на 86 %. Отриманий коагулянт шляхом термообробки перетворюється у склофазу з інкорпорованими радіонуклідами, придатну для захоронення за стандартною методикою.

Переваги. Аналогів у світі немає. Висока ефективність очищення зумовлена синтезом нанокompatивів зі значною сорбційною властивістю, які синтезуються безпосередньо в зоні обробки рідини.

Новизна. 1 патент.

Стадія готовності. Готово до впровадження.

Пропозиції щодо співробітництва. Доведення до промислового рівня.

Літературний редактор — **А.О. Ласкова-Ярмоленко**

Верстка — **А.Є. Мельник**

Підписано до друку 30.03.2023 р. Тираж 100 прим. Формат 60×84 1/8.

Умов. друк. арк. 6,98. Обл.-вид. арк. 7,87. Зам. № 04.

Верстка та друк номера — ДНУ “Український інститут науково-технічної експертизи та інформації”

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців

серія ДК № 5332 від 12.04.2017 р.