



Riga Nordic University

International scientific conference

**SCIENTIFIC INNOVATIONS IN THE FIELD
OF NATURAL SCIENCES, PHYSICS,
AND MATHEMATICS**

March 4–5, 2026



**IZDEVNIECĪBA
BALTIJA
PUBLISHING**

2026

Head of organising committee:

Romans Djakons – Dr.sc.ing., Professor, Academician, Chairman of the Board of Riga Nordic University.

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

Scientific Innovations in the Field of Natural Sciences, Physics, and Mathematics (March 4–5, 2026. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2026. 60 pages.

CONTENTS

SECTION 1. EXPERIMENTAL BOTANY

- Effect of bacterization on the growth of *Pisum sativum* L. with a contrasting photoperiodic response
Batuieva Ye. D., Voloshyna O. Yu., Avksentieva O. O. 5
- Improvement of breeding technology for interspecific hybridization between *Capsicum annuum* L. and *Capsicum chinense* Jacq
Kondratenko S. I., Linnik Z. P., Pylypenko L. V. 11

SECTION 2. MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH

- Cadmium bioaccumulation from contaminated soils and water and its impact on energy metabolism and mineral homeostasis in laboratory animals
Kuras L. D., Nechytaýlo L. Ya., Khopta N. S. 16
- Maternal Social Stress Exacerbates Insulin Resistance and Dyslipidaemia in Adult Male Offspring of Gestational Diabetic Rats
Leshchenko Zh. A. 20
- Gamma-glutamyltransferase activity and magnesium and iron levels in the blood of rats under the condition of energy drink consumption
Lytvyניuk N. I., Ersteniuk H. M., Kaminska M. V. 23
- Medico-biological properties of *Cicuta virosa* L.
Musienko D. K., Panchuk O. V. 26
- Influence of energy drink on macro- and microelement composition of kidneys and erythrocytes
Partsei Kh. Yu., Tokaryk H. V., Senchii V. M. 29
- Use of medicines containing Ω -3 polyunsaturated fatty acids (epadol and omacor) in patients with ischemic heart disease
Skoreiko R. S., Skoreiko N. T. 32
- Correction of Adrenaline Levels and Lipid Metabolism Parameters by *Scutellaria baicalensis* under Adrenaline-Induced Stress
Shkurashivska S. V., Ersteniuk H. M., Saviak O. L. 35

SECTION 3. CHEMISTRY

- Interaction of doxorubicin with deoxyribonucleic acid sorbed onto nanocrystalline titania surface
Markitan O. V. 39
- A novel magnetically responsive ferrocyanide/ZIF-8 composite for radioactive ions capture
Trofymchuk I. M., Roik N. V., Gorbyk P. P. 43

SECTION 4. PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL RESEARCH

Scientific innovations in the field of physics as a strategic resource
for the development of modern technologies

Nadala O. S. 47

SECTION 5. GEOLOGY

Prospects for finding rare earth mineralization in clays of Ukraine

Kylchytska H. O., Belskyi V. M., Chernysh D. S...... 50

**SECTION 6. FEATURES OF TRAINING SPECIALISTS
IN NATURAL SCIENCES**

The place of the competency approach in the organization
of biological training for bachelors of physical therapy

Hurniak O. M., Romanenko O. V...... 54

SECTION 1. EXPERIMENTAL BOTANY

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-1>

EFFECT OF BACTERIZATION ON THE GROWTH OF *PISUM SATIVUM* L. WITH A CONTRASTING PHOTOPERIODIC RESPONSE

ВПЛИВ БАКТЕРИЗАЦІЇ НА РІСТ *PISUM SATIVUM* L. З КОНТРАСТНОЮ ФОТОПЕРІОДИЧНОЮ РЕАКЦІЄЮ

Batuieva Ye. D.

*Doctor of Philosophy,
Senior Lecturer at the Department
of Plant and Microorganisms
Physiology
V. N. Karazin Kharkiv National
University
Kharkiv, Ukraine*

Багусьва Є. Д.

*доктор філософії з біології,
старший викладач кафедри фізіології
та біохімії рослин і мікроорганізмів
Харківський національний
університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна*

Voloshyna O. Yu.

*Master's student at the Department
of Plant and Microorganisms
Physiology
V. N. Karazin Kharkiv National
University
Kharkiv, Ukraine*

Волошина О. Ю.

*магістрант кафедри фізіології
та біохімії рослин і мікроорганізмів
Харківський національний
університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна*

Avksentieva O. O.

*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Plant and Microorganisms
Physiology
V. N. Karazin Kharkiv National
University
Kharkiv, Ukraine*

Авксентьєва О. О.

*кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри фізіології та біохімії
рослин і мікроорганізмів
Харківський національний
університет імені В. Н. Каразіна
Харків, Україна*

Field pea (*Pisum sativum* L.) is a major legume crop that plays an important role in global food security and sustainable agriculture thanks

to its ability to fix atmospheric nitrogen through symbiosis with rhizobia [1]. In the face of climate change and the need to reduce synthetic nitrogen fertilizers, improving the efficiency of this symbiosis has become a key research priority [4, 5].

Photoperiod sensitivity is one of the main factors controlling pea development and the switch from vegetative to reproductive growth. The genetic control of this trait is well understood: key genes include Sn (photoperiod response), E (early flowering), Hr (high response), Lf (late flowering), and the GIGANTEA ortholog LATE BLOOMER1 (LATE1), which is involved in circadian regulation and de-etiolation [3]. Most modern pea varieties are facultative long-day plants – long days (over 12–14 hours) speed up flowering, while short days' delay it by several days depending on the alleles present [3]. In contrast, day-neutral varieties show little or no response to day length, making them more stable across different latitudes and growing conditions.

Although photoperiod regulation and symbiotic nitrogen fixation are well studied, their interactions, especially cultivar- and strain-specific ones, remain poorly understood [5]. Genotypes differing in photoperiod sensitivity may allocate assimilates differently between shoots and roots, which can affect nodule formation and nitrogen-fixation efficiency [2, 5]. Investigating this interaction in Ukrainian breeding varieties will help select the best genotypes for use with bacterial inoculants in modern farming.

The aim of this work was to analyse the effect of bacterization with a symbiotic diazotroph *Rhizobium leguminosarum* on growth processes and nitrogen accumulation (measured as soluble protein) in five Ukrainian-bred pea varieties with different photoperiodic sensitivity.

The plant material consisted of seeds of five varieties of field pea (*Pisum sativum* L.) selected at the Yuriev Institute of Plant Production of the National Academy of Sciences of Ukraine: Ataman, Oplot, Metsenat, Tsarevich, and Haiduk. The symbiotic diazotroph used in this study was the *Rhizobium leguminosarum* 250a strain, provided by the Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Production of the National Academy of Sciences of Ukraine. Field phenological observations to assess the photoperiodic response were carried out under natural long-day conditions. At the V3 stage, 50% of the plants were transferred to short-day conditions for two weeks, and growth stages were recorded when more than half of the plants in each replicate reached each stage. At the second stage, a controlled experiment was conducted in a climatic chamber. The seeds were bacterized with a suspension of *Rhizobium leguminosarum* with a concentration of 7.8×10^8 CFU/ml. In 35-day-old plants, dry biomass of shoots and roots, as well as the content of water-soluble proteins, were determined by the Bradford method. The results were statistically processed by the

pairwise comparison method, and the significance of differences was assessed at a value of $p \leq 0.05$.

In the field experiment, long-day sensitive varieties (Otaman, Oplot, Mecenat) showed a clear delay in flowering under short photoperiod (6–9 days), confirming their long-day response. Day-neutral varieties (Tsarevich, Haiduk) were almost unaffected (delay of 0–3 days) (Table 1).

Table 1

Delay of flowering onset in pea (*Pisum sativum* L.) cultivars under short-day conditions.

Variety	Duration PGF, days		Delay, days	Photoperiodic reaction (PPR)
	LD 16 h	SD 9 h		
Otaman	45±3	53–54	8–9	LDP
Oplot	51±4	58–60	8–9	LDP
Mecenat	47±2	53–54	6–7	LDP
Tsarevich	45±1	45–47	0–2	SDP
Haiduk	46±2	48–49	2–3	SDP

LD – long day; SD – short day;

LDP – long-day plants; SDP – short-day plants

Bacterization affected biomass accumulation differently depending on variety type. In long-day varieties the effect on shoot biomass was mixed or negative, and root biomass remained stable or slightly decreased (Fig. 1). In day-neutral varieties, Tsarevich showed a 9.7 % increase in shoot biomass and a 23.5 % increase in root biomass; Haiduk had a 13.7 % increase in root biomass despite a slight decrease in shoots.

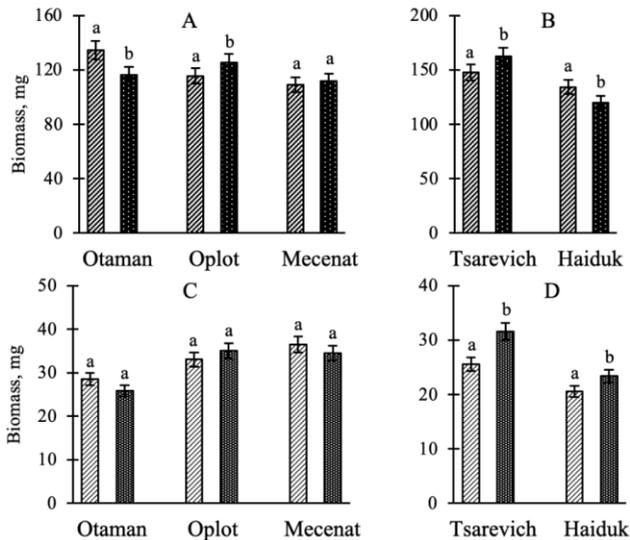


Fig 1. Biomass of plants of *Pisum sativum* L. varieties under the action of bacterization in the aboveground (A, B) and underground (C, D) parts; ▨ – control; ▩ – bacterization

Different letters indicate significant differences between control and bacterization.

Soluble protein content in roots increased markedly in day-neutral varieties after bacterization: +4.9 % in Tsarevich and +20.0 % in Haiduk (Fig. 2). Long-day varieties showed either a decrease or only a small increase.

The results agree with earlier reports showing that *Rhizobium leguminosarum* generally improves growth and nitrogen nutrition in pea. The stronger response in day-neutral varieties, particularly the increase in root biomass and protein content, is probably linked to more favourable allocation of assimilates to the root system, which supports better nodule development and nitrogen fixation. In long-day varieties, the transition to flowering under the long-day conditions of the phytotron may have limited resources available for symbiosis, resulting in weaker or even negative effects of bacterization.

The results suggest a possible association between photoperiod type and responsiveness to bacterization. Day-neutral pea varieties (Tsarevich and Haiduk) responded more positively to bacterization with *Rhizobium leguminosarum* strain 250a than long-day varieties. They showed the greatest increase in root biomass and the highest gain in root protein content.

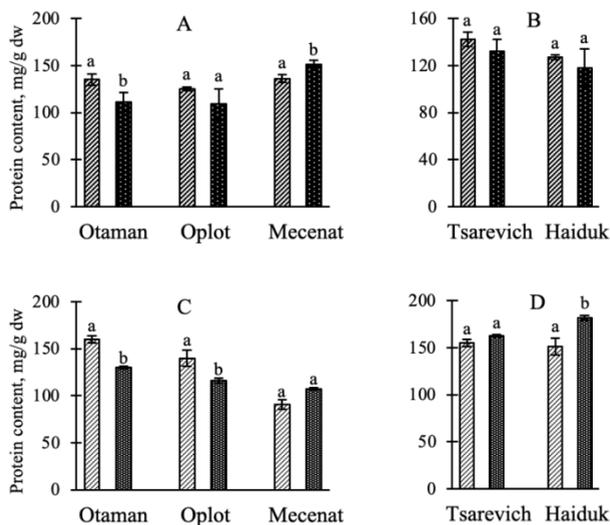


Fig. 2. The content of water-soluble protein in plants of *Pisum sativum* L. varieties under the influence of bacterization in the above-ground (A, B) and underground (C, D) parts; ▨ – control; ▩ – bacterization

Different letters indicate significant differences between control and bacterization.

These results suggest that day-neutral genotypes are promising for breeding programmes and for maximising the benefits of bacterial inoculants in sustainable pea production.

Bibliography:

1. Abajue M. C., Orhue P. O., Omoregie G. O. Climate change impacts on agricultural productivity: The role of legume crops in sustainable food systems. *Cell Reports Sustainability*. 2024. Vol. 1, № 3. Article 100019
2. Allito B. B. et al. Legume-rhizobium specificity effect on nodulation, biomass production and partitioning of faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. P. 8323.
3. Chapman M. A. Putting the pea in photoPEArIOD. *Journal of Experimental Botany*. 2022. Vol. 73, № 12. P. 3825–3827.

4. Choudhury A. T. M. A., Kennedy I. R., Kumar S. Rhizobia inoculation increases pea grain yield: An overview and challenges. *Bioscience Journal*. 2024. Vol. 40.

5. Kaziūnienė J. et al. Competitiveness and Nitrogen Fixation Efficiency Analysis of *Rhizobium leguminosarum* Strains in Different Field Pea (*Pisum sativum* L.) Genotypes. *Agriculture*. 2025. Vol. 15, № 16. P. 1784.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-2>

**IMPROVEMENT OF BREEDING TECHNOLOGY
FOR INTERSPECIFIC HYBRIDIZATION BETWEEN *CAPSICUM
ANNUUM*L. AND *CAPSICUM CHINENSE* JACQ**

**УДОСКОНАЛЕННЯ СЕЛЕКЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ МІЖ ВИДАМИ ПЕРЦЮ
*CAPSICUM ANNUUM*L. I *CAPSICUM CHINENSE* JACQ**

Kondratenko S. I.

*Doctor of Agricultural Sciences, Senior
Researcher,
Head of the Department of Breeding
and Seed Production
Institute of Vegetable and Melon
Growing of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine
Selektsiyne village, Kharkiv region,
Ukraine*

Кондратенко С. І.

*доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник,
завідувач відділу селекції та
насіниництва
Інститут овочівництва і
багтанництва Національної
академії аграрних наук України
с. Селекційне, Харківська область,
Україна*

Linnik Z. P.

*Doctor of Philosophy,
Researcher at the Laboratory
of Genetic, Genetic Resources
and Biotechnology
Institute of Vegetable and Melon
Growing of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine
Selektsiyne village, Kharkiv region,
Ukraine*

Ліннік З. П.

*доктор філософії зі спеціальності
201 “Агрономія”,
науковий співробітник лабораторії
генетики, генетичних ресурсів
і біотехнології
Інститут овочівництва
і багтанництва Національної
академії аграрних наук України
с. Селекційне, Харківська область,
Україна*

Pulypenko L. V.

*Doctor of Philosophy in Specialty 201
“Agronomy”,
Senior Researcher at the Laboratory
of Solanaceae and Cucurbitaceae crops
Institute of Vegetable and Melon
Growing of the National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine
Selektsiyne village, Kharkiv region,
Ukraine*

Пилипенко Л. В.

*доктор філософії зі спеціальності
201 “Агрономія”,
старший науковий співробітник
лабораторії селекції пасльонових
і гарбузових культур
Інститут овочівництва
і багтанництва Національної
академії аграрних наук України
с. Селекційне, Харківська область,
Україна*

Незважаючи на різноманітні дослідницькі проекти з міжвидової гібридизації серед представників роду *Capsicum* L., які проводилися у закордонних селекційних центрах, все ще залишається кілька прогалин, які перешкоджають повному розумінню того, яка з використаних стратегій подолання постгамної несумісності і одержання фертильного потомства міжвидових гібридів була найбільш ефективною і відтворюваною [1, с. 33; 2, с. 141]. Навіть якщо у гібридизації використовувати заявлені вихідні форми, лінії або сорти певних видів рослин, у яких було продемонстровано позитивні результати, то ключовим питанням залишається до кінця невизначена реакція інших генотипів рослин тих же видів на застосовану методику схрещування. Автори опублікованих робіт проводили процедуру схрещування, в основі якої пряме нанесення пилку одного з партнерів гібридизації на приймочки жіночих квіток іншого без будь-яких модифікацій [3, с. 3; 4, с. 762; 5, с. 61960]. Принциповою відмінністю від існуючих аналогів штучної гібридизації несумісних видів рослин родів *Capsicum* L., яку використовували автори тез є додаткове використання регуляторів росту різного спектру морфологічної дії для обробки жіночих квіток під час запилення. Зокрема, даний експериментальний підхід успішно використовувався за міжвидової гібридизації видів рослин представників роду *Cucurbita* L. [6, с. 15].

Міжвидова гібридизація між *Capsicum annuum* L. та *Capsicum chinense* Jacq. є одним із найпоширеніших способів розширення генетичної різноманітності перцю. Особливо якщо мова йде про розширення генофонду перцю гіркого. Як правило при створенні міжвидових гібридів основна увага приділяється збереженню у структурі популяцій гібридних рослин генотипів з успадкованою високою врожайністю, ранньостиглістю, посухостійкістю, високим вмістом капсаїцину та інших біологічно-цінних компонентів у плодах, зі збільшеною товщиною перикарпію, високою лежкістю плодів, стійкістю проти хвороб. Не менш важливим є збереження високого адаптивного потенціалу гібридних рослин за вирощування у відкритому і захищеному ґрунті.

Дослід з міжвидової гібридизації перцю було закладено у 2024 році на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН, розташованому в агрокліматичній зоні Східного Лісостепу України (сел. Селекційне, Харківської обл., Україна). В якості материнської форми використовувався сорт перцю гіркого Халапеньйо (ісп. Jalapeño) (*Capsicum annuum* L.) мексиканської селекції. За батьківську форму слугував сорт Scotch Bonnet (*Capsicum chinense* Jacq.) ямайської селекції. Дослід проводився в умовах захищеного ґрунту (скляна теплиця без обігріву з крапельним зрошенням). Всього вивчалось два варіанта схрещування рослин двох видів перцю. Перший,

дослідний варіант, передбачав одержання гібридного насіння шляхом комбінованого нанесення пилку батьківського партнера на приймочки квіток та агенту гібридизації на основу запилованих квіток материнського партнера. Агент гібридизації складався з водної суміші регуляторів росту і інших біологічно-активних речовин, яку автори тез планують запатентувати. Другий, контрольний варіант, передбачав тільки аналогічне нанесення пилку батьківського партнера. В результаті застосування дослідного варіанту міжвидового схрещування вдалося отримати плід з одним повністю сформованим гібридним насінням. У контрольному варіанті процедура схрещування була невдалою і призводила до всихання і опадіння запилених квіток на 5–7 добу після запилення.

З одержаного у 2024 році єдиного гібридного насіння у 2025 році вдалося виростити гібридну рослину. Як для її одержання, так і одержання рослин материнського і батьківського партнерів гібридизації використовувалася технологія вирощування за допомогою горщикової розсади. Дата посіву насіння у горщики – 9.03.2025 р. в умовах плівкової теплиці з обігрівом, дата пересадки вирощеної розсади перцю до скляної теплиці без обігріву – 10.05.2025 р.

У фазі біологічної стиглості плодів було проведено біометричні обміри долідних зразків рослин перцю. За кількісними ознаками у міжвидового гібриду F_1 середня маса плоду становила $34,75 \pm 1,0$ г, кількість плодів – 116 шт., продуктивність – 4031,0 г/роsl. Відповідні показники материнського партнера гібридизації сорту Халаленьйо: $61,89 \pm 2,71$ г; 24,33 \pm 4,70 шт.; 1890,4 \pm 459,3 г/роsl. Відповідні показники батьківського партнера гібридизації сорту Scotch Bonnet: 25,0 \pm 2,30 г; 54,33 \pm 4,06 шт.; 1421,11 \pm 101,46 г/роsl. Дані за проявом кількісних ознак партнерів гібридизації були одержані на підставі обчислень 5 дослідних зразків рослин певного сорту перця.

За дослідженими кількісними ознаками у міжвидового гібриду F_1 істинний і гіпотетичний гетерозис та ступінь домінування проявився диференційовано як за величиною прийнятих значень, так і за спрямованістю у нього знаків “+” або “-”. Так, за такими ознаками як “Кількість плодів на одній рослині” ($F_{\text{гет}} = 113,51$ %, $F_{\text{гип}} = 194,94$ %) і “Продуктивність однієї рослини” ($F_{\text{гет}} = 113,24$ %, $F_{\text{гип}} = 143,45$ %) мало місце варіювання високого позитивного прояву як істинного, так і гіпотетичного гетерозису. У той же час за такою ознакою, як “Середня маса плоду” простежувався негативний істинний ($F_{\text{гет}} = -43,85$ %) і гіпотетичний ($F_{\text{гип}} = -20,02$ %) гетерозис. За ознаками “Кількість плодів на одній рослині” і “Продуктивність однієї рослини” мало місце позитивне наддомінування ($h_p = 7,90 \dots 10,12$). За ознакою “Середня маса плоду” мало місце проміжне успадкування ($h_p = -0,47$).

Тривалість вегетаційного періоду у гібриду F₁(сорт Халапéньйо (*Capsicum annuum* L.) / сорт Scotch Bonnet (*Capsicum chinense* Jacq.)) становила 102 доби, у сорту Халапéньйо – 112 діб, у сорту Scotch Bonnet – 93 доби.

На рисунку 1 відображені плоди перцю у фазі біологічної стиглості як партнерів гібридизації, так і похідного від них міжвидового гібриду F₁.

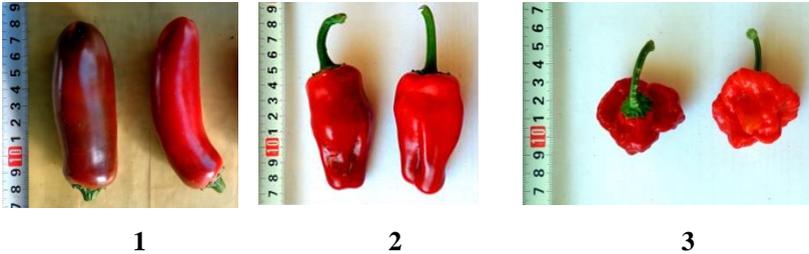


Рис. 1. Морфологічні особливості плодів у фазі біологічної стиглості: 1 – материнська форма, сорт перцю гіркокого Халапéньйо; 2 – міжвидовий гібрид F₁(сорт Халапéньйо (*Capsicum annuum* L.) / сорт Scotch Bonnet (*Capsicum chinense* Jacq.)); 3 – батьківська форма, сорт Scotch Bonnet

Згідно даних рисунку 1 плоди міжвидового гібриду F₁ мали проміжну морфологію з ознаками часткового спадкування комплексу якісних ознак від обох партнерів гібридизації. Зокрема, від материнської форми була успадкована повздожнього форма плоду з заокругленою верхівкою. Від батьківської форми частково успадкована зморшкувата поверхня плоду з присутністю трьох долей на поверхні. У 2025 році вдалося отримати насіння міжвидового гібриду F₁ в достатній кількості для проведення подальших селекційних досліджень.

Література:

1. Sui Y. H., Hui N. B. Acquisition, Identification and Analysis of an Interspecific *Capsicum* Hybrid (*C. annuum* × *C. chinense*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2015. Vol. 90. P. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.11513150>
2. Martins K. C., Pereira T. N., Souza S. A., Rodrigues R., Teixeira A., Junior A. Crossability and evaluation of incompatibility barriers in crosses between *Capsicum* species. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 2015. Vol. 15, no. 3. P. 139–145. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332015v15n3a25>

3. Naves E., Scossa F., Araújo W., Nunes-Nesi A., Fernie A., Zsögön A. Heterosis and reciprocal effects for agronomic and fruit traits in Capsicum pepper hybrids. *Scientia Horticulturae*. 2022. Vol. 295. Art. 110821. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110821>

4. Production and Identification of Interspecific Hybrids between Pepper (*Capsicum annuum* L.) and the Wild Relative (*Capsicum frutescens* L.) / J. Wei, J. Zheng, J. Yu et al. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2019. Vol. 21, no. 3. P. 761–769. DOI: <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.16807073.2019.21.3.6.9>

5. Swamy K. R. M. Origin, distribution, taxonomy, botanical description, genetic diversity and breeding of capsicum (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Development Research*. 2023. Vol. 13, no. 03. P. 61956–61977. DOI: <https://doi.org/10.37118/ijdr.26395.03.2023>

6. Kondratenko S. I., Linnik Z. P., Tkalych Yu. V. Expanding the genetic diversity of plant species of the genus *Cucurbita* due to successful modification of interspecific hybridization technology. Nature Conservation as an Essential Prerequisite for Preserving Humanity (March 19–20, 2025. Riga, the Republic of Latvia) : International scientific conference. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2025. P. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-541-9-3>

SECTION 2. MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-3>

CADMIUM BIOACCUMULATION FROM CONTAMINATED SOILS AND WATER AND ITS IMPACT ON ENERGY METABOLISM AND MINERAL HOMEOSTASIS IN LABORATORY ANIMALS

БІОАКУМУЛЯЦІЯ КАДМІЮ З ЗАБРУДНЕНИХ ҐРУНТІВ І ВОДИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕТАБОЛІЗМ ТА МІНЕРАЛЬНИЙ ГОМЕОСТАЗ В ОРГАНІЗМІ ЛАБОРАТОРНИХ ТВАРИН

Kuras L. D.

*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Курас Л. Д.

*кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біологічної та
медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Nechytaylo L. Ya.

*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Нечитайло Л. Я.

*кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біологічної та
медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Khopta N. S.

*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Хопта Н. С.

*кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біологічної та
медичної хімії імені академіка
Г.О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Війна в Україні призвела до значного техногенного навантаження на довкілля. Руїнування промислових об'єктів і складів пально-мастильних матеріалів, а також використання військової техніки спричиняють забруднення ґрунтів і води [2]. Це призводить до підвищеного надходження важких металів, зокрема кадмію – одного з найбільш токсичних елементів антропогенного походження, здатного накопичуватись у живих організмах. Внаслідок цього забруднені об'єкти довкілля стають джерелом потрапляння кадмію у харчові ланцюги, що сприяє його накопиченню в тканинах тварин і зумовлює потенційні ризики для здоров'я людини. Кадмій характеризується високою біоаккумулятивною здатністю та тривалим періодом біологічного напіввиведення [1]. Він накопичується в кістковій тканинці, печінці, нирках, порушує клітинний гомеостаз через індукцію оксидативного стресу, дисфункцію мітохондрій та пригнічення ферментів енергетичного обміну. Один із механізмів токсичності є конкурентне витіснення есенціальних макро- і мікроелементів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+}), що призводить до порушення мінерального гомеостазу та енергозабезпечення клітин [7]. Порушення синтезу АТФ формує енергетичний дефіцит клітин та метаболічні порушення. З огляду на посилене техногенне забруднення довкілля, дослідження біоаккумуляції кадмію та його впливу на енергетичний і мінеральний обмін набуває особливого значення.

Мета дослідження: визначити рівень кадмію в об'єктах довкілля і дослідити його вплив на енергетичний обмін і мінеральний баланс в органах лабораторних тварин.

Об'єктом дослідження були ґрунти та питна вода, а також експериментальні тварини, які використовувались для моделювання біоаккумуляції кадмію та оцінки його впливу на живий організм. Досліджуваних тварин було поділено на 2 групи: I група – інтактні тварини; II група – тварини, інтоксиковані кадмій хлоридом. Інтоксикацію моделювали наступним чином: кадмій хлорид вводили внутрішньом'язево в дозі 1,2 мг/кг маси тіла тварини ($1/10 \text{LD}_{50}$).

Вибір проб ґрунту і води здійснювався з урахуванням різних природних і антропогенних умов, сезонних змін та потенційного впливу техногенного забруднення. Макро- і мікроелементний склад визначали атомно-абсорбційним методом (спектрофотометр С-115ПК). Маркери кісткового метаболізму у плазмі крові визначали за стандартними наборами реактивів: концентрацію Са та фосфатів – “Simko”, Mg – “Lachema”, гідроксіпроліну – окисненням його H_2O_2 до піролу в лужному середовищі в присутності Cu^{2+} . Для визначення концентрації АТФ та активності АТФ-ази використали спектрофотометричний метод.

Результати дослідження. Стан ґрунтів та водних джерел безпосередньо визначає екологічну ситуацію в регіоні, тому важливо контролювати рівень токсичного елемента кадмію у довкіллі [5]. Дослідження показали, що вміст кадмію у ґрунтах перевищує фонові показники в 1,1–1,5 раза, особливо у періоди активного сезонного накопичення. У питній воді виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій кадмію в 1,6–2 раза, що становить загрозу для живих організмів і здоров'я людини. В експериментальних дослідженнях на щурах показано, що навіть порівняно низькі дози кадмію викликають серйозні порушення мінерального та енергетичного обміну [2, 6]. За умов кадмієвої інтоксикації концентрація неорганічних фосфатів у плазмі крові експериментальних тварин на 14-ту та 28-му доби достовірно зростала відповідно на 32,4% та 27,7% відносно рівня контрольної групи. Концентрація загального кальцію (Ca) на 1-шу добу після завершення десятиденної інтоксикації знижувалася на 17,1%, а в наступні періоди експерименту спостерігалася стійка гіперкальциемія. Такі дані можуть свідчити про порушення мінерального матриксу кісткової тканини [4].

Також становлено поступове зростання концентрації в плазмі крові гідроксипроліну – маркерної амінокислоти катаболізму колагену: на 1-шу добу спостереження концентрація її в плазмі крові піддослідних тварин перевищувала значення інтактних у 1,9 рази, а на 28-му – у 2,5 разів ($P < 0,005$ – $0,001$). Отримані результати вказують на деструкцію колагену та активацію процесу демінералізації кісток, зокрема, спричинену впливом іонів Cd на баланс між кальцитоніном і паратгормоном, а також про активацію кислої фосфатази – маркерного ензиму остеокластів, що забезпечують її резорбцію [3, 4]. Іони Mg є активаторами цього ензиму, тому зниження концентрації магнію у плазмі крові на 14–28-му доби спостереження та підвищення вмісту його у золі стегнових кісток у цей період (на 23,2–35,6 %) може підтвердити активацію кислої фосфатази остеокластів [4].

Визначення рівня Магнію у ранньому та пізньому періодах кадмієвої інтоксикації показало його зростання в крові – у 2,5 раза, а у печінці – у 4 рази порівняно з контрольними тваринами.

Відомо [2], що магній є важливим регуляторним макроелементом енергетичного обміну. Проведені нами дослідження концентрації АТФ показали її зростання у печінці у 3,0–3,5 раза впродовж усього періоду експерименту порівняно з контролем. Водночас нами встановлено зниження вмісту АТФ у плазмі крові (у 4 рази) впродовж усього періоду після завершення введення Кадмії хлориду порівняно з контрольними тваринами. Дослідження Na^+ , K^+ -активууючої, Mg^{2+} -залежної АТФ-азної активності (АТФ-ази), що відповідає за синтез АТФ,

показали зниження цього показника у печінці – у 4 рази на 1-у та 28-у доби і у 9 разів на 14 добу порівняно з контролем [2]. У плазмі крові ми спостерігали різноспрямовані зміни АТФ-азної активності: зростання у 2 рази на 1-у добу та зниження її у 2 рази на 14-у та 28-у доби дослідження порівняно з контрольною групою тварин.

Отримані нами результати дослідження показників мінерального обміну вказують на те, що в процесі кадмієвої інтоксикації спостерігається накопичення Cd у стежових кістках та печінці і супроводжувались порушенням показників кальцій-фосфатного обміну у плазмі крові та значним зростанням концентрації гідроксипроліну, що свідчить про активацію процесу кісткової резорбції під впливом іонів кадмію. За умов дії Кадмію енергозабезпечення більшою мірою відбувається анаеробним шляхом [2]. Про це свідчить зниженням рівня АТФ та зниження активності АТФ-ази у печінці та крові впродовж усього періоду дослідження порівняно з контрольною групою тварин.

Таким чином, підвищений рівень кадмію у ґрунті та воді потребує контролю та подальших експериментальних досліджень його впливу на живі організми.

Література:

1. Нечитайло Л. Я., Данилів С. І., Шкурашівська С. В., Курас Л. Д. Динаміка змін вмісту сполук кадмію та нітрат-іонів в екосистемі Прикарпаття. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2023. № 1(41). С. 273–279.

2. Nechytailo L., Danyliv S., Kuras L., Shkurashivska S., Buchko A. Dynamics of changes in cadmium levels in environmental objects and its impact on the bio-elemental composition of living organisms. *Brazilian Journal of Biology*. 2024. № 84. Pp. e271324:1–7.

3. Хопта Н. С., Романюк А. Л., Нечитайло Л. Я., Курас Л. Д. Зміни стану кісткової тканини в умовах кадміозу та застосування екстракту артишоку для корекції. *Перспективи та інновації науки. Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»*. 2025. Вип. 3(49). С. 1876–1888.

4. Хопта Н. С., Романюк А. Л., Нечитайло Л. Я., Ерстенюк А. М. Метаболічні процеси в організмі та кістках експериментальних тварин. *The Animal Biology*. 2025. № 1(27). С. 15–20.

5. Шкурашівська С. В., Нечитайло Л. Я., Ерстенюк Г. М. Оцінка впливу військових дій на середовище України. *The Teaching, Learning, Medical and Psychological Support as Challenges of 21st Century: Preschool, Secondary, Extracurricular, Vocational, Higher and Postgraduate Education: 2nd International Conference*. East European Association

of Scientists (Warsaw, Poland, May 21–22, 2024). Warsaw, Poland, 2024. Pp. 21es1.

6. Нечитайло Л. Я., Кондрин А. А. Вплив хлориду кадмію на мінеральний склад органів і тканин дослідних тварин в умовах зростаючого техногенного навантаження під час військових дій. *The 10 th International scientific and practical conference “Scientific achievements of contemporary society”*. Cognum Publishing House, (London, United Kingdom, May 1–3, 2025). London, United Kingdom, 2025. Pp. 25-30.

7. Нечитайло Л. Я., Волинський А. В. Аналіз джерел надходження важких металів під час військових дій та оцінка їх токсичного впливу на організм людини. *The 8th International scientific and practical conference “Academic research by scientists in the field of modern technologies”* International Science Group. (Milan, Italy, October 21–24, 2025) Milan, Italy, 2025, Pp. 14–17.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-4>

MATERNAL SOCIAL STRESS EXACERBATES INSULIN RESISTANCE AND DYSLIPIDAEMIA IN ADULT MALE OFFSPRING OF GESTATIONAL DIABETIC RATS

СОЦІАЛЬНИЙ СТРЕС У МАТЕРІ ПОСИЛЮЄ ІНСУЛІНОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ ТА ДИСЛІПІДЕМІЮ У ДОРОСЛИХ САМЦІВ, НАЩАДКІВ ЩУРИВ ІЗ ГЕСТАЦІЙНИМ ДІАБЕТОМ

Leshchenko Zh. A.

*Candidate of Biological Sciences,
Senior Research Fellow at the
Department of Pathomorphology and
Genetics of Endocrine Diseases
State Institution “V. Danilevsky Institute
for Endocrine Pathology Problems
of the National Academy of Medical
Sciences of Ukraine”
Kharkiv, Ukraine*

Лещенко Ж. А.

*кандидат біологічних наук,
старший науковий співробітник
відділу патоморфології та генетики
ендокринних захворювань
Державна установа «Інститут
проблем ендокринної патології
імені В. Я. Данилевського
Національної академії медичних наук
України»
м. Харків, Україна*

Insulin resistance is a major pathogenic factor contributing to metabolic disorders, including type 2 diabetes mellitus, obesity, and cardiovascular

diseases [1]. Increasing evidence supports the concept of developmental programming, whereby adverse intrauterine conditions predispose offspring to long-term metabolic dysfunction [2, 3]. Gestational diabetes mellitus is associated with an increased risk of insulin resistance and metabolic disturbances in offspring later in life [4]. In addition, maternal stress during pregnancy has been identified as an important modifier of metabolic programming through neuroendocrine and glucocorticoid-mediated mechanisms [3, 5]. However, the combined effect of maternal social stress and gestational diabetes on metabolic outcomes in offspring remains insufficiently characterized. The aim of this study was to evaluate the impact of maternal social stress on insulin resistance and lipid metabolism in adult male offspring of rats with gestational diabetes.

Materials and methods. Maternal social stress (MSS) was induced by transferring pregnant rats between social groups daily during gestational days 2–8. Gestational diabetes (GD) was induced by a single intraperitoneal injection of streptozotocin (45 mg/kg body weight) on gestational day 2. The maternal cohort included control (C), MSS, GD, and MSS+GD groups (n=25). Metabolic assessment was performed in male offspring (F1, n=32) at 90 days of age. An intraperitoneal glucose tolerance test (GTT; 3 g glucose/kg body weight) was conducted after overnight fasting. Fasting blood samples were analyzed for glucose, insulin (IRI), non-esterified fatty acids (NEFA), triglycerides (TG), and total cholesterol (TCh). Insulin resistance was evaluated using the Homeostasis Model Assessment (HOMA-IR), and insulin sensitivity was assessed using the Quantitative Insulin Sensitivity Check Index (QUICKI), which are validated indicators of metabolic dysfunction [6].

Results. Glucose tolerance was significantly impaired in offspring of GD mothers and was further worsened in MSS+GD offspring (AUC during GTT: 1022.7±19.3 and 1112.0±32.8 mmol/L/min, respectively, vs 640.7±8.0 mmol/L/min in controls; $p<0.001$). Plasma insulin levels and HOMA-IR were significantly increased in MSS+GD offspring compared with GD offspring (by 22% and 34%, respectively; $p<0.01$) and controls (by 140% and 292%, respectively; $p<0.001$), indicating pronounced insulin resistance [1, 4]. Maternal social stress was associated with reduced insulin sensitivity, as demonstrated by lower QUICKI values in MSS+GD offspring compared with GD offspring and controls ($p<0.001$). Total cholesterol and NEFA levels were significantly elevated in GD and MSS+GD offspring compared with controls ($p<0.001$), reflecting disturbances in lipid metabolism characteristic of metabolically programmed offspring [2, 7]. Maternal social stress further aggravated lipid abnormalities, contributing to increased triglyceride levels and enhanced metabolic dysfunction.

Conclusion. Maternal social stress during pregnancy exacerbates insulin resistance and promotes dyslipidaemia in adult male offspring of gestational diabetic rats. These metabolic alterations, including increased HOMA-IR, decreased insulin sensitivity, impaired glucose tolerance, and adverse lipid profile changes, confirm that maternal stress enhances the developmental programming effects of gestational diabetes [3, 5]. These findings highlight maternal stress as an important modifier of metabolic risk and contribute to understanding mechanisms underlying the intergenerational transmission of metabolic disorders [2, 4].

Bibliography:

1. Plows J. F., Stanley J. L., Baker P. N., Reynolds C. M., Vickers M. H. The pathophysiology of gestational diabetes mellitus. *Int J Mol Sci.* 2018;19(11):3342.
2. Fernandez-Twinn D. S., Ozanne S. E. Mechanisms by which poor early growth programs type-2 diabetes. *Trends Endocrinol Metab.* 2020;31(3):184–195.
3. Reynolds R. M. Glucocorticoid excess and the developmental origins of disease. *Physiol Rev.* 2023;103(2):1019–1095.
4. Lowe W. L. Jr., et al. Association of gestational diabetes with maternal disorders and metabolic risk in offspring. *JAMA.* 2022;327(15):1469–1480.
5. Entringer S., Buss C., Wadhwa P.D. Prenatal stress and developmental programming of metabolic disease. *Psychoneuroendocrinology.* 2021;131:105340.
6. Wallace T. M., Levy J.C., Matthews D.R. Use and abuse of HOMA modeling. *Diabetes Care.* 2004;27(6):1487–1495.
7. Herrera E., Ortega-Senovilla H. Maternal lipid metabolism and offspring metabolic risk. *Front Endocrinol.* 2020;11:74.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-5>

**GAMMA-GLUTAMYLTRANSFERASE ACTIVITY
AND MAGNESIUM AND IRON LEVELS IN THE BLOOD OF RATS
UNDER THE CONDITION OF ENERGY DRINK CONSUMPTION**

**АКТИВНІСТЬ ГАММА-ГЛУТАМІЛТРАНСФЕРАЗИ ТА РІВЕНЬ
МАГНІЮ І ЗАЛІЗА У КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ СПОЖИВАННЯ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПОЮ**

Lytvyniuk N. I.

*Assistant Professor at the Department
of Biochemistry
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Литвинюк Н. І.

*асистент кафедри біохімії
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Ersteniuk H. M.

*Doctor of Biological Sciences,
Professor,
Professor at the Department
of Biochemistry
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Ерстенюк Г. М.

*доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біохімії
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Kaminska M. V.

*Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Dentistry, Postgraduate Education
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Камінська М. В.

*кандидат медичних наук, доцент,
доцент кафедри стоматології
післядипломної освіти
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Енергетичні напої серед молодих людей вважаються найкращим порятунком від втоми та нудьги. Заряд енергії, бадьорість, гарне самопочуття та можливість працювати на повну – саме так зазначається в рекламній кампанії напою [1, с. 12]. Одна баночка напою містить таку ж кількість кофеїну, як чашка міцної кави. Крім кофеїну до складу напою входять ще такі речовини, як: таурин, гуарана, матеїн, глюкоза, вітаміни групи В та багато інших [2, с. 8]. З літературних джерел відомо, що споживання енергонапоїв може викликати втому, депресію, розлади з боку серцево-судинної та нервової систем [3, с. 32]. Кофеїн,

що входить до складу напою може перешкоджати засвоєнню заліза та негативно позначитись на роботі внутрішніх органів. Враховуючи такі дані, важливими є дослідження активності γ -глутамілтрансфери (ГГТ) та рівня заліза і магнію у крові як активаторів даного ензиму. ГГТ – це ензим, який міститься в клітинних мембранах багатьох органів – печінки, нирок та підшлункової залози [4, с. 6]. Дослідження активності γ -глутамілтрансфери у крові широко використовується у лабораторній діагностиці як індекс дисфункції печінки та маркер споживання алкоголю. Оскільки енергонапої містять велику кількість активних компонентів, тому їхнє споживання може мати негативний вплив на роботу печінки – основного органу детоксикації ксенобіотиків [5, с. 63]. Оцінку впливу енергонапою можна діагностувати зміною активності ГГТ та вмісту регуляторних елементів – заліза та магнію.

Мета. Дослідити зміни активності γ -глутамілтрансфери та рівня заліза та магнію крові щурів за умов впливу енергонапою.

Матеріали і методи. Вплив енергетичного напою вивчали на статевозрілих щурах-самцях, масою 180–200 г. Тварини перебували на стандартному раціоні віварію за відповідних умов освітлення, температурного режиму та вологості. Експериментальних тварин поділили на дві групи: 1ша-група (контрольна) – інтактні тварини, які отримували воду; 2-га група (дослідна) – тварини, які отримували енергонапій впродовж місяця, забір матеріалу здійснювали під анестезією на перший день після завершення споживання енергонапою. Досліди на тваринах проводили з дотриманням вимог Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей (Страсбург, 1986). Активність γ -глутамілтрансфери визначали ензиматичним методом. Рівень заліза та магнію визначали атомно-адсорбційним методом за допомогою приладу «С-115ПК».

Результати. У результаті проведених досліджень встановлено зростання активності γ -глутамілтрансфери крові щурів у 1,7 раза порівняно з контрольною групою на першу добу після 30-ти денного споживання енергонапою. Також змінювався вміст заліза та магнію у крові: спостерігалось зниження рівня заліза в 1,15 раза на тлі підвищення вмісту магнію у 3,2 раза у другій групі в порівнянні з інтактними тваринами.

Висновки. Отримані результати вказують на підвищення активності гамма-глутамілтрансфери та розвиток дисмікроелементозу [6, с. 88]. Підвищення активності ензиму може свідчити про порушення функціонального стану печінки та інших органів, що потребує подальших досліджень.

Література:

1. Judith A Owens, Jodi Mindell, Allison Baylor. Effect of energy drink and caffeinated beverage consumption on sleep, mood, and performance in children and adolescents, 2022. 18 p.
2. Amandeep Kaur¹, Hamza Yousuf², Devyani Ramgobin-Marshall³, Rahul Jain⁴, Rohit Jain⁵ Energy drink consumption: a rising public health issue Amandeep Kaur¹, Hamza Yousuf², Devyani Ramgobin-Marshall³, Rahul Jain⁴, Rohit Jain⁵, 2015. 22 c.
3. Кунділовська Т. А., Соколовська І. М. Експертна оцінка безпечності енергетичних напоїв. Одеський національний економічний університет, Україна, м. Одеса, 2021. 56 с.
4. Бевзо В. В. Каталітична активність ферментів маркерів функціонального стану печінки щурів за умов тривалого введення глутамату натрію Вищий державний навчальний заклад України “Буковинський державний медичний університет”, м. Чернівці, 2022. 25 с.
5. Машин С. М. Особливості розвитку та ускладнень залізодефіцитної анемії в залежності від віку, статі та місця проживання (дисертація). Суми : Сумський державний університет, 2013. 75 с.
6. Курас Л. Д. Стан енергетичного обміну в експериментальних тварин за умов поєднаної дії ксенобіотиків : дисертація. Тернопіль : Тернопільський державний медичний університет імені Горбачевського, 2021. 187 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-6>

MEDICO-BIOLOGICAL PROPERTIES OF *CICUTA VIROSA* L.

МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ *CICUTA VIROSA* L.

Musienko D. K.

*Student of higher education
at the Educational and Research
Institute of Medicine
Bogomolets National Medical
University
Kyiv, Ukraine*

Мусієнко Д. К.

*здобувач вищої освіти Навчально-
наукового інституту медицини
Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця
м. Київ, Україна*

Panchuk O. V.

*Candidate of Biological Sciences,
Senior teacher at the Department
of Biology
Bogomolets National Medical
University
Kyiv, Ukraine*

Панчук О. В.

*кандидат біологічних наук,
старший викладач кафедри біології
Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця
м. Київ, Україна*

Цикута отруйна (*Cicuta virosa* L.) є однією з найотруйніших рослин флори України, яка є цікавою за своїм хімічним складом для медичної та фармацевтичної галузі.

Цикута отруйна, або віх отруйний (*Cicuta virosa* L.) з родини селерових (*Ariaceae* L.) є багаторічною рослиною заввишки 50–150 см та є геофітом. Ця рослина росте на вологих біотопах: болота, сирі чагарники, яри, мулисті береги річок та озер, біля канав [1]. Поширена цикута отруйна по всій території України, але потенційно-сировинною територією є Полісся [2].

Для цієї рослини характерне пряmostояче стебло з порожниною всередині, голе, борознисте і має червонуватий відтінок. Листки великі 2-3 перисті, як і стебло при розтиранні мають специфічний аромат. Суцвіття, що притаманне всім представникам родини – складний зонтик з білими дрібними квітками. Цвіте рослина ціле літо. Притаманні округлі плоди та голі, а коли дозрілі розпадаються на два мерикарпії. Підземна частина рослини – товсте та м'ясисте кореневище округлої форми, що у розрізі має перегородки і розділяє його на камери, які заповнені соком жовтого кольору [1].

Ця рослина є смертельно отруйною і в свіжому, і в висушеному стані не втрачає свої токсичні властивості, які можуть зберігатися роками. Вміст токсину, а саме цикутоксину у свіжій рослинній

сировині становить приблизно 1,5%, а у висушеній – 3,5% від загальної маси рослини. Отруйні речовини є у всій рослині, але найбільше зосереджено в кореневищі. *Cicuta virosa* L. – високотоксична рослина, а її токсичність зумовлена наявністю активних С17 поліацетиленів. Механізм їхньої дії полягає в антагонізмі до ГАМК-рецепторів та блокуванні калієвих каналів, що призводить до зупинки дихання та смерті. Найбільш помітним з цих токсинів є цикутоксин, який є причиною важких отруень та смертей людей та тварин (велика рогата худоба, коні, вівці) [3]. Також цикута отруйна містить фалькариндіол, ізоцикутол, цикутол, ефірну олію, стероїди, органічні кислоти, кумарин, флавоноїди, вітамін С [2].

Отруєння у людей часто виникають унаслідок помилкового споживання через схожість з морквою, або селерою, що іноді призводило до смерті [3]. Симптоми отруєння виникають дуже швидко, вже через 20 хвилин після споживання. Спочатку спостерігається нудота, блювання, слинотеча, сильний біль у животі, аритмія. Згодом втрата свідомості та потужні судоми, в результаті яких може статися зупинка дихання, артеріальна гіпотензія, гостра серцева недостатність та смерть [1, 3].

Незважаючи на високий рівень токсичності цикути отруйної, її біологічно-активні сполуки становлять значний інтерес для фармакології. Пряме застосування у клінічній медицині обмежене високою токсичністю, але сполуки цикути можуть бути основою для синтезу безпечних та ефективних лікарських засобів. Через надвисоку токсичність у офіційній медицині практично не використовується. В народній медицині інколи застосовують лише зовнішньо (мазі, настойки) для лікування ревматизму, подагри, дерматозах [2].

Біологічно-активні сполуки цикути отруйної в малій дозі можуть чинити седативну та гальмівну дію. Завдяки впливу на рецептори, сполуки цикути можуть блокувати передачу больових імпульсів, проявляючи безпечні властивості. *Cicuta virosa* L. хоч і є однією з найнебезпечніших отруйних рослин, але в мікродозах може бути перспективна при лікуванні епілепсії (скорочувати період припадків) та викликаними нею порушення когнітивних функцій, координації рухів, пам'яті, гострий стрес, судоми [2, 3, 4]. Діючі речовини цикути отруйної проявляють антибактеріальну активність, а ефірна олія плодів протигрибкову активність [2, 5].

У підсумку можна сказати, що *Cicuta virosa* L. одна із найнебезпечніших отруйних рослин в світі, що містить активні поліненасичені спирти, зокрема цикутоксин, що призводять до серйозних нейротоксичних ефектів. Основний ризик пов'язаний із системними судомами та загрозою для життя при випадковому вживанні. Отже, пряме застосування цикути отруйної у клінічній медицині обмежене високою

токсичністю, але враховуючи її хімічний склад та її медико-біологічні властивості, дана рослина є перспективним об'єктом для подальших фармакологічних та медичних досліджень.

Література:

1. Медична біологія : підручник / В. П. Пішак, Ю. І. Бажора, Ш. Б. Брагін та ін. ; за ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. 3-тє вид. Вінниця: Нова Книга, 2017. 608 с.
2. Мінарченко В. М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення). Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 324 с.
3. Content analysis of digital archives contributes to the historical distribution and folk knowledge of the highly toxic *Cicuta virosa* L. in Hungary / S. Kis, V. A. Molnár. *Plants*. 2025. Vol. 14, Iss. 3. P. 315. URL: <https://doi.org/10.3390/plants14030315>
4. Efficacy of *Cicuta virosa* medicinal preparations against pentylenetetrazole-induced seizures / P. Mishra, J. K. Sinha, S. K. Rajput. *Epilepsy & Behavior*. 2021. Vol. 115. Art. 107653. URL: <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2020.107653>
5. Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cicuta virosa* L. var. *latisecta* Celak / J. Tian, X. Ban, H. Zeng et al. *International Journal of Food Microbiology*. 2011. Vol. 145, Iss. 2–3. P. 464–470. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.023>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-7>

**INFLUENCE OF ENERGY DRINK ON MACRO-
AND MICROELEMENT COMPOSITION OF KIDNEYS
AND ERYTHROCYTES**

**ВПЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО НАПОЮ НА МАКРО-
ТА МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД НИРОК ТА ЕРИТРОЦИТІВ**

Partsei Kh. Yu.

*Doctor of Philosophy,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Парцей Х. Ю.

*доктор філософії, доцент,
доцент кафедри біологічної та
медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Tokaryk H. V.

*Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National
Medical University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Токарик Г. В.

*кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри біологічної
та медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Senchii V. M.

*Candidate of Medical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National
Medical University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Сенчій В. М.

*кандидат медичних наук, доцент
доцент кафедри біологічної
та медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Упродовж останніх років відзначається стійка тенденція до зростання споживання енергетичних напоїв серед різних вікових груп населення, зокрема серед спортсменів, підлітків і студентів,

які використовують їх з метою підвищення працездатності або компенсації дефіциту сну [1, с. 469; 5, с. 295]. До складу енергетичних напоїв входять кофеїн, таурин, прості вуглеводи та інші біологічно активні сполуки, здатні впливати на інтенсивність енергетичного обміну, активність симпато-адrenalової системи та перебіг окисно-відновних процесів у клітинах.

Особливої актуальності проблема споживання енергетичних напоїв набула в умовах тривалого фізичного та психоемоційного напруження, хронічного стресу й нестачі сну. За даними сучасних досліджень, енергетичні напої активно використовуються військовослужбовцями для короткочасного підвищення пильності та зменшення відчуття втоми [4, с. 3; 7, с. 74]. З початком повномасштабної війни в Україні спостерігається помітне зростання їх споживання.

На передовій енергетичні напої застосовуються як засіб підтримання витривалості та концентрації уваги в умовах підвищеного навантаження, тоді як у цивільного населення вони нерідко використовуються як альтернатива каві в умовах обмеженого доступу до електроенергії під час блекаутів [2, с. 1].

Разом із тим зростання популярності енергетиків супроводжується підвищенням ризиків для здоров'я. Низка досліджень свідчить про зв'язок між їх регулярним споживанням і розвитком тривожних розладів, депресивних станів та серцево-судинних ускладнень [2, с. 1]. Однак, нез'ясованими залишаються питання регуляції метаболічних процесів в організмі за умов систематичного споживання енергетичних напоїв. Важлива роль у цих процесах належить макро- та мікроелементам, які забезпечують структурної цілісності клітинних мембран, регуляції іонного обміну та активності ензимів. Нирки виконують ключову функцію у підтриманні макро- та мікроелементного гомеостазу, тоді як еритроцити можуть слугувати чутливим індикатором системних змін мінерального обміну в організмі [3, с. 920; 6, с. 2].

Мета дослідження. Оцінити вплив енергетичного напою на макро- та мікроелементний склад (Mg, Cu, Fe, Zn, Mn) тканини нирок і еритроцитів експериментальних тварин.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на статевозрілих щурах-самцях масою 180–200 г. Тварин утримували на стандартному харчовому раціоні віварію. Контрольна група отримувала воду, експериментальна – енергетичний напій упродовж 30 днів. Забір крові та нирок проводили під анестезією тіопенталом натрію (60 мг/кг). Усі процедури відповідали вимогам Європейської конвенції про захист хребетних тварин (Страсбург, 1986). Вміст Mg, Cu, Fe, Zn та Mn визначали методом атомно-абсорбційної спектроскопії (С-115ПК,

SHIMADZU AA-7000). Статистичну обробку проводили з використанням Microsoft Excel та Statistica 8.0.

Результати та обговорення. У тканині нирок експериментальних тварин встановлено зниження вмісту всіх досліджуваних макро- та мікроелементів порівняно з контрольною групою. Зокрема, рівень купруму зменшувався у 5 разів, цинку – у 13 разів, мангану – у 2,5 раза, феруму – у 3,7 раза, магнію – у 2,3 раза. Такі зміни свідчать про розвиток дисмікроелементозу в організмі тварин, глибокі порушення ниркової регуляції біоелементного гомеостазу та можуть бути пов'язані з підвищеним метаболічним навантаженням і оксидативним стресом.

В еритроцитах експериментальних тварин виявлено різноспрямовані зміни макро- та мікроелементного складу. Вміст магнію підвищувався у 1,1 раза, цинку – у 1,9 раза, тоді як концентрації купруму та феруму знижувалися відповідно у 1,8 та 3 рази; для мангану характерним було незначне підвищення його вмісту порівняно з контрольними тваринами. Такий контраст між змінами в тканині нирок та еритроцитах може відображати порушення процесів перерозподілу та депонування елементів в організмі.

Висновки. Виявлені порушення свідчать про формування дисмікроелементозу та провідну роль нирок у порушеннях мінерального гомеостазу за умов тривалого прийому енергонапоїв.

Література:

1. Alsunni A. A. Energy drink consumption: beneficial and adverse health effects. *International Journal of Health Sciences (Qassim)*. 2015. Vol. 9, No. 4. P. 468–474. PMID: 26715927. PMCID: PMC4682602.
2. В Україні стрімко зріс попит на енергетичні напої, особливо серед військових [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://slovoproslovo.info/v-ukraini-strimko-zris-popyt-na-enerhetychni-napoi-osoblyvo-sered-viyskovykh> (дата звернення: 11 червня 2024).
3. Imenez Silva P. H., Mohebbi N. Kidney metabolism and acid-base control: back to the basics. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*. 2022. Vol. 474, No. 8. P. 919–934. DOI: 10.1007/s00424-022-02696-6.
4. Knapik J. J., Steelman R. A., Trone D. W., Farina E. K., Lieberman H. R. Prevalence of caffeine consumers, daily caffeine consumption, and factors associated with caffeine use among active duty United States military personnel. *Nutrition Journal*. 2022. Vol. 21, No. 1. Art. 22. DOI: 10.1186/s12937-022-00774-0.
5. McLellan T. M., Caldwell J. A., Lieberman H. R. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2017. Vol. 71. P. 294–312. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2016.09.001.

6. Rodriguez-Villamizar L. A., Medina O. M., Flórez-Vargas O., Vilanova E., Idrovo A. J., Araque-Rodriguez S. A., Henao J. A., Sánchez-Rodríguez L. H. Chemical element mixtures and kidney function in mining and non-mining settings in Northern Colombia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023. Vol. 20, No. 3. Art. 2321. DOI: 10.3390/ijerph20032321.

7. Stephens M. B., Attipoe S., Jones D., Ledford C. J., Deuster P. A. Energy drink and energy shot use in the military. *Nutrition Reviews*. 2014. Vol. 72, Suppl. 1. P. 72–77. DOI: 10.1111/nure.12139

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-8>

**USE OF MEDICINES CONTAINING Ω -3 POLYUNSATURATED
FATTY ACIDS (EPADOL AND OMACOR) IN PATIENTS
WITH ISCHEMIC HEART DISEASE**

**ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТІВ, ЩО МІСТЯТЬ Ω -3
ПОЛІНЕНАСИЧЕНІ ЖИРНІ КИСЛОТИ (ЕПАДОЛ ТА ОМАКОР)
У ХВОРИХ ІЗ ІШЕМІЧНОЮ ХВОРОБОЮ СЕРЦЯ**

Skoreiko R. S.

*Doctor of Philosophy (Medicine)
Rivne Medical Academy
Rivne, Ukraine*

Скорейко Р. С.

*доктор філософії (медицина)
Рівненська медична академія
м. Рівне, Україна*

Skoreiko N. T.

*Cardiologist at the Regional
Cardiology Center
Rivne Regional Clinical Hospital
Rivne, Ukraine*

Скорейко Г. Т.

*лікар-кардіолог
Обласний кардіологічний центр
м. Рівне, Україна*

Results of studies on the effects of Epadol and Omacor (participation in tissue metabolism processes [1-3]) on blood lipid spectrum indicators in cardiovascular system pathologies, in particular ischemic heart disease combined with hypertension, as well as in healthy individuals with dyslipoproteinemia.

Omacor is a medicinal product consisting of a mixture of ethyl esters of omega-3 polyunsaturated essential fatty acids (84–90%): eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA).

Epadol is a mixture with a high (at least 43.0%) content of omega-3 polyunsaturated fatty acid esters, as well as palmitic, linoleic, linolenic, oleic, stearic, and other fatty acids.

These preparations have hypolipidemic properties [4]:

- mainly reduce triglyceride levels by increasing the amount of peroxisomal β -oxidation of fatty acids in the liver, since EPC and DHA inhibit the activity of enzymes responsible for their synthesis [4–5];
- reduce the content of very low and low density lipoprotein cholesterol by accelerating their catabolism;
- reduce the amount of free fatty acids necessary for triglyceride synthesis [5].

Thirty people participated in the study, including 10 women in menopause (aged 45–55) – the first group, men aged 45–55 – the second group and a control group consisting of 5 men and 5 women.

Patients in the first and second groups had ischemic heart disease: exertional angina pectoris combined with stage II hypertension and stage B heart failure. The control group consisted of healthy individuals with dyslipoproteinemia.

Patients in the first group (coronary heart disease) were prescribed Epadole: two capsules per day; patients in the second group were prescribed Omacor: one capsule twice a day. The control group received omacor, one capsule twice a day. The average blood cholesterol (CH) level in the study group exceeded 6.2 mmol/L, triglyceride (TG) content exceeded 2.2 mmol/L, and the low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) content exceeded 3.42 mmol/L. All study participants, except for the third group, were prescribed basic therapy, which included: nitrates, antiplatelet agents, and β -blockers. Before the study, the blood lipid profile was determined 4 and 12 weeks after the start of the study. The results were evaluated based on laboratory, clinical, and instrumental studies. Blood pressure and liver function tests (AST, ALT) were monitored. The hypoglycemic effect [2–4, 6] was assessed as the percentage change in mean levels in the groups before and during treatment.

It was established that during treatment, no side effects were observed in individuals in group III who did not have arterial hypertension. The use of Omacor led to a decrease in systolic blood pressure by 3.2 mmHg and diastolic blood pressure by 2.5 mmHg. Against the background of therapy, both the main and control groups showed positive dynamics in blood lipid levels (Table 1).

Table 1

Blood lipid spectrum indicators while taking Epadol and Omacor

Lipid spectrum indicators	Total cholesterol (TC), mmol/L			Low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C)			Triglycerides		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
At the beginning of the study	6,8	6,4	6,2	3,45	3,12	3,42	2,10	1,92	2,20
After 4 weeks	6,2	6,0	5,8	3,20	3,00	3,32	1,92	1,80	2,13
After 12 weeks	5,8	5,6	5,2	3,00	2,90	312	1,72	1,74	1,84

Thus, against the background of therapy with drugs containing polyunsaturated fatty acids, both in the main and control groups, the levels of total cholesterol (TC) and very low density cholesterol (LDL-C) decreased in both the main and control groups. The study did not reveal any gender differences in the dynamics of lipid metabolism indicators. The inclusion of Epadol and Omacor in the complex treatment of the first and second groups of patients improved the blood lipid spectrum. Moreover, their use in the third group showed not only a hypolipidemic but also a hypotensive effect.

Bibliography:

1. Чернишов В. А. Сімейна комбінована гіперліпідемія: сучасні уявлення про патофізіологію, діагностику і корекцію. *Український терапевтичний журнал*. 2021. 2. С. 47–56. DOI: <https://doi.org/10.30978/UTJ2021-2-47>
2. Заїчко Н. В., Мельник А. В. Навчально-методичний посібник з біологічної хімії Ч. I та II. Вінниця, 2019. ВНМУ імені М. І. Пирогова.
3. Коваленко В. Н., Талаєва Т. В., Братусь В. В. Холестерин і атеросклероз: традиційні погляди і сучасні уявлення. *Український кардіологічний журнал*. 2010. 4. С. 7–26.
4. Mori T. A. Marine OMEGA-3 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease. *Fitoterapia*. 2017. Vol. 123. P. 51–58. doi: 10.1016/j.fitote.2017.09.015.
5. Мітченко О. І., Романов В. Ю., Іллюшина Г. Я. Реалізація міжнародних рекомендацій щодо профілактики серцево-судинних захворювань у жінок: фокус на омега-3-поліненасичені жирні кислоти. *Український медичний часопис*. 2013. 2(94). С. 107–109.

6. Мітченко О. І., Лутай М. І. Дисліпідемія: діагностика, профілактика та лікування. Методичні рекомендації Асоціації кардіологів України. К. : 2010. 48 с.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-9>

**CORRECTION OF ADRENALINE LEVELS
AND LIPID METABOLISM PARAMETERS BY SCUTELLARIA
BAICALENSIS UNDER ADRENALINE-INDUCED STRESS**

**КОРЕКЦІЯ РІВНЯ АДРЕНАЛІНУ ТА ПОКАЗНИКІВ ЛІПІДНОГО
ОБМІНУ ШОЛОМНИЦЕЮ БАЙКАЛЬСЬКОЮ ЗА УМОВ
АДРЕНАЛІН-ІНДУКОВАНОГО СТРЕСУ**

Shkurashivska S. V.

*Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Biological and Medical Chemistry
named after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Шкурашівська С. В.

*кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біологічної та
медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Ersteniuk H. M.

*Doctor of Biological Sciences, Professor,
Professor at the Department of Biological
and Medical Chemistry named
after Academician H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Ерстенюк Г. М.

*доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри біологічної
та медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Saviak O. L.

*Assistant at the Department of Biological
and Medical Chemistry named
after Academician
H. O. Babenko
Ivano-Frankivsk National Medical
University
Ivano-Frankivsk, Ukraine*

Сав'як О. Л.

*асистент кафедри біологічної
та медичної хімії імені академіка
Г. О. Бабенка
Івано-Франківський національний
медичний університет
м. Івано-Франківськ, Україна*

Сучасний арсенал фармацевтичних препаратів багатий на рослинні препарати, серед яких екстракт шоломниці байкальської який використовують для лікування пацієнтів при астеноневротичних станах і з артеріальною гіпертензією, оскільки ці стани часто взаємопов'язані [1, с. 294]. На сьогоднішній день в Україні на передній план проблемних питань виносяться питання впливу стресових ситуацій на організм людини. Виходячи з цього, актуальним є вивчення впливу адреналінового стресу та пошук підходів до корекції таких станів.

Метою даного дослідження було оцінити вплив екстракту Шоломниці байкальської на метаболізм ліпідів в організмі експериментальних тварин у динаміці адреналінового стресу.

В експерименті використано 40 білих щурів лінії Вістар масою 150–200 г. Тварин утримували на стандартному харчовому раціоні віварію [2, с. 65]. Для моделювання адреналінового стресу використовували дворазове введення 0,18% розчину адреналіну гідрохлориду з розрахунку 0,05 мг/кг маси тіла [3, с. 285]. З метою зменшення стресогенного навантаження на організм, тваринам вводили екстракт рідкий кореневища з коренями шоломниці байкальської (*Scutellaria baicalensis*) (1:5) (екстрагент – етанол 70%).

Адреналін вводили внутрішньом'язово (внутрішня поверхня задньої кінцівки). Добову дозу екстракту шоломниці для щурів розраховували на основі еквівалентної дози для людини, та вводили перорально за 30 хв до ін'єкцій адреналіну (0,3 мл/кг). Забір крові, печінки та м'язів проводили через 30 хв і 24 год після введення адреналіну шляхом декапітації під тіопенталовим наркозом відповідно до директиви ЄС 2010/63/EU щодо захисту експериментальних тварин [4, с. 33]. Тварин розподілили на п'ять груп: I – інтактний контроль (0,9% NaCl); II – дворазове введення адреналіну з інтервалом 1 год, забір через 30 хв; III – адреналін у тому ж режимі та екстракт шоломниці, введений двічі з інтервалом 1 год за 30 хв до адреналіну, забір через 30 хв; IV – адреналін, забір через 24 год; V – адреналін і екстракт шоломниці байкальської за аналогічною схемою, забір через 24 год. Тканини гомогенізували у 10% розчині трихлороцтової кислоти (ТХО) у співвідношенні 1:10 (маса/об'єм) з подальшим центрифугуванням при 8000 об./хв. Статистичний аналіз виконували у програмі «Statistica 7.0» із застосуванням двостороннього t-критерію Стьюдента. Відмінності вважали достовірними при $p < 0,05$.

Для оцінки стану симпато-адреналової системи визначали рівень адреналіну в плазмі крові. Через 0,5 год цей показник залишався близьким до значень інтактних тварин, але був у 1,3 рази вищим порівняно з групою без шоломниці. Через 24 години також не

відрізнявся від контролю, перевищуючи показники групи порівняння у 1,7 рази.

Введення екстракту шоломниці суттєво впливало на показники ліпідного обміну. У плазмі крові рівень ТАГ через 0,5 год знижувався у 4,5 рази відносно контролю та у 1,5 рази від групи порівняння, а через 24 год – у 19,2 та 8,4 рази відповідно.

У печінці, навпаки, рівень ТАГ підвищувався через 0,5 год у 2,7 та 2 рази, а через 24 год – у 2,4 та 2,7 рази відповідно до контролю і групи без шоломниці.

У м'язах відзначали лише незначні зміни: підвищення у 1,1–1,4 рази через 0,5 год та у 1,2 рази через 24 год без істотних відмінностей від контролю.

Таким чином, застосування шоломниці супроводжувалося зниженням ТАГ у крові при їх підвищенні в печінці та мінімальних змінах у м'язах.

Важливим показником для характеристики ліпідного обміну є рівень холестеролу. Аналіз рівня холестеролу показав, що в плазмі крові через 0,5 год він зростав у 1,3 рази відносно контролю та у 2,3 рази від групи, які не отримували шоломниці, а через 24 год не відрізнявся від інтактних тварин, проте залишався вищим у 1,7 рази порівняно з групою без корекції. У печінці рівень холестеролу знижувався через 0,5 год у 7,5 рази відносно контролю та у 2,5 рази від групи порівняння, а через 24 год – у 9,3 та 6,8 рази відповідно.

У м'язах також відзначалось значне зниження: через 0,5 год – у 10,3 та 5,3 рази, а через 24 год – у 10 та 6,2 рази порівняно з контролем і тваринами без шоломниці. Результати проведеного дослідження вказують на те, що у клітинах печінки та м'язів за умов застосування шоломниці рівень холестеролу суттєво знижується.

Для характеристики метаболізму ліпідів нами використано показник концентрації кетонових тіл, який дозволяє оцінити інтенсивність катаболізму жирних кислот з одного боку, з іншого – стан енергетичного обміну. Отримані результати вказують на те, що концентрація кетонових тіл у плазмі крові через 0,5 год перевищувала контрольні значення у 1,2 рази та у 2,4 рази від тварин групи порівняння, через 24 години рівень кетонових тіл залишався майже незмінним по відношенню до інтактних тварин, та у 1,6 рази вищим від тварин, які не отримували шоломниці.

Таким чином, застосування екстракту шоломниці байкальської за умов адреналінового стресу сприяє стабілізації рівня адреналіну та нормалізації ліпідного обміну. Це проявляється зниженням триацилгліцеролів у плазмі крові при їх підвищенні в печінці без суттєвих змін у м'язах, зменшенням вмісту холестеролу в печінці та м'язах

і підвищенням кетонових тіл у крові, що свідчить про активацію катаболізму жирних кислот та оптимізацію енергетичного обміну.

Література:

1. Шкурашівська С. В., Ерстенюк Г. М. Вплив шоломниці байкальської на вуглеводний обмін щурів при адреналіновому стресі. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2019. Т. 4, № 4 (20). С. 294–299. DOI: 10.26693/jmbs04.04.294.
2. National Research Council. *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals*. 8th ed. Washington : National Academies Press, 2011. 220 p. P. 65–66.
3. Chen M. H., Lu J. Y., Xie L., Zheng J. H., Song F. Q. What is the optimal dose of epinephrine during cardiopulmonary resuscitation in a rat model? *American Journal of Emergency Medicine*. 2010. Vol. 28, No. 3. P. 284–290. DOI: 10.1016/j.ajem.2008.11.023.
4. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*. 2010. L 273. P. 33–79.

SECTION 3. CHEMISTRYDOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-10>**INTERACTION OF DOXORUBICIN WITH DEOXYRIBONUCLEIC ACID SORBED ONTO NANOCRYSTALLINE TITANIA SURFACE****ВЗАЄМОДІЯ ДОКСОРУБІЦИНУ
З ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕЇНОВОЮ КИСЛОТОЮ,
АДСОРБОВАНОЮ НА ПОВЕРХНІ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО
ДІОКСИДУ ТИТАНУ****Markitan O. V.***Candidate of Chemical Sciences,
Senior Researcher**Chuiiko Institute of Surface Chemistry
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine***Маркітан О. В.***кандидат хімічних наук, старший
науковий співробітник**Інститут хімії поверхні
імені О. О. Чуйка
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Протягом останніх десятиліть велику увагу привертає можливість створювати штучні наноструктури методом підбору адаптованих послідовностей нуклеїнових кислот, які отримали назву «ДНК-оригами» [1]. Вони можуть діяти як терапевтичні засоби, слугувати платформами для лігандів чи резервуарами для лікарських препаратів у системах доставки ліків [2], а також використовуватися для різноманітних наукових та технологічних цілей [3].

Створення нових терапевтичних матеріалів на основі молекул нуклеїнових кислот спонукає до їх комбінування з природними матеріалами, що здатні адсорбувати ці молекули. Завдяки низькій токсичності, фізико-хімічній стабільності та високій біосумісності одним з найперспективніших матеріалів для таких цілей є нанокристалічний діоксид титану.

У роботі досліджено здатність до взаємодії дезоксирибонуклеїнової кислоти, іммобілізованої на поверхні нанокристалічного діоксиду титану, з цитотоксичним протипухлинним антибіотиком антрациклінового ряду – доксорубіцином (рисунок, *a*). Механізм дії антибіотиків цього ряду пов'язаний з їх здатністю взаємодіяти з ДНК шляхом інтеркаляції, виступаючи в ролі інгібіторів синтезу нуклеїнових кислот. Недоліком використання доксорубіцину, як і більшості цитотоксичних

препаратів, є його низька специфічність, кардіотоксичність та зниження кількості лейкоцитів в об'ємі крові. Важливим та актуальним є питання ефективного та цілеспрямованого транспортування молекул даного препарату до ділянок, які потребують лікування, мінімізація побічних ефектів або видалення його надлишкових кількостей.

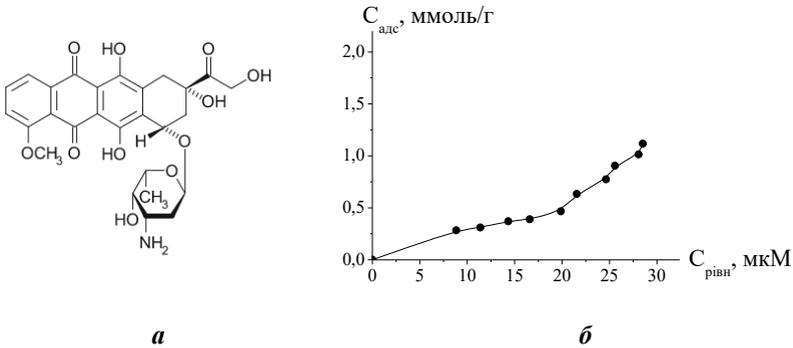


Рис. 1. Структурна формула доксорубіцину та ізотерна його адсорбції на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану при рН=4.6 (б). Концентрація ДНК на поверхні діоксиду титану 0.11 г/л

Сорбційну взаємодію ДНК, іммобілізованої на поверхні нанокристалічного діоксиду титану, з доксорубіцином було досліджено в залежності від вихідної концентрації антибіотика при рН=4.6 (рисунок, б): на початковому етапі спостерігається плавний хід кривої адсорбції до $C_{\text{рівн}} \approx 20 \mu\text{M}$ ($C_{\text{ДНК}}/C_{\text{Докс}}=18$). При підвищенні концентрації сорбату крива залежності поступово зростає. Початкова гілка ізотерми відповідає процесу проникнення молекул доксорубіцину у жолобки та інтеркаляції з електростатичним зовнішнім зв'язуванням на початковому етапі процесу взаємодії, а наступна – лише електростатичному зв'язуванню з доступною частиною зовнішньої поверхні молекули нуклеїнової кислоти. Не виключено, що при подальшому підвищенні концентрації можлива взаємодія між молекулами сорбату, коли попередньо зв'язана молекула доксорубіцину з ДНК слугує центром адсорбції для наступної його молекули.

Було розраховано кількісні та термодинамічні характеристики адсорбційної взаємодії, що відповідають початковій гілці ізотерми, та проаналізовано отримані результати з використанням різних ізоермічних моделей (таблиця). Даний процес адсорбційної взаємодії є спонтанним ($\Delta G^\circ < 0$) і здійснюється за іонообмінним механізмом, про

що свідчить середнє значення енергії адсорбції та теплоти адсорбції, розраховані за моделлю Дубініна-Радушкевича та Тьомкіна відповідно. Параметри міри інтенсивності сорбції, розраховані за моделями Фрейндліха та Ленгмюра, вказують на сприятливий характер адсорбції ДОКС з ДНК на поверхні діоксиду титану та енергетично рівномірний розподіл активних сорбційних центрів на поверхні орґано-мінерального сорбенту TiO_2 –ДНК.

Таблиця 1

**Кількісні параметри сорбційної взаємодії у потрійній системі
 TiO_2 –ДНК–ДОКС при $C_{\text{ДНК}}/C_{\text{ДОКС}} \geq 18$**

Модель адсорбції	Параметри моделі	Значення параметрів
		pH = 4.6
Ленгмюра	$\log K_L$	4.74
	A_{max} , ммоль/г	84.33
	ΔG° , кДж/моль	-26.58
	R_L , (C_0 , моль/л)	0.31
	R^2	0.9777
Фрейндліха	K_F , г/моль	0.33
	$1/n$	0.61
	R^2	0.9854
Дубінін-Радушкевича	K_{DR} , моль ² /кДж ²	0.0046
	A_{max} , ммоль/г	106.38
	E , кДж/моль	10.48
	R^2	0.9838
Тьомкіна	$\log K_T$	5.6
	V_T , кДж/моль	11.08
	R^2	0.9725

Показано, що попередня адсорбція ДНК на поверхні діоксиду титану (імобілізація) не перешкоджає її взаємодії з доксорубіцином (ДОКС). Механізм зв'язування доксорубіцину з молекулами адсорбованої ДНК залежить від величини співвідношення $C_{\text{ДНК}}/C_{\text{ДОКС}}$. Зв'язування ДОКС з ДНК–вмісним діоксидом титану є досить сильним при малих вихідних концентраціях доксорубіцину, коли є можливості для входженні молекул антибіотика між парами азотистих основ спіралі – реалізації інтеркаляційної взаємодії.

Такі гібридні орґано-мінеральні сорбенти можуть слугувати модельними системами для досліджень ефективного та селективного транспортування терапевтичних речовин до ділянок, які потребують лікування, щоб мінімізувати побічні ефекти при їх використанні або для видалення надлишкових кількостей цих препаратів.

Література:

1. Linko V., Kostianen M.A. Automated design of DNA origami. *Nature Biotechnology*. 2016. V. 34. P. 826–827.
2. Keller A., Linko V. Challenges and perspectives of DNA nanostructures in biomedicine. *Angewandte Chemie International Edition*. 2020. V. 59. P. 15818–15833.
3. Nummelin S., Shen B., Piskunen P., Liu Q., Kostianen M. A., Linko V. Robotic DNA nanostructures. *ACS Synthetic Biology*. 2020. V. 9. P. 1923–1940.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-11>

**A NOVEL MAGNETICALLY RESPONSIVE
FERROCYANIDE/ZIF-8 COMPOSITE
FOR RADIOACTIVE IONS CAPTURE**

**НОВИЙ МАГНІТОЧУТЛИВИЙ КОМПОЗИТ
НА ОСНОВІ ФЕРОЦІАНІДУ/ZIF-8
ДЛЯ ВЛОВЛЮВАННЯ РАДІОАКТИВНИХ ІОНІВ**

Trofymchuk I. M.

*Junior Researcher at the Department
of Nanomaterials
Chuiiko Institute of Surface Chemistry
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Трофимчук І. М.

*молодий науковий співробітник
відділу наноматеріалів
Інститут хімії поверхні
імені О. О. Чуйка
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Roik N. V.

*Candidate of Chemical Sciences,
Senior Researcher,
Senior Researcher at the Department
of Nanomaterials
Chuiiko Institute of Surface Chemistry
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Роїк Н. В.

*кандидат хімічних наук,
старший дослідник,
старший науковий співробітник
відділу наноматеріалів
Інститут хімії поверхні
імені О. О. Чуйка Національної
академії наук України
м. Київ, Україна*

Gorbyk P. P.

*Doctor of Physical and Mathematical
Sciences, Professor,
Corresponding Member of NAS
of Ukraine, Head of the Department
of Nanomaterials
Chuiiko Institute of Surface Chemistry
of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Горбик П. П.

*доктор фізико-математичних наук,
професор,
член-кореспондент НАН України,
завідувач відділу наноматеріалів
Інститут хімії поверхні
імені О. О. Чуйка Національної
академії наук України
м. Київ, Україна*

Magnetically responsive sorbents represent one of the most promising classes of materials for water treatment processes. Their advantages include facile and rapid separation, recyclability, and a reduced risk of secondary pollution, which is often associated with the use of conventional powder adsorbents [1, p. 245]. Although bare magnetic nanoparticles possess

the ability to capture certain toxic substances, they tend to agglomerate and oxidize in aqueous media. Consequently, the fabrication of magnetic composites with inorganic or organic coatings is generally required to enhance their physicochemical stability and sorption performance [2, p. 2]. Such materials typically exhibit a “core–shell” architecture, where the magnetic core ensures responsiveness to external magnetic fields, while the shell provides active sorption sites for interaction with aqueous contaminants. Various magnetically responsive materials have been prepared for water pollutant removal: carbon-based sorbents were found to be effective in the elimination of heavy metals [3, p. 22], pesticides [3, p. 25], dyes, organic compounds, and radionuclides [3, p. 29]; magnetic polymers exhibit not only high sorption performance toward dyes and heavy metals, but also efficiency in oil–water separation [4, p. 3]; and magnetic composites with metal-organic frameworks inherit the advantages of both a large surface area and easy recovery in the sorption of a wide range of water contaminants [5, p. 23]. In general, scientific attention and applied interest in magnetic composite materials have been increasing exponentially over recent years [6, p. 66].

In the present study, a novel magnetically responsive material was synthesized via the coordinative immobilization of metal ferrocyanide (FC) structures onto citrate-capped magnetite nanoparticles covered by zeolitic imidazolate framework (ZIF). The resulting FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH hybrid combines the unique structural features of metal-organic frameworks (high specific surface area and porosity) with the excellent affinity of ferrocyanides toward metal cations. The porous structure of FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH was studied by low-temperature nitrogen adsorption-desorption method. Magnetic composite exhibits a BET surface area (S_{BET}) of 261 m²/g, a micropore area (S_{micro}) and volume (V_{micro}) of 233 m²/g and 0.09 cm³/g, respectively, total pore volume (V_{tot}) of 0.18 cm³/g, and wide pore size distribution. XRD analysis confirmed the successful encapsulation of Fe₃O₄-COOH nanoparticles within the crystalline ZIF-8 lattice and the subsequent formation of the copper FC phase. The diffraction patterns revealed characteristic peaks of magnetite, the SOD-type lattice of ZIF-8, and additional reflections corresponding to mixed metal ferrocyanides. According to the results of XRD analysis, FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH hybrid exhibits interconnected cavities (0.46 nm) and channels (0.32 nm) in the crystal structure of FC component, compatible with the size of dehydrated Cs⁺ ions (0.33 nm). Since radionuclides possess the same ionic dimensions as stable cesium ions, synthesized magnetic composite also holds significant potential for the selective capture of radioactive isotopes from aqueous solutions.

The sorption efficiency of FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH towards Cs⁺ was investigated in aqueous solutions as a function of solution acidity, contact time, equilibrium adsorbate concentration, and the presence of competing cations. It was found that variations in solution pH from 6 to 9 do not significantly affect the sorptive removal Cs⁺ by FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH. Kinetic studies revealed that Cs⁺ removal occurs rapidly, reaching 86 % uptake within the first 10 minutes. The sorption process was found to follow a pseudo-second-order kinetic model, while equilibrium data were best described by the Freundlich isotherm, confirming the interaction of Cs⁺ ions with energetically nonequivalent surface sites of the sorbent and yielding a maximum capacity of 68.6 mg/g. To estimate sorption selectivity of FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH toward Cs⁺, competitive studies were carried out from mixed solutions containing excess amounts of coexisting ions (Na⁺, K⁺, or Ca²⁺). The values of Cs⁺ sorption on the magnetically responsive composite and its distribution coefficient reach 54.6 mg/g and 850 mL/g, respectively, and decrease slightly with the increase of coexisting cations concentration in the series Na⁺<Ca²⁺<K⁺.

Overall, the synthesized FC/Cu_ZIF-8/Fe₃O₄-COOH composite demonstrates exceptional potential for the selective removal of radioactive cesium, enabled by the precise size-matching between the ferrocyanide lattice and Cs⁺. High distribution coefficients and rapid uptake kinetics, maintained even in the presence of competing ions, confirm the material's structural robustness and chemical affinity. These results highlight a probable pathway for advanced nuclear wastewater remediation, combining high-throughput purification with the benefits of facile magnetic recovery.

Bibliography:

1. Mehta D., Mazumdar S., Singh S. K. Magnetic adsorbents for the treatment of water/wastewater – a review. *J. Water Process Eng.* 2015. V. 7. P. 244–265.
2. Vallez-Gomis V., Grau J., Benede J. L., Chisvert A. Magnetic sorbents: Synthetic pathways and application in dispersive (micro)extraction techniques for bioanalysis // *TrAC Trend. Anal. Chem.* 2024. V. 171. P. 117486.
3. Reynel-Ávila H. E., Camacho-Aguilar K.I., Bonilla-Petriciolet A., Mendoza-Castillo D.I., González-Ponce H.A., Trejo-Valencia R. Engineered Magnetic Carbon-Based Adsorbents for the Removal of Water Priority Pollutants: An Overview. *Ads. Sci. Tech.* 2021. P. 9917444.

4. Jazzar A., Alamri H., Malajati Y., Mahfouz R., Bouhrara M., Fihri A. Recent advances in the synthesis and applications of magnetic polymer nanocomposites. *J. Ind. Eng. Chem.* 2021. V. 99. P. 1–18.

5. Wang C., Liu X., Yang T., Sridhar D., Algadi H., Xu B. B., Guo Z. An overview of metal-organic frameworks and their magnetic composites for the removal of pollutants. *Sep. Purif. Technol.* 2023. V. 320. P. 124144.

6. Franzreb M. New classes of selective separations exploiting magnetic adsorbents. *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 2020. V. 46. P. 65–76.

SECTION 4. PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL RESEARCH

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-12>

SCIENTIFIC INNOVATIONS IN THE FIELD OF PHYSICS AS A STRATEGIC RESOURCE FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN TECHNOLOGIES

НАУКОВІ ІННОВАЦІЇ У СФЕРІ ФІЗИКИ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ РЕСУРС РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Nadala O. S.

*Physics teacher at the Department of
Fundamental Sciences
Hetman Petro Sahaidachny National
Army Academy
Lviv, Ukraine*

Надала О. С.

*викладач фізики кафедри
фундаментальних наук
Національна академія сухопутних
військ імені гетьмана Петра
Сагайдачного
м. Львів, Україна*

Актуальність теми. Стрімкий розвиток науки у XXI столітті підштовхує до активного впровадження інноваційних методів у галузі фізики. Вона виступає фундаментальною основою науково-технічного прогресу. Сучасні дослідження є основою для передових рішень у сфері оборонної промисловості, енергетики, медицини, інформаційних технологій та інших галузей сучасних технологій. Результати цих фундаментальних досліджень визначаються в інтеграції із практичним застосуванням. Особливого значення набувають дослідження у галузі квантової механіки, фізики твердого тіла та нанотехнологій, які формують нову парадигму технологічного розвитку [3, с. 12]. В умовах глобальних викликів особливого значення набувають розробки на підвищення енергоефективності, інформаційної безпеки та технологічної автономії держави.

Інноваційна складова фізики полягає не лише у відкритті нових закономірностей природи, а й у створенні технологічних рішень на їх основі. В умовах глобалізації та цифрової трансформації економіки наукові інновації стають ключовим чинником конкурентоспроможності держави.

Мета та завдання дослідження. Проаналізувати передові напрями інновацій у фізиці та визначити їх вплив на розвиток сучасних

технологій. Серед ключових інноваційних напрямів розвитку фізики можна виділити такі скерування як:

1. Квантові технології. Розвиток квантової механіки зумовив створення принципово нових інформаційних систем. Квантові обчислення ґрунтуються на явищах суперпозиції та квантової заплутаності, що дозволяє виконувати обчислення з експоненційним прискоренням для певних задач [3, с. 78]. Криптографія та сенсорика відкривають нові можливості для обробки інформації та забезпечують кібербезпеку. Це зумовлюється завдяки фізичним законам, які унеможливають непомітне перехоплення даних. Розвиток цього напрямку є стратегічно важливим для систем національної безпеки.

2. Нанофізика та матеріалознавство є дослідження властивостей та створення наноструктурованих матеріалів із заданими електрофізичними та механічними властивостями. Наноструктуровані матеріали демонструють унікальні електричні, магнітні та механічні характеристики, що відрізняються від властивостей масивних тіл [4, с. 112]. Завдяки розвитку нанотехнологій створюються високочутливі сенсори, нові напівпровідникові структури, надпровідники та композитні матеріали. Усе це сприяє підвищенню ефективності електронних пристроїв.

3. Інновації в енергетиці. Дані інновації можна охарактеризувати як відновлювана енергетика. Сучасні енергетичні виклики стимулюють пошук альтернативних джерел енергії. Фізика напівпровідників лежить в основі створення фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії [1, с. 203]. Перспективним напрямом є дослідження керованого термоядерного синтезу як потенційно невичерпного джерела енергії. Розвиток водневої енергетики та систем накопичення енергії також базується на досягненнях сучасної фізики.

4. Медична фізика. Магнітно-резонансна томографія, радіаційна терапія та лазерні технології ґрунтуються на фундаментальних фізичних принципах [2, с. 189]. Застосування фізичних методів у медицині значно підвищило ефективність, точність діагностики та лікування.

5. Фізика високих енергій та фундаментальні дослідження. Дослідження фундаментальних частинок і космічних явищ сприяють глибшому розумінню будови Всесвіту. Розробка детекторів частинок і нових методів вимірювання створює передумови для технологічних інновацій у суміжних галузях [3, с. 145]. Фундаментальні відкриття часто стають основою для прикладних технологій, що з'являються через десятиліття після проведення базових досліджень.

Роль фізики у формуванні інноваційної економіки. Фізика є базовою наукою для підготовки фахівців технічного профілю. Розвиток освітніх стандартів у галузі фізики спрямований на формування дослідницьких компетентностей і здатності до інноваційної діяльності [6, с. 5].

Стратегічні документи розвитку науки в Україні визначають фізику як пріоритетний напрям фундаментальних досліджень. Наукові інновації у сфері фізики є стратегічним ресурсом технологічного прогресу.

Висновки. Інтеграція фундаментальних досліджень із прикладними розробками забезпечує формування конкурентноспроможної економіки та сприяє підвищенню рівня науково-технічного потенціалу держави, є основою модернізації суспільства. Квантові технології, наноматеріали, альтернативна енергетика та медична фізика є ключовими напрямками інноваційної діяльності. Інноваційний процес веде до формування економіки знань.

Література:

1. Засєкін Д. О., Засєкіна Т. М. Фізика і астрономія (рівень стандарту) : підруч. Київ : Оріон, 2018. 272 с.
2. Бар'яхтар В. Г. та ін. Фізика (рівень стандарту) : підруч. Харків : Ранок, 2019. 272 с.
3. Шут М. І., Благий О. І. Квантова механіка : навч. посіб. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2012. 320 с.
4. Морозов А. І., Ємельянов В. М. Нанофізика та нанотехнології : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 256 с.
5. Міністерство освіти і науки України. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія». Київ, 2020.
6. Національна академія наук України. Стратегія розвитку НАН України на 2021–2030 роки. Київ, 2021.

SECTION 5. GEOLOGY

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-13>

PROSPECTS FOR FINDING RARE EARTH MINERALIZATION IN CLAYS OF UKRAINE

ПЕРСПЕКТИВА ПОШУКУ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОЇ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ В ГЛИНАХ УКРАЇНИ

Kylchytka H. O.

*Doctor of Geological Sciences, Senior
Research Fellow,
Chief Research Fellow
M. P. Semenenko Institute
of Geochemistry, Mineralogy and Ore
Formation of the National Academy
of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Кульчицька Г. О.

*доктор геологічних наук, старший
науковий співробітник,
головний науковий співробітник
Інститут геохімії, мінералогії
та рудоутворення
імені М. П. Семененка
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Belskyi V. M.

*Candidate of Geological Sciences,
Senior Researcher,
M. P. Semenenko Institute
of Geochemistry, Mineralogy and Ore
Formation of the National Academy
of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Бельський В. М.

*кандидат геологічних наук, старший
науковий співробітник
Інститут геохімії, мінералогії
та рудоутворення
імені М. П. Семененка
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

Chernysh D. S.

*Candidate of Geological Sciences,
Senior Researcher,
Head of the Department
M. P. Semenenko Institute
of Geochemistry, Mineralogy and Ore
Formation of the National Academy
of Sciences of Ukraine
Kyiv, Ukraine*

Черниш Д. С.

*кандидат геологічних наук, старший
дослідник, завідувач відділу
Інститут геохімії, мінералогії
та рудоутворення
імені М. П. Семененка
Національної академії наук України
м. Київ, Україна*

В Україні відомо близько 60 мінеральних видів рідкісноземельних елементів та ітрію (REY) і чимало їх родовищ та рудопроявів. Промислове значення мають менше десятка видів (бритоліт, аланіт,

монацит, ксенотим, тощо), більшість з яких є важкорозчинними силкатами або фосфатами. Серед родовищ лише одне належить до суто рідкісноземельного, інші класифіковані як рідкісноземельно-рідкіснометалеві. Усі розвідані рудопрояви зосереджені в кристалічних породах Українського щита.

Іонно-адсорбційні родовища REY. У світі нині набувають популярності так звані іонно-адсорбційні родовища [10]. Одні з них пов'язані з корою вивітрювання гранітів в умовах субтропічного клімату [12], інші – з глибоководними океанічними мулами, в яких прогнозують величезні запаси REY [9]. Хоча родовища такого типу виявлено в 1960-х рр., інтерес до них зріс лише в XXI ст. у зв'язку зі зрослим попитом на REY і монополію Китаю, де вони найкраще вивчені.

Головними концентраторами адсорбованих REY є глинисті відклади, що містять каолінит, гідратовані слюди, галузити, смектити. Джерелом REY служать первинні і вторинні мінерали-носії цих елементів, а також інші мінерали, що містять REY як ізоморфні домішки. Іони REY^{3+} , що вивільнилися у зоні дезінтеграції кристалічних порід, надходять у ґрунтові води, адсорбуються на поверхні глинистих мінералів, зокрема каолініту, якому належить провідна роль у корі вивітрювання гранітоїдних порід [8, 12], та утримуються на його негативно зарядженій поверхні фізичними силами – слабким електричним зарядом. Тому катіони вилугування (наприклад, амонію NH_4^+) легко десорбують іонно зв'язані REY^{3+} з поверхні глинистих мінералів та вивільняють їх у розчин за реакцією іонного обміну [11]. За наявності іонів фосфору відмічено існування хімічних зв'язків на кшталт $\equiv Si-O-REY^{2+}$ [8, 13]. Порівняно з материнською породою вміст REY у глинистому горизонті кори вивітрювання може зростати до десяти разів [12]. В океанічних мулах REY тяжіють до колоїдних форм Fe, Mn, Al, філіпситу і біогенного апатиту [9]. Родовища з іонно-адсорбованими REY приваблюють відносно легкістю десорбції REY з глинистих мінералів і, попри відносно невеликий вміст у породі, гігантськими запасами.

Знахідка рідкісноземельного силкату в стародавній кераміці. Звернути увагу на глинисті породи в Україні як джерела REY нас спонукала знахідка аморфного фосфатосилкату церію в кераміці з поселення бронзової доби поблизу м. Канів. Емпірична формула фосфатосилкату $Se_{1,78}La_{0,03}Ca_{0,24}Al_{1,29}Fe_{0,43}Si_{2,65}P_{0,58}O_{12,5}$. За хімічним складом фаза проміжна між аланітом-(Ce) і бритолітом-(Ce). У матричній кераміці REY не виявлено, лише підвищений вміст P_2O_5 (1–3 мас. %), що дало змогу припустити, що джерелом гончарної глини для кераміки були фосфоритоносні відклади канівської світи палеогену.

Пошук іонно-адсорбованих REY в Україні. Інформації про рідкісноземельну мінералізацію в некристалічних породах України дуже мало. Дослідження глибоководних мулів Чорного моря по профілю Ялта – Батумі [5] у 1948 р. зафіксували в цих відкладах концентрації REY вдвічі більші за кларк. Також відмічено, що фосфорити осадового походження нерідко збагачені на REY. Були повідомлення про високий вміст REY в левігіті (алуніті) з часовоярських глин – 1,7 % [цит. за 5].

Особливу увагу ми приділили фосфоритоносним відкладам, оскільки рідкісноземельний силікат у кераміці утворився в глині, збагаченій на фосфор Na жаль, з цього боку фосфорити України майже не вивчені [2, 3, 6 та ін]. Є дані [3] напівкількісного спектрального аналізу фосфоритів у відкладах від венду до палеогену, зокрема і канівської світи, які показують вміст у них Y й Yb близько 0,001 %. На цьому тлі первинні фосфорити крейдяного віку в Придністер'ї видаються збагаченими на Y (0,01 %). Про інші елементи не згадано, хоча монацит трапляється у важкій фракції фосфоритів. Найбільші значення отримано для мергелистих жовен з Роздольського родовища [4]. В аморфному колофані визначено ~0,15 мас. % REY₂O₃.

Ще більший вміст REY виявлено у корі вивітрювання кристалічних порід, та отримані результати не засвідчують наявність саме адсорбованих іонів REY³⁺ ні в самій корі, ні в покривних четвертинних глинах. З результатів аналізу жорстви з кори вивітрювання сієнітів Азовського родовища [1] можна лише зробити висновок, що більшість REY представлена первинними і вторинними мінералами сієнітів і лише 10–20 % зв'язано з найтоншою (шламовою) фракцією жорстви.

Такий самий висновок впливає з результатів опробування інших перспективних ділянок у Приазов'ї [7]. Винятком є аргілітизовані відклади нижнього карбону у зоні стикування Українського щита з Донбасом. Каолініт-сметитовий склад аргілізитів на тлі підвищеного вмісту REY і поодиноких знахідок рудних мінералів дають змогу розглядати ці відклади як цілком перспективні щодо виявлення адсорбованої мінералізації на глинистих мінералах. Високий відсоток вилугування із застосуванням сульфатної кислоти може свідчити про наявність хімічно зв'язаних карбонатних комплексів на поверхні каолініту і сметитів.

Іонна рідкісноземельна руда (IREO), як унікальний ресурс рідкісноземельних елементів, має перевагу перед традиційними рудними мінералами: багаті ресурси, широкий спектр елементів, зазвичай низька радіоактивність, вищий ступінь екологічної безпеки. Очевидно, що майбутнє за родовищами IREO, пошук яких в Україні заслуговує на увагу.

Література:

1. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского блока Украинского щита / отв. ред. Пономаренко А. Н., Анциферов А. В. Донецк : Ноулидж, 2012. 374 с.
2. Гудзенко В. В., Шехунова С. Б., Стадніченко С. М. Радиогеохімічні особливості фосфоритів України. *Пошукова та екологічна геохімія*, 2015. № 1 (16). С. 32–36.
3. Коваленко Д. Н., Семенов В. Г. Фосфорити України. Київ : Наукова думка. 1964. 180 с.
4. Лазаренко Є. К., Сребродольський Б. І. Мінералогія Поділля. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1969. 347 с.
5. Остроумов Э. А. Редкие земли в глубоководных отложениях Черного моря. *Докл. АН СССР*, 1953. 91, № 5. С. 1175–1178.
6. Сеньковский Ю. Н., Глушко В. В., Сеньковский А. Ю. Фосфориты запада Украины. Киев : Наук. думка, 1989. 144 с.
7. Сетая Л. Д., Ніколаєв І. Ю., Стрекозов С. М. Родовища рідкісноземельних елементів нетрадиційного типу (Приазов'я, Український щит). *Геохімія та рудоутворення*, 2022. Вип. 43. С. 74–85. <https://doi.org/10.15407/gof.2022.43.074>
8. Alshameri A., He H., Xin C. et al. Understanding the role of natural clay minerals as effective adsorbents and alternative source of rare earth elements: adsorption operative parameters. *Hydrometall.*, 2019. V. 185. P. 149–161. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.02.016>
9. Kato Y., Fujinaga K., Nakamura K. et al. Deep-sea mud in the Pacific Ocean as a potential resource for rare-earth elements. *Nature Geoscience*, 2011. 4. P. 535–539. doi:10.1038/ngeo1185
10. Knorsch, M., Gazley, M., Ince, M. et al. An introduction to clay-hosted REE deposits in Australia. *Geoscience Frontiers*, 2025. 16, 101977. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101977>
11. Moldoveanu G. A., Papangelakis V. G. Recovery of rare earth elements adsorbed on clay minerals: I. Desorption mechanism. *Hydrometall.*, 2012. V. 117–118. P. 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2012.02.007>
12. Yusoff Z. M., Ngwenya B. T., Parsons I. Mobility and fractionation of REEs during deep weathering of geochemically contrasting granites in a tropical setting Malaysia. *Chem. Geol.*, 2013. V. 349–350. P. 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2013.04.016>
13. Zhou J., Liang X., WenbinYu et al. Effect of phosphate on the sorption and fractionation of rare earth ions on kaolinite surface and its geochemical significance *Chem. Geol.*, 2024. V. 648. 121976 <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2024.121976>

SECTION 6. FEATURES OF TRAINING SPECIALISTS IN NATURAL SCIENCES

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-656-0-14>

THE PLACE OF THE COMPETENCY APPROACH IN THE ORGANIZATION OF BIOLOGICAL TRAINING FOR BACHELORS OF PHYSICAL THERAPY

МІСЦЕ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ В ОРГАНІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРІВ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Hurniak O. M.

*Candidate of Biological Sciences,
Senior Teacher at the Department of
Biology
Bogomolets National Medical
University
Kyiv, Ukraine*

Гурняк О. М.

*кандидат біологічних наук,
старший викладач кафедри біології
Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця
м. Київ, Україна*

Romanenko O. V.

*Doctor of Biological Sciences,
Professor,
Head of the Department of Biology
Bogomolets National Medical
University
Kyiv, Ukraine*

Романенко О. В.

*доктор біологічних наук, професор,
завідувач кафедри біології
Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця
м. Київ, Україна*

Методологічною складовою сучасної медичної освіти є компетентнісний підхід. При цьому професійна компетентність особистості розглядається не лише як сукупність набутих нею знань, умінь і практичних навичок, а також і як інтегративна характеристика фахівця, що визначає його здатність до ефективного розв'язання складних професійних завдань у сфері охорони здоров'я [1]. Впровадження компетентнісного підходу до підготовки бакалаврів фізичної терапії відіграє ключову роль у забезпеченні становлення кваліфікованих спеціалістів [2; 3]. Обговорюючи питання про впровадження сучасних підходів до формування професійних компетентностей в фахівців з реабілітації, можна виділити ряд ключових аспектів, на які варто

звернути увагу для покращення підготовки сьогоденішніх студентів, зокрема: на міжнародну стандартизацію освітнього процесу; на впровадження компетентнісного підходу; на створення умов для безперервного професійного розвитку особистості. При цьому компетентнісно орієнтована організація навчального процесу з відповідних дисциплін має бути спрямованою на підготовку фахівця, спроможного до неформального, творчого поєднання теоретичних знань та практичних навичок у професійній діяльності, особливо в умовах вирішення складних чи нестандартних ситуацій, що можуть виникати за потреби у наданні необхідної медичної допомоги пацієнтові [4]. Таким чином, впровадження компетентнісного підходу, що базується на сучасних досягненнях педагогічної науки і практики, є невід'ємною складовою формування освічених фахівців у системі вищої медичної освіти. Якість їх професійної підготовки значною мірою пов'язана з науково виваженим і обґрунтованим змістовим наповненням відповідних освітніх програм та впровадженням ефективних методів навчання здобувачів вищої освіти. Так, комплекс інноваційних освітніх технологій за їх коректного використання в організації навчального процесу з дисципліни має сприяти формуванню в майбутніх фахівців у галузі медицини професійних якостей, готовності до самостійної практичної діяльності, посилювати прагнення особистості до професійного розвитку у подальшому.

Освітньо-професійною програмою «Фізична терапія, ерготерапія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю І7 «Терапія та реабілітація» (спеціалізація – 17.01 Фізичний терапевт) галузі знань І «Охорона здоров'я та соціальне забезпечення», що впроваджується в Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця, чітко визначено комплекс загальних компетентностей, спеціальних (фахових, предметних) компетентностей та інтегральну компетентність, яких мають набути студенти за час навчання [5]. Процес формування таких компетентностей у здобувачів вищої медичної освіти відбувається поступово, у ході послідовного опанування передбачених вказаною освітньо-професійною програмою конкретних освітніх компонент, серед яких важливе місце посідають ті, що відносяться до групи природничо-наукових. До них належить, зокрема, навчальна дисципліна «Медична біологія», що визначена згаданою освітньо-професійною програмою як вибірковий компонент. Для забезпечення оволодіння навчальним матеріалом з цієї дисципліни передбачені, зокрема, лекції та практичні заняття для студентів, виконання ними самостійної роботи. Викладання навчальної дисципліни «Медична біологія» спрямоване на формування в здобувачів вищої медичної освіти цілісного наукового бачення світу, у тому числі

різнопланових медико-біологічних аспектів життєдіяльності людини з окремим акцентом на її генетичних особливостях і пов'язаних з ними питаннях індивідуального розвитку організму, на характері взаємовідносин людини з біотичними чинниками оточуючого її навколишнього середовища. Цьому сприяють використання в навчальному процесі підготовлених за участі науково-педагогічних працівників кафедри біології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця навчальних книг [6; 7]. Оволодіння вказаною навчальною дисципліною базується на тих знаннях з різних розділів біології (загальної біології, біології людини, біології тварин, біології рослин), які сьогоднішні студенти отримали раніше в закладах освіти доуніверситетського рівня. Адже розроблена на підставі положень згаданої вище освітньо-професійної програми, розрахованої на підготовку бакалаврів фізичної терапії, безпосередньо робоча програма навчальної дисципліни «Медична біологія» за своїм тематичним наповненням є структурованою на три змістові модулі: «Основи біології клітини та індивідуального розвитку», «Основи генетики людини», «Біосфера і людина. Основи паразитології», оволодіння навчальним матеріалом з яких є складовою формування природничо-наукової компетентності в здобувачів вищої освіти. У подальшому це має сприяти їм у кращому засвоєнні знань та набутті практичних навичок з комплексу дисциплін як фундаментального, так і професійно-орієнтованого спрямування, що є запорукою підготовки кваліфікованих фахівців.

Література:

1. Халло О. Є. Компетентнісний підхід у підготовці майбутніх фахівців медичної галузі. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2024. № 95. С. 67–70. DOI <https://doi.org/10.32782/1992-5786.2024.95.12>
2. Ткачук О. Г., Чепурна Н. О. Управлінські аспекти підготовки фізичних терапевтів: досвід США. *Health & Education*. 2023. Вип. 4. С. 289-294. <https://doi.org/10.32782/health-2023.4.43>
3. Баран О. А., Тимрук-Скоропад К. А. Компетентнісний підхід до спеціалізованої підготовки фізичних терапевтів у педіатрії України (огляд літератури та власних даних). *Medical Science of Ukraine / Медична наука України*. 2024. Vol. 20. № 4. Р. 156–167. <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2024.17>
4. Губенко І. Я., Степанова Г. М., Шевченко О. Т. Сучасні підходи до розвитку професійних компетентностей фахівців з реабілітації. *Rehabilitation & Recreation*. 2025. Том 19. № 1(2025). С. 61–74. <https://doi.org/10.32782/2522-1795.2025.19.1.6>

5. Освітньо-професійна програма «Фізична терапія, ерготерапія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю І7 «Терапія та реабілітація» (спеціалізація – І7.01 Фізичний терапевт) галузі знань І «Охорона здоров'я та соціальне забезпечення», кваліфікація: «Бакалавр фізичної терапії». Київ : Національний медичний університет імені О. О. Богомольця, 2025. URL: https://drive.google.com/drive/folders/1MfDdrC9OTriXcYIiu0429A4fMKrMd_7b

6. Медична біологія : підручник / В. П. Пішак, Ю. І. Бажора, Ш. Б. Брагін, З. Д. Воробець, С. І. Дубінін, Г. Ф. Жегунов, Л. Є. Ковальчук, В. О. Корольов, О. В. Костильов, Н. А. Кулікова, Р. П. Піскун, О. В. Романенко, О. Г. Слесаренко, М. В. Стеблюк, С. М. Федченко ; за ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Видання 3-тє. Вінниця : НОВА КНИГА, 2017. 608 с.

7. Медична біологія : посібник з практичних занять / О. В. Романенко, М. Г. Кравчук, В. М. Грінкевич, О. В. Костильов ; за ред. О. В. Романенка. 2-ге вид. Київ : ВСВ «Медицина», 2020. 472 с.

NOTES

The project was implemented with the support of



The Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation is a non-governmental organization, which was established in 2010 with a view to ensuring the development of international science and education in Ukraine by organizing different scientific events for Ukrainian academic community.

The priority guidelines of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation

1. International scientific events in the EU

Assistance to Ukrainian scientists in participating in international scientific events that take place within the territory of the EU countries, in particular, participation in academic conferences and internships, elaboration of collective monographs.

2. Scientific analytical research

Implementation of scientific analytical research aimed at studying best practices of higher education establishments, research institutions, and subjects of public administration in the sphere of education and science of the EU countries towards the organization of educational process and scientific activities, as well as the state certification of academic staff.

3. International institutions study visits

The organisation of institutional visits for domestic students, postgraduates, young lecturers and scientists to international and European institutes, government authorities of the European Union countries.

4. International scientific events in Ukraine with the involvement of EU speakers

The organisation of academic conferences, trainings, workshops, and round tables in picturesque Ukrainian cities for domestic scholars with the involvement of leading scholars, coaches, government leaders of domestic and neighbouring EU countries as main speakers.

Contacts:

Head Office of the Center for Ukrainian-European Scientific Cooperation:
88000, Uzhhorod, 25, Mytraka str.
+38 (099) 733 42 54
info@cuesc.org.ua

www.cuesc.org.ua

**Scientific Innovations in the Field of Natural Sciences, Physics,
and Mathematics**

International scientific conference

March 4–5, 2026

Izdevniecība “Baltija Publishing”
Avotu iela 8 k-1 - 25, Rīga, LV-1011
E-mail: office@baltijapublishing.lv

Iespiests tipogrāfijā SIA “Izdevniecība “Baltija Publishing”
Parakstīts iespiešanai: 2026. 9. marts
Tirāža 100 eks.