

ISSN 2450 – 8640

# ACTA CARPATHICA

№ 1 (41)



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2024

University of Rzeszow  
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University  
Жешувський університет  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

**ACTA CARPATHICA**

Збірник наукових праць

№ 1 (41), 2024

Збірник наукових праць

Заснований в 2013 р.

2 рази на рік

**Головний редактор** – Волошанська Світлана  
**Заст. головного редактора** – Кавецький Тарас  
**Науковий редактор** – Лесик Ярослав  
**Відповідальний секретар** – Гойванович Наталія

**Editor-in-Chief** – Voloshanska Svitlana  
**Deputy Editor-in-Chief** – Kavetskyi Taras  
**Scientific Editor** – Lesyk Yaroslav  
**Executive Secretary** – Hoivanovych Nataliia

**Члени редакційної колегії:**

Дрозд Інеса (Україна), Згарджинська Божена (Польща), Ків Арік (Ізраїль), Клепач Галина (Україна), Климишин Олександр (Україна), Кухаж Юлія (Україна), Лупак Оксана (Україна), Смуток Олег (США), Сосинович Святослав (Швеція)

**Members of the Editorial board:**

Drozdz Inesa (Ukraine), Zgardzińska Bożena (Poland), Kiv Arik (Israel), Klepach Halyna (Ukraine), Klymyshyn Oleksandr (Ukraine), Kukhazh Yuliia (Ukraine), Lupak Oksana (Ukraine), Smutok Oleh (USA), Sasinovich Sviataslau (Sweden)

**Founder:** University of Rzeszow, Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

**Засновник:** Жешувський університет, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

**Адреса редакції**

Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська область, Україна, 82100  
Тел.: + 38 (063) 679 8320  
E-mail: actacarpatica@dspu.in.ua

**Editorial office address**

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ivana Franka Str., 24, Drohobych, Lviv region, Ukraine, 82100  
Tel.: + 38 (063) 679 8320  
E-mail: actacarpatica@dspu.in.ua

У збірнику наукових праць *Acta Carpathica* друкуються оригінальні статті, засновані на експериментальних дослідженнях, та спеціалізовані огляди актуальних питань у галузях біології, сільського господарства, лісництва, екології, прикладної фізики й наноматеріалів, туризму та інших сфер, пов'язаних із Карпатським регіоном.

*Acta Carpathica* publishes original scientific articles, prepared on the basis of the scientific experiments and systematic reviews on specific issues in the field of biology, agriculture, forestry, ecology, tourism and others concerning to the Carpathian region.

**Фото з обкладинки:**

Національний природний парк Сколівські Бескиди.  
Орівський хребет  
Автор: Наталія Гойванович.

**Cover image:**

The Skole Beskids National Nature Park.  
The Oriv Skyba.  
Author: Nataliia Hoivanovych.

*Рекомендовано до друку Вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка (протокол № 5 від 30.05.2024)*

*Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1190 від 11.04.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-04761.*

*На підставі Наказу МОН України № 894 від 10.10.2022 р. (додаток 2) та Наказу МОН України № 1166 від 23.12.2022 р. (додаток 3) журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» зі спеціальностей «101 Екологія», «091 Біологія».*

## ЗМІСТ

### **Мар'ян Осипович Юзьвяк, Ярослав Васильович Лесик**

Вплив цинку, селену та германію цитратів на біохімічні показники крові кролів за умов теплового стресу..... 5

Effect of zinc citrate, selenium citrate and germanium citrate on biochemical parameters of rabbit blood under heat stress.....15

### **Andrii Yevhenovych Sak, Raisa Vasylivna Antypova**

Influence of fats of various origins on the reproductive function of experimental animals.....16

Вплив жирів різного походження на репродуктивну функцію експериментальних тварин..... 22

### **Ігор Васильович Вудмаска, Наталія Ігорівна Пахолків, Сергій Романович Сачко**

Азотно-вуглеводний обмін в умісті рубця корів у до- та післяотільний періоди за корекції монензином і природним фітоіонофором.....24

Nitrogen-hydrocarbon exchange in the cows scars in the pre- and post-calving periods when correction of monensin and natural phyto-ionophorum.....29

### **Галина Ярославівна Ковальчук, Оксана Миколаївна Лупак**

Антиоксидантна активність екстрактів кореневищ з коренями *Echinacea purpurea* (L.) Moench за різних способів їх отримання..... 30

Antioxidant activity of extracts of *Echinacea purpurea* (L.) Moench rhizomes with the roots by different methods of their obtaining..... 37

### **Богданна Богданівна Калинчук, Надія Іванівна Різничук**

Поширення *Heracleum sosnowskyi* Manden. на території міста Надвірна..... 38

Distribution of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in the territory of Nadvirna city.....46

### **Ірина Володимирівна Бриндзя, Наталія Костянтинівна Гойванович, Віктор Миколайович Сеньків**

Екологічний стан децентралізованих джерел водопостачання Дрогобицького району..... 48

Ecological condition of decentralised water supply sources in Drohobych district.....58

### **Денис Анатолійович Сагайдак, Володимир Миколайович Боголюбов**

Методологічні підходи до моніторингових досліджень впливу засобів ведення військового вогню на атмосферне повітря..... 59

Methodological approaches to monitoring studies of the impact of military fire on the atmospheric air.....67

### **Андрій Юрійович Дзендель, Світлана Василівна Пида**

Вплив рекультиванту композиційного TREVITAN® на посівні якості насіння та ростові процеси проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.)..... 68

Influence of compositional recultivant TREVITAN® on seeds sowing quality and growth processes of soft wheat sprouts (*Triticum aestivum* L.).....77

***Вікторія Олександрівна Скакун***

Кімнатне квітництво: всесвітня історія виникнення.....78  
Indoor floriculture: the world history of origin.....86

***Юрій Володимирович Долженко***

Краніологічний матеріал XVII–XVIII ст. із села Виповзів  
Чернігівської області.....87  
Craniological material of the 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> centuries from the village of Vypovziv,  
Chernihiv region.....104

***Taras Kavetskyu, Yuliia Kukhazh, Nataliia Hoivanovych, Liudmyla Pankiv,  
Oksana Nykolaishyn, Oksana Mushynska, Oksana Zubrytska, Olha Demkiv,  
Dmytro Dyachok, Alina Vinkovskaya, Alaa Hijaze, Mariya Kushniyazova,  
Ondrej Šauša, Arnold Kiv***

On the correlation of network properties of polymer matrixes with parameters  
of electrochemical biosensors.....105  
Про кореляцію сіткових властивостей полімерних матриць  
із параметрами електрохімічних біосенсорів.....116

*Мар'ян Осипович Юзьвяк,*

аспірант

Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України, Україна

orcid.org/0000-0002-6782-5416, e-mail: maruk7991@gmail.com

*Ярослав Васильович Лесик,*

доктор ветеринарних наук, професор кафедри біології та хімії

Дрогобицький державний педагогічний університет, Україна

orcid.org/0000-0002-7845-7006, Scopus Author ID: 57413277700,

Web of Science Researcher ID: GNP-7066-2022, e-mail: lesykyv@gmail.com

## **ВПЛИВ ЦИНКУ, СЕЛЕНУ ТА ГЕРМАНІЮ ЦИТРАТІВ НА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КРОВІ КРОЛІВ ЗА УМОВ ТЕПЛОВОГО СТРЕСУ**

**Анотація.** Глобальні зміни клімату та підвищення температури довкілля у багатьох регіонах світу сприяє тепловому стресу ссавців, що призводить до порушень гомеостатичних процесів їхнього організму. Кролі не мають потових залоз і не можуть ефективно регулювати температуру свого тіла. Останнім часом використання методу нанотехнологій для отримання органічних сполук наномікроелементів у годівлі тварин для пом'якшення негативної дії підвищених температур довкілля стало предметом особливої уваги. Особливі властивості наночастинок, які характеризуються високою біодоступністю, поверхневою активністю, каталітичними та адсорбційними властивостями, дозволяють легко взаємодіяти з мембранами клітин організму ссавців. Отже, метою дослідження було з'ясування впливу цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату, виготовлених методами нанотехнологій, на біохімічні показники крові кролів після відлучення за умов теплового стресу. Дослідження проводили на молодяку кролів-аналогів породи Термонська біла з 35- до 78-добового віку. Під час проведення експерименту в приміщенні за допомогою електричних регульованих нагрівачів з 12 до 16 години підвищували температуру від 28,9 до 30°C. Тварин для дослідження формували у контрольну та I, II і III дослідні групи по 6 тварин. Контрольній групі згодовували гранульований комбікорм та давали пити воду з необмеженим доступом. Кролі I, II і III дослідних груп споживали гранульований комбікорм, як і в контролі, проте протягом доби з водою отримували цитрати мікроелементів: I дослідна група – цинку цитрат – 60 мг Zn/л (12 мг Zn/кг маси тіла); II група – селену цитрат – 300 мкг Se/л (60 мкг Se/кг маси тіла); III група – германію цитрат – 62,5 мкг Ge/л (12,5 мкг Ge/кг маси тіла). Досліджували біохімічні показники крові кролів на 14 добу підготовчого періоду та на 14 і 29 добу випоювання добавок у дослідному періоді за умов теплового стресу. Експериментальні дані розраховували дисперсійним аналізом (ANOVA). Для виявлення статистичних відмінностей між контрольною та дослідними групами використовували апостеріорний критерій – метод Tukey HSD, відмінності вважали достовірними при  $P \leq 0,05$ .

Встановлено, що додавання до раціону кролів цитратів мікроелементів по-різному вплинуло на пом'якшення негативного впливу підвищених температур довкілля. Зокрема, випоювання цинку цитрату за умов теплового стресу позначилося нижчим рівнем креатиніну ( $p < 0,05$ ), зниженням активності аспартатамінотрансферази ( $p < 0,01$ ) і аланінамінотрансферази ( $p < 0,05$ ) та зниженням вмісту холестеролу ( $p < 0,001$ ) на 29 добу дослідження. Застосування у раціоні тварин селену цитрату призвело до підвищення

вмісту альбуміну ( $p < 0,05$ ), зниження рівня креатиніну ( $p < 0,05$ ), зниження активності аспаргатамінотрансферази ( $p < 0,01$ ), аланінамінотрансферази ( $p < 0,05$ ) та зменшенням вмісту холестеролу ( $p < 0,01$ ) на завершальному етапі дослідження. Додавання до води германію цитрату позначилося підвищенням вмісту холестеролу ( $p < 0,05$ ) на 29 добу дослідження.

**Ключові слова:** кролі, кров, цинку цитрат, селену цитрат, германію цитрат, ензими, протеїн, тепловий стрес.

## ВСТУП

Підвищені температури довкілля негативно впливають на здоров'я тварин та спричиняють економічні збитки у кролівництві [1]. Тепловий стрес – це стан, за якого кролі не можуть підтримувати баланс між утворенням та виділенням тепла [2]. Термонеїтральна зона для кролів охоплює температурний діапазон від 18 до 21°C з оптимальною вологістю у межах від 55 до 65% [3; 4]. Підвищена температура довкілля порушує ендокринну регуляцію організму, знижує імунну та репродуктивну функцію, що призводить до збільшення кількості загибелі кролів [4]. Використання мінеральних кормових добавок у вигляді неорганічних солей підвищує продуктивність тварин, проте через погану біодоступність та низьку засвоюваність організмом може забруднювати довкілля [5]. На даний час розробляються різноманітні добавки на основі органічних речовин для зниження негативного впливу оксидативного стресу на організм кролів різних вікових груп [6]. Наносполуки мікроелементів розмірами від 1 до 100 нм мають широкий спектр біологічної дії та у фізіологічно обґрунтованих кількостях не є токсичними [7]. Додавання до раціону тварини мікроелементів у формі наночастинок є ефективнішим, ніж у формі солей, оскільки вони легко засвоюються у травному тракті тварин [8; 9]. У дослідженнях встановлено, що додавання до раціону кролів цинку оксиду розміром менше 100 нм сприяє збільшенню швидкості поглинання та засвоюваності організмом корисних речовин [10; 11; 12]. Застосування наночастинок оксиду цинку підвищує продуктивність кролів, коефіцієнт засвоюваності кормів, стимулює синтез тестостерону, пригнічує окиснення макромолекул ДНК та протеїнів [13]. Випоювання наночастинок селену у раціоні кролів знижує рівень перекисного окиснення ліпідів, зменшує пошкодження ДНК сперми, покращує якість характеристики сперматозоїдів, підвищує середньодобові прирости, стимулює антиоксидантні ензими за впливу підвищеної температури довкілля [1]. Додавання до раціону кролів наночастинок германію проявляє інгібуючу дію на перекисне окиснення ліпідів, покращує імунологічні показники, стимулює клітинний метаболізм [14; 15]. З огляду на сказане вище метою дослідження було з'ясування впливу цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату, виготовлених методами нанотехнологій, на біохімічні показники крові кролів після відлучення за умов теплового стресу.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили у віварії Інституту біології тварин НААН м. Львів. Тварини утримувались у приміщенні з регульованим мікрокліматом у сітчастих клітках розміром 50×120×30 см. Дослідження проводили на молодняку кролів-аналогів з 35- до 78-добового віку породи Термонська біла. Протягом дослідного періоду в приміщенні з 12 до 16 години підвищували температуру за допомогою електричних регульованих

нагрівачів від 28,9 до 30°C. Температуру та вологість контролювали за допомогою термогігрометра з реєстрацією даних Trotec BL30. Вологість та температуру вимірювали Електронним аналізатором повітряного середовища (Патент № 127047) [16]. Температуру в приміщенні контролювали за температурно-вологісним індексом. Тварин для дослідження відбирали у контрольну та I, II і III дослідні групи по 6 тварин середньою масою тіла 1200±50 г. Кролів контрольної групи утримували на основному раціоні зі згодовування стандартного збалансованого гранульованого комбікорму і води без обмеження. Кролі I, II і III дослідних груп споживали гранульований комбікорм, як і в контролі, проте протягом 24 годин з водою вони отримували цитрати мікроелементів. I дослідна група – цинку цитрат – 60 мг Zn/л (12 мг Zn/кг маси тіла); II група – селену цитрат – 300 мкг Se/л (60 мкг Se/кг маси тіла); III група – германію цитрат – 62,5 мкг Ge/л (12,5 мкг Ge/кг маси тіла). Розчини для дослідження виготовлені ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології» м. Київ (Патент № 38391) [17]. Дозвіл на проведення досліджень отримано від Комісії з біоетики Інституту біології тварин НААН м. Львова (протокол № 147 від 08.04.2024 р.). Усі маніпуляції з піддослідними тваринами ми проводили відповідно до положень «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики (Київ, 2001 р.) та правил «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.). Досліджували показники крові кролів на 14 добу підготовчого періоду та 14 і 29 доби випоювання добавок у дослідному періоді за умов теплового стресу. Зразки цільної крові відбирали з крайової вухної вени у 6 тварин з групи у пробірки з 1% гепарином для біохімічних досліджень і визначали вміст загального протеїну, альбуміну, активність аланінамінотрансферази (АЛТ) та аспартатамінотрансферази (АСТ), активність лужної фосфатази (ЛФ), вміст триацилгліцеролів, холестеролу, загального кальцію та неорганічного фосфору за допомогою біохімічного аналізатора *Hymalyzer 2000* [18].

Обчислення результатів дослідження проводили з використанням пакету програм STATISTICA 7.0 (Statsoft, США). Експериментальні дані виражали як середнє значення (M) ± та середньоквадратичне відхилення (SD). Отримані результати дослідження перевірили на гомогенність дисперсії вибірок за критерієм Лівена. Результати розраховували дисперсійним аналізом (ANOVA). Для виявлення статистичних відмінностей між контрольною та дослідними групами використовували апостеріорний критерій – метод Tukey HSD, відмінності вважали достовірними при  $P \leq 0,05$  [19].

## РЕЗУЛЬТАТИ

Дослідження біохімічних показників крові кролів, що характеризують активність метаболізму та фізіологічний стан організму, показало позитивну динаміку за випоювання цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату. Випоювання селену цитрату кролям II дослідної групи у їх крові підвищило вміст альбуміну на 14,6% ( $p < 0,05$ ) на 29 добу експерименту (табл. 1). Вплив теплового стресу збільшує в'язкість крові через надмірну втрату води, яка виникає внаслідок гіпервентиляції та втрати рідини через сечовипускання, спричиняючи дегідратацію у кроликів [20]. Альбумін, синтезуючись у печінці, потрапляє в плазму, забезпечує обмін рідини між кров'ю та міжклітинним простором і виконує функцію транспортного протеїну крові [21]. Під час стресу відбувається регулювання внутрішньосудинного колоїдно-осмотичного

тиску. Високий рівень альбуміну сприяє нормальній густині крові, що забезпечує фізіологічні процеси кровообігу, газообміну й живлення тканин. Застосування добавок цитратів мікроелементів у крові тварин I і II дослідних груп відзначилося нижчим рівнем креатиніну, відповідно на 7,5% ( $p < 0,05$ ) і 7,4% ( $p < 0,05$ ), порівняно з контролем на завершальному періоді дослідження. Креатинін є кінцевим продуктом метаболізму протеїнів, що утворюється в м'язах через розпад креатину, а згодом виводиться з організму через нирки. Рівень креатиніну в крові використовується як показник функціонування нирок, оскільки його концентрація залежить від швидкості фільтрації через нирки [22]. На нашу думку, нижчий рівень креатиніну за випоювання цинком цитратом і селеном цитратом в умовах теплового стресу свідчить про покращення функціонування нирок та системи виділення організму кролів, що характеризується підвищеним вмістом кальцію та мінералів у сечі.

Таблиця 1

**Вміст загального протеїну, альбуміну, креатиніну та сечовини у крові кролів за випоювання цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату в умовах теплового стресу ( $M \pm SD$ ,  $n=6$ )**

Показники	Група тварин	Період досліджень, вік/доба випоювання добавки		
		Підготовчий період, 49/1	Дослідний період	
			63/14	78/29
Загальний протеїн, г/л	К	54,86±2,40	57,20±6,19	55,66±3,54
	Д-1	55,10±3,87	55,55±2,17	52,88±1,10
	Д-2	58,78±4,66	57,86±5,11	60,53±4,23
	Д-3	57,00±2,19	58,33±3,86	58,03±1,70
Альбумін, г/л	К	37,03±4,39	45,81±8,43	39,16±2,51
	Д-1	34,75±5,32	43,53±5,01	40,26±2,90
	Д-2	44,53±9,07	47,33±3,06	44,90±4,88*
	Д-3	34,01±4,70	46,18±5,74	41,35±2,58
Креатинін, мкмоль/л	К	89,80±8,16	112,16±4,91	114,68±3,29
	Д-1	96,81±6,18	109,43±3,93	105,97±4,20*
	Д-2	98,75±7,75	110,23±4,39	106,12±5,61*
	Д-3	92,03±7,36	106,36±5,38	108,63±6,04
Сечовина, ммоль/л	К	5,66±0,62	3,83±0,24	4,58±0,46
	Д-1	6,18±0,67	3,60±0,46	4,25±0,64
	Д-2	5,78±0,79	3,70±0,64	4,45±0,53
	Д-3	6,33±0,13	3,76±0,54	4,40±0,17

Примітка: у цій та наступних таблицях статистично вірогідні різниці порівняно з контрольною групою: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$ .

Застосування у раціоні кролів цинку цитрату та селену цитрату знижує активність АСТ і АЛТ відповідно на 16,9 ( $p < 0,01$ ) і 23,5% ( $p < 0,01$ ) і на 13,0 ( $p < 0,05$ ) і 18,5% ( $p < 0,05$ ) на 29 добу дослідження порівняно з контрольною групою. Цинк є компонентом металоензимів, що підтримує структурну цілісність протеїнів. Завдяки активуючому впливу на ензими він взаємодіє з реакційними субстратами та бере участь у метаболічних процесах організму [13]. Дослідження на кроликах, проведені Abdel-



Wareth et al. у 2022 р. в умовах теплового стресу, свідчать про зниження активності АСТ та АЛТ за впоювання наноцинку оксиду у дозах 20, 40, 60 та 80 мг/кг маси [20]. Наночастинки селену характеризуються вищою швидкістю абсорбції, каталітичною активністю та меншою токсичністю [23]. Додавання до раціону кролів відповідної кількості селену є ключовим чинником для забезпечення антиоксидантної та імунної функцій кролів [24]. На нашу думку, зниження рівня аспаратамінотрансферази та аланінамінотрансферази у межах фізіологічних параметрів може свідчити про покращення функціонування печінки кролів за впоювання цинку цитрату та селену цитрату в умовах теплового стресу (табл. 2).

Таблиця 2

**Рівень активності амінотрансферази та лужної фосфатази у крові кролів за впоювання цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату в умовах теплового стресу (M±SD, n=6)**

Показники	Група тварин	Період досліджень, вік/доба впоювання добавки		
		Підготовчий період, 49/1	Дослідний період	
			63/14	78/29
АСТ, од/л	К	16,45±1,73	16,23±2,63	20,41±2,01
	Д-1	20,31±3,79	14,93±1,77	16,96±1,01**
	Д-2	16,45±2,32	15,83±2,89	17,75±0,67*
	Д-3	21,20±5,79	15,21±1,57	18,35±1,51
АЛТ, од/л	К	55,36±8,52	71,61±7,41	73,13±6,92
	Д-1	58,36±7,81	65,35±4,35	55,88±6,09**
	Д-2	51,43±9,43	70,95±7,49	59,56±7,20*
	Д-3	61,11±9,24	68,45±8,09	72,91±6,55
Лужна фосфатаза, од/л	К	404,23±69,29	325,70±36,90	317,85±34,40
	Д-1	441,81±65,50	312,92±33,47	300,23±42,87
	Д-2	462,05±47,02	308,72±32,90	305,38±58,99
	Д-3	433,37±46,38	276,87±37,47	293,95±56,44

Вміст холестеролу у крові кролів I, II і III дослідних груп вірогідно зменшувався щодо контрольної групи на 27,3% (p<0,001), 17,8% (p<0,01) і 15,4% (p<0,05) на 29 добу дослідження порівняно з контролем (табл. 3). Зниження загального рівня холестеролу за впоювання цинку цитрату може бути пов'язане з тим, що Цинк зменшує ліполіз у жировій тканині й призводить до розпаду триацилгліцеролів, що зберігаються в жировій тканині [25]. Додавання селену цитрату в умовах теплового стресу сприяє захисту від окисного пошкодження та збереженню структурної цілісності клітин і клітинних органел за умов теплового стресу [1]. У ході проведення досліджень встановлено, що германій цитрат проявляє інгібуючу дію на перекисне окиснення ліпідів в організмі [26].

Холестерол є основним компонентом клітинних структур та органел, підтримуючи структурну цілісність і проникність клітини, бере участь у синтезі гормонів. Холестерол в організмі переміщується спеціальним протеїном – аполіпропротеїном. У результаті утворюються ліпопротеїди ліпопротеїди різної щільності. Ліпопротеїди високої щільності (ЛПВЩ) транспортують надлишковий холестерол з клітин та тканин

**Вміст холестеролу, триацилгліцеролів, загального кальцію та неорганічного фосфору у крові кролів за випоювання цинку цитрату, селену цитрату та германію цитрату в умовах теплового стресу (M±SD, n=6)**

Показники	Група тварин	Період досліджень, вік/доба випоювання добавки		
		Підготовчий період, 49/1	Дослідний період	
			63/14	78/29
Триацилгліцероли, ммоль/л	К	0,87±0,10	0,43±0,11	0,49±0,07
	Д-1	0,70±0,15	0,37±0,05	0,42±0,08
	Д-2	0,69±0,17	0,38±0,10	0,39±0,09
	Д-3	0,71±0,12	0,39±0,03	0,44±0,06
Холестерол, ммоль/л	К	0,57±0,19	0,74±0,03	0,84±0,08
	Д-1	0,62±0,10	0,65±0,10	0,61±0,05***
	Д-2	0,69±0,15	0,71±0,07	0,69±0,04**
	Д-3	0,65±0,10	0,73±0,12	0,71±0,06*
Загальний кальцій, ммоль/л	К	3,01±0,25	3,15±0,16	2,81±0,19
	Д-1	2,83±0,17	3,01±0,22	2,80±0,12
	Д-2	2,80±0,16	2,95±0,1	2,70±0,20
	Д-3	3,01±0,23	3,10±0,21	2,83±0,25
Неорганічний фосфор, ммоль/л	К	1,98±0,13	1,85±0,25	1,95±0,12
	Д-1	1,91±0,23	1,80±0,22	1,90±0,17
	Д-2	2,00±0,20	2,16±0,53	1,83±0,15
	Д-3	1,95±0,22	2,23±0,20	1,83±0,24

до печінки, де перетворюють його на жовчні кислоти, які потім виводяться з організму [27]. Таким чином, ЛПВЩ проявляють антиоксидантні властивості та захищають від окисного пошкодження клітини організму [28].

Отже, випоювання кролям цинку цитрату (12 мг Zn/кг маси тіла) та селену цитрату (60 мкг Se/кг маси тіла) за умов теплового стресу відзначилося вираженими позитивними змінами біохімічних показників крові кролів протягом дослідження. Додавання до раціону кролів германію цитрату (12,5 мкг Ge/кг) трохи знижувало негативну дію підвищених температур довкілля на їхній організм.

### ВИСНОВКИ

Отже, випоювання кролям цинку цитрату за умов теплового стресу позначилося у їхній крові нижчим рівнем креатиніну ( $p<0,05$ ), зниженням активності АСТ ( $p<0,01$ ), АЛТ ( $p<0,05$ ) та зниженням вмісту холестеролу ( $p<0,001$ ) на 29 добу дослідження. Застосування у раціоні тварин селену цитрату призвело до підвищення у крові вмісту альбуміну ( $p<0,05$ ), зниження рівня креатиніну ( $p<0,05$ ), зниження активності АСТ ( $p<0,01$ ) і АЛТ ( $p<0,05$ ) та зниження вмісту холестеролу ( $p<0,01$ ) на завершальному етапі дослідження. Додавання до води германію цитрату позначилося у крові вищим вмістом холестеролу ( $p<0,05$ ) на 29 добу експерименту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. El-Ratel I.T., Elbasuny M. E., El-Nagar H. A., Abdel-Khalek A. K. E., El-Raghi A.A., El Basuini M.F., El-Kholy K.H., Fouda, S.F. The synergistic impact of Spirulina and selenium nanoparticles mitigates the adverse effects of heat stress on the physiology of rabbit bucks. *PLoS One*, 2023 18 (7). doi.org/10.1371/journal.pone.0287644.
2. Oladimeji A.M., Johnson T.G., Metwally K., Farghly M., Mahrose K. M. Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *Int J. Biometeorol*, 2022. 66 (1). P. 1–11. DOI: 10.1007/s00484-021-02191-0.
3. Marai I.F.M., Ayyat M.S., Abd El-Monem U.M. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 2001 33 (6). PP. 451–462. DOI: 10.1023/a:1012772311177.
4. Liang Z.L., Chen F., Park S., Balasubramanian B., Liu W.C. Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Frontiers in Veterinary Science*, 2022, 9. DOI: 10.3389/fvets.2022.906084.
5. Michalak I., Dziergowska K., Alagawany M., Farag M.R., El-Shall N.A., Tuli H.S., Emran T.B., Dhama K. The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry. *Veterinary Quarterly*. 2022. 42 (1). PP. 68–94. DOI: 10.1080/01652176.2022.2073399.
6. Sheiha A.M., Abdelnour S.A., Abd El-Hack M.E., Khafaga A.F., Metwally, K.A., El-Saadony, M.T. Effects of dietary biological or chemical-synthesized nano-selenium supplementation on growing rabbits exposed to thermal stress. *Animals*, 2022. 10 (3), 430. DOI: 10.3390/ani10030430.
7. Shi L, Yang R, Yue W, Xun W, Zhang C, Ren Y, et al. Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity, and testis ultrastructure in male Boer goats. *Anim Reprod Sci*. 2010.118(2–4).PP. 248 –254. DOI:10.1016/j.anireprosci.2009.10.003.
8. Hassan F., Mahmoud R., El-Araby I. Growth Performance, Serum Biochemical, Economic Evaluation and IL6 Gene Expression in Growing Rabbits Fed Diets Supplemented with Zinc Nanoparticles. *Zagazig Vet J*, 2017. 45. PP. 238 – 249. DOI: 10.21608/ZVJZ.2017.7949.
9. Konkol D., Wojnarowski, K. The Use of Nanominerals in Animal Nutrition as a Way to Improve the Composition and Quality of Animal Products. *Journal of Chemistry*, 2018. PP. 1–7. DOI:10.1155/2018/5927058.
10. Bunglavan S.J., Garg A.K., Dass R.S., Shrivastava S. Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livest. Res. Int*, 2014. 2. PP. 36–47.
11. Lesyk Y.V., Iuchka I.V., Bosanevych N.O., Denys H.H., Grabovska O.S. Resistance of the rabbit organism under effect of different amounts of nano zinc citrate and its combination with cobalt and chrome citrate. *Biol. Tvarin*. 2019. 21 (4), PP. 51–57. DOI: 10.15407/anim-biol21.04.051.
12. Sallam A.E., Mansour A.T., Alsaqufi A., Salem M., El-Feky M. Growth performance, anti-oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of *Siganus rivulatus* fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. *Aquac. Rep*, 2020. 18:100410. DOI:10.1016/j.aqrep.2020.100410.
13. Chrastinová L., Čobanová K., Chrenková M., Poláčiková M., Formelová Z., Lauková A., Ondruška E., Simonová P.M., Stropfová V., Mlyneková Z., et al. Effect of dietary zinc supplementation on nutrients digestibility and fermentation characteristics of caecal content in physiological experiment with young rabbits. *Slovak J. Anim. Sci*. 2016. 49. P. 23–31.
14. Zheng H.P. Physiological Function of Organic Germanium and Its Application in Food. *Studies of Trace Elements and Health*, 2011. 28. PP. 65–67.

15. Fedoruk R.S., Kovalchuk I.I., Mezentseva L.M., Tesarivska U.I., Pylypets A.Z., Kaplunenko V.H. Germanium compounds and their role in animal body. *Biol. Tvarin*, 2022. 24 (1). PP. 50–60. DOI:10.15407/animbiol24.01.050.
16. Патент України на корисну модель № 127047. МПК (2006): G01N 27/416 (2006.01), G01N 27/27 (2006.01), G01N 19/10 (2006.01), G01N 33/00, H04Q 9/00, G01L 9/00. Аналізатор повітряного середовища електронний / Небилиця М.С., Онищенко Р.О., Ващенко О.В., Бойко О.В. Опубл. 29.03.2023, бюл. № 13.
17. Патент України на корисну модель No 38391. МПК (2006): C07C 51/41, C07F 5/00, C07F 15/00, C07C 53/126 (2008.01), C07C 53/10 (2008.01), A23L 1/00, B82B 3/00. Спосіб отримання карбоксилатів металів. Нанотехнологія отримання карбоксилатів металів / Косінов М.В., Каплуненко В.Г. Опубл. 12.01.2009. Бюл. No 1/2009.
18. Влізлю В.В., Федорук Р.С., Ратич І.Б. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник СПОЛОМ, 2012. 764 с.
19. Petrovska I., Salyha Y., Vudmaska I. Statistical methods in biological research: educational and methodological manual (p. 172) [Review of Statistical methods in biological research: educational and methodological manual]. *Agrarian Science*, 2022.
20. Abdel-Wareth A.A.A., Amer S.A., Mobashar M., El-Sayed H.G.M. Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental conditions for sustainable production and improved meat quality. *BMC Veterinary Research*. 2022. 18 (1). P. 354. DOI: 10.1186/s12917-022-03451-w.
21. Wu G. Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Adva. Nutr*, 2010. 1. PP. 31–37.
22. Melillo A. Rabbit Clinical Pathology. *Journal of Exotic Pet Medicine*. 2007. 16 (3). PP. 135–145. DOI:10.1053/j.jepm.2007.06.002.
23. Wang H.L., Zhang J.S., Yu H.Q. Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: comparison with selenomethionine in mice. *Free Radical Biology & Medicine*, 2007. 42 (10). PP. 1524–1533. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.013.
24. Alagawany M., Qattan S.Y.A., Attia Y.A., El-Saadony M.T., Elnesr S.S., Mahmoud M.A., et al. Use of Chemical Nano-Selenium as an Antibacterial and Antifungal Agent in Quail Diets and Its Effect on Growth, Carcasses, Antioxidant, Immunity and Caecal Microbes. *Animals*, 2021. 11 (11). P. 3027. DOI: 10.3390/ani11113027.
25. Dieck H.T, Döring F., Fuchs D., Roth H-P., Daniel H. Transcriptome and proteome analysis identifies the pathways that increase hepatic lipid accumulation in zinc-deficient rats. *J Nutr*. 2005;135(2):199–205.
26. Nakyinsige K., Sazili A.Q., Aghwan Z.A., Zulkifli I., Goh Y.M., Fatimah A.B. Changes in blood constituents of rabbits subjected to transportation under hot, humid tropical conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 2013. 26 (6). PP. 874–878. DOI: 10.5713/ajas.2012.12652.
27. Navab M., Yu R., Gharavi N., et al. High-density lipoprotein: Antioxidant and anti-inflammatory properties. *Current Atherosclerosis Reports*, 2007. 9. PP. 244–248. DOI: 10.1007/s11883-007-0026-3.
28. Brites F., Martin M., Guillas I., Kontush A. Antioxidative activity of high-density lipoprotein (HDL): Mechanistic insights into potential clinical benefit. *BBA Clinical*, 2017. 8. PP. 66–77. DOI: 10.1016/j.bbacli.2017.07.00.

## REFERENCES

1. Abdel-Wareth, A.A.A., Amer, S.A., Mobashar, M., & El-Sayed, H. G. M. (2022). Use of zinc oxide nanoparticles in the growing rabbit diets to mitigate hot environmental con-

- ditions for sustainable production and improved meat quality. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 354. doi.org/10.1186/s12917-022-03451-w
2. Alagawany, M., Qattan, S. Y. A., Attia, Y. A., El-Saadony, M. T., Elnesr, S. S., Mahmoud, M. A., et al. (2021). Use of Chemical Nano-Selenium as an Antibacterial and Antifungal Agent in Quail Diets and Its Effect on Growth, Carcasses, Antioxidant, Immunity and Caecal Microbes. *Animals*, 11(11), 3027. doi.org/10.3390/ani11113027
  3. Brites, F., Martin, M., Guillas, I., & Kontush, A. (2017). Antioxidative activity of high-density lipoprotein (HDL): Mechanistic insights into potential clinical benefit. *BBA Clinical*, 8, 66–77. doi.org/10.1016/j.bbacli.2017.07.001
  4. Bunglavan, S. J., Garg, A. K., Dass, R. S., & Shrivastava, S. (2014). Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livestock Research for Rural Development*, 2, 36–47.
  5. Chrastinová, L., Čobanová, K., Chrenková, M., Poláčiková, M., Formelová, Z., Lauková, A., Ondruška, L., Simonová, P. M., Stropfová, V., & Mlyneková, Z., et al. (2016). Effect of dietary zinc supplementation on nutrients digestibility and fermentation characteristics of caecal content in physiological experiment with young rabbits. *Slovak Journal of Animal Science*, 49, 23–31.
  6. Dieck, H. T., Döring, F., Fuchs, D., Roth, H-P., & Daniel, H. (2005). Transcriptome and proteome analysis identifies the pathways that increase hepatic lipid accumulation in zinc-deficient rats. *The Journal of Nutrition*, 135(2), 199–205.
  7. El-Ratel, I. T., Elbasuny, M. E., El-Nagar, H. A., Abdel-Khalek, A. K. E., El-Raghi, A. A., El Basuini, M. F., El-Kholy, K. H., & Fouda, S. F. (2023). The synergistic impact of Spirulina and selenium nanoparticles mitigates the adverse effects of heat stress on the physiology of rabbit bucks. *PLoS One*, 18(7), e0287644. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287644.
  8. Fedoruk, R. S., Kovalchuk, I. I., Mezentseva, L. M., Tesarivska, U. I., Pylypets, A. Z., & Kaplunenko, V. H. (2022). Germanium compounds and their role in animal body. *Biology of Animals*, 24(1), 50–60. https://doi.org/10.15407/animbiol24.01.050
  9. Hassan, F., Mahmoud, R., & El-Araby, I. (2017). Growth Performance, Serum Biochemical, Economic Evaluation and IL6 Gene Expression in Growing Rabbits Fed Diets Supplemented with Zinc Nanoparticles. *Zagazig Veterinary Journal*, 45, 238–249. doi:10.21608/ZVJZ.2017.7949.
  10. Konkol, D., & Wojnarowski, K. (2018). The Use of Nanominerals in Animal Nutrition as a Way to Improve the Composition and Quality of Animal Products. *Journal of Chemistry*, 2018, 5927058. https://doi.org/10.1155/2018/5927058.
  11. Kosinov, M. V., & Kaplunenko, V. G. (2009). Nanotechnology of obtaining metal carboxylates (Patent of Ukraine for utility model No. 38391). Bulletin No. 1/2009.
  12. Lesyk, Y. V., Luchka, I. V., Bosanevych, N. O., Denys, H. H., & Grabovska, O. S. (2019). Resistance of the rabbit organism under effect of different amounts of nano zinc citrate and its combination with cobalt and chrome citrate. *Biology of Animals*, 21(4), 51–57. https://doi.org/10.15407/animbiol21.04.051.
  13. Liang, Z. L., Chen, F., Park, S., Balasubramanian, B., & Liu, W. C. (2022). Impacts of Heat Stress on Rabbit Immune Function, Endocrine, Blood Biochemical Changes, Antioxidant Capacity and Production Performance, and the Potential Mitigation Strategies of Nutritional Intervention. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.906084.
  14. Marai, I. F. M., Ayyat, M. S., & Abd El-Monem, U. M. (2001). Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 33(6), 451–462. https://doi.org/10.1023/a:1012772311177.
  15. Melillo, A. (2007). Rabbit Clinical Pathology. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 16(3), 135–145. https://doi.org/10.1053/j.jepm.2007.06.002.

16. Michalak, I., Dziergowska, K., Alagawany, M., Farag, M. R., El-Shall, N. A., Tuli, H. S., Emran, T. B., & Dhama, K. (2022). The effect of metal-containing nanoparticles on the health, performance and production of livestock animals and poultry. *Veterinary Quarterly*, 42(1), 68–94. <https://doi.org/10.1080/01652176.2022.2073399>.
17. Nakyinsige, K., Sazili, A. Q., Aghwan, Z. A., Zulkifli, I., & Goh, Y. M., Fatimah, A. B. (2013). Changes in blood constituents of rabbits subjected to transportation under hot, humid tropical conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(6), 874–878. [doi.org/10.5713/ajas.2012.12652](https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12652).
18. Navab, M., Yu, R., Gharavi, N., et al. (2007). High-density lipoprotein: Antioxidant and anti-inflammatory properties. *Current Atherosclerosis Reports*, 9, 244–248. <https://doi.org/10.1007/s11883-007-0026-3>.
19. Nebylytsia, M. S., Onyshchenko, R. O., Vashchenko, O. V., & Boyko, O. V. (2023). Electronic air environment analyser (Utility model patent of Ukraine No. 127047). *Bulletin* No. 13.
20. Oladimeji, A. M., Johnson, T. G., Metwally, K., Farghly, M., & Mahrose, K. M. (2022). Environmental heat stress in rabbits: implications and ameliorations. *International Journal of Biometeorology*, 66(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02191-0>.
21. Petrovska, I., Salyha, Y., & Vudmaska, I. (2022). Statistical methods in biological research: educational and methodological manual [Review of Statistical methods in biological research: educational and methodological manual]. *Agrarian Science*, 172.
22. Sallam, A. E., Mansour, A. T., Alsaqfi, A., Salem, M., & El-Feky, M. (2020). Growth performance, anti-oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of *Siganus rivulatus* fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. *Aquaculture Reports*, 18, 100410. [doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100410](https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100410).
23. Sheiha, A. M., Abdelnour, S. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Metwally, K. A., & El-Saadony, M. T. (2022). Effects of dietary biological or chemical-synthesized nano-selenium supplementation on growing rabbits exposed to thermal stress. *Animals*, 10(3), 430. <https://doi.org/10.3390/ani10030430>.
24. Shi, L., Yang, R., Yue, W., Xun, W., Zhang, C., Ren, Y., et al. (2010). Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity, and testis ultrastructure in male Boer goats. *Animal Reproduction Science*, 118(2–4), 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2009.10.003>
25. Vlizlo, V. V., Fedoruk, R. S., & Ratyck, I. B. (2012). Laboratory methods of research in biology, animal husbandry and veterinary medicine: SPOLOM reference book.
26. Wang, H. L., Zhang, J. S., & Yu, H. Q. (2007). Elemental selenium at nano size possesses lower toxicity without compromising the fundamental effect on selenoenzymes: comparison with selenomethionine in mice. *Free Radical Biology & Medicine*, 42(10), 1524–1533. [doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.013](https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.013).
27. Wu, G. (2010). Functional amino acids in growth, reproduction, and health. *Advances in Nutrition*, 1, 31–37.
28. Zheng, H. P. (2011). Physiological Function of Organic Germanium and Its Application in Food. *Studies of Trace Elements and Health*, 28, 65–67.

## ABSTRACT

### EFFECT OF ZINC CITRATE, SELENIUM CITRATE AND GERMANIUM CITRATE ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF RABBIT BLOOD UNDER HEAT STRESS

Global climate change and increasing environmental temperatures in many regions of the world contribute to mammalian heat stress, which leads to disorders of homeostatic processes in their body. Rabbits do not have sweat glands and cannot effectively regulate their body temperature. In recent years, the use of nanotechnology in animal nutrition to mitigate the negative effects of high temperatures has become a subject of special attention. Nanoparticles are characterised by high bioavailability, surface activity, catalytic and adsorption properties, which allows them to easily interact with mammalian cells. Therefore, the purpose of our study was to determine the effect of zinc citrate, selenium citrate and germanium citrate, produced by nanotechnology, on the biochemical parameters of rabbit blood under heat stress. The study was conducted on young rabbits of the Thermon White breed from 35 to 78 days of age. During the experiment, the temperature in the room was increased from 28.9 to 30°C from 12 to 16 hours using electric adjustable heaters. Animals for the study were formed into control and experimental groups I, II and III of 6 animals each. The control group was fed pelleted feed and given water with unrestricted access. Rabbits in experimental groups I, II and III consumed pelleted feed as in the control group, but received trace element citrates with water during the day: Experimental group I – zinc citrate – 60 mg Zn/l or 12 mg Zn/kg body weight; group II – selenium citrate – 300 µg Se/l or 60 µg Se/kg body weight; group III – germanium citrate – 62.5 µg Ge/l or 12.5 µg Ge/kg body weight. The biochemical parameters of rabbits' blood were studied on day 14 of the preparatory period and on days 14 and 29 of supplementation in the experimental period under conditions of heat stress. The experimental data were calculated by analysis of variance (ANOVA). To identify statistical differences between the control and experimental groups, the a posteriori criterion was used – the Tukey HSD method, differences were considered significant at  $P \leq 0.05$ . It was established that the addition of trace element citrates to the diet of rabbits had a positive effect on mitigating the negative effects of elevated temperatures to varying degrees. In particular, zinc citrate feeding under conditions of heat stress was associated with a lower creatinine level ( $p < 0,05$ ), a decrease in aspartate aminotransferase activity ( $p < 0,01$ ), alanine aminotransferase ( $p < 0,05$ ) and a decrease in cholesterol content ( $p < 0,001$ ) on day 29 of the study. The use of selenium citrate in the diet of animals led to an increase in albumin content ( $p < 0,05$ ), lower creatinine level ( $p < 0,05$ ), decreased aspartate aminotransferase activity ( $p < 0,01$ ), alanine aminotransferase ( $p < 0,05$ ) and lower cholesterol content ( $p < 0,01$ ) at the final stage of the study. The addition of germanium citrate to water resulted in a higher cholesterol content ( $p < 0,05$ ) at the final stage of the study.

**Key words:** rabbits, blood, zinc citrate, selenium citrate, germanium citrate, enzymes, protein, heat stress.

*Andrii Yevhenovych Sak,*

PhD (Biological), associate professor of the department of medical and biological foundations of sports and physical culture  
Kharkiv State Academy of Physical Culture, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-8491-3434, Scopus Author ID: 57222111653,  
e-mail: sak\_andrei@i.ua

*Raisa Vasylivna Antypova,*

senior lecturer of the department of medical and biological foundations of sports and physical culture  
Kharkiv State Academy of Physical Culture, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-7172-4597, Scopus Author ID: 57222106712,  
e-mail: antipowaraja@i.ua

## INFLUENCE OF FATS OF VARIOUS ORIGINS ON THE REPRODUCTIVE FUNCTION OF EXPERIMENTAL ANIMALS

**Abstract.** In Ukraine, about 50–60 thousand men annually turn to specialists with sexual and andrological problems for help. Today, about 80% of men admit that having problems in the sexual sphere seriously affects the quality of life. At the same time, the leading place is occupied by the issue of the safe impact of chronic consumption of dietary fats on reproductive function.

The aim of the study was to study the effect of long-term consumption of dietary fats of various origins on the spermatogenic function of the testes of male rats.

The studies were carried out on 7 month old male rats of the Wistar population after 75 days of consumption of fats of various origins (palm oil, refined sunflower oil, margarine) at a rate of 3 mg/kg. At the end of the experiment, the state of spermatogenesis in a suspension of epididymal spermatozoa was assessed in males.

In experimental animals, it was observed: a decrease in the total concentration of gametes, a deficiency of morphologically normal cells and the emergence of a significant number of abnormal forms of spermatozoa.

Relative to control males, a decrease in the total concentration of gametes was found in the Palm oil group by 22%, in the Margarine group – by 30.2%, in the Refined sunflower oil group – by 34%. A decrease in the total number of gametes led to a deficit of morphologically normal forms in all experimental animals. In the “Palm oil” group the shortage was 25%, in the “Margarine” group – 24%, in the “Refined sunflower oil” group – 36% relative to the control animals. When determining the percentage of mobile gametes, there was found deficiency only in the “Margarine” group. It was 20% relative to the indicators of control males. But the percentage of abnormal forms of gametes in the group “Margarine” remained at the level of indicators of the control males. And in the groups “Palm oil” and “Refined sunflower oil” an excess of this was found indicator by 67% and 61%, respectively.

The experimental data obtained indicate that the consumption of dietary fats leads to disruption of all the constituent stages of spermatogenesis in adult male rats.

**Key words:** spermatogenesis, male rats, palm oil, refined sunflower oil, margarine.



## INTRODUCTION

Inadequate and unbalanced nutrition causes the greatest number of various diseases, including reproductive [2; 4; 5; 6]. Analysis of recent studies has shown that in Ukraine as a result of malnutrition during 1990–2008, the incidence of endocrine diseases and metabolic disorders has doubled [1], which in turn contribute to hypofertility.

In today's world there are many factors that negatively affect the male reproductive system. Among those that impair reproductive health – stress, alcohol consumption, smoking, chronic diseases, etc. are of great importance [3; 13].

Researchers have proven the important role of nutrition in the functioning of the reproductive system [4; 8; 9]. It is important to change the usual diet, composition and amount of individual ingredients, which can affect the urge and duration of sexual intercourse. It is known that there are foods that can even weaken or, conversely, enhance sexual function (so-called "aphrodisiacs") [9, 10].

An important provoking factor in the development of reproductive disorders is the intake of excess fat from food [3].

It is known that obesity leads to erectile dysfunction [2], which, in turn, can lead to male infertility [7; 12]. More severe consequences for the reproductive potential of men has a state of obesity on the background of type 2 diabetes [10].

Modern cooking products, especially fast food, are increasingly high in fat. Therefore, the consumption of fats and oils has increased significantly, and at the same time, as a rule, their fatty acid composition is not taken into account. However, it should be noted that there is a difference in the physiological function of individual fatty acids [3].

All fatty acids are divided into saturated (in the radical all chemical bonds are single) and unsaturated (when the radical has one or more double bonds). It is known that such unsaturated fatty acids as linoleic, linolenic are not synthesized in the human body and come to him only with food, so they are called essential. However, they play an important role, in particular, are part of biomembranes, and are also able to be converted into biologically active compounds that have the properties of regulators of physiological processes [10]. None of the dietary fats fully satisfies the physiological needs of man and its fatty acid composition is far from the ideal formula for a fatty diet. Thus, sunflower oil, which is most often consumed in Ukraine, contains 60% of linoleic acid from the total amount of fatty acids, but there are no other essential fatty acids. Milk fat has a large amount of palmitic acid (C16: 0) – 26–29%, while the recommended content of this acid should not exceed 15% [2]. Among vegetable oils, a special place is occupied by palm oil, the consumption of which increases every year, although it contains up to 50% palmitic acid.

In turn, it is known that the consumption of excessive amounts of fat causes obesity, which often leads to the development of atherosclerosis, metabolic syndrome and type 2 diabetes, as well as disturbs the balance of sex hormones [1]. Diet with excessive fat intake is the cause of development of dysbacteriosis in rats [3], negative changes in the liver and serum [1].

The authors of other studies conducted on rats aged 1, 3, 6 and 12 months, confirm that from an early age to 12 months of life, the composition of fatty acids in the liver of animals is closely related to the fatty component of the diet [7].

This was most evident when consuming fats containing increased amounts of palmitic acid (palm oil and butter). Also, the analysis of modern scientific literature shows that refined

palm oil and palm oil, which has been subjected to heat treatment, have a negative impact on human health, in particular on its immune and cardiovascular systems [9].

The pathogenic effect of saturated fatty acids, especially palmitic (C16: 0), and excess of linoleic acid in food (C18: 2), which is the basis of the vast majority of vegetable oils (sunflower, corn, soybean) other researchers declare [9].

Linoleic acid is a source of prostaglandins, which are involved in the regulation of blood pressure, the activity of the blood coagulation system, inflammatory reactions, as well as able to interfere with the process of carcinogenesis.

However, an excess of linoleic acid can have a negative impact, as a person's need for linoleic fatty acid is very limited (not more than 6–7 g / day) [2].

Data on the effect of palm oil on the reproductive function of experimental animals are currently ambiguous. Thus, intake of palm oil from fresh, frozen or pasteurized palm juice for two months improves fertility in male Wistar rats. However, its consumption over a long period (more than two months) leads to necrotic changes in the testicles. It should also be noted that the intake of oil from pasteurized palm juice has a negative effect on reproductive performance in males [11].

Analysis of the literature showed that prolonged consumption of vegetable fats in rats for 6 weeks leads to an increase in body weight in the dynamics and the emergence of alimentary obesity 2–3 degrees. It is shown that the consumption of excessive amounts of fat affects the quality of sperm, reducing sperm motility, without affecting other parameters of sperm. In turn, the change in sperm motility causes a slight decrease in fertility potential. These data suggest that a diet high in fat may impair the fertility of male rats [10].

The effect of chronic consumption of edible vegetable oils of various kinds (natural, hydrogenated, refined) and origin (palm or sunflower) on the reproductive function of men, in particular on the state of spermatogenesis, remains unclear. Given the heterogeneity of the human population, as well as the limited ability to study the state of human spermatogenesis in terms of ethical issues, it is more appropriate to investigate these issues in the experiment.

The aim of the study: was to examine the effect of long-term consumption of dietary fats of various origins on the spermatogenic function of the testes of male rats.

## **MATERIALS AND METHODS**

The experiment and keeping of animals were carried out in accordance with the national "General ethical principles of animal experiments", approved by the V National Congress of Bioethics (Kyiv, 2013). The experiments were performed on 28 adult male rats weighing  $230 \pm 50$  g of the Wistar line at the age of 7 months. Before the experiment, males were randomly divided into 4 groups: 1st group – control; 2nd – "Palm oil"; 3rd – "Refined sunflower oil"; 4-a – "Margarine". To simulate the effect of vegetable fats on the body of the animal for 75 days additionally received vegetable fats at the rate of 3 mg / kg of rat weight daily, while the control group received a standard feed compiled in accordance with feed rates for laboratory animals (grain products, granulated feed, fresh vegetables) [3]. The first experimental group received a standard feed with the addition of refined sunflower oil; the second experimental group – with the addition of palm oil; the third experimental group – the addition of margarine. Experimental groups of animals additionally received vegetable fats at the rate of 3 mg / kg of rat weight daily. According to the literature, this dose leads to metabolic changes [11]. The study used refined sunflower oil and margarine from Ukrainian

producers; palm oil of the Delta Wilmar brand. Animals of all groups were kept in standard vivarium conditions with free access to water.

At the end of the experiment in males evaluated the state of spermatogenesis in a suspension of epididymal sperm. To do this, sperm were obtained from the cut tail of the epididymis by washing for two minutes in 2 ml of 0.9% sodium chloride solution. The amount of epididymal sperm in 1 ml of suspension, their motility and the percentage of pathological forms were determined according to the generally accepted method, using Goryaev's camera and light microscope Biolamps [7]. Gamete motility was expressed as the percentage of motile cells (per 200 sperm examined), the percentage of abnormal forms was determined per 200 cells examined, taking into account the shape of the head, neck, middle and tail of mature sperm, and the presence of cytoplasmic droplets around the head and tail of sperm as a sign of their immaturity. The concentration of morphologically normal cells [7]. was calculated. The probability of differences between groups was assessed using the analysis package Excel 2003 and Statistika 6.0 and using parametric and nonparametric methods (Mann-Whitney U-test, Q Dana).

## DISCUSSION

Analysis of the functional status of epididymal sperm showed violations of quantitative and qualitative indicators of spermogram in all experimental groups. Thus, a decrease in the total concentration of gametes was found: in the group "Palm oil" by 22%, in the group "Margarine" – by 30.2%, in the group "Refined sunflower oil" – by 34% relative to control males ( $P \leq 0,05$ ; Table 1).

Table 1

**Spermogram parameters ( $\bar{x} \pm Sx$ ;  $n = 7$ )**

Indicator	Group			
	Control	Palm oil	Margarine	Refined sunflower oil
Sperm concentration, mln/ml	50,71±3,3	39,57±1,2*	35,43±2,1*	33,43±3,2*
Mobility, %	81,29±2,6	72,00±5,8	65,00±3,7*	84,14±2,9
Pathological forms, %	5,14±1,0	8,57±1,1*	5,00±0,7	8,29±0,9*
Concentration of morphologically normal sperm, mln/ml	48,16±3,3	36,21±1,3*	36,43±4,12*	30,71±3,05*
* – Statistically significant differences relative to the control group ( $P < 0,05$ ).				

Decreased total sperm concentration in experimental animals may be associated with androgen deficiency. This is consistent with the literature on the violation of spermatogenesis in such cases, at least its androgen-dependent stages [5; 6; 7].

In turn, the decrease in the total number of gametes led to a deficit of morphologically normal forms in all experimental animals. In the group "Palm oil" the deficiency was 25%, in the group "Margarine" – 24%, in the group "Refined sunflower oil" – 36% relative to control animals ( $P \leq 0.05$ ; see Table 1). This may be due to testosterone deficiency and, as a consequence, disruption of androgen-dependent stages of spermatogenesis, testicular

cretory function. After all, the leading hormone of spermatogenesis is testosterone. To ensure the continuity of spermatogenesis at the physiological level requires a high intratesticular concentration of androgen. Its content in the body can be several times higher than in the blood of the general circulation [1].

When determining the percentage of mobile gametes, their lack was detected only in the group "Margarine". It was 20% relative to control males ( $P \leq 0.05$ ; see table. 1). It is known that the motor activity of sperm cells is an energy-dependent and energy-intensive process and largely depends on the concentration of ATP. The main suppliers of ATP in sperm cells are respiration (about 90% of all energy) and glycolysis (about 10% of energy required) [11]. However, the process of  $\beta$ -oxidation of fatty acids can also be a supplier of energy for the synthesis of ATP in sperm cells. After all, it was found that the gametes themselves are able to modulate lipid metabolism [1]. Therefore, the decrease in motor activity of sperm in males of the group "Margarine" may be a consequence of energy deficiency caused by excessive load of margarine fats.

Instead, the percentage of abnormal gamete forms in the Margarine group remained at the level of control males. And in the groups "Palm oil" and "Refined sunflower oil" exceeded this indicator by 67% and 61%, respectively, ( $P \leq 0.05$ ; see Table 1).

It is possible that spermiogenesis may have been affected by a change in the direction of hormonal processes. This caused the appearance of a significant number of abnormal sperm, which reduced the concentration of morphologically normal gametes.

## CONCLUSIONS

An unbalanced diet with an excessive content of palm oil, margarine and refined sunflower oil leads to disruption of all components of the spermatogenesis of adult male rats. This is manifested by a deterioration in the parameters of the spermogram: a decrease in the total concentration of gametes, a deficiency of morphologically normal cells and the appearance of a significant number of abnormal forms of sperm.

It is believed that excessive fat diet can lead to metabolic disorders that can affect the processes of spermatogenesis. This is due to abnormalities in gene expression and contributes to the disruption of protein synthesis, usually enzymes that control key stages of metabolism. These disorders may be due to the absence of the product of the enzymatic reaction or the accumulation of a suitable substrate. That is, the increase in the number of abnormal forms of gametes may be due to changes in gene expression under the influence of excessive intake of hydrogenated and refined fats, which is unnatural and not physiological for this species. This caused the appearance of a significant number of abnormal forms and reduced the concentration of morphologically normal gametes. In the future, this can lead to reduced fertility and the development of infertility.

**Prospects for further research:** given the ever-increasing consumption of oils in the world and the integration of Ukraine into the world economy, there is a need for scientific and experimental studies of the impact of oils on the reproductive state of the human body during their use.

## REFERENCES

1. Bankovska, N.V. (2008). Hihiyenichna otsinka stanu faktychnoho kharchuvannya dorosloho naselennya Ukrainy ta naukove obgruntuvannya shlyakhiv yoho optymizatsiyi [Hygienic

assessment of the actual nutrition of the adult population of Ukraine and scientific substantiation of ways to optimize it]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv: National Medical University [in Ukrainian].

- Horobey, M.P. (2011). Problemy zbalansovanoho kharchuvannya studentiv [Problems of balanced nutrition of students]. *Pedahohika, psykhohihiya ta medyko-biolohichni problemy fizychnoho vykhovannya i sportu –Pedagogy, psychology and medical and biological problems of physical education and sport*. 11, pp. 20–22 [in Ukrainian].
- Karpenko, N.O., Tal'ko, V.V., Omel'chuk, S.T., & Lapta, S.S. (2011). Sposib otsinky zmin plidnosti samtsiv laboratornykh tvaryn pid diyeyu ushkodzhuyuchykh chynnykiv [Sposib otsinky zminy plidnosti samtsiv laboratornykh tvaryn pid diyeyu ushkodzhuval'nykh faktoriv]. Pat. 62361 Ukrayina. Zayavnyk i patentovlasnyk DU «Instytut problem endokrynnoyi patolohiyi», 16, 4 [in Ukrainian].
- Abarikwu, SO, Oleribe, AL, Mgbudom-Okah, CJ, Onuah, CL, Chikwendu, CS, & Onyeike, EN (2020). The protective effect of fluted pumpkin seeds against atrazine-induced testicular injury. *Drug and Chemical Toxicology*. 1–11.
- Adelakun, SA, Ukwenya, VO, Ogunlade, BS et al. (2019). Nitrite-induced testicular toxicity in rats: therapeutic potential of walnut oil. *Jornal Brasileiro de Reproducao Assistida*. 23(1) pp. 15–23.
- El-Wakf, AM, El-Habibi, EM, Ali, DA, Abd El-Ghany, E, & Elmougy, R. (2020). Marjoram and sage oils protect against testicular apoptosis, suppressed Ki-67 expression and cell cycle arrest as a therapy for male infertility in the obese rats. *J Food Biochem*. 44: e13369.
- Korotkova, M., Gabrielsson, B.G., & Holmång, A. et al. (2005). Gender-related long-term effects in adult rats by perinatal dietary ratio of n-6/n-3 fatty acids. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. 288 (3). 575-9.
- Hamdi, H. (2019). The preventive role of wheat germ oil against sertraline-induced testicular damage in male albino rats. *Andrologia*. 51(10): e13369.
- Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study J. *The Lancet*. (2019). № 393:1958-72 DOI: 10.1016/S0140-6736(19)30041-8.
- Ibanez, CA, Erthal, RP, Ogo, FM, et al. (2017). A high fat diet during adolescence in male rats negatively programs reproductive and metabolic function which is partially ameliorated by exercise. *Front Physiol*. № 8: 807-11.
- Mita, M., Yaslumasa, I., & Nakamura, M. (1994). Energy metabolism of spermatozoa of the sand dollar *Clypeaster japonicus*: the endogenous substrate and ultrastructural correlates. *J. Biochem*. Vol. 116, № 1. pp. 108–113.
- Mosbah R, Djerrou Z, & Mantovani A. (2018). Protective effect of *Nigella sativa* oil against acetamiprid induced reproductive toxicity in male rats. *Drug and Chemical Toxicology*. 41(2): pp. 206–212.
- Nassef, NA, & Mohamad, MI. (2018). Normalization of serum corticosterone, testosterone levels, and testicular estrogen receptor-alpha expression in Wistar rats subjected to restraint stress – Beneficial effects of olive oil supplementation. *Gene Reports*. 11. pp. 150–153.

## BIBLIOGRAPHY

- Банковська Н.В. Гігієнічна оцінка стану фактичного харчування дорослого населення України та наукове обґрунтування шляхів його оптимізації : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія». Київ : Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця, 2008. 24 с.
- Горобей М.П. Проблеми збалансованого харчування студентів. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2011. № 11. С. 20–22.

3. Спосіб оцінки змін плідності самців лабораторних тварин під дією ушкоджуючих чинників. Патент 62361 Україна. / Н.О. Карпенко, В.В. Талько, С.Т. Омельчук, С.С. Лапта. Заявник і патентовласник ДУ «Інститут проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського НАМН України (UA). № U 201101278; 25.08.2011, Бюл. № 16, 4 с.
4. Abarikwu SO, Oleribe AL, Mgbudom-Okah CJ, Onuah CL, Chikwendu CS, Onyeike EN. The protective effect of fluted pumpkin seeds against atrazine-induced testicular injury. *Drug and Chemical Toxicology* 2020;1–11.
5. Adelakun SA, Ukwenya VO, Ogunlade BS e.a. Nitrite-induced testicular toxicity in rats: therapeutic potential of walnut oil. *Jornal Brasileiro de Reproducao Assistida*. 2019; 23(1): 15–23.
6. El-Wakf AM, El-Habibi EM, Ali DA, Abd El-Ghany E, Elmougy R. Marjoram and sage oils protect against testicular apoptosis, suppressed Ki-67 expression and cell cycle arrest as a therapy for male infertility in the obese rats. *J Food Biochem* 2020; 44: e13369.
7. Korotkova M., Gabriellsson B. G., Holmång A. et al. Gender-related long-term effects in adult rats by perinatal dietary ratio of n-6/n-3 fatty acids. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2005; 288 (3):575-9.
8. Hamdi H. The preventive role of wheat germ oil against sertraline-induced testicular damage in male albino rats. *Andrologia*. 2019; 51(10): e13369.
9. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study J. *The Lancet*.2019. № 393:1958-72 DOI:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8).
10. Ibanez CA, Erthal RP, Ogo FM, et al. A high fat diet during adolescence in male rats negatively programs reproductive and metabolic function which is partially ameliorated by exercise. *Front Physiol*. 2017. № 8: 807-11.
11. Mita M, Yaslumasa I, Nakamura M. Energy metabolism of spermatozoa of the sand dollar *Clypeaster japonicus*: the endogenous substrate and ultrastructural correlates. *J. Biochem*. 1994. Vol. 116, № 1. pp. 108–113.
12. Mosbah R, Djerrou Z, Mantovani A. Protective effect of *Nigella sativa* oil against acetamiprid induced reproductive toxicity in male rats. *Drug and Chemical Toxicology*. 2018; 41(2): 206–212.
13. Nassef NA, Mohamad MI. Normalization of serum corticosterone, testosterone levels, and testicular estrogen receptor-alpha expression in Wistar rats subjected to restraint stress – Beneficial effects of olive oil supplementation. *Gene Reports* 2018; 11:150–153.

## АНОТАЦІЯ

### ВПЛИВ ЖИРІВ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА РЕПРОДУКТИВНУ ФУНКЦІЮ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТВАРИН

Щорічно в Україні близько 50–60 тисяч чоловіків звертаються до спеціалістів із сексуальними та андрологічними проблемами. Сьогодні близько 80% чоловіків визнають, що проблеми в сексуальній сфері серйозно впливають на якість життя. При цьому провідне місце посідає питання про безпечний вплив хронічного вживання харчових жирів на репродуктивну функцію.

Мета дослідження – вивчити вплив тривалого споживання харчових жирів різного походження на сперматогенну функцію сім'яників самців щурів.

Дослідження проводили на 7-місячних щурах-самцях популяції Wistar після 75-денного споживання жирів різного походження (пальмова олія, рафінована соняшникова олія, маргарин) з розрахунку 3 мг/кг. Наприкінці експерименту у самців оцінювали стан сперматогенезу в суспензії сперматозоїдів епідидиму.

У піддослідних тварин спостерігалось: зниження загальної концентрації гамет, дефіцит морфологічно нормальних клітин та поява значної кількості аномальних форм сперматозоїдів.

У контрольних самців виявлено зниження загальної концентрації гамет у групі пальмової олії на 22%, у групі маргарину – на 30,2%, у групі соняшnikової рафінованої олії – на 34%. Зменшення загальної кількості гамет призвело до дефіциту морфологічно нормальних форм у всіх піддослідних тварин. У групі «олія пальмова» нестача становила 25%, у групі «маргарин» – 24%, у групі «олія соняшnikова рафінована» – 36% відносно контрольних тварин. При визначенні відсотка рухомих гамет дефіцит виявлено лише в групі «маргарин». Він становив 20% відносно показників контрольних самців. Але відсоток аномальних форм гамет у групі «маргарин» залишився на рівні показників контрольних самців. А в групах «олія пальмова» та «олія соняшnikова рафінована» виявлено перевищення цього показника на 67% та 61% відповідно.

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що споживання харчових жирів призводить до порушення всіх етапів сперматогенезу у дорослих самців щурів.

**Ключові слова:** сперматогенез, самці щурів, пальмова олія, рафінована соняшnikова олія, маргарин.

*Ігор Васильович Вудмаска,*

доктор сільськогосподарських наук, професор,  
заступник директора з наукової роботи

Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України, Україна  
orcid.org/0000-0002-6277-535X, e-mail: [ivvudmaska@gmail.com](mailto:ivvudmaska@gmail.com)

*Наталія Ігорівна Пахолків,*

кандидат ветеринарних наук, старший науковий співробітник лабораторії фізіології,  
біохімії та живлення птиці

Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України, Україна  
orcid.org/0000-0002-5774-2940, e-mail: [talokha@gmail.com](mailto:talokha@gmail.com)

*Сергій Романович Сачко,*

молодший науковий співробітник лабораторії фізіології, біохімії та живлення птиці  
Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України, Україна  
orcid.org/0000-0002-7731-3836

## АЗОТНО-ВУГЛЕВОДНИЙ ОБМІН В УМІСТІ РУБЦЯ КОРІВ У ДО- ТА ПІСЛЯОТІЛЬНИЙ ПЕРІОДИ ЗА КОРЕКЦІЇ МОНЕНЗИНОМ І ПРИРОДНИМ ФІТОІОНОФОРОМ

**Анотація.** У статті наведені дані про вплив введення до раціону корів наприкінці сухостійного та у післяотільний періоди монензину та шишок хмелю на рубцеву ферментацію. Значних збитків молочному скотарству завдають такі субклінічні форми порушень травлення та обміну речовин: кетоз, ацидоз, дисфункція печінки, що призводять до зниження молочної продуктивності, порушення відтворювальної функції, виникнення супутніх патологій (зміщення сичуга, ламініт, метрит, мастит тощо). У критичних випадках захворювання переходять у гострі форми, для яких характерний важкий перебіг і несприятливий прогноз.

Монензин – природний антибіотик, що продукується грибами *Streptomyces cinnamonensis* і пригнічує життєдіяльність грам-позитивних бактерій, збільшує споживання корму коровами, попереджує виникнення ацидозу та алкалозу рубця, зменшує метаноутворення, знижує концентрацію бета-гідроксидутирату у крові.

Шишки хмелю містять речовини, які за антимікробною дією подібні до монензину, – пренільовані флороглюцини (фітоіонофори), що дозволяє розглядати їх як потенційну добавку до раціону корів. Антимікробною дією володіють такі компоненти хмелю, як хумулон ( $\alpha$ -кислота), лупулон ( $\beta$ -кислота), ізохумулон та деякі інші мінольні сполуки. Як й інші іонофори, біологічно активні сполуки шишок хмелю блокують транспорт одновалентних іонів через мембрани бактерій, порушують синтез полісахаридів бактеріальної мембрани, змінюють трансмембранне перенесення амінокислот. Крім того, поліфеноли шишок хмелю проявляють потужну антиоксидантну дію.

Додавання до раціону обох досліджуваних добавок призвело до зниження концентрації аміаку ( $p < 0,05$ ) та зростання концентрацій лактату ( $p < 0,05$ ) і летких жирних кислот в умісті рубця. Це призвело до зниження рН рубця, однак це зниження не було критичним і залишалось у межах фізіологічної норми.

**Ключові слова:** високопродуктивні корови, уміст рубця, монензин, борошно шишок хмелю.



## ВСТУП

Значних збитків молочному скотарству завдають такі субклінічні форми порушень травлення та обміну речовин: кетоз, ацидоз, дисфункція печінки. Вказані метаболічні відхилення спостерігаються у значній частини високопродуктивних корів, що призводить до зниження молочної продуктивності, порушення відтворювальної функції, виникнення супутніх патологій – зміщення сичуга, ламініту, метриту, маститу тощо. У критичних випадках захворювання переходять у гострі форми, для яких характерний важкий перебіг і несприятливий прогноз [2].

Монензин – природний антибіотик, що продукується грибами *Streptomyces cinnamonensis* і пригнічує життєдіяльність грам-позитивних бактерій. У багатьох країнах монензин використовується у м'ясному скотарстві для підвищення приростів [4]. У годівлі корів монензин застосовують рідко, оскільки він знижує жирність молока. Останніми роками з'явилися повідомлення про можливість використання монензину для попередження негативного енергетичного балансу у корів після отелення внаслідок посилення під його впливом утворення в рубці пропіонату – попередника глюконеогенезу [4; 9]. Монензин збільшує споживання корму коровами, попереджує виникнення ацидозу рубця [8], зменшує метаноутворення, знижує концентрацію бета-гидроксибутирату у крові [9]. Хоча монензин не всмоктується у травному каналі, у країнах Європи та в Україні його використання у якості кормової добавки, як і використання інших антибіотиків, заборонене.

Шишки хмелю містять речовини, які за антимикробною дією подібні до монензину, – пренільовані флороглюцини (фітоіонофори), що дозволяє розглядати їх як потенційну добавку до раціону корів [1; 3; 5]. Крім того, поліфеноли шишок хмелю володіють потужною антиоксидантною дією [6; 7].

Метою роботи було дослідження впливу введення до раціону корів наприкінці сухостійного та у післяотільний періоди кормових добавок, які зменшують утворення аміаку і збільшують утворення пропіонової кислоти у рубці для попередження виникнення кетозу.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено у ПОСП ім. Шевченка Горохівського району Волинської області. Для досліду було сформовано 3 групи сухостійних корів української молочної чорно-рябї породи з продуктивністю за попередню лактацію 7 тис. кг молока (по 10 тварин у групі). Дослід тривав протягом сухостійного періоду та першої половини лактації.

Тварини отримували збалансований за вмістом поживних речовин раціон, який мистив: сінаж різнотравний, силос кукурудзяний, ячмінно-пшенично-кукурудзяну дерть, шрот соєвий, сіль кормову, мінерально-вітамінний премікс.

Перша група служила контролем. До раціону корів другої групи додавали монензин у дозі 10 мг/кг сухої речовини. Корови третьої групи отримували борошно з шишок хмелю у кількості 1 г/кг сухої речовини раціону. Монензин та екстракт шишок хмелю додавали протягом останніх 3-х тижнів сухостою та перших 3-х тижнів після отелення.

Для лабораторних досліджень вміст рубця брали одноразово через тиждень після отелення. У рубцевій рідині визначали вміст аміаку за Конвеєм, молочної кислоти за Баркером-Саммерсоном, вміст летких жирних кислот [10].

## РЕЗУЛЬТАТИ

За дії монензину та шишок хмелю у вмісті рубця корів значно знизилась концентрація аміаку відповідно на 21,7% та 24,4% ( $p < 0,05$ ) (рис. 1 а). Це може бути зумовлено двома такими причинами: меншою його продукцією або ж посиленням використання у синтезі амінокислот бактеріального протеїну. Отже, причиною зниження концентрації аміаку було пригнічення розщеплення протеїну корму. Це зумовлено переважною дією досліджуваних добавок на бактерії – гіперпродуценти аміаку (*Clostridium aminophilum*, *Clostridium sticklandii*, *Peptostreptococcus anaerobius* тощо).

Ми не спостерігали збільшення кількості мікробного азоту (рис. 2 б), тобто інтенсифікації синтезу мікробного білка не відбувалось. Внаслідок меншого розщеплення кормового протеїну у рубці зростав вміст білкового азоту (рис. 2 а) на 30,2% та 21,3%, відповідно. Таким чином, як монензин, так і шишки хмелю знижували розщеплюваність протеїну.

Згідно з сучасними уявленнями, лактат відіграє суттєву роль в енергетичному забезпеченні організму, особливо у жуйних. Початок лактації у високопродуктивних корів

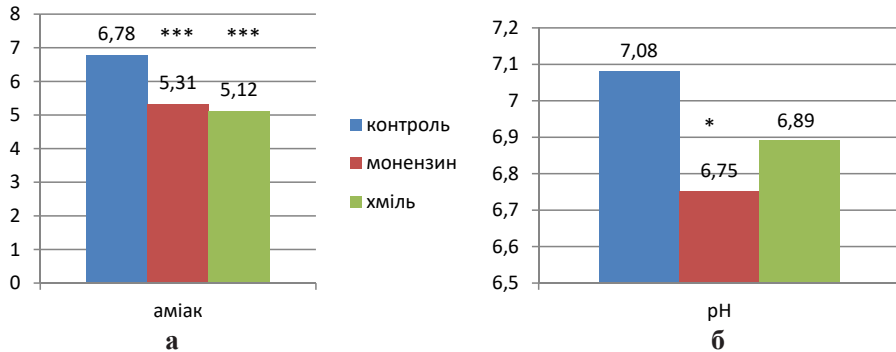


Рис. 1. Концентрація аміаку (а) у вмісті рубця та його рН (б) ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Примітка: \* – ступінь вірогідності різниці у показниках відносно контролю; \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$

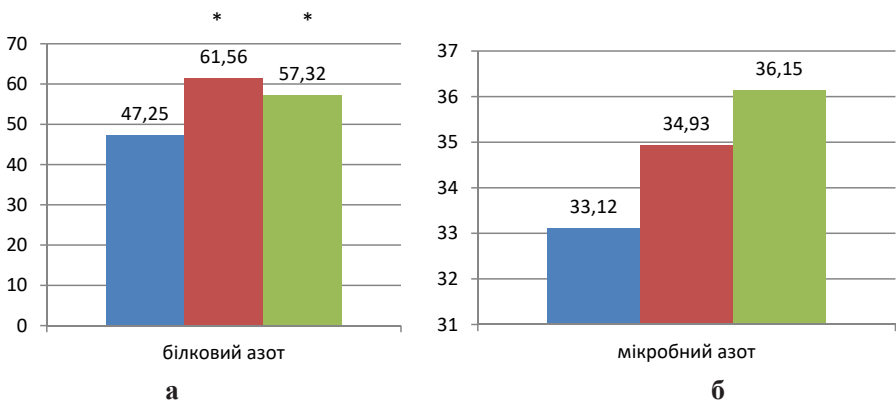


Рис. 2. Кількість білкового (а) та мікробного (б) азоту ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

супроводжується значною напруженістю обміну речовин і негативним енергетичним балансом організму. Використання лактату підвищується в екстремальних умовах.

Концентрація лактату (рис. 3 а) у рубці корів обох досліджуваних груп вірогідно зростала на 14,2% і 15,3%. Мабуть, це викликано посиленням амілолітичної активності, внаслідок чого у рубці зростає концентрація молочної кислоти та легких жирних кислот.

Хоча вірогідного зростання концентрації ЛЖК (рис. 3 б) не виявлено, проте спостерігається тенденція до її зростання (на 11,8% та 6,9%), очевидно, внаслідок

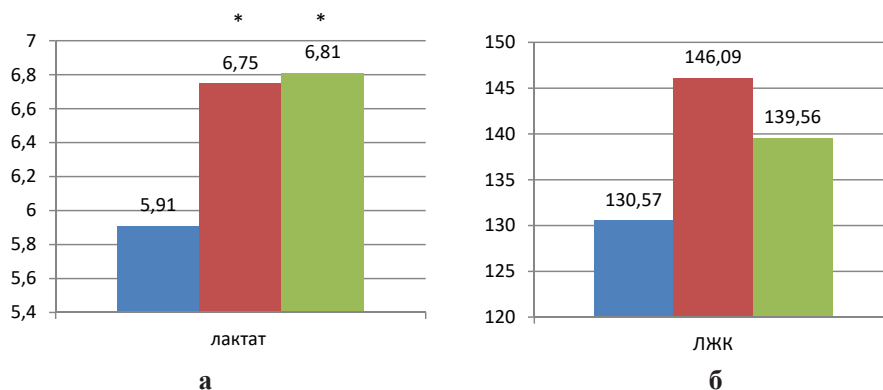


Рис. 3. Концентрація лактату (а) та ЛЖК (б) ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

збільшення частки пропіонової кислоти. Більші концентрації лактату та ЛЖК спричинили зниження рН рубцевої рідини ( $p < 0,05$ ). Однак це зниження не було критичним і рН (рис. 1 б) залишався у межах фізіологічної норми.

## ВИСНОВКИ

Додавання до раціону корів шишок хмелю призводило до зниження у вмісті рубця концентрації аміаку, зростання концентрації лактату та зниження рН у межах фізіологічної норми.

Отже, шишки хмелю можуть бути застосовані для регулювання рубцевої ферментації та обміну речовин в організмі корів у перед- та післятільний період.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Введення до раціону шишок хмелю може зменшити негативні зміни метаболізму, характерні для корів у цей період, і попередити низку поширених у високопродуктивних корів порушень обміну речовин (кетоз, стеатоз, ацидоз).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Behr J., Vogel R.F. Mechanisms of hop inhibition include the transmembrane redox reaction *Appl. Environ. Microbiol.*, 2010. № 76 (1), 142–149.
2. Rumen microorganisms and fermentation. Arch. A.R. Castillo-Gonzalez, M.E. Burrola-Baraza, J. Dominguez-Viveros, A. Chavez-Martinez. *Med. Vet.* 2014. № 46 (3), 349–361.

3. Cattoor K., Dresel M., De Bock L., Boussery K., Van Bocxlaer J., Remon J.P., et al. Metabolism of hop-derived bitter acids. *J Agric Food Chem.*, 2013. № 61 (33), 7916–7924.
4. Demarco C.F., Schwegler E., Brauner C.C., Ferri E., Halfen J., Florio G., et al. Monensin controlled-release capsules do not change performance and metabolic profile in unchallenged beef cattle. *Acta Scientiae Veterinariae*, 42, 2014. Pub. 1245. 1–6.
5. Flythe M.D., Kagan I.A., Wang Y., Narvaez N. Hops (*Humulus lupulus L.*) Bitter acids: modulation of rumen fermentation and potential as an alternative growth promoter. *Front. Vet. Sci.* 2017. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28871284/>
6. Flythe M.D., Aiken G.E. Effects of hops (*Humulus lupulus L.*) extract on volatile fatty acid production by rumen bacteria. *J Appl Microbiol.* 2010. 109 (4), 1169–1276.
7. Flythe M.D. The antimicrobial effects of hops (*Humulus lupulus L.*) on ruminal hyper ammonia-producing bacteria. *The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology.* 2009. 48, 712–717.
8. Mullins C.R., Mamedova L.K., Brouk M.J., Moore C.E., Green H.B., Perfield K.L., et al. Effects of monensin on metabolic parameters, feeding behavior and productivity of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2012. 95. 1323–1336.
9. Santos F.A.P., Juchem S.O., Imaizumi H., Pires A.V., Barnabe E.C. Production and blood parameters of Holstein cows treated prepartum with sodium monensin or propylene glycol. *J. Dairy Sci.*, 2014. 87, 680–689.
10. Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині : довідник / В.В. Влізло, Р.С. Федорук, І.Б. Ратич. Львів : СПОЛОМ, 2012. С. 355–368.

## REFERENCES

1. Behr, J., & Vogel, R.F. (2010). Mechanisms of hop inhibition include the transmembrane redox reaction Appl. *Environ. Microbiol.*, 76 (1), 142–149.
2. Castillo-Gonzalez, A.R., Burrola-Barraza, M.E., Dominguez-Viveros, J., & Chavez-Martinez, A. (2014). Rumen microorganisms and fermentation. *Arch. Med. Vet.*, 46 (3), 349–361.
3. Cattoor, K., Dresel, M., De Bock, L., Boussery, K., Van Bocxlaer, J., Remon, J. P., et al. (2013). Metabolism of hop-derived bitter acids. *J Agric Food Chem.*, 61 (33), 7916–7924.
4. Demarco, C.F., Schwegler, E., Brauner, C.C., Ferri, E., Halfen, J., Florio, G., et al. (2014). Monensin controlled-release capsules do not change performance and metabolic profile in unchallenged beef cattle. *Acta Scientiae Veterinariae.*, 42, Pub. 1245. 1–6.
5. Flythe, M. D., Kagan, I. A., Wang, Y., & Narvaez N. Hops (*Humulus lupulus L.*) (2017). Bitter acids: modulation of rumen fermentation and potential as an alternative growth promoter. *Front. Vet. Sci.* Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28871284/>.
6. Flythe, M. D., & Aiken, G. E. (2010). Effects of hops (*Humulus lupulus L.*) extract on volatile fatty acid production by rumen bacteria. *J Appl Microbiol.*, 109 (4), 1169–1276.
7. Flythe, M.D. (2009). The antimicrobial effects of hops (*Humulus lupulus L.*) on ruminal hyper ammonia-producing bacteria. *The Society for Applied Microbiology, Letters in Applied Microbiology*, 48, 712–717.
8. Mullins, C.R., Mamedova, L.K., Brouk, M.J., Moore, C.E., Green, H.B., Perfield, K.L., et al. (2012). Effects of monensin on metabolic parameters, feeding behavior and productivity of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 95, 1323–1336.
9. Santos, F.A.P., Juchem, S.O., Imaizumi, H., Pires, A.V., & Barnabe, E.C. (2014). Production and blood parameters of Holstein cows treated prepartum with sodium monensin or propylene glycol. *J. Dairy Sci.*, 87, 680–689.
10. Vlizlo, V.V., Fedoruk, R.S., Ratych, I.B., Vishchur, O.I., Sharan, M.M., Vudmaska, I.V., et al. (2012). *Laboratorni metody doslidzhen u biolohii, tvarynnystvi ta veterynarnii medyt-syni. [Laboratory research methods in biology, animal husbandry and veterinary medicine: Handbook]*, (p. 355–368) Lviv: SPOLOM [in Ukrainian].

## ABSTRACT

# NITROGEN-HYDROCARBON EXCHANGE IN THE COWS SCARS IN THE PRE- AND POST-CALVING PERIODS WHEN CORRECTION OF MONENSIN AND NATURAL PHYTO-IONOPHORUM

Biochemical transformation of the nutrients of feed in the ruminants is the result of the vital functions of different taxonomic groups of microorganisms. The article presents data on the influence in the pre- and post-calving periods diet supplementation with monensin and ionophores on ruminal fermentation. Using monensin and ionophores in the diets of highly productive cows in the last month of the dry period and in the first month of lactation in the scientific and business experience helped to improve the metabolic processes in the rumen. It was established that in egalitarian performance during fermentation scar animal control and experimental groups practically different. Given the correction diet of highly productive cows, the content ammonia in the rumen of animals two experimental groups was in 21.7% and 24.4% times than animals in the control group, indicating a more efficient use of protein components in animals research groups. In rumen of cows treated with ionophores were observed that leading to elevated level of volatile fatty acids and lower levels of lactate. The ionophores increases the amount of microbial protein in the rumen. The intensity of growth of microorganisms in the rumen and their metabolic activity depends on the contents of energy and protein, micro- and trace elements, and their availability in the animals diet.

**Key words:** highly productive cows, scar cows, monensin, ionophores.

*Галина Ярославівна Ковальчук,*

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та хімії  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0002-5261-8422, e-mail: galynakovalchuk5@gmail.com

*Оксана Миколаївна Лупак,*

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін,  
географії та екології  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0002-1969-8643, e-mail: oksana\_lupak@ukr.net

## АНТИОКСИДАНТНА АКТИВНІСТЬ ЕКСТРАКТІВ КОРЕНЕВИЩ З КОРЕНЯМИ *ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЇХ ОТРИМАННЯ

**Анотація.** У статті містяться результати дослідження інтегральної антиоксидантної активності (АОА) спиртових та водних екстрактів кореневищ з коренями *Echinacea purpurea* (L.) Moench, вирощеної на навчально-дослідній ділянці Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. Визначено вплив різних способів екстрагування на показники АОА, виміряні потенціометричним методом з використанням медіаторної системи.

Екстрагування проводили шляхом змішування подрібненої висушеної лікарської сировини з 70% спиртом і витримування протягом 14 днів чи дистильованою водою у співвідношенні 1:10 за різної температури та часу її дії. При 1-му способі приготування водних настоїв використовувалась вода кімнатної температури, при 2-му – гаряча вода (70°C), далі в обидвох випадках суміші нагрівали протягом 15 хв на киплячій водяній бані та 45 хв охолоджували. При 3-му способі лікарську рослину сировину заливали окропом та настоювали 15 хв. Для отримання відвару лікарську рослину сировину заливали водою кімнатної температури, настоювали шляхом нагрівання впродовж 30 хв на киплячій водяній бані та 15 хв охолоджували.

З'ясовано, що показник АОА спиртових екстрактів кореневищ з коренями ехінацеї у 1,2–4,5 разів перевищив аналогічні показники у водних екстрактах, отриманих різними способами, і становив  $1,36 \pm 0,09$  мг АК/мл.

Серед обраних способів водної екстракції найефективнішим виявився спосіб приготування відвару, у якому АОА складала  $1,13 \pm 0,08$  мг АК/мл. Це пояснюється особливістю гістологічної будови та природи хімічних речовин, що синтезуються кореневищами з коренями.

Найменші значення АОА ( $0,30 \pm 0,02$  мг АК/мл) були зафіксовані у водному екстракті, отриманому 3-м способом, тоді як АОА водних витягів за 1-м способом складала  $0,78 \pm 0,05$  мг АК/мл; 2-м способом –  $0,88 \pm 0,06$  мг АК/мл, що у 1,5 та 1,3 рази відповідно поступаються показникам АОА відвару.

Отже, з метою отримання екстракту кореневищ з коренями ехінацеї пурпурової з максимальним значенням АОА доцільно готувати спиртовий витяг сировини.

**Ключові слова:** *Echinacea purpurea* (L.) Moench, лікарська рослинна сировина, екстракт, антиоксидантна активність, потенціометрія.

## ВСТУП

У світовому масштабі за використанням лікарських рослин ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) входить у першу десятку. Рослина вирізняється унікальним хімічним складом, завдяки якому з лікувальною метою застосовують і надземну частину, і кореневища з коренями [1]. У лікарській рослинній сировині (далі – ЛРС) *E. purpurea* накопичується понад 250 біологічно активних речовин (далі – БАР), у тому числі вторинних метаболітів, що належать до різних класів, тому препарати, до складу яких входить сировина рослини, мають широкий спектр дії, зокрема імуномодулюючу, антибактеріальну, протигрибкову, противірусну, антиоксидантну; активують рецепторну функцію шкіри, підшкірних тканин та слизових оболонок; покращують роботу центральної нервової системи тощо. Також відомо, що комплекс БАР, що містяться у ЛРС *E. purpurea*, активує підвищення фагоцитарної активності нейтрофілів і макрофагів, забезпечує синтез інтерлейкіну-1, сприяє трансформації В-лімфоцитів у плазматичні клітини та функціональній активності Т-хелперів, покращує обмінні процеси, що відбуваються в організмі [2]. Сьогодні на фармацевтичному ринку України представлено понад 50 препаратів, до складу яких входять БАР *E. purpurea* [3].

Варто відзначити, що основний терапевтичний ефект ЛРС *E. purpurea* проявляє завдяки синтезу фенілпропаноїдів (зокрема, цикорієвої кислоти), полісахаридів (фруктанів), мікроелементів (селену та цинку), біотину, рутину та інших флавоноїдів, вітамінів А і С. Імуномодуляторна дія характеризується універсальним антиоксидантним механізмом реалізації, внаслідок якого зменшується негативний вплив вільних радикалів [4].

Антиоксидантна дія ЛРС проявляється у запобіганні надмірної активації вільнорадикального окиснення та відновленні функціональної активності природної антиоксидантної системи організму [15].

Останніми роками багато науковців займається питанням розроблення оптимальних способів вилучення БАР, що характеризуються антиоксидантними властивостями, з ЛРС в екстракти [5].

Як відомо з літературних джерел [6; 7], повнота екстракції залежить від багатьох факторів, зокрема ступеня подрібнення сировини, вибору методу екстрагування, екстрагента та його співвідношення до ЛРС, температурного режиму, часу екстрагування. Подрібнювати ЛРС необхідно до відповідних лінійних розмірів, вказаних у Фармакопеї для кожної морфологічної групи сировини [8], що забезпечить збільшення швидкості дифузії і повноту екстрагування БАР [9]. Вибір екстрагента має проводитися з урахуванням: 1) хімічної природи сировини, наприклад, щодо розчинності фармакологічно активних речовин (потрібно належно підбирати концентрацію розчинника тощо); 2) особливостей застосування отриманого екстракту (наскільки екстрагент безпечний для здоров'я) [7]. У разі приготування настоянок потрібно дотримуватися фармакопейних вимог [8] щодо співвідношення між кількістю ЛРС та екстрагента, від якого залежить потенційна сила дифузії [9]. При виборі температури та часу екстрагування також слід враховувати хімічний склад ЛРС. З одного боку, швидкість екстракції буде прямо пропорційна збільшенню температури, а з іншого боку, висока температура може негативно вплинути на якість або ж узагалі спричинити зміни фізичних властивостей отриманого екстракту [9].

Вивченню антиоксидантної активності (далі – АОА) екстрактів ЛРС присвячені численні наукові праці. АОА екстрактів квітів ехінацеї досліджували науковці А. Демидова, О. Аксонова, В. Євлаш, О. Ткаченко, Н. Каменева [10]. Н. Ткаченко, Н. Дец, С. Вікуль, Л. Ланженко, Д. Скрипніченко [11] визначали АОА (за зміною швидкості окиснення  $\text{NAD}\cdot\text{H}_2 / \text{NAD}$ ) водних, спиртових та приготовлених на молочній сироватці екстрактів із коренів, листя та суцвіть ехінацеї пурпурової. У попередніх власних дослідженнях проаналізовано інтегральну АОА водних (отриманих трьома способами екстрагування) та спиртових екстрактів трави гісопу лікарського і меліси лікарської [5].

Мета дослідження полягала у визначенні АОА екстрактів кореневищ з коренями *Echinacea purpurea* (L.) Moench за різних способів екстрагування.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Матеріалом для дослідження були кореневища з коренями *E. purpurea*, вирощеної на навчально-дослідній ділянці Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка. Кореневища викопували наприкінці вересня у суху погоду після спаду роси. Сировину звільняли від землі, мили, підв'ялювали та різали на шматки. Для сушіння використовували сушарку із робочою температурою 40–45°C. Після висушування рослинний матеріал подрібнювали на лабораторному млині при 1000 об/хв до лінійних розмірів часток 3 мм згідно із вимогами Державної фармакопеї України (ДФУ) [8].

Для отримання водних екстрактів подрібнені кореневища з коренями ехінацеї пурпурової заливали дистильованою водою у співвідношенні 1:10, беручи до уваги коефіцієнт водопоглинання для цієї ЛРС 1,5.

Водні настої готували такими способами:

1) кореневища з коренями заливали водою кімнатної температури, нагрівали впродовж 15 хв на киплячій водяній бані та 45 хв охолоджували;

2) кореневища з коренями заливали гарячою водою (70°C), нагрівали впродовж 15 хв на киплячій водяній бані та 45 хв охолоджували;

3) кореневища з коренями заливали окропом та настоювали впродовж 15 хв.

З огляду на особливості гістологічної будови даної сировини, зокрема щільність клітинної оболонки, недостатність міжклітинних ходів та каналів, необхідним способом виготовлення водної витяжки є відвар. Для отримання відвару кореневища з коренями заливали водою кімнатної температури, настоювали шляхом нагрівання впродовж 30 хв на киплячій водяній бані та 15 хв охолоджували.

При приготуванні спиртових витяжок використовували 70% спирт, який змішували з подрібненим рослинним матеріалом у співвідношенні 1:10 з подальшим настоюванням впродовж 14 днів.

Після завершення процесів водної та спиртової екстракції витяжки фільтрували через п'ятишарову стерильну марлю, залишок подрібнених коренів відтискали, промивали екстрагентом, повторно відтискали, після чого проціджену витяжку доводили екстрагентом до необхідного об'єму.

АОА витяжок визначали потенціометрично на приладі марки рН-150 МИ, використовуючи методики Брайніної і співроб. [13] та Аронбаєва і співроб. [14] у нашій модифікації [12]. При цьому фіксували зміну окисно-відновного потенціалу (ОВП) медіаторної системи на основі  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  після додавання до



неї досліджуваних екстрактів. Інтегральну АОА<sub>x</sub> екстрактів виражали в еквіваленті концентрації аскорбінової кислоти (АК) у мг/мл та обчислювали за формулою:

$$AOA_x = 10^{\lg[C(АК)]}, \text{ [мг АК/мл]}.$$

Для статистичної обробки отриманих результатів використовували програму Microsoft Office Excel. Аналізували інтегральну АОА досліджуваних екстрактів у трьох біологічних і п'яти аналітичних повтореннях.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Під час дослідження проаналізовано АОА у водних та спиртових витяжках кореневищ з коренями *E. purpurea*. З'ясовано, що АОА прямо пропорційно залежить від зміни ОВП медіаторної системи. Визначено достовірно більшу ( $p \leq 0,05$ ) різницю електродних потенціалів, що виникали у медіаторній системі при внесенні у неї спиртових витяжок, порівняно із водними (табл. 1). Зауважимо, що різниця потенціалів змінювалася від 79 до 110 мВ залежно від способу екстрагування.

Таблиця 1  
Характеристика антиоксидантної активності екстрактів кореневищ з коренями *Echinacea purpurea* за різних способів екстрагування ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Спосіб екстрагування	Різниця потенціалів, (ΔE), мВ	lgC(АК)	АОА, мг АК / мл
Настій (1 спосіб)	97,5	-0,11	0,78±0,05 * ***
Настій (2 спосіб)	100	-0,05	0,88±0,06 * ****
Настій (3 спосіб)	79	-0,52	0,30±0,02 * ***
Відвар	105,5	0,07	1,13±0,08 **
Спиртовий екстракт	110	0,13	1,36±0,09

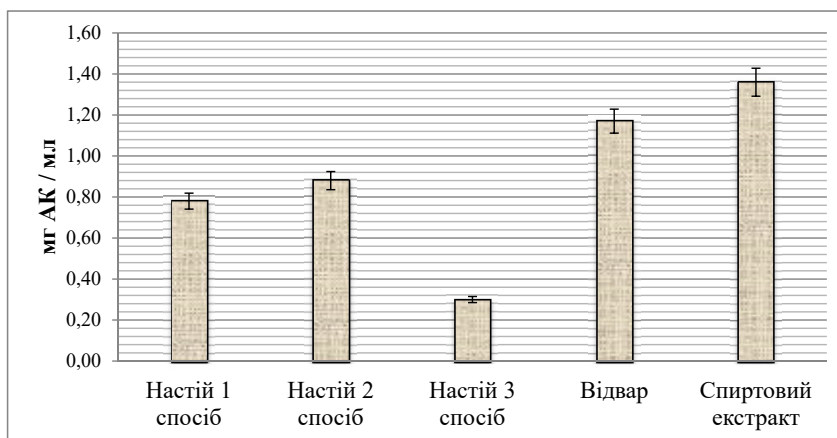
Примітка: \* – різниця значень вірогідна при  $p \leq 0,01$  відносно значення АОА спиртового екстракту; \*\* – різниця значень вірогідна при  $p \leq 0,05$  відносно значення АОА спиртового екстракту; \*\*\* – різниця значень вірогідна при  $p \leq 0,01$  відносно значення АОА відвару; \*\*\*\* – різниця значень вірогідна при  $p \leq 0,05$  відносно значення АОА відвару

Як свідчать отримані результати досліджень, найповніше екстракція БАР коренів ехінацеї, які зумовлюють антиоксидантний ефект, відбувалася з використанням етанолу у якості екстрагента. У результаті спиртової екстракції кореневищ з коренями ехінацеї АОА становила 1,36±0,09 мг АК/мл, що у 1,2–4,5 рази перевищує цей показник у водних екстрактах.

Серед обраних способів водної екстракції найефективнішим виявився спосіб приготування відвару, у якому АОА складала 1,13±0,08 мг АК/мл. Це пояснюється особливістю гістологічної будови та природи хімічних речовин, що синтезуються кореневищами з коренями.

Найменші значення АОА (0,30±0,02 мг АК/мл) були зафіксовані у водному екстракті, отриманому 3-м способом, тобто шляхом заливання сировини окропом та настоювання впродовж 10 хв. Це значення у 4 рази нижче, ніж у АОА відвару. Отже, такий спосіб екстрагування для даного виду ЛРС є неефективним.

Що стосується водних екстрактів, приготованих 1-м та 2-м способами, то вони у 1,5 та 1,3 рази поступаються показниками АОА порівняно із відваром (рис. 1). У другому



**Рис. 1. Антиоксидантна активність екстрактів кореневищ з коренями *Echinacea purpurea***

способі екстрагування використовували гарячу воду для заливання подрібнених коренів, а не кімнатної температури, як у першому, що, очевидно, покращило процес переходу антиоксидантів у екстракт.

Під час порівняння з результатами попередніх наших досліджень [5] можна побачити, що екстракти кореневищ з коренями ехінацеї володіють дещо меншими антиоксидантними властивостями, ніж екстракти трави гісопу лікарського та меліси лікарської.

## ВИСНОВКИ

Отже, з метою отримання екстракту кореневищ з коренями *Echinacea purpurea* з максимальним значенням АОА доцільно готувати спиртовий витяг сировини. Серед обраних способів водної екстракції найефективнішим виявився спосіб отримання відвару. Це пояснюється особливістю гістологічної будови та природи хімічних речовин, що синтезуються кореневищами з коренями.

У перспективі планується провести дослідження АОА екстрактів трави *Echinacea purpurea*, яка за літературними даними для трирічної рослини містить більшу кількість БАР та іншої ЛРС.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Поспелов С.В., Шершова С.В. Дослідження біологічної активності лектинвмісних екстрактів ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.). *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 45–49.
2. Оптимізація та стандартизація виробництва лікарських засобів на основі ехінацеї пурпурової / О.П. Баула, В.І. Бессарабов, О.О. Нікітіна, І.І. Данюк. *Фізико-органічна хімія, фармакологія та фармацевтична технологія біологічно активних речовин : збірник наукових праць* / за заг. ред. А.Ф. Попова. Київ : КНУТД, 2018. Т. 1. С. 126–134.
3. Ефективність використання фітобіотика з ехінацеї блідої у годівлі перепелів: монографія / Р.А. Чудак, Ю.М. Побережець, О.І. Вознюк. Вінниця, 2020. 197 с.

4. Можливості фармакологічної корекції стрес-зумовлених порушень імунної системи за допомогою лікарських засобів рослинного походження (огляд літератури) / О.Я. Міщенко, О.Л. Халєєва, І.М. Риженко, В.П. Вереїтинова. *Фітотерапія. Часопис*. 2020. № 2. С. 4–10.
5. Вплив способів екстрагування на антиоксидантну активність екстрактів трави рослин *Hyssopus officinalis* L. та *Melissa officinalis* L. *Acta Carpathica*. О.М. Лупак, Г.Я. Ковальчук, Г.М. Клепач. *Acta Carpathica*. 2022. № 2 (38). С. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.2.1>.
6. Gupta A., Naraniwal M., Kothari V. Modern extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *International J. of Applied and Natural Sciences*. 2012. Vol. 1. Iss. 1. P. 8–26.
7. Грицик А., Дубель Н., Грицик Л. Дослідження параметрів екстракції трави приворотня. *Modern Pharmacy and Medicine*. 2021. Vol. 1. Iss. 2. P. 1–9.
8. Державна Фармакопея України : в 3 т. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків, 2015. Т. 1. 1128 с.
9. Бандура В.М., Коляновська Л.М. Аналіз сучасних методів та факторів, що впливають на процес екстрагування. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія «Технічні науки»*. 2014. № 2 (85). С. 130–135.
10. Antioxidant activity of plants extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil / A. Demydova, O. Aksanova, V. Yevlash, O. Tkachenko, N. Kameneva. *Food Science and Technology*. 2022. Vol. 16. Iss. 3. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2314>.
11. Параметри отримання екстрактів *Echinacea purpurea* та *Echinacea pallida* для харчових та косметичних продуктів / Н.А. Ткаченко, Н.О. Дец, С.І. Вікуль, Л.О. Ланженко, Д.М. Скрипніченко. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2018. Т. 29 (68). № 2. С. 251–258.
12. Лупак О.М., Ковальчук Г.Я., Антоняк Г.Л. Потенціометричне визначення антиоксидантної активності екстрактів рослин *Calendula officinalis* L. за впливу біостимуляторів росту. *Scientific Journal "ScienceRise: Biological Science"*. 2017. № 6 (9). С. 10–13.
13. Ivanova A.V., Gerasimova E.L., Brainina K.Z. Potentiometric Study of Antioxidant Activity: Development and Prospects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 2015. Vol. 45. Iss. 4. P. 311–322.
14. Дослідження антиоксидантної активності рослинності Ферганської долини / Д.М. Аронбаєв, В.А. Тен, М.Ф. Юлаєв, С.Д. Аронбаєв. *Молодий вчений*. 2015. № 4 (84). С. 30–34.
15. Burlou-Nagy C., Bănică F. et al. *Echinacea purpurea* (L.) Moench: biological and pharmacological properties. A Review. *Plants*. 2022. № 11(9). P. 1244. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11091244>.

## REFERENCES

1. Pospelov, S.V., & Shershova, S.V. (2012). Doslidzhennia biolohichnoi aktyvnosti lektynvmisnykh ekstraktiv ekhinatsei purpurovoi (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) [Study of the biological activity of pectin-containing extracts of *Echinacea purpurea* (L.) Moench.]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava state agrarian academy*. № 1. P. 45–49 [in Ukrainian].
2. Baula, O.P., Bessarabov, V.I., Nikitina, O.O., & Daniuk, I.I. (2018). Optymizatsiia ta standartyzatsiia vyrobnytstva likarskykh zasobiv na osnovi ekhinatsei purpurovoi [Optimization and standardization of the production of herbal medicinal products based on *Echinacea purpurea*]. *Fyzyko-orhanichna khimiia, farmakolohiia ta farmatsevychna tekhnolohiia biolohichno aktyvnykh rechovyv : zbirnyk naukovykh prats – Physical and organic chemis-*

- try, pharmacology and pharmaceutical technology of biologically active substances : collection of scientific works / za zah. red. A.F. Popova. Kyiv : KNUTD. T. 1. P. 126–134 [in Ukrainian].
- Chudak, R.A., Poberezhets, Yu.M., & Vozniuk, O.I. (2020). *Efektivnist vykorystannia fitobiotyky z ekhinatsei blidoi u hodivli perepeliv: monohrafiia – Effectiveness of using a phyto-biotic from Echinacea paleus in feeding quails: monograph*. Vydavets TOV “Druk plus”. P. 9 [in Ukrainian].
  - Mishchenko, O.Ya., Khalieieva, O.L., Ryzhenko, I.M., & Vereitynova, V.P. (2020). Mozhyvosti farmakolohichnoi korektsii stres-zumovlenykh porushen immunoi systemy za dopomohoiu likarskykh zasobiv roslynnoho pokhodzhennia (ohliad literatury) [Opportunities of pharmacological correction of stress-related disorders immune system using vegetable origin-remedies]. *Fitoterapiia. Chasopys – Phytotherapy. Journal*. № 2. P. 4–10 [in Ukrainian].
  - Lupak, O.M., Kovalchuk, H.Ya., & Klepach, H.M. (2022). Vplyv sposobiv ekstrahuvannia na antyoksydantnu aktyvnist ekstraktiv travy roslyn *Hyssopus officinalis* L. ta *Melissa officinalis* L. [The influence of methods of extracting on the antioxidant activity of the extracts of the herb of plants *Hyssopus officinalis* L. and *Melissa officinalis* L.]. *Acta Carpathica*. № 2(38). P. 5–13. DOI: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2022.2.1> [in Ukrainian].
  - Gupta, A., Naraniwal, M., & Kothari, V. (2012). Modern extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *International J. of Applied and Natural Sciences*. Vol. 1. Iss. 1. P. 8–26.
  - Grytsyk, A., Dubel, N., & Grytsyk, L. (2021). Doslidzhennia parametriv ekstraktsii travy pryvorotnia [Study of the parameters of the extraction of lovage grass]. *Modern Pharmacy and Medicine*. Vol. 1. Iss. 2. P. 1–9 [in Ukrainian].
  - Derzhavna Farmakopeia Ukrainy : v 3 t. Derzhavne pidpriemstvo “Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv”. 2-e vyd. – State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 vol. State Institution “Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for Quality of Medicines”. The 2-nd edition. Kharkiv : Derzhavne pidpriemstvo “Ukrainskyi naukovyi farmakopeinyi tsentr yakosti likarskykh zasobiv”, 2015. T. 1. 1128 p [in Ukrainian].
  - Bandura, V.M., & Kolianovska, L.M. (2014). Analiz suchasnykh metodiv ta faktoriv, shcho vplyvaiut na protses ekstrahuvannia [Analysis of modern methods and factors affecting the extraction process]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian. Series: Technical sciences*. № 2 (85). P. 130–135 [in Ukrainian].
  - Demydova, A., Aksanova, O., Yevlash, V., Tkachenko, O. & Kameneva, N. (2022). Antioxidant activity of plants extracts of Ukrainian origin and their effect on the oxidative stability of sunflower oil. *Food Science and Technology*. Vol. 16. Iss. 3. P. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.15673/fst.v16i3.2314>.
  - Tkachenko, N.A., Dets, N.O., Vikul, S.I., Lanzhenko, L.O., & Skrypnichenko, D.M. (2018). Parametry otrymannia ekstraktiv *Echinacea purpurea* ta *Echinacea pallida* dlia kharchovykh ta kosmetychnykh produktiv [Parameters of making *Echinacea purpurea* and *Echinacea pallida* extracts for food and cosmetic products]. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Serii: tekhnichni nauky – Scientific notes Tavriia National University V.I. Vernadsky. Series: technical sciences*. T. 29 (68). № 2. P. 251–258 [in Ukrainian].
  - Lupak, O.M., Kovalchuk, H.Ya., & Antonyak, H.L. (2017). Potentsiometrychne vyznachennia antyoksydantnoi aktyvnosti ekstraktiv roslyn *Calendula officinalis* L. za vplyvu biostymulatoriv rostu [Potentiometric determination of antioxidant activity of *Calendula officinalis* L. plant extracts under the influence of growth biostimulators]. *Scientific Journal “ScienceRise: Biological Science”*. № 6 (9). P. 10–13 [in Ukrainian].
  - Ivanova, A.V., Gerasimova, E.L., & Brainina, K.Z. (2015). Potentiometric Study of Antioxidant Activity: Development and Prospects. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. Vol. 45. Iss.4. P. 311–322.

14. Aronbaev, D.M., Ten, V.A., Julaev, M.F., & Aronbaev, S.D. (2015). Issledovanie antioksidantnoj aktivnosti rastitel'nosti Ferganskoj doliny [Investigation of the antioxidant activity of vegetation of the Fergana valley]. *Molodoj uchěnyj – Young scientist*. № 4 (84). P. 30–34.
15. Burlou-Nagy, C., Bănică, F. et al. (2022). *Echinacea purpurea* (L.) Moench: biological and pharmacological properties. A Review. *Plants*. № 11(9). P. 1244. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11091244>.

## ABSTRACT

### ANTIOXIDANT ACTIVITY OF EXTRACTS OF *ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH RHIZOMES WITH THE ROOTS BY DIFFERENT METHODS OF THEIR OBTAINING

The article contains the results of the study of the integral antioxidant activity (AOA) of alcohol and water extracts of rhizomes with the roots of *Echinacea purpurea* (L.) Moench, grown at the educational and research site of Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University. The influence of different methods of extraction on AOA indices measured by the potentiometric method using the mediator system was determined.

Extraction was carried out by mixing crushed dried medicinal raw materials with 70% alcohol and keeping for 14 days or with distilled water in a ratio of 1:10 at different temperatures and time of its action. In the 1st method of preparing aqueous infusions, water at room temperature was used, in the 2nd – hot water (70 °C), then in both cases the mixtures were heated for 15 minutes in a boiling water bath and cooled for 45 minutes. In the 3rd method, medicinal plant raw materials were poured with boiling water and infused for 15 minutes. To obtain a decoction, medicinal plant raw materials were poured with water at room temperature, infused by heating for 30 minutes in a boiling water bath and cooled for 15 minutes.

It was found that the AOA indices of alcoholic extracts of rhizomes with Echinacea roots was 1.2–4.5 times higher than the similar indices in aqueous extracts obtained by different methods and was  $1.36 \pm 0.09$  mg AA/ml.

Among the selected methods of aqueous extraction, the most effective was the method of preparation of the decoction, in which the AOA was  $1.13 \pm 0.08$  mg AA/ml. This is explained by the peculiarity of the histological structure and the nature of chemicals synthesized by rhizomes with roots.

The lowest AOA values ( $0.30 \pm 0.02$  mg AA/ml) were recorded in the aqueous extract obtained by the 3rd method, while the AOA of aqueous extracts by the 1st method was  $0.78 \pm 0.05$  mg AA/ml; by the 2nd method –  $0.88 \pm 0.06$  mg AA/ml, which is 1.5 and 1.3 times lower than the AOA of the decoction, respectively.

Therefore, it is advisable to prepare an alcoholic extract of the raw material in order to obtain an extract of the rhizomes with the roots of *Echinacea purpurea* with the maximum value of AOA.

**Key words:** *Echinacea purpurea* (L.) Moench, medicinal plant raw material, extract, antioxidant activity, potentiometry.

*Богданна Богданівна Калининчук,*

молодший науковий співробітник

Карпатський національний природний парк,

аспірант кафедри біології та екології

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

orcid.org/0000-0002-2296-6207, e-mail: kalynchukbohdanna@gmail.com

*Надія Іванівна Різничук,*

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

orcid.org/0000-0002-4863-6775,

e-mail: riznychuknadiia@gmail.com

## ПОШИРЕННЯ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА НАДВІРНА

**Анотація.** Інвазійні види в сучасному світі стають дедалі більш актуальним питанням. Їх поширення може мати серйозні наслідки як для аборигенних видів, так і для економіки країни. Одним із таких видів є *Heracleum sosnowskyi* Manden., який широко поширений на території України. Для успішної боротьби з цією рослиною необхідна комплексна інвентаризація та превентивні заходи для запобігання подальшого її розповсюдження.

Це велика за розміром рослина, що продукує значну кількість насіння. Воно поширюється за допомогою різних механізмів, включаючи вітер, транспортні потоки та водні шляхи. Такий розподіл насіння дозволяє рослині колонізувати нові території та збільшувати свою популяцію.

У своїй стратегії виживання рослина демонструє властивості типу віолент. Вона активно конкурує з іншими видами рослин, здатна до швидкого росту та ефективно використовує ресурси середовища. Це дозволяє успішно адаптуватися до змін у середовищі та забезпечує виживання навіть у конкурентному середовищі.

Цей вид становить потенційну небезпеку для людей і тварин. Сік рослини містить фурокумарини, які, взаємодіючи з ультрафіолетовим випромінюванням, можуть призвести до утворення опіків. Ці опіки можуть спричинити некроз тканин та в критичних випадках призвести до летальних наслідків.

У цій статті наведено результати дослідження поширення *H. sosnowskyi* на території міста Надвірна. Проведене з травня до вересня 2022 року дослідження показало значне розповсюдження цього виду в антропогенних біотопах. Найчастіше рослина зустрічалася біля автомагістральних шляхів та вздовж річки Стримба. Загальна площа, де було виявлено цей вид, становить 12,646 га. Також було проаналізовано локалітети виду та визначено рясність за шкалою О. Друде.

Аналіз свідчить про те, що поширення *H. sosnowskyi* може становити серйозну загрозу для аборигенних екосистем, здоров'я і безпеки місцевого населення та тваринного світу.

Результати, отримані в ході дослідження, надають важливу інформацію щодо розподілу та поширення виду, що відкриває можливості для подальшого моніторингу та розробки стратегій контролю та управління.

**Ключові слова:** інвазійний вид, *Heracleum sosnowskyi* Manden., Надвірна, рясність, поширення.

## ВСТУП

Проблема, пов'язана з розповсюдженням інвазійних видів, є суттєвою, оскільки вони становлять загрозу для аборигенних видів і природних або напівприродних екосистем. Адвентивні види конкурують за сонячне світло, поживні речовини, воду та простір для росту, а також обмежують або навіть перешкоджають проростанню насіння інших рослин. Крім того, ці види можуть впливати на фізико-хімічні властивості ґрунту та активність ґрунтових мікроорганізмів [12].

Останнім часом флора Передкарпаття стикається зі значним тиском інвазійних видів [19]. Починаючи з 2013 року, борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) увійшов до трійки найбільш поширених адвентивних видів у Івано-Франківській області [11]. Рослина *H. sosnowskyi* є одним з агресивних видів, які мають значний вплив на навколишнє середовище [6].

Цей вид становить потенційну загрозу для здоров'я людей через виділення соку, який містить високу концентрацію фурокумаринів. Взаємодія ультрафіолетового випромінювання з рослинним соком на шкірі може призвести до опіків у людини. До групи ризику належать люди, які працюють на полі, а також діти. Оскільки відразу після контакту з рослиною може бути відсутня реакція, люди продовжують проводити час на полі [17].

На території України виявлено 405 місцезнаходжень *H. sosnowskyi*. Вид розповсюджений в антропогенних та напівантропогенних середовищах, збагачених азотом. Це такі території, як узбіччя доріг, занедбані земельні ділянки сільськогосподарських і промислових об'єктів. Клімат та ґрунт – це основні фактори, що сприяють поширенню виду. Найбільші угруповання виявлені в зоні мішаних і широколистяних лісів та у лісостепових областях, переважно на заході і півночі [13].

Під час огляду осередків *H. sosnowskyi* виявлено його присутність у 15 областях України на площі 2470,95 гектарів переважно на землях несільськогосподарського призначення (85%). Однак результати наявних досліджень вказують на застарілість цих даних та їх значні відмінності від фактичних площ. Наприклад, згідно з інформацією Державної фітосанітарної служби у Чернівецькій області, площа *H. sosnowskyi* у місті Чернівці в 2015 році становила 8,5 га. Однак фактичні дані, отримані під час огляду міста Чернівці в рамках досліджень, показали, що у період з 2016 до 2018 року *H. sosnowskyi* охоплював площу 83,1 га. Подібна ситуація спостерігається й у інших регіонах України [10].

Дослідження на території Польщі продемонстрували великі темпи поширення виду. За результатами польових досліджень у 2019 році встановлено, що середнє покриття борщівником на досліджуваній ділянці збільшилося приблизно на 5% між першим і другим візитами та на 1% під час третього, при цьому середня кількість рослин залишалася на приблизно тому ж рівні [14].

Вторгнення *H. sosnowskyi* суттєво впливає на популяції птахів з різних екологічних груп. Дослідження польських вчених показало, що на територіях, де ріс борщівник, кількість птахів була нижчою, ніж на контрольних ділянках [16; 15].

Зростання кількості чужорідних видів підкреслює нагальну потребу у впровадженні більш ефективних заходів раннього виявлення та контролю [18]. Класичний підхід до вивчення появи інвазійних видів рослин передбачає використання польових методів. Також важливими заходами є картографування ареалів, моніторинг поширення

інвазійних видів і управління ними та інші стратегії контролю [12]. Геолокаційна фіксація фітоінвазій є ключовим елементом довготривалого моніторингу. Вона дозволяє побудувати картосхеми поширення інвазійних видів та надає достовірні дані, які можуть бути використані для впровадження заходів контролю, управління територією об'єкту та інших цілей [7].

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

*Територія досліджень.* Дослідження проводилися з травня до вересня 2022 р. в м. Надвірна, що знаходиться на території Надвірнянського району Івано-Франківської області.

Місто Надвірна розташоване у передгір'ї українських Карпат на правому березі річки Бистриця Надвірнянська, яка зливається з Бистрицею Солотвинською, утворюючи Бистрицю. На території міста є багато невеличких потоків, а річка Стримба поділяє Надвірну на дві частини. На східному напрямку протікає річка Ворона. Поблизу міста видно вершини гір Городище (висотою 522 м) і Скала (також відома як Потоки, висотою 584 м). Площа міста становить 25,5 км<sup>2</sup> [4].

У минулому ці території були покриті дубовими, грабовими та буковими лісами, які чергувалися з лучними угрупованнями. В даний час більшість цих земель використовується для сільськогосподарських потреб, за винятком окремих ділянок, які не придатні для ведення сільського господарства. Клімат на цих територіях є помірно континентальним з невеликими змінами температури повітря улітку та значними в зимовий період. Ґрунти дернові, лучні, болотяні та торф'яно-болотяні поширені в межах терас річок Бистриці Надвірнянської і Ворони [1].

*Методика досліджень.* Метою даного дослідження було вивчення поширення *H. sosnowskyi* на території міста Надвірна.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання: виявити всі місця поширення *H. sosnowskyi* на території міста Надвірна та скласти їх географічну карту; проаналізувати ступінь поширення *H. sosnowskyi* в різних екосистемах міста, включаючи ліси, дороги, сільськогосподарські угіддя та інші місця.

Дослідження, проведені за методикою Р.І. Бурди та О.А. Ігнатюка, були розділені на три етапи [3].

На підготовчому етапі було проведено аналіз літератури про поширення *H. sosnowskyi* та ознайомлення з технічними аспектами безпечного проведення досліджень. Була також детально вивчена методика надання першої медичної допомоги у разі можливого контакту з цією рослиною.

Другий етап включав оглядові та детальні польові дослідження і фіксацію польового матеріалу. Екосистеми у межах міста, а також рослинний покрив та закономірності його розподілу вивчали з урахуванням форми рельєфу, гідрологічних особливостей, розміщення різних видів забудови, інфраструктурних об'єктів та інших факторів [8]. Для цього досліджувану ділянку було розбито на квадрати 500 м на 500 м, які обходили маршрутним методом. На кожній ділянці, де було виявлено місце зростання *H. sosnowskyi*, були зафіксовані координати та внесені до програми Google My Maps.

Крім того, проводилась оцінка рясності видів за допомогою окомірного методу прямого обліку за шкалою О. Друде. У цій системі оцінки рясності виду прийнято таку градацію:



- Soc (socialis) – рослини зникаються надземними частинами;
- Sor<sup>3</sup> (copiosae) – рослини дуже рясні;
- Sor<sup>2</sup> – рослини рясні;
- Sor<sup>1</sup> – рослини досить рясні;
- Sp (sparsae) – рослини ростуть рідко;
- Sol (solitaries) – рослини поодинокі;
- Un (unicum) – одна рослина на площі виявлена [5].

На третьому етапі здійснювався аналіз отриманих результатів. Результати були перенесені з Google My Maps до програми QGIS, де створювалися шари для різної рясності та визначалися площі ділянок. Площа кожної ділянки вимірювалася у гектарах.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Розповсюдження *H. sosnowskyi* у місті Надвірна було зафіксовано в антропогенних екосистемах (пасовищні, сільськогосподарські, плантаційні, промислові та дорожньо-лінійні) [2]. Антропогенні системи створюють сприятливі умови для поширення цього виду рослин, допомагаючи йому адаптуватися та пристосовуватися до змін у середовищі.

В результаті польових досліджень виявлено 42 ділянки, на деяких ділянках кількість *H. sosnowskyi* була дуже високою. Також помічено присутність 8 поодиноких особин цього виду, які знаходилися в окремих локальних зонах на території міста.

Найменша площа досліджуваної ділянки з рясністю Soc становила 0,019 га, тоді як найбільша площа складала 0,394 га. Було виявлено 11 ділянок з такою рясністю загальною площею 1,230 га (табл. 1). Рослина виявляла повне домінування на вказаних ділянках, створюючи монокультуру.

Таблиця 1

Площа ділянок з рясністю Soc

Номер ділянки	1	2	3	4	5	6
Площа, га	0,025	0,044	0,028	0,019	0,076	0,104
Номер ділянки	7	8	9	10	11	
Площа, га	0,184	0,394	0,232	0,062	0,082	

Було зафіксовано три ділянки з рясністю Sor<sup>3</sup> (табл. 2). Загальна площа досліджених ділянок з такою рясністю становить 0,217 га. На цих ділянках також спостерігалось домінування інвазійного виду.

Таблиця 2

Площа ділянок з рясністю Sor<sup>3</sup>

Номер ділянки	1	2	3
Площа, га	0,112	0,057	0,048

Площа досліджуваних ділянок з рясністю Sor<sup>2</sup> варіюється від 0,019 до 0,048 га. Загальна площа досліджених ділянок становить 0,129 га (табл. 3).

Найбільша площа серед досліджених ділянок з рясністю Sor<sup>1</sup> становила 0,24 га, тоді як найменша – 0,01 га. Загальна площа досліджених ділянок з рясністю Sor<sup>1</sup> складає 0,544 га на 7 ділянках (табл. 4).

Таблиця 3

Площа ділянок з рясністю *Sop*<sup>2</sup>

Номер ділянки	1	2	3	4
Площа, га	0,019	0,032	0,048	0,03

Таблиця 4

Площа ділянок з рясністю *Sop*<sup>1</sup>

Номер ділянки	1	2	3	4	5	6	7
Площа, га	0,01	0,032	0,24	0,112	0,06	0,033	0,077

Найбільше було ділянок з рясністю *Sr*. Загальна площа 15 ділянок становить 10,342 га (табл. 5). Найбільша площа серед досліджених ділянок становить 4,81 га, тоді як найменша – 0,003 га.

Таблиця 5

Площа ділянок з рясністю *Sr*

Номер ділянки	1	2	3	4	5	6	7	8
Площа, га	0,048	0,061	0,467	0,08	0,193	0,297	0,138	4,81
Номер ділянки	9	10	11	12	13	14	15	
Площа, га	4,11	0,412	0,003	0,004	0,007	0,039	0,014	

З рясністю *Sol* було зафіксовано дві ділянки загальною площею 0,184 га (табл. 6).

Таблиця 6

Площа ділянок з рясністю *Sol*

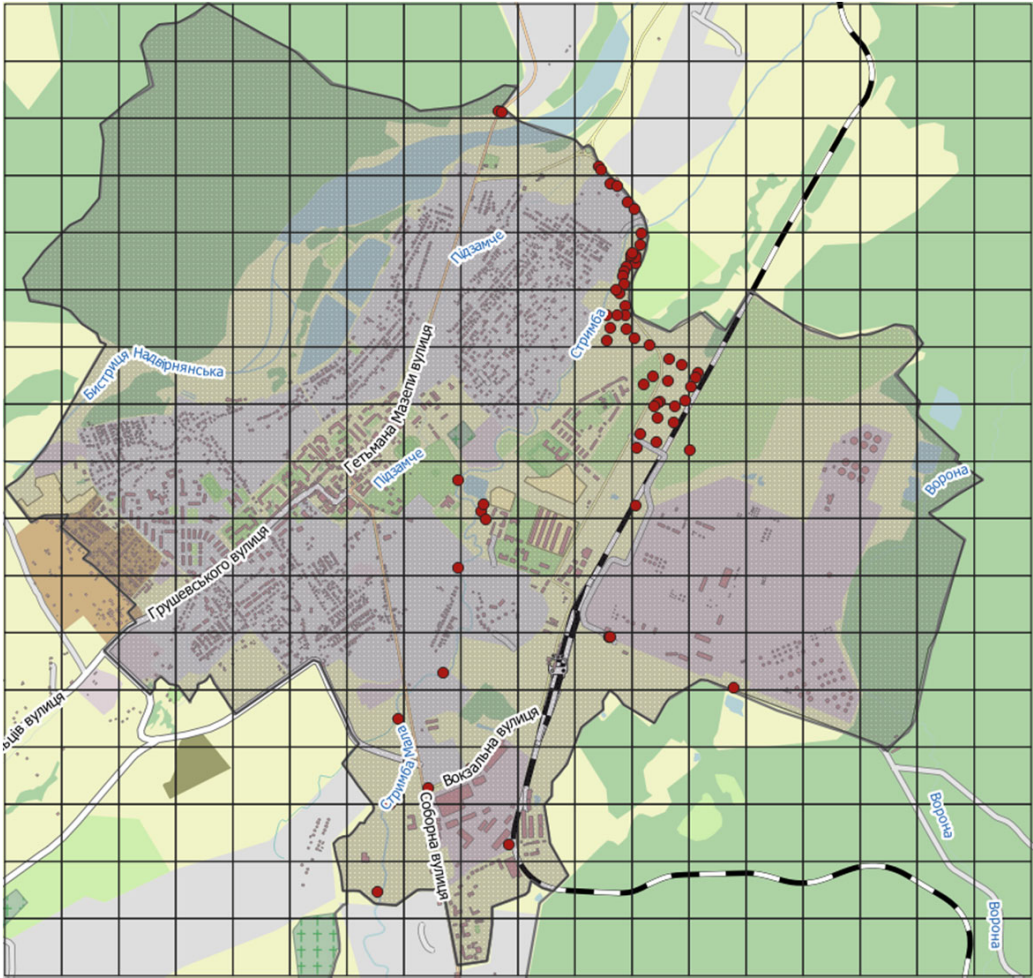
Номер ділянки	1	2
Площа, га	0,01	0,174

Різноманітність у розподілі рясності *H. sosnowskyi* на досліджуваній території проявляється через значні відмінності у ступені впливу виду на місцеві екосистеми та динаміку його поширення в різних екологічних умовах. Такий розмах у розподілі рясності підкреслює складність взаємодії між цим видом та оточуючим середовищем, що потребує комплексного підходу до управління та контролю за його поширенням.

Географічні точки, позначені на карті (рис. 1), відображають місця, де було виявлено даний вид. Це дозволяє візуально зрозуміти розподіл *H. sosnowskyi* та визначити його основні угруповання на території міста Надвірна.

Виявлення виду *H. sosnowskyi* в безпосередній близькості до автотранспортних магістралей, залізничних колій і берегів річки Стримба є переконливим свідченням того, що рослина поширювалась даними шляхами. Це підтверджує ймовірність використання водних і транспортних засобів як засобів для подальшого поширення виду, що ставить під загрозу інші території міста та сусідні населені пункти.

Розповсюдження *H. sosnowskyi* поруч з житловими будинками, присадибними ділянками, пасовищами та на території парку імені Івана Франка створює серйозну загрозу для місцевого населення, зокрема для дітей, які можуть перебувати в цих зонах. Потенційна небезпека також існує для свійських тварин, які можуть отримати опіки після контакту з рослиною.



**Рис. 1. Карта поширення *H. sosnowskyi* на території м. Надвірна**

Дослідження на території міста Кременця показало, що центральне суцвіття *H. Sosnowskyi*, яке зазвичай має найбільшу продуктивність, може виділяти велику кількість насіння, досягаючи середньої величини у 2156 насінин на одну рослину [9]. Значна кількість рослин на території міста Надвірна продукує багато насіння, яке залишається в ґрунті та в подальшому конкурує у проростанні з аборигенними видами. Це може призвести до значних екологічних проблем і труднощів у подальшій боротьбі, якщо не буде прийнято ефективних заходів контролю для зменшення популяції.

## **ВИСНОВКИ**

Існує серйозна загроза через поширення *H. Sosnowskyi* для екологічної стабільності та біорізноманіття регіону. Розподіл цього інвазійного виду у різноманітних середовищах, таких як транспортні маршрути, береги річки та території, призначені для забудови, свідчить про його адаптивність і здатність до швидкого поширення. Загальна площа,

де була зафіксована рослина, становить 12,646 га, що свідчить про значне поширення. Ці дані вказують на необхідність впровадження невідкладних заходів для ефективного контролю та управління цим видом, оскільки його розповсюдженість може мати серйозні наслідки для місцевих екосистем, а також становити загрозу для здоров'я та безпеки місцевого населення та біорізноманіття в цілому. Уникнення подальшого поширення *H. sosnowskyi* може вимагати комплексного підходу до управління його популяцією та впровадження ефективних стратегій контролю та моніторингу.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О.М., Приходько М.М. Регіональна екологія і природні ресурси : навчальний посібник. Івано-Франківськ : Таля, 2000. 278 с.
2. Адаптивна стратегія популяцій адвентивних видів / за ред. Р.І. Бурди. Київ : Наукова думка, 2018. 190 с.
3. Бурда Р.І., Ігнатюк О.А. Методика дослідження адаптивної стратегії чужорідних видів рослин в урбанізованому середовищі. Київ : ЗАТ «Віпол», 2011. 112 с.
4. Грабовецький В.В., Бурнашов Г.В., Рехтман М.Н. Надвірна : путівник. Ужгород : Карпати, 1982. 80 с.
5. Григора І.М., Соломаха В.А. Основи фітоценології. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. С. 65–110.
6. Еколого-ценотична характеристика популяції *Heracleum sosnowskyi* Manden. на території Центрального Полісся / І.В. Хом'як та ін. *Екологічні науки*. 2019. Т. 2, № 1 (24). С. 126–129.
7. Зав'ялова Л. Огляд методів дослідження адвентивних рослин. *GEO&BIO*. 2019. № 18. С. 64–76. DOI: <https://doi.org/10.15407/gb1806>.
8. Фітоценологія : методичні рекомендації до лабораторних занять для студентів спеціальностей 091 «Біологія», 014 «Середня освіта (біологія)» біологічного факультету: 2-ге видання, доповнено і перероблено / І.І. Кузьмішина, Л.О. Коцун, Б.Б. Коцун, О.С. Фіщук. Луцьк : Вежа-Друк, 2019. 83 с.
9. Михалюк І.М., Галаган О.К., Дух О.І. Екобіологічні загрози поширення видів роду *Heracleum* на території міста Кременця Тернопільської області. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2017. № 7 (4), С. 506–510. DOI: [https://doi.org/10.15421/2017\\_152](https://doi.org/10.15421/2017_152).
10. Особливості статусу борщівника Сосновського в Україні та системний підхід у боротьбі та ліквідації небезпечного виду бур'яну / М.П. Соломійчук, Р.О. Кордулян, В.М. Гунчак, О.І. Борзих. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 67 (2). С. 198–214.
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області (2013–2022 рр.) / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/> (дата звернення: 11.12.2020 та 04.09.2024).
12. Geostatistical models with the use of hyperspectral data and seasonal variation – A new approach for evaluating the risk posed by invasive plants / K. Bzdęga et al. *Ecological Indicators*. 2021. № 121. 107204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107204>
13. Goncharenko I., Koniakin S., Leshcheniuk O. Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. *Folia Oecologica*. 2024. № 51 (1). P. 93–107. DOI: <https://doi.org/10.2478/foecol-2024-0010>.
14. Grzędzicka E. Assessment of Habitat Selection by Invasive Plants and Conditions with the Best Performance of Invasiveness Traits. *Diversity*. 2023. № 15. P. 333. DOI: <https://doi.org/10.3390/d15030333>.

15. Grzędzicka E. Impact of Invasive Weeds on the Diversity and Dissimilarity of Bird Communities in Forested Areas. *Diversity*. 2022. № 14 (3). P. 229. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14030229>.
16. Grzędzicka E., Reif J. Impacts of an invasive plant on bird communities differ along a habitat gradient. *Global Ecology and Conservation*. 2020. Vol. 23, e01150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01150>.
17. Nielsen C., Ravn H.P., Nentwig W. The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. / eds. M. Wade. Hoersholm: Forest and Landscape Denmark, 2005. 44 pp. URL: <https://labgis.ibot.cas.cz/wp-content/uploads/pdf/Booy%20et%20al.%20-%202005%20%20The%20giant%20hogweed%20best%20practice%20manual%20guidelines%20for%20the%20management%20and%20control%20of%20invasive%20weeds%20in%20Europe.pdf>.
18. Scientists' warning on invasive alien species / P. Pyšek et al. *Biological Reviews*. 2020. № 95 (6). P. 1511–1872. DOI: 10.1111/brv.12627.
19. Simpson M., Prots B., Vykhor B. Modeling of the invasive plant distribution: case study of Sosnowski's hogweed *Heracleum sosnowskyi* Manden in the Ukrainian Carpathian mountains. *Вісник Чернівецького університету. Серія «Біологічні системи»*. 2011. № 3 (1). С. 80–89.

## REFERENCES

1. Adamenko, O.M., & Prykhodko, M.M. (2000). *Rehionalna ekolohiia i pryrodni resursy [Regional Ecology and Natural Resources]*. Ivano-Frankivsk: Talya [in Ukrainian].
2. Burda, R.I. (Ed.). (2018). *Adaptyvna stratehiia populiatsii adventyvnnykh vydiv [Adaptive Strategy of Populations of Adventive Species]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
3. Burda, R.I., & Ignatiuk, O.A. (2011). *Metodyka doslidzhennia adaptyvnoi stratehii chuzhoridnykh vydiv roslin v urbanizovanomu seredovyshchi [Methodology for Studying the Adaptive Strategy of Alien Plant Species in Urban Environments]*. Kyiv: ZAT "Vipol" [in Ukrainian].
4. Hrabovetskyi, V.V., Burnashov, H.V., & Rekhtman, M.N. (1982). *Nadvirna: Putivnyk [Nadvirna: Guidebook]*. Uzhhorod: Karpaty [in Ukrainian].
5. Hryhora, I.M., & Solomakha, V.A. (2000). *Osnovy fitotsenolohii [Fundamentals of phytocenology]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
6. Homiak, I.V., Demchuk, N.S., Kotsiuba, I. Yu., & Yastrebova, Y.V. (2019). Ekoloho-tse-notychna kharakterystyka populiatsii *Heracleum sosnowskyi* Manden. na terytorii Tsentral-noho Polissia [Ecological-cenotic characteristics of the *Heracleum sosnowskyi* Manden. population in the territory of Central Polissia]. *Ekolohichni nauky – Ecological Sciences*, 2(1(24)), 126–129 [in Ukrainian].
7. Zavyalova, L. (2019). Ohliad metodiv doslidzhennia adventyvnnykh roslin [Overview of methods for studying adventitious plants]. *GEO&BIO*, 18, 64–76. <https://doi.org/10.15407/gb1806> [in Ukrainian].
8. Kuzmyshyna, I.I., Kotsun, L.O., Kotsun, B.B., & Fishchuk, O.S. (2019). *Fitotsenolohiia : metodychni rekomendatsii do laboratornykh zaniat dlia studentiv spetsialnostei 091 "Biolohiia", 014 "Serednia osvita (Biolohiia)" biolohichnoho fakultetu [Phytocenology: Methodical recommendations for laboratory classes for students of specialties 091 "Biology", 014 "Secondary Education (Biology)" of the Biological Faculty]*. Lutsk: Veza-Druk.
9. Mykhalyuk, I.M., Halagan, O.K., & Dukh, O.I. (2017). Ekobiolohichni zahrozy poshyrennia vydiv rodu *Heracleum* na terytorii mista Krementsia Ternopilskoi oblasti [Ecobiological threats of the spread of *Heracleum* species in the territory of Kremenets city, Ternopil region]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(4), 506–510. [https://doi.org/10.15421/2017\\_152](https://doi.org/10.15421/2017_152) [in Ukrainian].

10. Solomiyichuk, M. P., Kordulyan, R. O., Gunchak, V. M., & Borzykh, O. I. (2020). Osoblyvosti statusu borshchivnyka Sosnovskoho v Ukraini ta systemnyi pidkhdid u borotbi ta likvidatsii nebezpechnoho vydu burianu [Features of the status of Sosnovsky's hogweed in Ukraine and a systemic approach to combating and eliminating the dangerous weed species]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo – Forestry and Mountain Agriculture and Animal Husbandry*, 67(2), 198–214 [in Ukrainian].
11. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ivano-Frankivskii oblasti [Regional report on the state of the natural environment in Ivano-Frankivsk region]. (2013–2022). *Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy – Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine*. Retrieved from <https://menr.gov.ua/> [in Ukrainian].
12. Bzdęga, K., Zarychta, A., Urbisz, A., Szporak-Wasilewska, S., Ludynia, M., Fojcik, B., & Tokarska-Guzik, B. (2021). Geostatistical models with the use of hyperspectral data and seasonal variation – A new approach for evaluating the risk posed by invasive plants. *Ecological Indicators*, 121, 107204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107204>
13. Goncharenko, I., Koniakin, S., & Leshcheniuk, O. (2024). Giant hogweeds (*Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*) in Ukraine: distribution, ecological and coenotical features. *Folia Oecologica*, 51 (1), 93–107. doi: 10.2478/foecol-2024-0010.
14. Grzędzicka, E. (2023). Assessment of Habitat Selection by Invasive Plants and Conditions with the Best Performance of Invasiveness Traits. *Diversity*, 15, 333. <https://doi.org/10.3390/d15030333>.
15. Grzędzicka, E. (2022). Impact of Invasive Weeds on the Diversity and Dissimilarity of Bird Communities in Forested Areas. *Diversity*, 14(3), 229. <https://doi.org/10.3390/d14030229>.
16. Grzędzicka, E., & Reif, J. (2020). Impacts of an invasive plant on bird communities differ along a habitat gradient. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01150. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01150>.
17. Nielsen C., Ravn HP., Nentwig W. & Wade M (eds.) (2005) The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest and Landscape Denmark, Hoersholm, 44 pp. Retrieved from <https://labgis.ibot.cas.cz/wp-content/uploads/pdf/Booy%20et%20al.%20%202005%20%20The%20giant%20hogweed%20best%20practice%20manual%20guidelines%20for%20the%20management%20and%20control%20of%20invasive%20weeds%20in%20Europe.pdf>.
18. Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., ... Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1511–1872. doi: 10.1111/brv.12627.
19. Simpson, M., Prots, B., & Vykhov, B. (2011). Modeling of the invasive plant distribution: case study of Sosnowski's hogweed *Heracleum sosnowskyi* Manden in the Ukrainian Carpathian mountains. *Visnyk Chernivets'koho universytetu. Biologichni systemy – Bulletin of Chernivtsi University. Biological Systems*, 3(1), 80–89.

## ABSTRACT

### **DISTRIBUTION OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. IN THE TERRITORY OF NADVIRNA CITY**

The proliferation of invasive species is becoming an increasingly pressing issue in today's world. Its proliferation can have serious consequences for both indigenous species and the country's economy. One such species is *Heracleum sosnowskyi*, which is widely spread across

Ukraine. For successful combat against this plant, comprehensive inventory and preventive measures are necessary to prevent further spread.

This is a large plant that produces a significant number of seeds. It is dispersed through various mechanisms, including wind, transportation currents, and waterways. Such seed distribution allows the plant to colonize new territories and increase its population.

In its survival strategy, the plant demonstrates characteristics of a violent type. It actively competes with other plant species, capable of rapid growth and efficient use of environmental resources. This enables successful adaptation to changes in the environment and ensures survival even in competitive surroundings.

This species poses a potential danger to humans and animals. The plant's sap contains furocoumarins, which, when interacting with ultraviolet radiation, can cause burns. These burns may result in tissue necrosis and, in critical cases, lead to fatal consequences.

This article presents the results of a study on the distribution of *H. Sosnowskyi* in the territory of Nadvirna city. Conducted from May to September 2022, the research revealed significant spread of this species in anthropogenic environments. The plant was most frequently encountered near transportation routes and the Strimby River. The total area where this species was found amounted to 12,646 ha. Additionally, the identified areas were analyzed, and the abundance was determined using the O. Drude scale.

The analysis suggests that the spread of *H. sosnowskyi* could pose a serious threat to local ecosystems, human health, and the safety of the local population and wildlife. Therefore, immediate measures need to be taken to control and manage this species, as well as to develop monitoring and management strategies to prevent further spread of *H. sosnowskyi*.

The results obtained during the study provide important information regarding the distribution and spread of the species. This opens up opportunities for further monitoring and the development of control and management strategies. The study can also serve as a basis for conducting additional scientific research, which will contribute to understanding the dynamics of the invasive species spread and the development of more effective control methods.

**Key words:** invasive species, *Heracleum sosnowskyi* Manden., Nadvirna, density, distribution.

*Ірина Володимирівна Бриндзя,*

кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри біології та хімії  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0002-2873-7712, e-mail: ira\_3107@ukr.net

*Наталія Костянтинівна Гойванович,*

кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та хімії  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0002-3442-0674, Scopus Author ID: 57203341250,  
e-mail: natahoivan@gmail.com

*Віктор Миколайович Сеньків,*

кандидат технічних наук, доцент кафедри медико-біологічних дисциплін,  
географії та екології  
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Україна  
orcid.org/0000-0003-2873-2599, e-mail: v\_senkiv@ukr.net

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ ДРОГОБИЦЬКОГО РАЙОНУ

**Анотація.** Погіршення екологічного стану та забруднення всіх джерел водопостачання призвело до того, що збереження якості питної води є нагальною проблемою, яку потрібно вирішувати на всіх рівнях функціонування держави. Дослідження екологічного стану криничних вод деяких населених пунктів Дрогобицького району, зокрема м. Дрогобич, смт Східниця, м. Стебник, с. Нагуєвичі, с. Болехівці, с. Доброгостів, с. Уличне, с. Нове Село, проводились посезонно протягом впродовж 2020–2021 рр. Екологічний стан джерел децентралізованого водопостачання визначався за гідрохімічними та санітарно-бактеріологічними показниками. Дослідження гідрохімічних показників показало, що вміст хлоридів та фосфатів не перевищує ГДК, тому таку воду можна вважати придатною для пиття. Але вміст йонів амонію у всіх криничних водах перевищує нормативні значення в 1,5–3 рази. Вважаємо, що високий вміст амонію спричинений зливом добрив із с/г полів разом з атмосферними опадами, неправильним розташуванням криниць поблизу вигрібних ям, місць утримання худоби. Показники ЗМЧ у зимовий період були значно нижчими за осінні та літні, проте у м. Дрогобич, м. Стебник, с. Нагуєвичі та с. Болехівці ці значення перевищували нормативні. Значення загального мікробного числа перевищували ГДК в 1,5–3 рази. Допустиме значення колі-індексу для криниць становить не більше 10 КУО в 1 см<sup>3</sup> води. Наші дослідження показали, що вода з м. Дрогобич не відповідає стандарту протягом усього періоду дослідження, а проби із смт Східниця та с. Літиня не відповідали нормам в період літніх досліджень.

**Ключові слова:** Дрогобицький район, децентралізовані джерела водопостачання, хлориди, фосфати, амоній, мікробне число, колі-індекс.

### ВСТУП

Збільшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище з кожним роком знижує якість питних вод. Значна кількість водних об'єктів, які задовольняють



потреби населення у питній воді, деградує, їх екологічний стан погіршується. При цьому ситуація стає критичною, оскільки невідповідність якості вод загальноприйнятим нормам у певних регіонах і містах становить 70–80%. Сільське населення Львівщини, зокрема Дрогобицького району, переважно споживає криничну воду, але через неочищені стоки, незадовільний санітарний технічний стан самих криниць і індивідуальних свердловин не можна гарантувати епідемічну безпеку людей [3; 5]. В останні роки 30% проб питної води, що відбирали з джерел децентралізованого водопостачання, не відповідало нормам ДСан-ПіН за хімічними показниками та 20% – за мікробіологічними [7; 8]. За оцінками якості питної води із систем децентралізованого водопостачання та їх неналежного санітарного стану саме такий вид водопостачання вважається найпроблемнішим у країні. На даний час в Україні немає системи комплексного моніторингу якості різних джерел водопостачання. Саме тому аналіз якості криничних вод Дрогобицького району є досить актуальним питанням.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Для оцінки якості криничних вод деяких населених пунктів Дрогобицького району за екологічним статусом було відібрано проби криничних вод 9 сіл та міст даної території. Зразки води відбирали в м. Дрогобич, м. Стебник, смт Східниця, с. Болахівці, с. Доброгостів, с. Уличне, с. Літиня, с. Нагуєвичі, с. Нове Село.

Зазначені населені пункти розташовуються у різних частинах Дрогобицького району. Усі досліджувані криниці мають облицювання з бетонних кілець, а глибина до водного дзеркала коливається від 5 до 8 м.

Дослідження екологічного статусу криничних вод Дрогобицького району проводили протягом 2020–2021 року посезонно на базі лабораторії експериментальної біології Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Дослідження проводились відповідно до загальноприйнятих бактеріологічних методик (вимог ДСП, ГОСТ). Для оцінки санітарно-бактеріологічного стану застосовують низку показників, зокрема: *мікробне число* – кількість колоній (МАФAM), які виростають на чашці Петрі з м'ясо-пептонним агаром із 1 см<sup>3</sup> води при температурі 27°C впродовж 24 годин; *колі-титр* – найменший об'єм води в см<sup>3</sup>, в якому виявляється кишкова паличка; *колі-індекс* – кількість клітин кишкової палички в 1 дм<sup>3</sup> води.

Питна вода, яка подається централізовано господарсько-питними системами водопостачання та використовується для мийних, технічних, господарських і комунальних потреб, повинна відповідати вимогам стандарту. За санітарно-бактеріологічними показниками у воді, що подається у водопровідну мережу, загальна кількість мікроорганізмів (МАФAM) в 1 см<sup>3</sup> нерозбавленої води не повинна перевищувати 100 клітин, *колі-індекс* – не більше як 10 [6].

*Визначення мікробного числа води.* У 2 стерильні чашки Петрі внесли стерильною піпеткою по 1 мл досліджуваної проби води. У кожному чашку залили 15 мл розплавленого і охолодженого до 45°C МПА. Обережно, легкими круговими рухами в закритій чашці перемішали її вміст. Залишили чашки в горизонтальному положенні до застигання агару, після чого помістили в термостат на 24 години при 37°C [6].

*Визначення *колі-індексу* води бродильним методом.* Внесли стерильною піпеткою по 100 мл води в 3 флакони з 10 мл концентрованого середовища Ейкмана в кожному, потім 10-міліметровою піпеткою внесли 10 мл води в 3 пробірки з 1 мл концентрованого

середовища Ейкмана, а в 3 інші пробірки з 10 мл розведеного середовища – по 1 мл води. Посіви вирощували в термостаті при 37°C добу [6].

Облік результатів мікробіологічного дослідження води:

а) визначення мікробного числа води. Вчені підраховують кількість колоній в кожній з чашок і визначають середнє число мікроорганізмів в 1 мл води (ЗМЧ < 100);

б) визначення колі-індексу води бродильним методом. Вчені визначають кількість «позитивних» об'ємів, в яких виявлено ознаки росту кишкової палички (помутніння, утворення газу в поплавку). Встановивши кількість «позитивних» об'єктів у серіях посівів по 100 мл, 10 мл, 1 мл, вчені визначають за допомогою таблиць колі-індекс [6].

Визначено деякі гідрохімічні показники екологічного стану поверхневих вод. Зокрема, виявлено вміст іонів амонію, фосфатів, хлоридів. Для цього було взято проби води з криниць на глибині 1–2 м.

*Уміст амонію* визначали фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Неслера. Для приготування дослідної проби використовували 10 мл досліджуваної води, 0,2 мл сегнетової солі та 0,2 мл реактиву Неслера. Після цього вміст пробірки перемішувалася. Через 10 хв ми виміряли оптичну густину розчину на ФЕК з синім світлофільтром при довжині хвилі 425 нм в кюветі з товщиною поглинального шару 20 мм. Масу амонійного нітрогену в пробі визначили за градувальним графіком. Масову концентрацію амонійного азоту  $X$  обчислили за формулою:

$$X = \frac{m \cdot 1000}{V}, \text{ мкг/л,}$$

де  $m$  – маса амонійного нітрогену в пробі, визначена за графіком, мкг;  $V$  – об'єм аналізованого розчину, використаного для аналізу, мл [2].

*Кількісне визначення фосфатів* полягає у взаємодії фосфат-іонів з молібденово-кислим амонієм у присутності двохлористого олова з утворенням забарвлених розчинів. До попередньо профільтрованої води об'ємом 10 мл додають 0,2 мл молібденово-кислого амонію і 1–2 краплі свіжоприготовленого хлористого олова. Розчини перемішують. Через 5 хвилин колориметрують при довжині хвилі 590 нм в кюветі на 2 см. Кількість фосфатів у пробі визначають за градувальним графіком [2].

*Кількісний вміст хлоридів у воді визначали методом Мора.* В конічну колбу для титрування вносять 25 мл аналізованої води і доводять дистильованою водою до 100 мл; 1 мл 10%  $K_2CrO_4$  титрують розчином  $AgNO_3$  до появи цегляно-червоного осаду. Аналогічно виконують контрольний дослід із 100 мл дистильованої води. Масову концентрацію хлорид-йонів  $X$  обчислюють за формулою:

$$x = (a - b) \times 35,5 \text{ [мг/л], де}$$

$a$  – об'єм витраченого розчину  $AgNO_3$  в контрольній пробі;  $b$  – об'єм витраченого розчину  $AgNO_3$  в дослідній пробі; 35,5 – еквівалент  $Cl^-$  [2].

Спектрофотометричні визначення концентрацій речовин проводилися на спектрофотометрі СФ-2000.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Хімічні компоненти у криничних водах є індикаторами певних системних порушень гідроєкосистем. Саме через це дослідження гідробіологічних показників є також

важливим під час комплексної оцінки якості вод. Динаміка складу, співвідношення концентрацій мінеральних і органічних форм азоту вказує на напрямок домінуючих процесів самоочищення водойм. Вміст нітратів, фосфатів, хлоридів є важливими показниками хімічного складу води, які використовуються під час проведення екологічної оцінки та нормування якості природних вод [3].

У взятих нами 9 зразках досліджуваної води із криниць Дрогобицького району ми визначали вміст йонів амонію, фосфатів та хлоридів у осінній період (жовтень) 2020 року, зимовий (лютий) та літній період (серпень) 2021 року. Результати досліджень представлені у таблиці 1.

*Вміст хлоридів.* Згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10, допустимий вміст хлоридів у питній воді із криниць, каптажів та індивідуальних свердловин становить не більше 350 мг/л.

Таблиця 1

**Вміст хлоридів, фосфатів та йонів амонію у зразках питної води з різних населених пунктів Дрогобицького району**

Місце відбору вод	Осінь	Зима	Літо
	Вміст хлоридів, мг/л		
м. Дрогобич	251,8±17,59	240,5±12,02	230,75±11,54
сmt Східниця	213,0±11,52	230,0±11,5	248,5±12,43
м. Стебник	223,65±11,18	191,7±9,585	159,75±7,99
с. Нагуєвичі	230,75±11,54	236,075±11,8	241,4±12,07
с. Болахівці	177,5±8,87	198,8±9,94	220,1±11,0
с. Доброгостів	230,75±11,54	200,18±10,0	232,5±11,63
с. Уличне	230,75±11,54	221,6±11,08	213,0±11,52
с. Нове Село	234,3±11,72	230,75±11,54	230,75±11,54
с. Літиня	213,0±11,52	184,44±9,22	163,3±8,17
	Вміст фосфатів, мг/л		
м. Дрогобич	0,00014±0,000007	0,00017±0,000014	0,00021±0,000011
сmt Східниця	0,00013±0,0000065	0,00053±0,000024	0,00094±0,000046
м. Стебник	0,00021±0,000011	0,00062±0,000011	0,00104±0,000052
с. Нагуєвичі	0,00025±0,000013	0,00036±0,000017	0,00116±0,000058
с. Болахівці	0,00132±0,000066	0,00342±0,00008	0,00452±0,00023
с. Доброгостів	0,00031±0,000016	0,00094±0,000076	0,00145±0,000073
с. Уличне	0,00038±0,000019	0,00088±0,000038	0,00150±0,000075
с. Нове Село	0,00032±0,000016	0,00062±0,000012	0,00129±0,000065
с. Літиня	0,00021±0,000011	0,00041±0,000009	0,00232±0,00012
	Вміст йонів амонію, мг/л		
м. Дрогобич	3,83±0,191	5,075±1,73	4,15±1,12
сmt Східниця	4,841±0,24	6,79±2,04	6,18±1,78
м. Стебник	4,05±0,20	4,54±0,8	4,795±1,18
с. Нагуєвичі	3,01±0,35	5,17±0,41	2,34±0,57
с. Болахівці	5,35±1,17	5,56±0,86	2,48±1,02
с. Доброгостів	3,7405±0,19	3,39±0,16	6,95±0,69
с. Уличне	5,323±0,37	7,36±0,67	6,68±1,55
с. Нове Село	3,945±0,197	5,65±1,72	6,88±0,994
с. Літиня	2,543±0,127	4,9±0,21	3,0±1,5

Усі проби досліджуваних зразків питної води відповідають державним стандартам. Самі ж значення взятих проб криничної води у осінній, зимовий та літній періоди коливаються в межах норми, але не перевищують її. Динаміку зміни вмісту хлоридів у питній воді ми зобразили на рисунку 1.

*Вміст фосфатів та поліфосфатів* є індикатором наявності у питній воді забруднення мийними засобами, добривами з с/г полів, які змиваються з ґрунту разом з атмосферними опадами, а також стоками промислових і комунальних установ.

За державним стандартом вміст фосфатів у питній воді не повинен перевищувати 3,5 мг/л [4]. Як бачимо, всі зразки досліджуваних вод, взяті в осінній, зимовий та літній періоди, не перевищують ГДК, тому вода є придатною для споживання людиною.

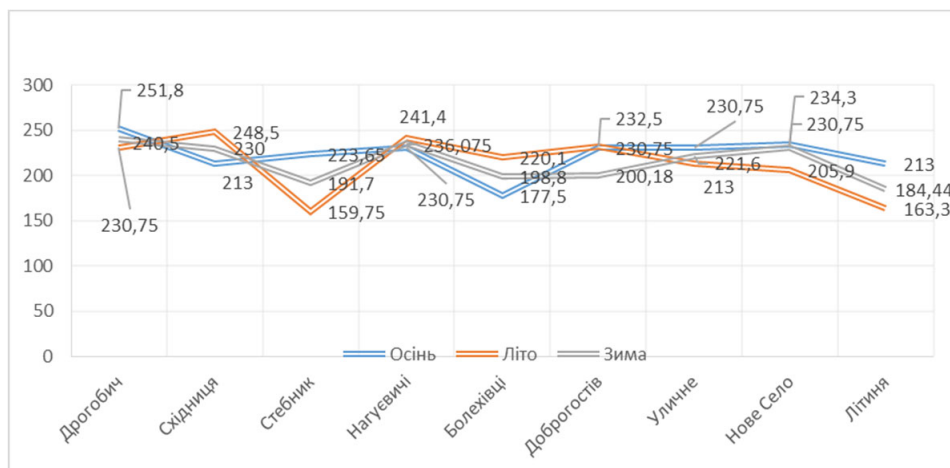
Динаміку зміни кількості фосфатів у воді можемо спостерігати на рисунку 2.

Хоча дослідження показали, що вміст фосфатів у досліджуваних пробах криничної води не перевищує гранично допустимих норм, але на графіку можна побачити, що у всіх зразках рівень фосфатів значно виріс у пробах води, взятих влітку, порівняно з пробами осіннього періоду.

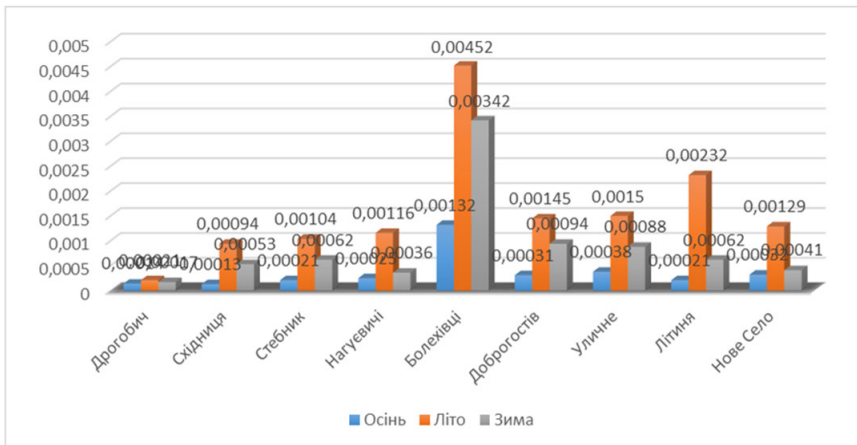
Мінімальним приріст вмісту фосфатів є у м. Дрогобич. Там показники зросли тільки в 1,5 раза. Максимальний приріст концентрації фосфатів у зразках досліджуваної води спостерігаємо у с. Літиня. Там показники збільшились в 11 разів. У решті досліджуваних вод спостерігався приріст вмісту фосфатів у 4–7 разів.

Таке різке збільшення концентрації фосфатів у воді можливе через те, що у весняні місяці 2021 року випала велика кількість атмосферних опадів і разом із стоками забруднюючі речовини потрапили у підземні води. А подальше потепління і посуха збільшили кількість випаровування води, при цьому концентрація фосфатів залишилась такою ж, що і спричинило збільшення показників. Варто зазначити, що при взятті осінніх проб води теж була посушлива погода, але кількість атмосферних опадів за 2020 рік є набагато нижчою, ніж за перше півріччя 2021 року [8; 9].

*Наявність амонію* у криничних водах спричиняють стоки із тваринницьких ферм, господарсько-побутові стічні води, амонійні добрива, що змиваються із с/г полів із



**Рис. 1. Концентрація вмісту хлоридів у пробах води за осінній, зимовий та літній періоди, мг/л**



**Рис. 2. Динаміка зміни кількості фосфатів у досліджуваній воді залежно від періоду дослідження**

атмосферними опадами, а також неправильне місце розміщення криниць поблизу вигрібних ям, туалетів чи с/г будівель, де знаходяться свійські тварини. Крім цього, токсичність амонію зростає із збільшенням рН середовища.

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, вміст йонів амонію у воді повинен становити не більше 2,6 мг/л. Тільки проба з с. Літиня за осінній період не перевищує відповідну норму ГДК. Аналіз результатів досліджень за осінніми показниками свідчить про те, що вміст іонів амонію у криничних водах Дрогобицького району перевищує державні стандарти в 1,5–3 рази.

Аналізуючи осінні показники дослідження криничних вод, бачимо різке зростання концентрації йонів амонію.

Показники у криничних водах в літній період знизились порівняно із осіннім періодом, але все одно перевищують ГДК.

Імовірно, саме високий рівень іонів амонію спричинює токсичність вод вище середнього рівня. Як вказують результати попередніх досліджень вод Львівщини, на рівень іонів амонію у водах впливають такі зовнішні фактори: розташування криниць, велика кількість присадибних ділянок, вигрібних ям, утримання худоби і накопичення гною та побутових органічних відходів [3]. Крім того, аналізовані криниці розташовані неподалік хвостосховищ.

Наступним етапом при оцінюванні якості криничних вод є визначення санітарно-бактеріологічних показників, зокрема загального мікробного числа (ЗМЧ) і колі-індексу – кількості клітин кишкової палички (*E.coli*) в 1 см<sup>3</sup> досліджуваної води.

Зразки криничних вод ми брали з таких населених пунктів Дрогобицького району: м. Дрогобич, смт Східниця, м. Стебник, с. Нагуєвичі, с. Болехівці, с. Доброгостів, с. Уличне, с. Нове Село та с. Літиня. Проби вод відбирались посезонно – восени 2020 р. (жовтень), взимку 2021 (лютий) та влітку 2021 р. (серпень).

Результати вимірювань ЗМЧ та колі-індексу ми внесли в таблицю 2.

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, допустиме значення ЗМЧ не повинно перевищувати 100 колоній мікроорганізмів в 1 см<sup>3</sup> досліджуваної води.

## Динаміка зміни санітарно-бактеріологічних показників криничних вод

Населений пункт досліджуваного зразка води	Загальне мікробне число, КУО	Колі-індекс, КУО
<b>Осінь</b>		
м. Дрогобич	205±10	24
смт Східниця	100±5	-
м. Стебник	259±13	-
с. Нагуєвичі	424±21	-
с. Болахівці	201±10	-
с. Доброгостів	107±6	-
с. Уличне	80±4	-
с. Нове Село	106±6	-
с. Літиня	114±7	-
<b>Зима</b>		
м. Дрогобич	177±9	11
смт Східниця	65±3	-
м. Стебник	159±8	-
с. Нагуєвичі	287±14	-
с. Болахівці	208±10	-
с. Доброгостів	71±4	-
с. Уличне	43±2	-
с. Нове Село	90±5	-
с. Літиня	98±5	-
<b>Літо</b>		
м. Дрогобич	248±12	24
смт Східниця	130±6	11
м. Стебник	58±3	-
с. Нагуєвичі	150±7	-
с. Болахівці	314±16	-
с. Доброгостів	135±6	-
с. Уличне	62±3	-
с. Нове Село	94±5	-
с. Літиня	182±9	11

Кількість мікроорганізмів у різних водних джерелах не є однаковою. Чисельність мікроорганізмів у воді залежить від вмісту органічних речовин, швидкості течії води, температури навколишнього середовища, пори року, розташування і забрудненості водойми [10].

Таким чином, проби з м. Дрогобич, смт Східниця, с. Нагуєвичі, с. Болахівці, с. Доброгостів та с. Літиня не відповідають нормам державного стандарту. Значення ЗМЧ перевищують ГДК приблизно в 1,5–3 рази.

Показники ЗМЧ у зимовий період були значно нижчими за осінні та літні, проте у м. Дрогобич, м. Стебник, с. Нагуєвичі та с. Болахівці ці значення перевищували нормативи і стандарт.

Зразки досліджуваної води із м. Стебник, с. Уличне та с. Нове Село відповідають нормам, така вода є придатною для споживання людиною.

На основі отриманих даних ми побудували графіки з чіткою динамікою ЗМЧ досліджуваних місць (рис. 3). За результатами дослідження ЗМЧ в пробах досліджуваної криничної води з населених пунктів Дрогобицького району ми спостерігаємо зміни в загальній кількості мікроорганізмів на 1 см<sup>3</sup> води. Таким чином, у літніх пробах з м. Дрогобич, смт Східниця, с. Болехівці, с. Доброгостів та с. Літня показники ЗМЧ зросли в 1,5 рази порівняно з осінніми, а у пробах з м. Стебник, с. Нагуєвичі, с. Уличне показники мають нижчі значення приблизно у 4,5, 3 та 2 рази відповідно. Для показників с. Нове Село спостерігаються незначні коливання ЗМЧ у літньо-осінній період.

Перевищення ЗМЧ може бути результатом потрапляння у водоносні горизонти стічних вод, які потрапляють в криницю з синтетичними мийними засобами, сечовиною та з багатьма завислими речовинами, що негативно впливають на якість води.

Показники колі-індексу мають також важливе значення у контролі за якістю питної води. Нормативами допускається показник колі-індексу 3 КУО, проте для відкритих джерел (криниць) є уточнення – до 10 КУО.

Позитивні результати колі-титру досліджуваних проб криничних вод свідчать про наявність у ній колонієутворюючих організмів, зокрема E.coli. Як бачимо, показники літніх проб у смт Східниця та с. Літня погіршились порівняно з осінню 2020 р., а у пробі води з м. Дрогобич показник вмісту патогенних організмів не змінився. Хоча ці значення є невисокими, але вживати таку воду не можна.

Причиною погіршення якості води за цим показником може бути як антропогенне навантаження, так і поява нових сприятливих умов для розмноження патогенних мікроорганізмів.

Проби води у м. Стебник, с. Нагуєвичі, с. Болехівці, с. Доброгостів, с. Уличне та с. Нове Село є негативними, що свідчить про те, що ці криничні води відповідають санітарно-бактеріологічним параметрам за значенням колі-індексу.

При значному підвищенні значення колі-індексу рекомендується проводити дезінфекцію криниць.

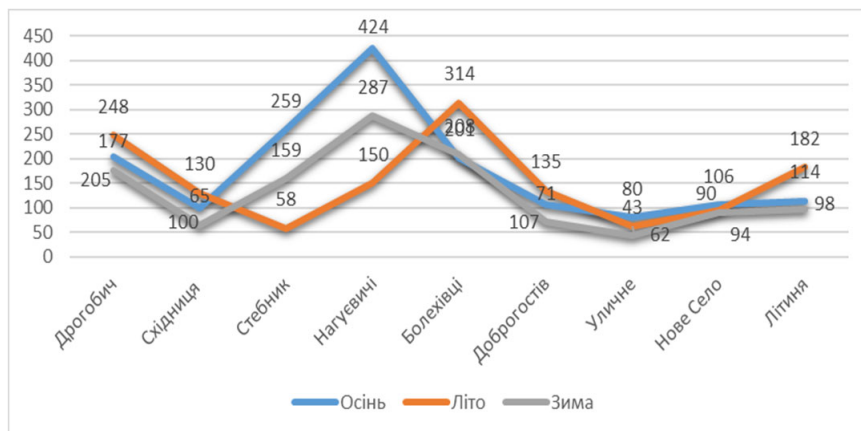


Рис. 3. Порівняння ЗМЧ у зразках досліджуваної води

## ВИСНОВКИ

Отже, дослідження гідрохімічних показників показало, що вміст хлоридів та фосфатів не перевищує ГДК, тому таку воду можна вважати придатною для пиття. Але вміст йонів амонію у всіх криничних водах перевищує державні стандарти в 1,5–3 рази. Вважаємо, що високий вміст амонію спричинений зливом добрив із с/г полів разом з атмосферними опадами, неправильним розташуванням криниць поблизу вигрібних ям, місць утримання худоби, а також хвостосховищ. Показники ЗМЧ у зимовий період були значно нижчими за осінні та літні, проте у м. Дрогобич, м. Стебник, с. Нагуєвичі та с. Болехівці ці значення перевищували нормативи і стандарт. Значення загального мікробного числа перевищували ГДК в 1,5–3 рази. Допустиме значення колі-індексу для криниць становить не більше 10 КУО в 1 см<sup>3</sup> води. Наші дослідження показали, що вода з м. Дрогобич не відповідає стандарту протягом всього періоду досліджень, а проби із смт Східниця та с. Літиня не відповідали нормам в період літніх досліджень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бриндзя І., Скробач Т. Якість криничної води Дрогобицької територіальної громади. *Наукові записки Державного природничого музею*. 2022. Вип. 38. С. 93–104. DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdpn>.
2. Бриндзя І.В., Цайтлер М.Й., Досвядчинська М.Р. Моніторинг довкілля. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Дрогобич : Реакційно-видавничий відділ ДДПУ імені І. Франка, 2014. С. 48.
3. Гойванович Н.К., Антоняк Г.Л., Коссак Г.М. Моніторинг показників якості криничних вод Стрийського району. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018 № 5 (75). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/450>.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 : Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.
5. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
6. Івасівка А. Мікробіологія і вірусологія : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки «Біологія». Дрогобич : Редакційно-видавничий відділ ДДПУ імені І. Франка, 2010. С. 89.
7. Інформація про якість питної води в Україні / Департамент охорони здоров'я Львівської обласної державної адміністрації. URL: <http://www.health-loda.gov.ua/ukr/news/moznews/699.html>.
8. Ліхо О.А. Технологія формування якості води у джерелах децентралізованого водопостачання (на прикладі Рівненської області). *Сільськогосподарські науки*. 2016. № 3 (75). С. 104–113.
9. Оподи в регіонах України: карта, кількість та характеристики 2020 року. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/826-opadi-v-regionah-ukrayini-karta-kilkist-ta-harakteristiki-2020-roku>.
10. Quality analysis of water supply sources by hygienic indices using an example of the specialized regions in the Lviv region / N. Hoivanovych, H. Antonyak, Y. Pavlyshak, N. Bontey. *Acta Carpathica*. 2017. № 28. P. 55–61.
11. Integrated Monitoring of the Spring Water Quality in the Mostyska District of Lviv Region / N. Hoivanovych, S. Voloshanska, S. Monastyrska, H. Kovalchuk, Ya. Lesyk, A. Ivasivka



12. Senkiv V., Bryndzia I. Spatial analysis of water quality indicators in Drohobych district. *Acta Carpathica*. 2023. № 1 (39). P. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.2>.

## REFERENCES

1. Bryndzia, I. & Skrobach, T. (2022). Yakist krynychnoi vody Drohobytsoi terytorialnoi hromady [The quality of well water of the Drohobych community]. *Naukovi zapysky Derzhavnoho pryrodnychoho muzeiu*. Vyp. 38. S. 93–104. DOI: <https://doi.org/10.36885/nzdp> [in Ukrainian].
2. Bryndzia, I.V., Tsaitler, M.I., & Dosviadchynska, M.R. (2014). Monitorynh dovkillia. Metodychni rekomendatsii do vykonannya laboratornykh robot [Environmental monitoring. Methodological recommendations for laboratory work]. Drohobych: Reaktsiino-vydavnychi viddil DDPU imeni I. Franka. 48 s [in Ukrainian].
3. Hoivanovych, N.K., Antoniuk, H.L., & Kossak, H.M. (2018). Monitorynh pokaznykiv yakosti krynychnykh vod Stryiskoho raionu [Monitoring of quality indicators of well waters in Stryi district]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. №5(75). Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/450> [in Ukrainian].
4. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla “Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoi dlia spozhyvannya liudynoiu” (DSanPiN 2.2.4-171-10) [State sanitary norms and rules "Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption" (DSanPiN 2.2.4-171-10)]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> [in Ukrainian].
5. Zapolskyi, A.K. (2005). Vodopostachannia, vodovidvedennia ta yakist vody [Water supply, drainage and water quality]. Kyiv: Vyshcha shkola. 671 s [in Ukrainian].
6. Ivasivka, A. & Klepach, H. (2010). Mikrobiolohiia i virusolohiia. Metodychni vказivky do laboratornykh robot dlia studentiv napriam u pidhotovky “Biolohiia” [Microbiology and virology. Methodological instructions for laboratory work for students specialty “Biology”]. Drohobych: Redaktsiino-vydavnychi viddil DDPU imeni I. Franka. 89 s [in Ukrainian].
7. Informatsiia pro yakist pytnoi vody v Ukraini. Elektronnyi resurs “Departament okhrony zdorovia Lvivskoi oblasnoi derzhavnoi administratsii” [Information of the drinking water quality in Ukraine. Electronic resource “Department of Health Protection of the Lviv Regional State Administration”]. Retrieved from <http://www.health-loda.gov.ua/ukr/news/moznews/699.html> [in Ukrainian].
8. Likho, O. A. (2016). Tekhnolohiia formuvannia yakosti vody u dzherelakh detsentralizovanoho vodopostachannia (na prykladi Rivnenskoï oblasti) [The technology of forming water quality in the sources of decentralized water supply (on the example of the Rivne region)]. *Silskohospodarski nauky*, № 3(75). S. 104–113 [in Ukrainian].
9. Opady v rehionakh Ukrainy: karta, kilkist ta kharakterystyky 2020 roku [Precipitation in the regions of Ukraine: map, amount and characteristics of 2020]. Retrieved from <https://kurkul.com/spetsproekty/826-opadi-v-regionah-ukrayini-karta-kilkist-ta-harakteristiki-2020-roku> [in Ukrainian].
10. Hoivanovych, N., Antonyuk, H., Pavlyshak, Y., & Bontey, N. (2017). Quality analysis of water supply sources by hygienic indices using an example of the specialized regions in the Lviv region. *Acta Carpathica*. № 28. P. 55–61.
11. Hoivanovych, N., Voloshanska, S., Monastyrskaya, S., Kovalchuk, H., Lesyk, Ya., & Ivasivka, A. (2020). Integrated Monitoring of the Spring Water Quality in the Mostyska District of Lviv Region. *Advances in Economics, Business and Management Research / III International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence 2020 (ISC-SAI 2020)*, vol. 129, 264–271.

12. Senkiv, V., & Bryndzia, I. (2023). Spatial analysis of water quality indicators in Drohobych district. *Acta Carpathica*. №1 (39), 16–27. DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.1.2>.

## ABSTRACT

### ECOLOGICAL CONDITION OF DECENTRALISED WATER SUPPLY SOURCES IN DROGOBYCH DISTRICT

The deterioration of the ecological state and pollution of all water sources has made the preservation of drinking water quality an urgent problem that needs to be addressed at all levels of government. The study of the ecological state of well water in some settlements of Drohobych district, namely Drohobych, Skhidnytsya, Stebnyk, Nahuyevychi, Bolekhivtsi, Dobrohostiv, Ulychne, Nove Selo, was carried out seasonally during 2020–2021. The environmental status of decentralised water supply sources was determined by hydrochemical and sanitary-bacteriological indicators. The study of hydrochemical indicators showed that the content of chlorides and phosphates does not exceed the MPC, so such water can be considered suitable for drinking. However, the content of ammonium ions in all well water exceeds the standard values by 1.5 to 3 times. We consider that the high ammonium content is caused by fertiliser being washed away from agricultural fields along with precipitation, and by the improper location of wells near cesspools and livestock holding areas. The winter MPL values were significantly lower than in autumn and summer, but in Drohobych, Stebnyk, Nahuyevychi and Bolekhivtsi these values exceeded the norms. The values of the total microbial count exceeded the MPC by 1.5–3 times. The permissible value of the coliform index for wells is no more than 10 CFU per 1 cm<sup>3</sup> of water. Our research showed that the water from Drohobych did not meet the standard throughout the entire study period, and samples from Skhidnytsya and Litynia did not meet the standard during the summer study period.

**Key words:** Drohobych district, decentralised water supply sources, chlorides, phosphates, ammonium, microbial count, coli-index.

*Денис Анатолійович Сагайдак,*

аспірант 3-го року навчання кафедри загальної екології та безпеки життєдіяльності  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна  
orcid.org/0000-0002-7184-7730, e-mail: denik04@ukr.net

*Володимир Миколайович Боголюбов,*

доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки  
життєдіяльності  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна  
orcid.org/0000-0001-5181-6892, e-mail: volbog@ukr.net

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ ЗАСОБІВ ВЕДЕННЯ ВІЙСЬКОВОГО ВОГНЮ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

**Анотація.** У роботі викладено методичні вказівки та рекомендації з вимірювання впливу воєнних дій на якість атмосферного повітря переважно за такими показниками, як дрібнодисперсний пил (тверді часточки в 2,5 та 10 мкм/м<sup>3</sup> – ТЧ2,5, ТЧ10), формальдегіди, діоксид азоту, діоксид сірки, чадний газ та озон. Передбачено аналіз впливу різних засобів ведення вогню (артилерія, танки, гранатомети, кулемети, тощо) з використанням пересувних автоматичних станцій спостереження, здатних безперервно фіксувати зміни якості повітря, або спеціально сконструйованого квадрокоптеру із газоаналізатором, які безперервно можуть вимірювати рівень забруднення атмосферного повітря, а також миттєво пересувати точку вимірювання як по площині, так і по вертикалі. Вимірювання проводяться в наближених до реальних умовах ведення бою з урахуванням усіх факторів впливу на результати вимірювання. Розташування аналізуючих приладів було обрано із урахуванням факторів впливу на сенсори. Експериментальним шляхом знайдено оптимальну відстань до епіцентрів забруднень (вибухів). Розглядаються два таких сценарії: аналіз якості повітря безпосередньо в місці пострілу та зміни якості повітря в місці влучання гранати, снаряду тощо. Отримані після пострілів дані записуються у відповідні таблиці та порівнюються із фоновими і нормативними показниками. Для вимірювання якості атмосферного повітря в місцях пострілу та прильоту передбачена можливість виконувати зняття показників дистанційно з використанням спеціально сконструйованих безпілотних літальних апаратів (БПЛА) з дистанційною працюючою онлайн-камерою та GPS-навігацією для точного переміщення автоматичних газоаналізаторів.

Безпілотний апарат використовується зі збереженням техніки безпеки під наглядом відповідних дозвільних служб. Результати всіх вимірювань свідчать про різке підвищення вмісту забруднюючих речовин, спричинене саме засобами ведення вогню. Отримані дані можна рекомендувати для використання у розрахунках завданої шкоди навколишньому середовищу від воєнних дій.

**Ключові слова:** моніторинг атмосферного повітря, дрібнодисперсний пил, забруднення, газоаналізатор.

### ВСТУП

Численні громадські та державні організації фіксують злочини російських окупантів проти українського довкілля для підготовки позовів до Міжнародного

кримінального суду [1]. Повномасштабна війна триває вже понад два роки, що актуалізує проведення комплексних досліджень щодо впливу воєнних дій та супутніх факторів на українське довкілля, зокрема на якість атмосферного повітря [2; 3]. Окремі події точково (одномоментно) впливають на довкілля, а системні моніторингові дослідження впливу воєнних дій протягом тривалого періоду часу дозволяють зробити висновки, які можуть стати підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо відновлення якості довкілля після завершення воєнних дій [4; 5]. Залежно від результатів дослідження такі висновки можуть впливати на політику як на місцевому, так і на національному рівні, стати складовою частиною підготовки міжнародних позовів щодо стягнення компенсації за збитки, формувати уявлення як українців, так і міжнародної спільноти про зміни стану довкілля в Україні, які були спричинені військовою агресією росії [6; 7].

Усі фактори впливу на довкілля проаналізувати нереально через те, що в гарячих точках просто неможливо встановити спеціальне обладнання та провести повноцінний аналіз як атмосферного повітря, так і поверхневих вод чи ґрунту [8; 9]. Якщо ж провести точкові дослідження впливу окремого фактору та визначити приблизний кількісний склад забруднювальних речовин, то можна максимально наблизитись до дійсних масштабів завданої шкоди навколишньому середовищу. Це допоможе вирахувати заподіяні збитки та більш детально скласти мапу із заподіяною шкодою та ступенем забруднення в різних регіонах країни, що стане підґрунтям для прийняття управлінських рішень щодо відновлення довкілля і, зокрема, якості атмосферного повітря в післявоєнний період.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У цій роботі основна увага була зосереджена на впливі вогнепальної зброї на якість атмосферного повітря, оскільки кількість пострілів із різноманітної зброї нараховує просто неймовірну кількість випущених гранат, снарядів, мін та інших засобів ураження. Проаналізувавши вплив одного пострілу та знаючи приблизну середню кількість випущених снарядів (куль) за день, можна вирахувати наближений негативний вплив на атмосферне повітря упродовж всього періоду воєнних дій [10]. Такий метод вимірювання можна використовувати для всіх видів зброї, уточнення та зміни в розташуванні обладнання можуть змінюватися відповідно до радіусу ураження конкретного виду озброєння (що більшим є калібр, то вищою є амплітуда поширення). Для врахування метеорологічних факторів доцільно використовувати методіку математичного моделювання з використанням алгоритмів асиміляції просторових даних [11].

Розглянуто два сценарії можливого розвитку подій з огляду на те, що негативний вплив на атмосферне повітря і завдана шкода від конкретного точкового пострілу може бути як в місці вильоту снаряду (кулі), так і в місці його прильоту. В подальшому при польових дослідженнях будуть використовуватись відповідні позначення (рис. 1):

- “Out” позначає вихід пострілу;
- “In” позначає місце прильоту снаряду чи кулі.



**Рис. 1. Розташування обладнання для різних сценаріїв**

## РЕЗУЛЬТАТИ

Отримані після пострілів на полігоні показники якості атмосферного повітря фіксуються (табл. 1) і порівнюються з фоновими показниками (вимірними цим же приладом до пострілу). Враховуються такі показники якості повітря, як дрібнодисперсний пил ТЧ2.5, ТЧ10, формальдегіди, монооксид вуглецю (чадний газ) і озон.

Таблиця 1

### Результати польових досліджень якості атмосферного повітря

Сценарій 1(IN)	Через 1 хв	Через 5 хв	Через 10 хв	Через 30 хв	Фонове		
ТЧ2.5, мкг/м <sup>3</sup>	4,3	4,1	3,7	3,9	2,4		
ТЧ10, мкг/м <sup>3</sup>	12,6	13,1	9,8	6,6	3,1		
СН <sub>2</sub> О (формальдегід), мкг/м <sup>3</sup>	0,98	0,3	1,43	1,09	1,22		
СО, мкг/м <sup>3</sup>	864,41	643,2	667,3	632,16	626,95		
О <sub>3</sub> , мкг/м <sup>3</sup>	55,52	55,58	55,58	55,56	55,54		
Сценарій 2 (OUT)	Через 1 хв			Через 10 хв			
	ББ	ЗБік	ЗВзд	ББ	ЗБік	ЗВзд	
ТЧ2.5, мкг/м <sup>3</sup>	12,5	4,1	3,2	3,7	3,9	4,2	3,8
ТЧ10, мкг/м <sup>3</sup>	45,6	19,8	16,1	12,3	11,5	13,1	10,4
СН <sub>2</sub> О (формальдегід), мкг/м <sup>3</sup>							0,12
СО, мкг/м <sup>3</sup>	1457,18	769,6	801,4	841,07	712,0	744,76	756,33
О <sub>3</sub> , мкг/м <sup>3</sup>	55,52	55,58	55,58	55,56	55,54	55,52	55,58

Усі обрані показники відібрані спеціально під індекс якості повітря відповідно до світових програм, які зараз активно використовуються. Самі показники стану

атмосферного повітря (концентрація дрібнодисперсного пилу, формальдегіду тощо) є незрозумілими широкій громадськості і, відповідно, потрібно конвертувати їх у показник Air Quality Index, який показує зв'язок між результатами спостережень і впливом на довкілля та населення [12].

В подальшому на території стрілецького полігону було проведено вимірювання концентрацій дрібнодисперсного пилу (ТЧ2.5, ТЧ10), СО та формальдегіду (після пострілів із автомату Калашникова) за допомогою газоаналізатора СЕМ DT-9881.

При визначенні місця розміщення обладнання для аналізу стану повітря потрібно брати до уваги рівень небезпеки під час проведення даного вимірювання. З огляду на це обладнання для проведення експерименту потрібно обирати таке, яке може знімати показники за безпосередньої відсутності людини або може передавати дані онлайн на бездротовий носій.

**Сценарій “IN”.** При вимірюванні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за сценарієм “IN”, який є найбільш небезпечним, потрібно розміщувати обладнання таким чином, щоб при проведенні пострілу неможливо було заподіяти шкоди апаратурі (рис. 2). Пропорційно до потужності пострілу відстань від обладнання до місця прильоту може змінюватись. При проведенні експериментів нічого зайвого не повинно впливати на показники. Газоаналізатор СЕМ DT-9881 протягом перших 10 хвилин знімає фонові дані без використання засобів ураження цілей.

**Сценарій “OUT”.** При вимірюванні показників стану атмосферного повітря за сценарієм “OUT” газоаналізатори СЕМ DT-9881 розташовуються у трьох точках (рис. 3).

**Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в експериментальних дослідженнях наслідків воєнних дій.** Інтерес у використанні БПЛА у багатьох різноманітних сферах діяльності людини постійно зростає. БПЛА – мобільний автономний апарат, що є різновидом літаючих роботів, запрограмований на виконання певних завдань з можливістю передачі часткового або повного управління людині (оператору) [13].

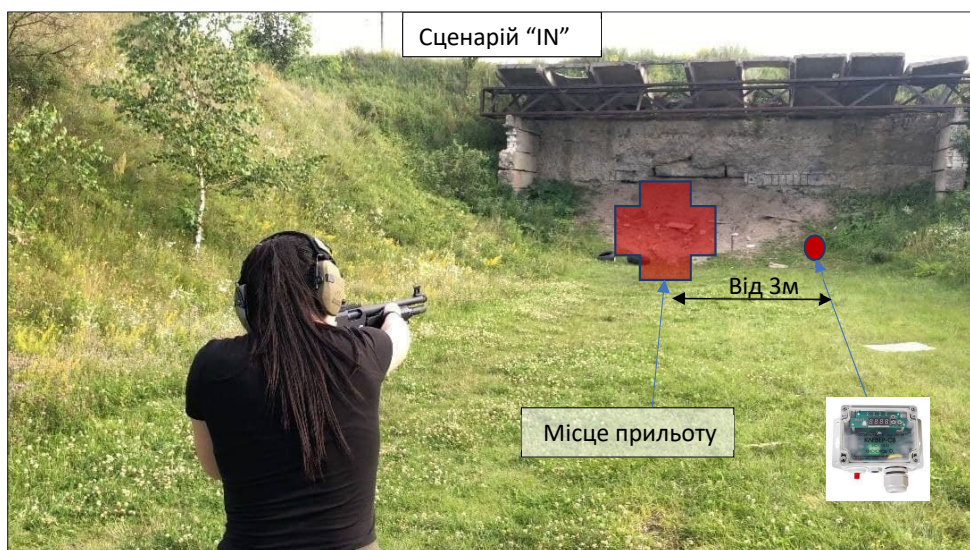


Рис. 2. Схема розташування обладнання для сценарію “IN”



**Рис. 3. Схема розташування обладнання для сценарію "OUT"**

Обладнання для аналізу якості атмосферного повітря повинно бути добре спроектовано і має включати впускний зонд, встановлений спереду, для відбору зразків незбуреного повітря (рис. 4). Для зменшення похибки вимірювань БПЛА необхідно обладнати барометричною системою для фіксації точного зависання на заданій висоті та GPS-навігацією для швидкого і точного переміщення в задану точку.

Залежно від потужності випущеного снаряду збільшується або зменшується відстань вертикального і горизонтального поширення забруднювальних речовин і відповідні переміщення вимірювальних засобів до заданої точки вимірювання й аналізу стану атмосферного повітря.

Вимірювання показників стану атмосферного повітря здійснюється над місцем пострілу на висотах 3 та 6 метрів від орієнтовної точки влучання та по діагоналі ліворуч чи праворуч відносно осі координат (рис. 5).

Результати попередніх лабораторно-польових випробувань підтверджують гіпотезу про доцільність використання вимірювальних комплексів на базі безпілотних літальних апаратів (табл. 2).



**Рис. 4. Модернізований БПЛА із газоаналізатором**

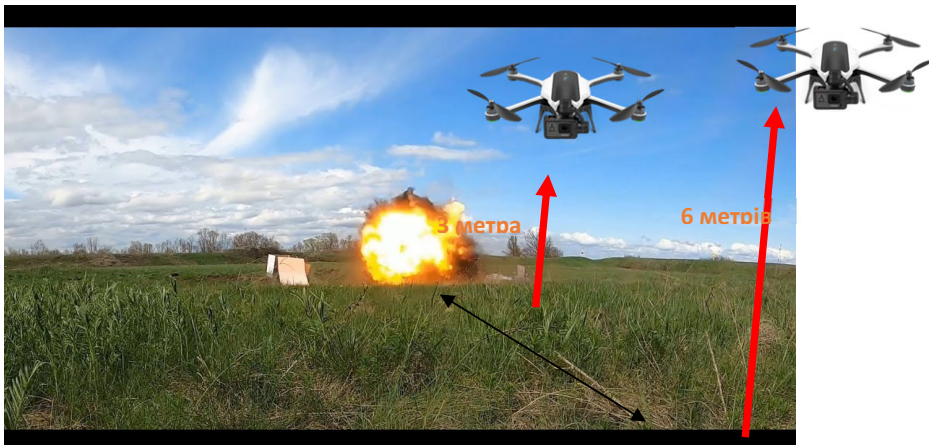


Рис. 5. Схематичне зображення розташування БПЛА

Таблиця 2

Результати попередніх польових досліджень якості атмосферного повітря

Показники	Вертикаль		Діагональ		Фонові, 3 м
	3 метри	6 метрів	3 метри	6 метрів	
ТЧ2.5, мкг/м <sup>3</sup>	21,5	16,4	17,4	–	13
ТЧ10, мкг/м <sup>3</sup>	27,1	26,0	29,9	–	26,3
СН <sub>2</sub> О (формальдегід), мкг/м <sup>3</sup>	16,0	12,0	15,6	13,0	13,0
СО, мкг/м <sup>3</sup>	985,00	543,00		–	700,04
О <sub>3</sub> , мкг/м <sup>3</sup>	40,91	39,91	39,91	39,91	39,91

## ВИСНОВКИ

1. Результати експериментальних досліджень змін стану атмосферного повітря після пострілів із стрілецької зброї в двох вищенаведених сценаріях свідчать про підвищення концентрацій забруднювальних речовин інколи навіть у два рази від фонового показника, які з часом розсіюються. Враховуючи навіть похибку у вимірюваннях приблизно 8–15%, однозначно можна стверджувати, що різке підвищення вмісту забруднюючих речовин спричинене саме засобами ведення вогню.

2. Залежно від потужності вибуху або калібру зброї збільшується і концентрація забруднювальних речовин у повітрі. Отримані дані, які в подальшому можна обробляти і вивести статистику по забрудненню атмосферного повітря, можна рекомендувати для використання у розрахунках завданої шкоди навколишньому середовищу від військових дій.

3. Для врахування вертикального і горизонтального поширення забруднювальних речовин в часі і просторі доцільно використовувати вимірювальні комплекси на базі безпілотних літальних апаратів. Це дозволить мінімізувати похибки у вимірюванні показників якості атмосферного повітря та отримувати більш розгорнуту картину поширення забруднювальних речовин.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Assembly of States parties to the Rome Statute. URL: <http://surl.li/oaihe>.
2. Гардашук Т. Війна і довкілля. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/den-ukrayiny/viyna-i-dovkilly>.
3. Проект Плану відновлення України : матеріали робочої групи «Екологічна безпека». Липень, 2022 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf>.
4. Війна росії проти України пришвидшує зміну клімату та спричиняє збільшення викидів парникових газів / Міндовкілля. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/mindovkillia-viina-rosii-proty-ukrainy-pryshvydshuie-zminu-klimatu-ta-sprychyniaie-zbilshennia-vykydiv-parnykovykh-haziv>.
5. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#Text>.
6. Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 13 квітня 2022 року № 175. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text>.
7. Збільшення ризику «кліматичного покарання» через забруднення та зміну клімату. URL: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-air-quality-and-climate-bulletin-highlights-impact-of-wildfires?fbclid=IwAR0Ar-G2PzITIdT-T6230lvxUrrxIYdwOhcnUtc7wIZcOnCY9ivZuuVuIs>.
8. A Practical Guide for Individuals, Cities, Governments, Schools & Universities, Businesses, Civil society. URL: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40547/2022\\_clean\\_air\\_day.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40547/2022_clean_air_day.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
9. Вплив російської воєнної агресії на природні ресурси України: аналіз ситуації, методологія оцінювання / Н. Макаренко, В. Строкаль, Є. Бережняк, В. Бондарь, С. Павлюк Л. Вагалюк, О. Наумовська, М. Ладика, А. Ковпак. *Наукові доповіді Національного університету Біоресурсів і природокористування України*. 2022. № 4 (98). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/16137>.
10. Адаменко О.М., Адаменко М.О. Технології інженерно-екологічних досліджень. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2017. № 1. С. 168–195. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp\\_2017\\_1\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_1_25).
11. A New Approach to Solving the Problem of Atmospheric Air Pollution in the Industrial City. Hindawi / Z. Oralbekova, T. Zhukabayeva, K. Iskakov, M. Zhartybayeva, N. Yesimova, A. Zakirova, A. Kussainova. *Scientific Programming*. 2021. URL: <https://doi.org/10.1155/2021/8970949>.
12. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN>.
13. Bachrach A., He R., Roy N. Autonomous flight in unknown indoor environments. *Int. J. Micro Air Veh.* 2009.

## REFERENCES

1. Assembly of states parties to the rome statute. Retrieved from <http://surl.li/oaihe>.
2. Gardashuk T. Viina i dovkillia [War and the environment]. Retrieved from <https://day.kyiv.ua/uk/article/den-ukrayiny/viyna-i-dovkilly> [in Ukrainian].

3. Proekt Planu vidnovlennia Ukrainy. Materialy robochoi grypy "Ekologichna bezpeka" [Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the working group "Environmental safety"], lypen 2022. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recovery-rada/ua/environmental-safety-assembly.pdf> [in Ukrainian].
4. Mindovkillia: Viina rosii proty Ukrainy pryshvydshue zminy klimatu ta sprychyniae zbilshennia vykydiv parnykovykh gaziv [Russia's War Against Ukraine Accelerates Climate Change and Increases Greenhouse Gas Emissions]. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/news/mindovkillia-viina-rosii-proty-ukrainy-pryshvydshue-zminu-klimatu-ta-sprychyniae-zbilshennia-vykydiv-parnykovykh-gaziv> [in Ukrainian].
5. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainu "Pro skhvalennia Kontsepcii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku" [Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On the approval of the Concept of implementation of state policy in the field of climate change for the period up to 2030"]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/932-2016-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
6. Pro zatverdzhennia Metodyky rozrahunku neorganizovanykh vykydiv zabrudniuuchuh rehovyn abo sumishy takykh rehovyn v atmosferne povitria vnaslidok vynyknennia nadzvechainykh situacii ta/abo pid chas dii voennogo stanu ta vyznachennia rozmiriv zavdanoi shkody [On the approval of the Methodology for calculating unorganized emissions of polluting substances or a mixture of such substances into the atmospheric air as a result of emergency situations and/or during martial law and determining the amount of damage caused]. Nakaz Mindovkillia vid 13 kvitnia 2022 roku № 175. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> [in Ukrainian].
7. Zbilshennia ryzyku "klimatychnogo pokarannia" cherez zabrudnennia ta zminy klimatu. Retrieved from [Increasing risk of "climate punishment" due to pollution and climate change]. Retrieved from <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-air-quality-and-climate-bulletin-highlights-impact-of-wildfires?fbclid=IwAR0Ar-G2PzITIdT-T6230lvxUrrx-lydwOh-cnUtc7wZcOnCY9ivZuuVuIs> [in Ukrainian].
8. A Practical Guide for Individuals, Cities, Governments, Schools & Universities, Businesses, Civil society. Retrieved from [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40547/2022\\_clean\\_air\\_day.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40547/2022_clean_air_day.pdf?sequence=3&isAllowed=y).
9. Makarenko, N., Stokal, V., Berezhniak, E., Bondar, V., Pavliuk, S., Vagaliuk, L., Naumovsra, O., Ladyka, M., & Kovpak, A. (2022) Vplyv rosiiskoi voennoi agresii na oryrodni resursy Ukrainu: analiz situacii, metodologiiia ociniuvannia [The impact of Russian military aggression on the natural resources of Ukraine: analysis of the situation, assessment methodology]. Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainu – *Scientific reports of NUBiP of Ukraine*. № 4(98). Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/16137> [in Ukrainian].
10. Adamenko, O.M., & Adamenko, M.O. (2017). Tekhnologii inzhenerno-ekolohichnykh doslidzhen [Technologies of engineering and ecological research]. Ekolohichna bezpeka ta zdalansovane resursokorystuvannia – *Environmental safety and balanced resource use*. – 1. 168–195. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp\\_2017\\_1\\_25/](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebzp_2017_1_25/) [in Ukrainian].
11. Zhanar Oralbekova, Tamara Zhukabayeva, Kazizat Iskakov, Makpal Zhartybayeva, Nargiz Yessimova, Alma Zakirova and Ainur Kussainova. (2021) A New Approach to Solving the Problem of Atmospheric Air Pollution in the Industrial City. Hindawi. Scientific Programming. Retrieved from <https://doi.org/10.1155/2021/8970949>.
12. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN>.
13. Bachrach, A.; He, R., & Roy, N. (2009) Autonomous flight in unknown indoor environments. *Int. J. Micro Air Veh.*

## ABSTRACT

### METHODOLOGICAL APPROACHES TO MONITORING STUDIES OF THE IMPACT OF MILITARY FIRE ON THE ATMOSPHERIC AIR

The paper presents methodological guidelines and recommendations for measuring the impact of military operations on air quality, mainly by such indicators as fine dust (solid particles of 2.5 and 10 microns/m<sup>3</sup> – PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>), formaldehyde, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, carbon monoxide, and ozone. The impact of various means of fire (artillery, tanks, grenade launchers, machine guns, etc.) is analyzed using mobile automatic observation stations capable of continuously recording changes in air quality or a specially designed quadcopter with a gas analyzer that can continuously measure the level of air pollution and instantly move the measurement point both in the plane and vertically. The measurements are carried out in close to real combat conditions, taking into account all factors affecting the measurement results. The location of the analyzing devices was chosen taking into account the factors affecting the sensors, and the most optimal distance to the epicenters of contamination (explosions) was found experimentally. Two scenarios are considered: analysis of air quality directly at the place of the shot, and changes in air quality at the place of impact of a cartridge, projectile, etc. The data obtained after the shots are recorded in the relevant tables and compared with background and regulatory indicators. In addition to the automatic stations, it is also possible to measure air quality at the places of shooting and arrival remotely using specially designed unmanned aerial vehicles (UAVs) with a remote online camera, GPS navigation for precise movement, and mounts for automatic gas analyzers.

The use of the unmanned vehicle is carried out in compliance with safety precautions and under the supervision of the relevant licensing authorities. The results of all measurements indicate a sharp increase in the content of pollutants caused by the means of fire. The data obtained can be recommended for use in calculating the environmental damage caused by military operations.

**Key words:** monitoring, fine dust, air pollution.

*Андрій Юрійович Дзендзель,*

доктор філософії, докторант кафедри ботаніки та зоології

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,

Україна

orcid.org/0000-0002-9281-3089, e-mail: andrijdzenzel@gmail.com

*Світлана Василівна Пида,*

доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувачка кафедри ботаніки та зоології

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка,

Україна

orcid.org/0000-0002-7858-104X, e-mail: spyda@ukr.net

## **ВПЛИВ РЕКУЛЬТИВАНТУ КОМПОЗИЦІЙНОГО TREVITAN® НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ТА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ПРОРОСТКІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

**Анотація.** Метою дослідження була оцінка ефективності передпосівної обробки насіння пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) ярої форми сорту Куїнтус та озимої форми сорту Кубус рекультивантом композиційним TREVITAN® (РКТ) за такими показниками, як схожість насіння, дружність проростання, швидкість проростання, висота проростків та їх облиствлення. Досліди проводили в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка у двох таких варіантах: Контроль і Дослід (РКТ). Схожість, дружність проростання та швидкість проростання насіння пшениці визначали у ростильних камерах на фільтрувальному папері. У пластикових палетах на ґрунтосуміші також визначали схожість насіння та ростові процеси проростків пшениці м'якої. Проростки вирощували протягом 20 діб. Дані проходили описовий та кореляційний ( $P \leq 0,05$ ) аналіз. Встановлено, що передпосівна обробка насіння РКТ поліпшувала посівні якості насіння пшениці. На фільтрувальному папері на 3-тю добу після обробки насіння РКТ показник схожості підвищився статистично вірогідно на 10,7 (сорт Кубус) та на 11,4% (сорт Куїнтус), на 7-му добу – зріс на 2,9 та 1,7%, а на ґрунтосуміші в палетах – статистично вірогідно на 6,7 та 5,5%. За обробки насіння РКТ перед сівбою висота проростків пшениці збільшилась на 71,4–21,0 (сорт Кубус) та 77,8–18,2 (сорт Куїнтус). Використання РКТ сприяло облиствленню проростків ярої пшениці. У сорту Кубус сформувалось на 30,4 % більше листків порівняно з контролем, а у сорту Куїнтус – на 39,3%.

Отже, РКТ є перспективним препаратом органічного походження для поліпшення посівних якостей насіння та ростових процесів проростків пшениці м'якої.

**Ключові слова:** рекультивант композиційний TREVITAN®, *Triticum aestivum* L., схожість, швидкість проростання, дружність проростання, проростки, ріст.

### **ВСТУП**

Серед палітри культурних рослин зернові є найважливішим і найчастіше споживаним сільськогосподарським продуктом харчування людини, що забезпечує у її раціоні майже 50% добової потреби у вуглеводах. З-поміж усіх зернових культур пшениця є найбільш культивованою, займаючи 17 % оброблюваних земель світу,

складає приблизно одну третину загального виробництва зернових та слугує основним продуктом харчування для 35% населення світу [1]. Пшениця є основою підтримання глобальної продовольчої безпеки, оскільки вона становить п'яту частину калорійності харчового раціону людства [2].

Одним із найфундаментальніших завдань сучасної біології та сільського господарства є збільшення виробництва продовольства, оскільки чисельність населення Землі, за оцінками експертів ООН, до 2050 р. перевищить 9 млрд [2; 3]. Прогнозується, що упродовж наступних 30 років популяція людей зросте на 25% і досягне 10 млрд [4].

Згідно з прогнозами науковців, за таких темпів зростання населення планети для забезпечення звичного рівня споживання харчових продуктів виробництво основних зернових сільськогосподарських культур до 2050 р. має зрости на 70% [5]. Очікується, що до 2050 року попит на пшеницю зросте на 60%, але виробництво впаде на 29% через зміну клімату [4].

Для досягнення високих параметрів продуктивності сільськогосподарських культур необхідно оптимально поєднати процеси мінерального живлення, фотосинтезу, росту і розвитку рослин [6]. Поліпшити мінеральне живлення, а також продуктивність рослин можна шляхом застосування екологічно безпечних препаратів органічного походження [7], які сприятимуть біологізації землеробства. Наразі Європейський Союз рекомендує збалансоване використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин у сільськогосподарському виробництві (інтегроване виробництво) або використання лише природних методів виробництва (органічне виробництво) [8]. Сучасним добривом органічного походження є рекультивант композиційний TREVITAN® (PKT) для обробки ґрунту, насіння і посадкового матеріалу та позакореневого підживлення рослин [9–11].

На продуктивність культурних рослин суттєво впливають посівні якості насіння. Зазначено, що у сучасному агропромисловому виробництві від якості посівного матеріалу на 30% залежить майбутній урожай [12]. Відомо, що насіння з високими посівними якостями здатне оптимально забезпечувати ростові процеси проростків і рослин, зменшувати вплив шкочинних організмів, а отже, збільшувати урожайність культур та поліпшувати якість продукції без застосування додаткових витрат (добрив, пестицидів тощо) [13]. Категорії насіння і параметри його якості регламентуються державним стандартом України ДСТУ 2240-93 [14]. Під посівними якостями насіння розуміють сукупність біологічних і господарських ознак та властивостей, що характеризують придатність певної культурної рослини до сівби [14].

Проростання насіння рослини і поява сходів пов'язані з низкою біохімічних та морфо-фізіологічних процесів, які починаються на стадії бубнявіння і сприяють переходу насіння зі стану спокою до активного росту.

Метою роботи було дослідження посівних якостей насіння та ростових процесів проростків пшениці м'якої сортів Кубус і Куїнтус за передпосівної обробки насіння PKT.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Матеріалом дослідження слугувало насіння двох сортів пшениці м'якої ярої форми – Куїнтус (остиста, різновид еритроспермум, середньостиглий, високоврожайний, занесений до Реєстру сортів рослин України в 2015 р.) та озимої форми –

Кубус (безоста, різновид лютеценс, середньостиглий, високоврожайний, занесений до Реєстру сортів рослин України в 2009 р.) і рекультивант композиційний TREVITAN®.

РКТ розробило ТОВ «ТРЕВІТАН УКРАЇНА» відповідно до ТУ У 20.1-44141048-002:2021. Зазначений препарат, згідно з ГОСТ 12.1.007, відносять до речовин IV класу небезпеки (малонебезпечних). Він має органічне походження, рекомендований до використання в сільському господарстві у трьох формах, а саме: для швидкої регенерації ґрунту [10]; обробки насіння і посадкового матеріалу [11]; прискорення росту і розвитку різноманітних сільськогосподарських культур [9]. Препарат зареєстровано (Висновок... № 12.2-18-1/6845 від 02.04.2021 р.) [15] в Державній санітарно-епідеміологічній службі України. Компонентами препарату є органічні речовини, масова частка яких у % на суху речовину становить 55,0–75,0, гумінові органічні речовини (2,0–7,0%), екстракт фульвових речовин (0,8–3,0%), нітроген (N, 0,1–0,7%), фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,01–0,5%), калій (K<sub>2</sub>O, 0,2–0,9), водорозчинні солі (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, 0,3–1,0%). Показник рН розчину РКТ складає 8,0–10,9 [9–11].

Досліди проводили в лабораторії фізіології рослин і мікробіології Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка у двох варіантах: Контроль і Дослід (РКТ). У лабораторних умовах визначали схожість насіння (%) пшениці м'якої за ДСТУ 4138-2002 [14]. Насіння пшениці м'якої варіанту Контроль зволожували дистильованою водою, а Дослід (РКТ) – 1% розчином РКТ для обробки насіння і посадкового матеріалу та протягом 4 год висушували за кімнатної температури до повітряно-сухого стану. У ростильних камерах на фільтрувальному папері, змоченому дистильованою водою, розміщували по 100 насінин, які потім пророщували в термостаті за температури +22°C протягом 7 діб. Визначення схожості насіння пшениці м'якої перший раз проводили на 3-тю, а другий – на 7-му добу. Досліди закладали у чотирьох повтореннях.

Під час дослідження протягом семи діб кожної доби визначали кількість пророслого насіння пшениці. На основі цього обчислювали зазначені нижче показники. Швидкість проростання насіння пшениці визначали за формулою Піпера:

$$E = n_1 s_1 + n_2 s_2 + \dots + n_m s_m / n_1 + n_2 + n_m,$$

де E – середня швидкість проростання насіння, діб; n – кількість пророслих насінин за добу у день підрахунку; m – кінцева доба підрахунку; s – терміни проростання. Параметр дружності проростання насіння пшениці обчислювали за формулою:

$$D = B/S,$$

де D – дружність проростання, %; B – кінцева схожість насіння, %; S – кількість діб проростання [16].

Протягом досліджуваного періоду вимірювали висоту пагону за допомогою лінійки. Також визначали лабораторну схожість насіння пшениці м'якої у ґрунтосуміші (універсальний ґрунт). Для цього лунки пластмасового палету набивали ґрунтом і в кожну лунку на глибину 1 см висівали по 1-й насінині. Через 7 діб підраховували кількість пророслих насінин і обчислювали схожість насіння.

Статистичну обробку даних експерименту виконували за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці м'якої ярої та озимої форм РКТ впливала на лабораторну схожість (табл. 1). На фільтрувальному папері на 3-тю добу після обробки насіння пшениці озимої сорту Кубус та ярої сорту Куїнтус РКТ показник схожості підвищився статистично вірогідно на 10,7 та 11,4% (табл. 1). На 7-му добу схожість насіння визначали у ростильних камерах на фільтрувальному папері і в пластикових палетах на ґрунтосуміші. Виявлено, що за передпосівної обробки насіння РКТ схожість озимої та ярої пшениці на фільтрувальному папері зростає на 2,9 та 1,7%, а на ґрунтосуміші в палетах – статистично вірогідно на 6,7 та 5,5% (табл. 2).

Таблиця 1

### Вплив РКТ на схожість насіння пшениці м'якої на 3-тю добу, $M \pm m$ , $n=4$

Варіант	Схожість насіння на 3-тю добу, %	% до контролю
сорт Куїнтус		
Контроль	87,8±0,5	100,0
Дослід (РКТ)	97,8±0,4*	111,4
Сорт Кубус		
Контроль	86,6±0,6	100,0
Дослід (РКТ)	95,9±0,5*	110,7

Примітка: тут і в наступних таблицях \* – різниця достовірна порівняно з контролем при  $p < 0,05$ .

Таблиця 2

### Лабораторна схожість насіння пшениці м'якої на 7-му добу за впливу РКТ, $M \pm m$ , $n=4$

Варіант	Схожість насіння, %, фільтрувальний папір	% до контролю	Схожість насіння, %, ґрунтосуміш	% до контролю
Озима форма сорту Кубус				
Контроль	97,1±0,7	100,0	93,7±0,5	100,0
Дослід (РКТ)	99,9±0,6	102,9	100,0±0,0*	106,7
Яра форма сорту Куїнтус				
Контроль	98,1±0,4	100,0	94,8±0,4	100,0
Дослід (РКТ)	99,8±0,3	101,7	100,0±0,0*	105,5

Варто зазначити, що показники схожості насіння пшениці м'якої на 5-ту та 7-му доби не відрізнялися, тому для визначення дружності проростання насіння ми використали параметр часу проростання 5 діб. Встановлено тенденцію до більш дружного проростання насіння пшениці озимої сорту Кубус та ярої сорту Куїнтус на 2,9 та 1,7% із меншим на 7,9 та 8,1% періодом проростання за обробки насіння перед сівбою РКТ (табл. 3).

Отже, передпосівна обробка РКТ поліпшувала досліджувані показники посівних якостей насіння пшениці м'якої озимої форми сорту Кубус та ярої форми сорту Куїнтус.

**Швидкість та дружність проростання насіння пшениці м'якої за впливу РКТ,  
M±m, n=4**

Варіант	Швидкість проростання, діб	Дружність проростання, %
Озима форма сорту Кубус		
Контроль	3,8±0,3	19,42±0,24
Дослід (РКТ)	3,5±0,2	19,98±0,22
Яра форма сорту Куїнтус		
Контроль	3,7±0,2	19,62±0,21
Дослід (РКТ)	3,4±0,1	19,96±0,23

На формування насінневої продуктивності рослин суттєво впливає інтенсивність процесів росту протягом періоду вегетації й особливо на початкових етапах індивідуального розвитку. Ріст вегетативних та генеративних органів тісно пов'язаний з трофічною регуляцією, зокрема біохімічним механізмом, що забезпечує клітини, тканини та цілісний організм рослини поживними речовинами [17]. Важливим елементом технології вирощування культурних рослин є забезпечення збалансованого кореневого живлення культури під час онтогенезу. Це стимулює ростові процеси клітин, їх мітотичний поділ, сприяє диференціації тканин та наростанню органів рослинного організму.

Встановлено, що РКТ суттєво впливає на ростові процеси проростків озимої форми пшениці м'якої сорту Кубус, вирощеної на ґрунтосуміші у пластикових палетах. Висота проростків дослідного варіанту на 7-му добу після висіву насіння (табл. 4) за впливу препарату була на 71,4% більшою порівняно з контролем. Варто зазначити, що за передпосівної обробки насіння РКТ на 10-ту добу після висіву насіння у ґрунтосуміш проростки пшениці м'якої були вищими порівняно з контрольними на 22,2%. Наступні вимірювання висоти проростків пшениці сорту Кубус (15-та, 20-та та 26-та доби) показали аналогічні результати. У дослідному варіанті за впливу РКТ приріст параметра «висота проростка» був вищим на 21,0, 30,7 та 25,3% порівняно з контролем.

Обробка насіння перед сівбою РКТ також інтенсифікувала ростові процеси у проростків пшениці м'якої ярої сорту Куїнтус (табл. 5). На початкових етапах онтогенезу (7-ма доба після висіву насіння у ґрунтосуміш) приріст показників висоти пагонів проростків дослідного варіанту становив 71,4%. Протягом вегетації (10-та, 15-та, 20-та та 26-та доби) висота проростків за впливу РКТ зросла на 65,4, 22,4, 18,2 та 20,7% порівняно з контролем (табл. 5).

Отже, на початку вегетації озимої форми пшениці сорту Кубус та ярої форми сорту Куїнтус виявлено інтенсивний ріст проростків дослідного варіанту. Це пов'язано з передпосівною обробкою насіння РКТ (форма – для обробки насіння та посадкового матеріалу), який містить у своєму складі органічні речовини, гумінові та фульвокислоти, низку макро- і мікроелементів [11], що відповідно вплинуло на метаболізм, поліпшило живлення та інтенсифікувало ростові процеси.

Відомо, що гумінові речовини впливають на проникність мембран клітини [18] та поліпшують активний транспорт через плазмолему в клітини макро- і мікроелементів. Органо-мінеральні добрива, що характеризуються наявністю гумінових речовин, активізують процеси поділу клітин шляхом мітозу [19], що відповідно впливає на твірні тканини, зокрема апікальні та інтеркалярні меристеми, і підвищує інтенсивність ростових процесів, у результаті чого збільшується висота проростків дослідних рослин.



Таблиця 4

**Висота пагону проростків пшениці м'якої озимої форми сорту Кубус за впливу рекультиванту композиційного TREVITAN<sup>®</sup>, M±m, n=16**

Варіант	Висота проростка, см	% до контролю
7-ма доба після висіву насіння		
Контроль	0,7±0,05	100,0
Дослід (РКТ)	1,2±0,03	171,4
10-та доба		
Контроль	2,7±0,15	100,0
Дослід (РКТ)	3,3±0,18	122,2
15-та доба		
Контроль	7,6±0,51	100,0
Дослід (РКТ)	9,2±0,62*	121,0
20-та доба		
Контроль	10,1±0,59	100,0
Дослід (РКТ)	13,2±0,61*	130,7
26-та доба		
Контроль	15,4±0,71	100,0
Дослід (РКТ)	19,3±0,83*	125,3

Таблиця 5

**Висота проростків пшениці м'якої ярої форми сорту Куїнтус за впливу рекультиванту композиційного TREVITAN<sup>®</sup>, M±m, n=16**

Варіант	Висота проростка, см	% до контролю
7-ма доба після висіву насіння		
Контроль	1,8±0,13	100,0
Дослід (РКТ)	3,2±0,25*	177,8
10-та доба		
Контроль	2,6±0,16	100,0
Дослід (РКТ)	4,3±0,28*	165,4
15-та доба		
Контроль	5,8±0,31	100,0
Дослід (РКТ)	7,1±0,33*	122,4
20-та доба		
Контроль	11,0±0,41	100,0
Дослід (РКТ)	13,0±0,52	118,2
26-та доба		
Контроль	14,5±0,36	100,0
Дослід (РКТ)	17,5±0,43*	120,7

Важливим морфометричним параметром, що характеризує ростові процеси рослин і безпосередньо впливає на продуктивність культури, є облиствлення. Листки є органом фотосинтезу і, відповідно, накопичення органічних речовин, що слугує основою формування врожаю. В онтогенезі листок утворюється як бічний плагіотропний утвір на конусі наростання пагону рослини [17].

Встановлено, що у 20-добових проростків (на 26-ту добу після висіву насіння у ґрунтосуміш) пшениці м'якої озимої форми сорту Кубус за впливу РКТ сформувалось на 30,4% більше листків порівняно з контролем (табл. 6), а у ярої пшениці сорту Куїнтус – на 39,3%.

Таблиця 6

**Вплив РКТ на облиствлення проростків пшениці м'якої,  $M \pm m$ ,  $n=16$**

Варіант	Кількість листків, шт.	% до контролю
Сорт Кубус		
Контроль	2,3±0,1	100,0
Дослід (РКТ)	3,0±0,1*	130,4
Сорт Куїнтус		
Контроль	2,8±0,1	100,0
Дослід (РКТ)	3,9±0,1*	139,3

### ВИСНОВКИ

На основі лабораторних досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці м'якої озимої форми сорту Кубус та ярої форми сорту Куїнтус поліпшувала посівні якості насіння та інтенсифікувала ростові процеси у проростків. Ми зафіксували, що на фільтрувальному папері на 3-тю добу після обробки насіння пшениці сортів Кубус та Куїнтус РКТ статистично вірогідно на 10,7 та 11,4% підвищилась його схожість, на 7-му добу – зросла на 2,9 та 1,7%, а на ґрунтосуміші в палетах – статистично вірогідно на 6,7 та 5,5%. За впливу РКТ висота проростків пшениці збільшилась на 71,4–21,0 (сорт Кубус) та 77,8–18,2 (сорт Куїнтус). Отже, РКТ є ефективним препаратом органічного походження для поліпшення посівних якостей насіння та ростових процесів проростків пшениці м'якої озимої форми сорту Кубус та ярої форми сорту Куїнтус. Перспективним напрямком є дослідження насінневої продуктивності, якості зерна пшениці за використання у технології вирощування РКТ для обробки ґрунту та позакореневого підживлення рослин упродовж їх вегетації.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Effects of different irradiation doses and storage period on microbiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. Boshevska et al. *Food Control*. 2024. Vol. 158. 110201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110201>.
2. FAO. How to feed the world in 2050. 2009. URL: <http://www.fao.org>.
3. Crist E., Mora C. Engelman R. The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*. 2017. № 356. P. 260–264.
4. Revisiting the molecular mechanisms and adaptive strategies associated with drought stress tolerance in common wheat (*Triticum aestivum* L.) / Nadeem Bhanbhro et al. *Plant Stress*. 2024. Vol. 11. 100298. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100298>.
5. Stewart B.A., Lal R. Increasing world average yields of cereal crops: it's all about water. *Advances in Agronomy*. 2018. № 151. P. 1–44
6. Стасик О.О., Кірізій Д.А., Прядкіна Г.О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53. № 2. С. 160–184.

7. Мармуль Л.О., Новак Н.П. Розвиток органічного виробництва в Україні на засадах кооперації. *Економіка АПК*. 2016. № 9. С. 26–32.
8. Yield and Grain Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) Depending on the Different Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional) / Mitura K. et al. *Plants*. 2023. Vol. 12, Issue 5. P. 1022. <https://doi.org/10.3390/plants12051022>.
9. Дзендзель А.Ю. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для прискорення росту і розвитку рослин. *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2021* : матер. Всеукр. наук.-практ. конф., присвяч. 50-річчю кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін і 100-річчю від дня народження д. б. н., проф. Шуста І.В. Тернопіль : Вектор, 2021. С. 76–77.
10. Дзендзель А.Ю., Пида С.В. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для швидкої регенерації ґрунту. *Освітні та наукові виміри природничих наук* : зб. матеріалів II Всеукр. заочної наук. конф., м. Суми, 8 грудня 2021 р. Суми : Сум ДПУ імені А.С.Макаренка, 2021. С. 51–53.
11. Дзендзель А.Ю., Пида С.В. Рекультивант композиційний Trevitan™ – новий комплексний препарат для обробки насіння і посадкового матеріалу. *Еко Форум – 2021* : збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, м. Запоріжжя, 14–16 вересня 2021 р. Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2021. С. 45–46.
12. На замітку аграріям: аналіз якісних показників насіння. URL: <https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/314-100220201>.
13. Новак Ж.М., Коцюба С.П., Полянецька І.О. Посівні якості насіння : методичні рекомендації. Умань : УНУС, 2020. 24 с.
14. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [Чинний від 28.12.02]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
15. Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи від 02.04.2021 р. № 12.2-18-1/6845. Технічні умови ТУ У 20.1-44141048-002:2021. Рекультивант композиційний, 2021.
16. Панасюк О., Панасюк Р. Вплив удобрення на показники життєздатності насіння сої. *Вісник Львівського Національного аграрного університету. Серія «Агронімія»*. 2018. № 22 (2). С. 57–59. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau\\_act\\_2018\\_22\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vlnau_act_2018_22_15).
17. Терек О.І., Пацула О.І. Ріст і розвиток рослин : Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 328 с.
18. Гумінові речовини – безпечні регулятори екосистем / Ящук В.У. та ін. Київ : Нац. акад. аграр. наук України, 2016. 89 с.
19. Recent patterns of crop yield growth and stagnation / Ray D.K. et al. *Nature Communications*, number article:1293. 2012. Vol. 3. P. 1293–1295.

## REFERENCES

1. Boshevska, M., Sandeva, I., Verde, S.C., Spasevska, H., & Jankuloski, Z. (2024). Effects of different irradiation doses and storage period on microbiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Food Control*. 158. 110201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110201>.
2. Sait FAO. How to feed the world in 2050. 2009. Retrieved from <http://www.fao.org>.
3. Crist, E., Mora, C. & Engelman, R. (2017). The interaction of human population, food production, and biodiversity protection. *Science*, 356, 260–264.
4. Bhanbhro, N., Wang, H.-J., Yang, H., Xu, X.-J., Jakhar, A.M., Shalmani, A. et al., (2024). Revisiting the molecular mechanisms and adaptive strategies associated with drought stress tolerance in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Stress*. 11. 100298. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100298>.

5. Stewart, B.A. & Lal, R. (2018). Increasing world average yields of cereal crops: it's all about water. *Advances in Agronomy*, 151, 1–44.
6. Stasyk O.O., Kirizii D.A., & Priadkina H.O. (2021). Fotosynteza i produktyvnist: osnovni naukovyi dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky [Photosynthesis and productivity: main scientific achievements and innovative developments]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Physiology of plants and genetics*. 53 (2), 160–184 [in Ukrainian].
7. Marmul L.O., & Novak, N.P. (2016). Rozvytok orhanichnoho vyrobnytstva v Ukraini na zasadakh kooperatsii [Development of organic production in Ukraine on the basis of cooperation]. *Ekonomika APK – Economy of agro-industrial complex*, 9, 26–32 [in Ukrainian].
8. Mitura, K., Cacak-Pietrzak, G., Feledyn-Szewczyk, B., Szablewski, T., & Studnicki, M. (2023). Yield and Grain Quality of Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) Depending on the Different Farming Systems (Organic vs. Integrated vs. Conventional). *Plants*. 12 (5), 1022. <https://doi.org/10.3390/plants12051022>.
9. Dzendzel, A.Yu. (2021). Rekultyvant kompozytsiinyi Trevitan™ – novyi kompleksnyi preparat dlia pryskorennia rostu i rozvytku roslyn [Recultivant composite Trevitan™ – a new complex preparation for accelerating the growth and development of plants]. *Mater. vseukr. nauk.-prakt. konf., prysviach. 50-richchiiu kafedry zahalnoi biolohii ta metodyky navchannia pryrodnychkykh dystsyplin i 100-richchiiu vid dnia narodzhennia d. b. n., prof. Shusta I. V. “Ternopilski biolohichni chytannia – Ternopil Bioscience – 2021” – Mater. Ukrainian science and practice conf., dedicate. On the 50th anniversary of the Department of General Biology and Methods of Teaching Natural Sciences and on the 100th anniversary of the birth of D. b. n., prof. I. V. Shusta “Ternopil biological readings – Ternopil Bioscience – 2021”* (pp. 76–77): Ternopil : Vektor [in Ukrainian].
10. Dzendzel, A.Yu., & Pyda, S.V. (2021). Rekultyvant kompozytsiinyi Trevitan™ – novyi kompleksnyi preparat dlia shvydkoi reheneratsii gruntu [Recultivant composite Trevitan™ is a new complex preparation for rapid soil regeneration]. *Osvitni ta naukovyi vymiry pryrodnychkykh nauk – Educational and scientific dimensions of natural sciences: Proceedings of the coll. materials of the First All-Ukrainian extramural sciences. conf.* (pp. 51–53). Sumy: Sum SPU named after A.S. Makarenko [in Ukrainian].
11. Dzendzel A.Yu., & Pyda S.V. (2021). Rekultyvant kompozytsiinyi Trevitan™ – novyi kompleksnyi preparat dlia obrobky nasinnia i posadkovoho materialu [Rekultyvant Kompozytsiinyi Trevitan™ – a new complex preparation for seed processing and landing material]. *Eko Forum – 2021 – Eko Forum – 2021: a collection of reports of the specialized international Zaporizhzhya ecological forum.* (pp. 45–46). Zaporizhia: Zaporizhia Chamber of Commerce and Industry [in Ukrainian].
12. Na zamitku ahrariiam: analiz yakisnykh pokaznykiv nasinnia [On the note of ahrariiam: analysis of quality indicators of seeds]. Retrieved from <https://www.fitolab.volyn.ua/informuiemo/314-100220201> [in Ukrainian].
13. Novak, Zh.M., Kotsiuba, S.P., & Polianetska, I.O. (2020). *Posivni yakosti nasinnia [Sowing qualities of seeds]: methodical recommendations.* Uman: UNUS [in Ukrainian].
14. DSTU 4138:2002. *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [DSTU 4138:2002. Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality]*. [Effective from 12/28/02]. Derzhspozhyvstandart Ukrainy – Derzhspozhivstandart of Ukraine. Kyiv, 2003. 173 [in Ukrainian].
15. *Vysnovok derzhavnoi sanitarno-epidemiolohichnoi ekspertyzy vid 02.04.2021 r. № 12.2-18-1/6845. Tekhnichni umovy TU U 20.1-44141048-002:2021. Rekultyvant kompozytsiinyi [Conclusion of the state sanitary-epidemiological examination dated April 2, 2021 No. 12.2-18-1/6845. Technical conditions of TU U 20.1-44141048-002:2021. Composite recultivant]*, 2021 [in Ukrainian].
16. Panasiuk, O., & Panasiuk, R. (2018). Vplyv udobrennia na pokaznyky zhyttiezdatnosti nasin-

- nia soi [The effect of fertilizer on the viability of soybean seeds]. *Visnyk Lvivskoho NAU. Serii : Ahronomiia – Bulletin of Lviv NAU. Series: Agronomy*, 22(2), 57–59 [in Ukrainian].
17. Terek, O.I., & Patsula, O.I. (2011). *Rist i rozvytok roshyn [Growth and development of plants]*. Lviv : LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
  18. Yashchuk, V.U., Koretskyi, A.P., Kovbasenko, R.V., Dmytriiev, O.P., & Kovbasenko, V.M. (2016). *Huminovi rechovyny – bezpechni rehuliatory ekosystem [Humic substances are safe regulators of ecosystems]*. Kyiv : Nats. akad. ahrar. nauk Ukrainy [in Ukrainian].
  19. Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C. & Foley, J.A. (2012). Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications*, 3, number article: 1293. 1293–1295.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF COMPOSITIONAL RECVITANT TREVITAN® ON SEEDS SOWING QUALITY AND GROWTH PROCESSES OF SOFT WHEAT SPROUTS (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

The purpose of the research was to evaluate the efficiency of pre-sowing treatment of soft wheat seeds (*Triticum aestivum* L.), spring form, Quintus brand, and winter form, Kubus brand, with compositional recultivant TREVITAN® (RKT) according to the following parameters: seed germination, joint germination, germination rate, height of seedlings and their foliation. The tests were conducted at the laboratory of plant physiology and microbiology of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University in two versions: Control and research (RKT). Germination, joint germination, germination rate of wheat seeds was determined in growth chambers on filter paper. Also seed germination and growth processes of soft wheat seedlings was defined in plastic pallets on the soil mixture. Seedlings were grown during 20 days. The data underwent descriptive and correlational analysis ( $P \leq 0,05$ ). It was established that pre-sowing seeds treatment PKT improved the sowing quality of wheat seeds. The index similarity of PKT on the filter paper increased statistically probably by 10.7% (Kubus brand) and by 11.4% (Quintus brand) on the 3rd day after seed treatment, it increased by 2.9% and by 1.7%, and on the soil mixture in pallets – statistically probably by 6.7% and 5.5% on the 7th day. While processing the seeds with RKT before sowing, the height of wheat seedlings increased by 71.4–21.0 (Kubus brand) and by 77.8–18.2 (Quintus brand). The use of RKT contributed to the leaf formation of spring wheat seedlings. In the Kubus variety, there was 30.4% increase in leaf formation compared to the control, and in the Quintus variety, there was 39.3% increase. Thus, RKT is a promising drug of organic origin, designed to improve the sowing qualities of seeds and growth processes of soft wheat seedlings.

**Key words:** compositional recultivant TREVITAN®, *Triticum aestivum* L., germination, germination rate, joint germination, seedlings, growth.

*Вікторія Олександрівна Скакун,*

кандидат біологічних наук, ст. викладач кафедри біології та здоров'я людини  
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, Україна  
orcid.org/0000-0001-5161-123X, e-mail: skakun\_vika@meta.ua

## КІМНАТНЕ КВІТНИКАРСТВО: ВСЕСВІТНЯ ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ

**Анотація.** Історія кімнатного квітництва бере початок із сивої давнини. Уже в давній Елладі до весняного свята Адоніса храми та будинки прикрашали як букетами польових квітів, так і квітами, вирощеними у вазонах. Зображення рослин у горщиках збереглися на стародавніх фресках. У Китаї понад тисячу років тому вже вміли вирощувати бонсаї. У старовинних рукописах описані способи вирощування в горщиках прямих рослин з насіння. Перший зимовий сад в Європі був створений у 13 столітті видатним садівником Альбертом Магнусом в честь прибуття в Кельн голландського короля Вільгельма. Незабаром зимові сади почали будувати всі європейські монархи. Такі сади стали називати оранжереями, оскільки найпоширенішими рослинами у них були апельсини. Спочатку оранжереї мали цілком утилітарне значення: там вирощували екзотичні фрукти і зберігали взимку тропічні рослини, які влітку прикрашали палацові сади. Перед ботаніками тих часів стояло завдання привозити з експедицій нові екзотичні види рослин. Це не тільки спонукало до відкриття нових видів рослин, але й сприяло розвитку природничих наук. З початком епохи великих географічних відкриттів у Європу потрапило безліч невідомих раніше видів екзотичних рослин, європейські ботаніки отримали можливість вивчити й описати нові види рослин. Наприкінці XVIII – на початку XIX століття стала популярною професія колектора – складальника невідомих науці рослин. Колектори подорожували різними місцезростаннями невідомих рослин та описували їх. Перша книга англійською мовою про кімнатне квітництво «Райський сад» (“The Garden of Eden”) вийшла у 1653 році. Рослинами стали прикрашати вітальні в заможних будинках. Для більшості населення кімнатні рослини стали доступними тільки в середині XIX століття. Сучасні ботаніки вже намагаються кардинально видозмінювати квіти, і в них це успішно виходить. Можливо, з часом сучасні способи також увійдуть в історію, де буде вказано, що кілька століть тому методом проб і помилок селекціонерам вдалося виростити якусь надзвичайну рослину.

**Ключові слова:** кімнатне квітництво, теплиці, оранжереї, садівництво, екзотичні рослини.

### ВСТУП

Сьогодні складно уявити, що звичні всім фікуси та пеларгонії, які ростуть ледь не на кожному підвіконні, колись були екзотикою в будинках знаті. Згідно з дослідженнями, традиція вирощувати дерева у вазах зародилася ще в Стародавньому Єгипті, про що свідчать зображення, створені понад три тисячоліття тому. Чіткіших обрисів кімнатне квітництво набуло в XV столітті, яке було багате на великі географічні відкриття. Повертаючись із далеких подорожей, мореплавці незмінно привозили із собою насіння й частини рослин і навіть цілі рослини, щоб похвалитися чудасією на батьківщині. Клімат Європи був надто суворим для тропічної флори, тому єдиним способом

зберегти гостинець було домашнє утримання. Більшість популярних нині кімнатних квітів знайшла своє місце на підвіконнях Старого Світу саме таким чином.

Зрозуміло, що можливість продемонструвати заморську рослину мала не кожна родина, бо це був привілей вищого стану, символ розкоші та престижу. Господарі гордо представляли здивованим гостям прибульця з іншого континенту. Хоча бажання бути ближче до природи в даному випадку поступалося почуттю власної унікальності і переваги над іншими, необхідність створювати умови для виживання кімнатних квітів змушувала прислухатися до їхніх потреб. Згодом сформувалися нові знання про привезені культури, а екзотичними рослинами обзаводилося все більше будинків.

Популярними були оранжереї та зимові сади. Першопрохідцем у цій галузі став ботанік Альберт Магнус, який створив прообраз зимового саду в XIII столітті. Перші ж оранжереї (від англійського “orange” – «апельсин») були побудовані в 1599 році в Ботанічному саду Лейдена (Нідерланди). За 50 років «будинки помаранчевих» з’явилися і в Амстердамі, і в Ренті, а ось Париж обзавівся екзотичною теплицею лише до 1714 року.

Свого роду революцію здійснив винахід англійця Н. Ворда, який почав перевозити папороті та інші рослини, що вимагають високої вологості повітря, у скляних камерах. Якщо раніше приручити цих іноземців ніяк не вдавалося, то в «ящиках Ворда» (таку назву отримала конструкція в народі) вони почувалися чудово. Саме так у європейських будинках з’явилися папороті, бромелієві та орхідеї.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У роботі використано методи теоретичного аналізу, порівняння, систематизації, узагальнення теоретичних спостережень.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Всесвітня історія становлення кімнатного квітникарства бере свій початок з глибокої давнини. Перші дані про декоративні рослини відносяться до 5–6 тисячоліття до нашої ери. За археологічними даними, починаючи з глибокої древності, люди використовували квіти для прикрашання храмів та палаців. Знайдено вази для квітів, що відносяться до бронзового віку.

Англійці та шотландці згадували у своїх працях про кімнатні рослини з XVII століття, а можливо, й раніше [13].

Перше чітке посилання на цю тему міститься в книзі під назвою “Floraes Paradise”, опублікованій вперше в 1608 році, а після смерті автора перевиданій зі змінами під назвою “The Garden of Eden”. Автор рекомендував приносити в приміщення горщики із солодким майораном, базиліком і розмарином, а також підвішувати до стелі різновиди гарбузів, щоб мухи не летіли на картини, написані маслом. У своєму есе про корисність і декоративність рослин він запропонував, щоб виноградні лози, абрикоси і сливи, що ростуть на зовнішній стіні будинку, росли у приміщенні та вилися по стелі.

Успіх цих перших спроб певною мірою залежав від наявності чи відсутності домашнього опалення. Можливо, це лише випадковість, але у той час збільшилось написання книг про тропічні та субтропічні рослини та їх вирощування в будинках, що збіглося з удосконаленням способів обігріву апельсинів і розробкою конструкцій більш

ранніх форм теплиць. У XVII–XVIII століттях опалення здійснювалося за допомогою надзвичайно складної системи згорнутих цегляних димоходів, що іноді проходили на відстань п'ятдесяти футів, усередині цегляних стін. Досить часто зустрічалася примітивна система опалення, коли клалося розпечене вугілля просто в отвір у підлозі. Даний метод був діючим в Оранжереї аптекарського саду в Челсі в 1684 році. Скляні дахи були вперше встановлені в Оранжереї в 1717 році, а експерименти щодо їх висоти та дизайну проводилися наприкінці XVIII століття в Англії та Шотландії. Однак реальний внесок був зроблений лише тоді, коли Т.А. Knight, один із перших президентів Лондонського садівничого товариства, опублікував свої статті про теплиці в *Horticultural Society Transactions* у 1809 році та про криволінійні конструкції в 1822 році. У своїх роботах він розглядав проблеми нахилу даху. Але, мабуть, головною проблемою цих перших теплиць було забезпечення їх не лише теплом, а й вентиляцією, циркуляцією теплого повітря та регулюванням вологості.

Перші спроби використання опалення гарячим повітрям були зроблені Dr. Anderson у 1802 році у теплиці в Айлворті [7; 18].

Жоден з видів опалення не виявився працездатним, оскільки повітря в одному випадку було надто сухим, а в іншому надто вологим.

Кілька років після цього будинки, що опалювалися печами, були в моді і широко використовувалися аж до сорокових років.

Системи опалення з використанням гарячої води вперше були представлені в Голландії Вільямом Аткінсоном з Паддінгтона в 1822 році. Проте Джон Клавдіус Лаудон, чий монументальні енциклопедії про всі можливі галузі садівництва та будівництва заповнили книжкові полиці XIX століття, стверджував, що такі системи вперше були застосовані у Франції в 1777 році М. Боннеменом і запроваджені у цій країні французьким емігрантом графом Каунтом Шабанесом в 1816 році в Сандридж Парк, Кент. Проте Лоудон визнав, що розробка Аткінсона була найуспішнішою, а його система гарячого водопостачання, яку інженери-садівники незабаром удосконалили та здешевили, зробила можливим дивовижне зростання теплиць, які варіювали від величезних 300-футових споруд до домашніх зимових садів будь-якого розміру та елегантних кімнат з підігрівом, у вікторіанських вітальнях для папоротей. Вікторіанці розвинули новий стиль використання скла як будівельного матеріалу, про що свідчать лондонські та провінційні продуктові ринки, залізничні станції та будівля Децимуса Бертон в Кью. Поштовхом до цього стало захоплення тепличними екзотами, що надходили в країну з тропіків і Сходу приблизно з кінця XVIII століття, а також необхідність створення сприятливих умов для їх вирощування. Оскільки методи опалення стали більш ефективними, то імпорт вимогливих у догляді рослин став більш швидким, тому тропічні рослини та вдосконалені оранжереї поширювалися неймовірно швидко. Джефрі Тейлор у своїй книзі “Some Nineteenth Century Gardeners” підрахував, що з 238 нових видів рослин, уперше завезених в Англію в 1845 році, лише близько 35 були витривалими, а всі інші були вибагливими та потребували вирощування в оранжереях. Ці рослини вимагали експертного керівництва у догляді за ними, а отже, на той час було написано багато посібників із садівництва, які були опубліковані починаючи з XVIII століття. Найцікавішою з ранніх публікацій є “Gardener’s Pocket Dictionary” Джона Аберкромбі (1786 року), де описано кілька екзотичних дерев і кущів, що походять з Індії та інших тропічних і субтропічних країн і які на той час вирощувалися у великих оранжереях у цій країні. У публікації згадувалося п'ять



таких різновидів фікусів: фікус священний, фікус бенгальський, сикомор, фікус бенджаміна і звичайний – сучасна кімнатна рослина фікус карликовий, який тоді культивували як екзотичну рослину. Аберкромбі також описував Агаву американську як «особливу рослину, яка у наших тепличних колекціях є великою цікавинкою». Він також перерахував 25 сортів африканського алое, 41 сорт мезембріантеми, 4 юки і 2 сорти кротона. За цією книгою в 1789 році вийшов “The Hothouse Gardener”. Те, що Джон Аберкромбі писав про це, було ознакою популярності цієї теми. Він був одним із найпопулярніших садівників свого часу, а його головна праця “Every Man His Own Gardener”, опублікована в 1767 році, мала 16 видань до 1800 року і 24 видання до 1839 року [3; 16].

Важко сказати, що вплинуло на завзяття англійців кінця XVIII століття до тропічних екзотичних рослин. Спочатку ці рослини вважалися лише колекційним об’єктом. Можливо, це було поєднання нової літературної та естетичної моди та зростання інтересу до ботаніки та природничих наук, що збігалось з розквітом Індійської імперії, жагою досліджувати темний континент Африки чи болота Амазонки, що започаткувало і стимулювало надходження рослин із цих місць.

У 1793 році лорд Маккартні вирушив до Китаю, маючи при собі подарунки для імператора. З ним були два ботаніки, які повинні були відібрати нові рослини для приватних колекціонерів. Тоді колекціонуванням екзотичних рослин займалися лише аристократи, тому що саме вони могли вкладати у цей процес час та гроші і долати неабиякі труднощі задля збереження своїх нових екземплярів. Власниками перших теплиць, згаданих у “Tod’s Plans for Greenhouses” 1807 року, були графи Честерфілд, Ковентрі, герцог Бедфорд і маркіз Бландфорд [22].

Наприкінці першої чверті XIX століття оранжереї стали зразком смаку, ознакою елегантності та необхідністю для підтримки престижу зростаючого середнього класу. Хоча вони могли дозволити собі такі предмети розкоші та були готові платити за їх будівництво, більшість не знала, як їх утримувати. Цю проблему взяли вирішувати садівники. Чарльз Макінтош у 1838 році писав: «Здається, що автори здебільшого обмежилися задоволенням потреб великих і багатих, тоді як більш скромний і, безсумнівно, найчисельніший клас людей, тобто ті, хто культивують рослини, були залишені без вигоди від навчання». Він продовжував у своїх книгах описувати будівництво теплиць, оранжерей та печей. У 1824 році була опублікована книга “The Greenhouse Companion”. Зокрема, там говорилося: «Оранжерея, яка п’ятдесят років тому була розкішшю, яку нечасто можна було зустріти, тепер стала додатком до кожної вілли та багатьох міських резиденцій» [2; 9].

Важливо, що друга половина книги Лаудона мала назву “The Proper Treatment of Flowers in Rooms”, оскільки на той час багато рослин, які виростили в оранжереях, почали заповнювати холи та вітальні. У кімнатах з’являлися витривалі однорічники, які висаджували у горщики та прикрашали ними підвіконня. Практика садівництва ставала не лише ознакою елегантності, але й поважним хобі, яким могли займатися всі верстви населення. Лондонське садівниче товариство, засноване в 1803 році, яке згодом стало Королівським садівничим товариством, наслідували інші товариства майже в кожній провінції, місті і селищі. Відкривалося чимало розплідників, щоб задовольнити попит на рослини у горщиках.

Незважаючи на те, що продовжували публікуватися книги з навчання садівництву, незабаром з’явилися книги, які навчали квітковому смаку. У 1839 році аматор,

командир Джеймс Мангліс надрукував для своїх друзів невелику книжку під назвою “The Floral Calendar”, яка відображає захоплення типового англієця того часу садівництвом та рослинами загалом. У розділах книги розповідалося про рослини відкритого ґрунту. Був цікавий абзац із фізіології рослин, у якому в якості наукового факту стверджувалося, що рослини мають екскрементні виділення з коренів. Решта книги містила різноманітну інформацію про облаштування зимових садів, опалення теплиць, дизайн підставок для квітів, рекламу книг і патентованих горщиків для квітів, замітки про вирощування рослин, ілюстрації дизайнів підставок для рослин. Також книга включала списки насіння, де було й екзотичне тепличне насіння. Автор також ілюстрував невеликими ручними гравюрами чавунні пристрої для кріплення горщиків на підвіконнях, які, як стверджував автор, були необхідними для маленьких будинків із дуже маленькими вікнами [4; 19].

Цікавою була книга про рослини “Rustic Adornments for Homes of Taste” Ширлі Гібберда, вперше опублікована в 1856 році. Її мета була моральною та надихаючою: «...розширити коло домашніх захоплень, щоб прискорити спостереження...». На своїх сторінках автор постійно повторював, що смак і мораль – це майже синоніми: «Смак – це застосування до природи тієї самої здатності, яка в моралі дозволяє нам розрізнити правильне й неправильне» [11; 16].

Згодом детальну увагу колекціонерів привернули папороті. Їх висаджували у ящики – квіткові горщики із дзвониками, прикріпленими до ґрунту на краю горщика.

Вікторіанські підставки для квітів і рослин, або «жардиньери», вважається найбільш розумною ідеєю, яку ми можемо відродити та використовувати для демонстрації квітучих у горщиках гортензій, пеларгоній, азалій, бегоній, фуксій тощо. Балконні сади в цей час були популярними, оскільки з періоду Регентства чавунні балкони та веранди стали архітектурними елементами. Гібберд рекомендував прогулятися по Пікаділлі, де, як він записав, можна було знайти одні з найкращих зразків балконних садів і де ірландський плющ, аристолохія сифо, віргінська ліана та ампелопсис тристулковий були розміщені фестонами на широких фасадах. Серед рослин, рекомендованих Гіббердом для прикрашання вікон і приміщень, були агави, аралії, алое, драцени, ехеверії, фікус еластичний, а також багато різновидів пеларгоній, декоративних ліан і веронік. З часів Ширлі Гібберда і далі ентузіазм щодо кімнатних рослин продовжував зростати. Слід визнати, що вікторіанці любили різнокольорове листя і квіти, тому їх улюблений зимовий сад представляли бегонії, кротони, драцени, герані, еріки та камелії, а також пальми, які викликали романтичні асоціації [8].

Герань була улюбленою рослиною з XVII століття. В оранжереях можна було зустріти безліч гібридів усіх мислимих відтінків червоного й помаранчевого з величезним розмаїттям листя, які стояли в підставках для квітів, облицьованих кольоровою плиткою. Їхня популярність частково пояснювалася тим, що вони не були схильні до будь-яких хвороб, окрім нападу зеленої мошки, яку, за припущенням Макінтоша, можна було видалити шляхом застосування тютюнового диму, який видувається з фумігаційних міхів. На щастя, тепер нам на допомогу прийшла наука з дешевшими заміниками.

Пальми, які протягом тривалого часу використовувалися як мотиви для архітектурного декору, стали по-справжньому популярними лише у 1860 році. Звичайно, вони були завезені в цю країну до того, а їх поширення було обмеженим лише тому, що культура, як зауважив Лоудон, була «менш розповсюдженою». Макінтош стверджував, що найкращі види пальм у Європі в 1838 році вирощувалися в оранжереях графа

Танкервіля в Уолтоні-на-Темзі, де вони досягли вражаючого зростання. Той факт, що їх вирощувала лише аристократія, що вони були найбільшими з усіх екзотів за розміром, визначив їх як символ елегантності. Напевно, було важко не спробувати виростити добре відому рослину *Cycas circinalis*, особливо тому, що вона росте лише до 2–3 футів у висоту, або велику віялову пальму *Corypha umbraculifera*, яка, мабуть, була добре знайома солдатам королеви, які часто використовували її листя як притулок від спеки та тропічного дощу [20].

Поява таких пальм, як *Kentias* або *Howeas* з острова Lord Howe і особливо *Kentia forsteriana*, які процвітали в атмосфері готельних лаунжів і бальних залів, безумовно, спонукала до створення сотень вікторіанських пальмових кортів. Жодна дискусія про вікторіанські рослини не може бути повною без згадки кімнатної пальми, або аспідістри. Вона стала символом вікторіанського самовдоволення та комфорту.

Вважається, що папороті, плющі, індійський каучуконос та деякі пальми, бегонії і пеларгонії висаджували у кімнатах тому, що за часів газового освітлення це були чи не єдині рослини, які процвітали у випарах вугільного газу. Аспідістру не дарма називали чавунником. Насправді саме впровадження домашнього електричного освітлення та його загальне використання стимулювало, якщо не започаткувало, сучасну індустрію зрізаних квітів, бо небагато зрізаних квітів здатні витримувати пари газу, а найкращим прикладом є в'янення гвоздик за його присутності. І, мабуть, відносна дешевизна зрізаних квітів порівняно з рослинами в горщиках призвела до поширення цієї моди в країні [5; 8].

На цьому короткій історичний вступ треба закінчити. Смак до таких речей і до того, що Гібберд описав як «об'єднання природи та мистецтва в щасливому служінні людським симпатіям», майже повністю зник після першого десятиліття ХХ століття. Усе, що залишилося від цього союзу, – це рослини в горщиках у вікнах котеджів у селах і містечках, а також у деяких частинах лондонського Іст-Енду, готелю Palm, салону *Aspidistra* та сотні занедбаних зимових садів. До тридцятих років нашого століття строкатий лавр, аспідістра та бегонія стали провідними у словнику. У п'ятдесятих роках минулого століття з'явилися ознаки відродження смаку до кімнатних рослин і тих екзотів, які можуть вижити в наших умовах.

## ВИСНОВКИ

Всесвітня історія створення кімнатного квітництва бере свій початок з глибокої давнини. Англійці та шотландці згадували у своїх працях про кімнатні рослини, починаючи з сімнадцятого століття. Поняття «кімнатна рослина» існує з моменту, коли людина кинула насіння в горщик із землею. Першими видатними колекціонерами рослин були солдати єгипетського фараона Тотмеса III (3,5 тис. років тому).

До найбільш поширених рослин, що використовувалися в озелененні інтер'єру в найдавніші часи, належать такі: акант (*Acanthus*), лотос (*Nelumbo*), папірус (*Cyperus papyrus*), хміль (*Humulus*), лавр (*Laurus*), виноградна лоза (*Vitis*), плющ (*Hedera*), дуб (*Quercus*).

Кімнатні рослини у приміщеннях покращують мікроклімат, виділяють леткі речовини (фітонциди), які згубно діють на хвороботворні мікроорганізми. Правильно підібрані та розміщені рослини позитивно впливають на людей, надають приміщенню своєрідного колориту і створюють комфорт.

Отже, з тих пір, як рослини почали вирощувати у будинках, минуло вже багато років. Одним до душі старі перевірені види, адже про догляд за ними відомо достатньо і отримати приголомшливий результат не так складно. Інші невпинно шукають екзотику в надії знайти спільну мову з природою. Що ж, сьогодні є набагато більше можливостей для транспортування та утримання, а отже, ми, як і раніше, можемо дивувати гостей рідкісними та незвичайними квітами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ануфрієва С.В. Енциклопедія рослин садових та кімнатних. Донецьк : ТОВ «Глорія Трейд», 2013. 224 с.
2. Барна М. Ботаніка. Терміни. Поняття. Персоналії. Київ : Академія, 1997. 271 с.
3. Білорусець Є.Ш., Гиль Л.С. Квітникарство захищеного ґрунту. Київ : Урожай, 1994. 222 с.
4. Бочелюк О.І. Кімнатне квітникарство в дошкільному закладі. Вид. 2-ге, доп. Тернопіль : Навчальна книга – Богдан, 2012. 240 с. + 12 с. вкл.
5. Бунін В.О. Квітникарство : довідник. Львів : Світ, 1994. 150 с.
6. Верзілін М. Подорож з домашніми рослинами. Київ, 1956. 335 с.
7. Ішук Л.П. Квітникарство : навчальний посібник. Біла Церква, 2014. 292 с.
8. Колесніченко О.В. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин ботанічного саду НУБіП України. Київ, 2008. 56 с.
9. Мусієнко М.М. Фізіологія рослин : підручник. Київ : Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.
10. Святенко Ю.Б. Кімнатне квітникарство. Харків : Веста, 2009. 160 с.
11. Слепцов Ю.В. Гідропоніка : навчальний посібник. Київ : Урожай, 2006. 78 с.
12. Квітникарство закритого ґрунту: навчальний посібник / Ю.В. Слепцов, Б.Є. Якубенко, В.Д. Богданова, І.О. Поздняков, Р.В. Андрусик. Київ : Кондор, 2019. 186 с.
13. Степура А.В. Енциклопедія домашнього декоративного квітникарства: 5000 корисних порад фахівців. Донецьк : ТОВ ВКФ «БАО», 2004. 348 с.
14. Скоропад С.М. Подорож з кімнатними рослинами. *Біологія*. 2003. № 34. С. 20–23.
15. Черевченко Т.М. Довідник квітникаря-любителя. Київ : Урожай, 1994. 366 с.
16. A short history of the origins of the taste for indoor plants. URL:[https://www-inexhibit-com.translate.google.com/case-studies/when-did-they-get-into-our-homes-abrief-history-of-houseplants/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-inexhibit-com.translate.google.com/case-studies/when-did-they-get-into-our-homes-abrief-history-of-houseplants/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc) (дата звернення: 31.03.2023).
17. Larson Roy A (2013). Introduction to Floriculture. United States: Elsevier Science.
18. H. Chris Wien. Floral Crop Production in High Tunnels. Hort Technology Jan 2009 19(1): 56-60. doi:10.21273/HORTSCI.19.1.56.
19. Sheldrake Jr.R., Boodley J.W. (1965, May). Plant growing in lightweight artificial mixes. In *Symposium on Vegetable Growing under Glass 4* (pp. 155–157).
20. Catherine Horwood, Potted History: The Story of Plants in the Home (London: Frances Lincoln, 2007).
21. Vitruvius, The Ten Books on Architecture, trans. Morris Hickey Morgan (Cambridge: Harvard University Press, 1914), 104–106.
22. Tovah Martin, Once Upon a Windowsill: A History of Indoor Plants (Portland, Oregon: Timber Press, 1988), 19–21.

## REFERENCES

1. Anufrieva, S.V. (2013). Entsyclopedia of garden and indoor plants [Encyclopedia of garden and indoor plants]. Donetsk : TOV "Hloriia Treid" [in Ukrainian].

2. Barna, M. (1997) Botanika. Terminy. Poniattia. Personalii. [Botany. Terms. Concepts. Personalities.] K.: Akademiia [in Ukrainian].
3. Bilorusets, Ye.Sh., Hyl, L.S. i in. (1994) Kvitnykarstvo zakhyschenoho gruntu [Protected ground floriculture]. K.: Urozhai [in Ukrainian].
4. Bocheliuk, O.I. (2012) Kimnatne kvitnykarstvo v doshkilnomu zakladi [Indoor floriculture in preschool]. Vyd. 2-he, dop. Ternopil : Navchalna knyha – Bohdan [in Ukrainian].
5. Bunin, V. O. (1994) Kvitnykarstvo : dovidnyk [Floriculture : a reference book]. L. : Svit [in Ukrainian].
6. Verzilin, M. (1956) Podorozh z domashnimy roslynamy [Traveling with house plants]. K. [in Ukrainian].
7. Ishchuk, L. P. ta in. (2014) Kvitnykarstvo : navchalnyi posibnyk [Floriculture : a textbook]. Bila Tserkva [in Ukrainian].
8. Kolesnichenko, O.V. (2008) Metodychni rekomendatsii z rozmnozhenia derevnykh dekoratyvnykh roslyn botanichnoho sadu NUBiP Ukrainy [Methodical recommendations for the propagation of woody ornamental plants in the botanical garden of the NUBiP of Ukraine]. Kyiv [in Ukrainian].
9. Musiienko, M.M. (2001) Fiziologhiia roslyn : pidruchnyk [Plant physiology : textbook] Kyiv : Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
10. Sviatenko, Yu.B. (2009) Kimnatne kvitnykarstvo [Indoor floriculture]. Kh.: “Vesta” [in Ukrainian].
11. Sliptsov, Yu.V. (2006) Hidroponika. navch. posib. [Hydroponics]. K.: Urozhai [in Ukrainian].
12. Sliptsov, Yu.V., & Yakubenko, B.Ye., Bohdanova, V.D., Pozdniakov, I.O., & Andrusyk, R.V. (2019) Kvitnykarstvo zakrytoho gruntu: navch. posib. [Indoor floriculture] K.: Kondor [in Ukrainian].
13. Stepura, A. V. (2004) Entsyklopediia domashnoho dekoratyvnoho kvitnykarstva: 5000 korysnykh porad fakhivtsiv [Encyclopedia of home ornamental floriculture: 5000 useful tips from experts]. Donetsk: TOV VKF “BAO” [in Ukrainian].
14. Skoropad, S.M. (2003) Podorozh z kimnatnymi roslynamy. Biologhiia [Traveling with indoor plants] [in Ukrainian].
15. Cherevchenko, T.M. (1994) Dovidnyk kvitnykaria-liubytelia [Handbook of the amateur florist]. K.: Urozhai, [in Ukrainian].
16. A short history of the origins of the taste for indoor plants. URL: [https://www-inexhibit-com.translate.google.com/case-studies/when-did-they-get-into-our-homes-a-brief-history-of-house-plants/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-inexhibit-com.translate.google.com/case-studies/when-did-they-get-into-our-homes-a-brief-history-of-house-plants/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=sc).
17. Larson, Roy A (2013). *Introduction to Floriculture*. United States: Elsevier Science.
18. H. Chris Wien. (2009) *Floral Crop Production in High Tunnels*. *Hort Technology Jan* doi:10.21273/HORTSCI.19.1.56.
19. Sheldrake, Jr, R., & Boodley, J. W. (1965, May). *Plant growing in lightweight artificial mixes*. In *Symposium on Vegetable Growing under Glass*.
20. Catherine Horwood. (2007) *Potted History: The Story of Plants in the Home*. London: Frances Lincoln.
21. Morris Hickey Morgan. (1914) *Vitruvius, the Ten Books on Architecture, trans*. Cambridge: Harvard University Press.
22. Tovah Martin. (1988) *Once Upon a Windowsill: A History of Indoor Plants*. Portland, Oregon: Timber Press.

## ABSTRACT

### INDOOR FLORICULTURE: THE WORLD HISTORY OF ORIGIN

The history of indoor floriculture dates back to ancient times. Already in Ancient Greece, temples and houses were decorated with both bouquets of wildflowers and flowers grown in flowerpots for the spring festival of Adonis. Images of potted plants have been preserved in ancient frescoes. In China, people knew how to grow bonsai more than a thousand years ago. Ancient manuscripts describe how to grow spicy plants in pots from seeds. The first winter garden in Europe was created in the 13th century by the outstanding gardener Albert Magnus in honor of the arrival of the Dutch King William in Cologne. Soon, all European monarchs began to build winter gardens. Such gardens were called greenhouses, as the most common plants in them were oranges. Initially, greenhouses had a purely utilitarian meaning: they grew exotic fruits and preserved tropical plants in winter, which decorated palace gardens in summer. Botanists of those times were tasked with bringing back new exotic plant species from expeditions. This not only led to the discovery of new plant species, but also contributed to the development of natural sciences. With the beginning of the era of great geographical discoveries, many previously unknown species of exotic plants came to Europe, and European botanists were able to study and describe new plant species. In the late eighteenth and early nineteenth centuries, the profession of a collector – a collector of plants unknown to science – became popular. Collectors traveled to different habitats of unknown plants and described them. The first book in English about indoor floriculture, *The Garden of Eden*, was published in 1653. Plants began to decorate living rooms in wealthy homes. For the majority of the population, indoor plants became available only in the middle of the XIX century. Modern botanists are already trying to radically modify flowers, and they are succeeding. Perhaps, over time, modern methods will also go down in history, where it will be indicated that several centuries ago, by trial and error, breeders managed to grow some extraordinary plant.

**Key words:** indoor floriculture, greenhouses, greenhouses, gardening, exotic plants.

*Юрій Володимирович Долженко,*

молодший науковий співробітник

Інститут археології Національної академії наук України, Україна

аспірант

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Україна

orcid.org/0000-0001-9807-283, e-mail: yuriy\_dolzhenko@ukr.net

## КРАНІОЛОГІЧНИЙ МАТЕРІАЛ XVII–XVIII СТ. ІЗ СЕЛА ВИПОВЗІВ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Анотація.** Вивчення антропологічного складу населення XVII–XIX ст. території України є важливою ланкою при дослідженні етногенетичних процесів на теренах нашої країни. Питання формування антропологічного складу українців Східного Полісся XVII–XIX ст. та його подальшого розвитку все ще залишаються актуальними. Статтю присвячено публікації краніологічної серії з цвинтаря біля села Виповзів. Зібрані антропологічні матеріали XVII–XVIII ст. представлені переважно добре збереженими людськими черепами. Загалом колекція складається з восьми одиниць, серед них – три чоловічих та п'ять жіночих черепів. В основі дослідження лежить принцип об'єктивності. Було використано загальнонаукові (аналіз і синтез) й антропологічні методики. Черепи вимірювалися за повною краніометричною програмою з використанням стандартної методики Р. Мартіна, вказувалася нумерація ознак. Комп'ютерні програми для реалізації багатовимірного аналізу створили Б.О. та О.Г. Козінцеви 1991 р. Мета роботи – ввести в науковий обіг нові краніологічні дані, дати індивідуальну й загальну морфологічну характеристику мешканців с. Виповзів XVII–XVIII ст. Згідно з середніми значеннями краніометричних ознак, чоловічу серію з с. Виповзів можна віднести до помірно широколицького європеїдного варіанту, специфічною можна вважати брахікранну черепну коробку. Чоловіча група в середньому характеризуються дуже малою довжиною, великою шириною та висотою черепної коробки. У групі представлено виключно брахікранний морфологічний тип. Загалом чоловіча група відноситься до великої європеїдної раси з ознаками певної мінімальної метисації, яка проявилася за даними брахікранного показника черепної коробки.

**Ключові слова:** антропология, українець, село, краніометрія, краніоскопія, краніофенетика, морфологія, череп людини, біологічний фактор, метисація, расовий тип.

### ВСТУП

Вивчення людського черепа було однією з найбільш плідних, важливих, суперечливих і водночас недооцінених галузей антропології. Відмінності у формі віддзеркалюють еволюційну історію та зв'язки. Окрім того, дані про черепні варіації широко використовувались у дискусіях щодо постійності або непостійності еволюційних змін [1].

Вивчення антропологічного складу населення XVII–XIX ст. території України є важливою ланкою при дослідженні етногенетичних процесів на теренах нашої країни. Питання формування антропологічного складу українців Східного Полісся XVII–XIX ст. та його подальшого розвитку все ще залишаються актуальними.

Виповзівський археологічний комплекс розташований за 80 км від Чернігова вниз по течії р. Десна між селами Виповзів і Лутава Козелецького району Чернігівської обл., за 800 м від південної околиці с. Лутава, на південно-західній околиці с. Виповзів. Для дослідження нам надали дев'ять поховань XVII–XVIII ст. з с. Виповзів Чернігівської обл.

[2; 3; 4; 5]. Черепа вимірювалися в антропологічній лабораторії відділу біоархеології Інституту археології НАН України з використанням традиційних та сучасних методик [6; 7; 8; 9 та ін.]. Окрім того, використовувалися стандартні краніологічні бланки й схеми збереженості матеріалу. Стать похованих визначалася за морфологічними особливостями тазових кісток, а також за ознаками статевого диморфізму на черепі людини [див. докладніше про методи: 10, с. 230].

Вдалося з'ясувати кількість індивідів, їх стать і вік (табл. 1). Паралельно вивчалися дискретно-варіативні ознаки, які віддзеркалюють генетичні зв'язки в популяції, а також вплив їжі й різних соціальних стресів. Неметричні ознаки досліджувалися за методиками Е. і Р. Беррі [11] та О.Г. Козінцева [12] й у статті подані скорочено.

Для кількісної оцінки міри прояву монголоїдних рис використовувалися традиційні показники: загальний індекс сплюсненості лицьового скелета (далі – СЛС), преаурикулярний фаціоцеребральний показник (далі – ПФП) і умовна частка монголоїдного елемента (далі – УЧМЕ). Дані описувались і аналізувались відповідно до показників за Г.Ф. Дебецем, за якими значення СЛС менше за 20 і ПФП менше за 90,6 показові для «чистих» європеоїдів, а значення СЛС більше за 80 і ПФП більше за 96,8 – для «чистих» монголоїдів [13].

## ОБГОВОРЕННЯ

Спочатку дамо морфологічну характеристику кожному з поховань окремо. Череп 1 із поховання 1 (♀). Розкопки 2013 р. Збереженість задовільна, присутня нижня щелепа. Надперенісся розвинуте слабо (1 бал), як і надорбітні дуги, зовнішній потиличний горб. Соскоподібні виростки помірно розвинуті. За морфологією посткраніального скелета й черепної коробки визначено, що це жінка. Черепні шви не облітеровані ні зсередини, ні ззовні. На крижовій кістці помітні залишки необлітерованих частин. За цими ознаками й за стертістю зубів можна встановити, що жінка померла в 20–30 р.

*Краніометрія.* Поздовжній діаметр черепної коробки малих розмірів, поперечний дуже великий і перебільшує стандартні величини за світовими категоріями. Таким чином, індекс черепа виразно брахікранний (92,9). Висотний діаметр черепної коробки дуже великий. Висотно-поздовжній індекс характеризується гіпсікранією (високий череп), висотно-поперечний за рахунок ширини черепної коробки, тапейнокранією (низький череп). Горизонтальна окружність через точку офріон дуже великих розмірів. Вушна висота дуже велика (табл. 1). Довжина основи черепа велика. Потилиця дуже широка, слабо переломлена і слабо випнута. Висота вигину потилиці – 21,5.

Лоб широкий. Лобна частина сагітальної дуги дуже великих розмірів. До дуже великого класу відноситься й лобна хорда. Висота вигину чола велика (27,0). Широтні розміри лобної кістки такі: найменша – велика, найбільша – дуже велика. Обличчя широке (135,0 мм), ортогнатне, помірно високе, за показником широке (єурієн). Профілювання обличчя на верхньому рівні помірне (140,0°), на нижньому є пошкодження, тому виміряти не вдалось. Орбіти помірної ширини, за індексом (90,5) високі (гіпсіконхія). Ніс вузький (лепторинія), на нижньому краї грушоподібного отвору простежуються передньоносові ямки (fossa). Спинка носа увігнута, дуже низька. Симотичний індекс малий (25,0), дакріальний показник помірний. Кут випинання носа щодо лінії профілю обличчя дуже малий (17,0°). Носовий шип розвинутий сильно (4 балів).

**Етнічна краніоскопія.** Надорбітний отвір (*Foramina supraorbitale*) (НО) на черепі є ліворуч і не відмічений на правій частині, оскільки зруйнована ділянка лобної кістки.



Підорбітний візерунок (ПОВ) з лівого та правого боку орбіти зафіксовано як тип III. Клиноподібний верхньощелепний шов (КВШ) є на всіх чотирьох спостереженнях. Як ми знаємо, КВШ загалом трапляється частіше в європеїдів, ніж у монголоїдів [12]. Піднебінний поперечний шов (ППШ) з обох боків визначено як Ia. Виличний шов не вдалося дослідити у зв'язку з пошкодженням поверхні виличної кістки з обох боків. Вормієві кісточки відсутні з обох боків нижньої частини лямбдоподібного шва (південний напрям зв'язку).

Отже, за двома етнічними методиками на даному черепі спостерігається змішаний расовий тип (метис). Виразна брахікранія в поєднанні з широким обличчям, високими орбітами, малим симотичним індексом і слабким випинанням носових кісток не притаманні слов'янам, а властиві азійським популяціям (степовикам).

**Краніофенетика.** З 34 ознак на жіночому черепі було зафіксовано 10 фенів. Решта ймовірних дискретно-варіативних ознак не проявилися, тому записані як відсутні, що також є певним показником. Подаємо перелік фенів в анатомічному порядку.

NORMA FACIALIS: Одразу над орбітою, з лівого боку є отвір (*foramina supraorbitale*).

NORMA VERTICALIS: праворуч і ліворуч є тим'яні отвори (*foramen parietale*) малих розмірів.

NORMA LATERALIS: На вилиці з обох боків зафіксовано пряму форму латерального краю лобного виростку виличної кістки (*spina processus frontalis ossis zygomatici*). Ліворуч на черепі є вормієва кісточка в ділянці тим'яної вирізки (*os postsquamatum*).

NORMA OCCIPITALIS: на соскоподібній кістці з обох боків відзначені малі отвори (*foramen mastoideum*). Зафіксовано міжтім'яний виросток потиличної луски (*processus interparietalis squamae occipitalis*).

NORMA BASILARIS: з обох боків є незамкнуті малі остисті отвори (*foramen spinosum apertum*). Форма ПППШ (*sutura palatina transversa*) відзначена як II-подібна.

Таблиця 1

**Індивідуальна морфометрична характеристика чоловічих і жіночих черепів XVII–XVIII ст. із с. Виповзів Чернігівської області**

№ за Мартіном	Ознаки	Рік та № поховання				
		2013 р. поховання 1	2013 р. поховання 2	2013 р. поховання 3	2013 р. поховання 5	2014 р. поховання 9
1	2	3	4	5	6	7
	Стать	♀ (жінка)	♂ (чоловік)	♀ (жінка)	♂ (чоловік)	♀ (жінка)
	Вік	20–30	65–75	25–30	45–55	35–45
1.	Поздовжній діаметр	168,0	176,8	170,0	170,0	174,0
1в	Поздовжній діаметр від офріона	168,0	172,5	170,0	168,0	173,0
8.	Поперечний діаметр	156,0	146,0	146,0	141,0	146,0
17.	Висотний діаметр <i>basion-bregma</i>	138,0	–	128,0	134,0	134,0
20.	Вушна висота <i>porion-porion-bregma</i>	119,4	114,5	111,9	111,5	112,1
9.	Найменша ширина чола	97,0	91,0	89,5	94,5	89,4
10.	Найбільша ширина чола	128,0	126,0	120,0	121,5	124,0

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
5.	Довжина основи черепа	101,1	–	96,0	99,0	102,0
11.	Ширина основи черепа	135,0	136,6	124,0	119,5	121,0
12.	Ширина потилиці	115,5	121,0	111,5	105,5	101,0
29.	Лобна хорда	114,0	108,0	111,0	108,5	111,0
30.	Тім'яна хорда	107,0	111,0	99,0	105,0	96,0
31.	Потилична хорда	104,0	–	–	96,5	96,0
25.	Сагітальна дуга	367,0	–	–	360,0	354,0
23а.	Горизонтальна окружність через <i>ofrion</i>	520,0	515,0	503,0	492,0	507,0
24.	Поперечна дуга <i>po-br-po</i>	341,0	325,0	321,0	316,0	325,0
26.	Лобна дуга	132,0	126,0	127,0	118,0	127,0
27.	Тім'яна дуга	119,0	121,0	110,0	121,0	116,0
28.	Потилична дуга	116,0	–	–	121,0	111,0
FS	Висота вигину лоба	27,0	21,0	–	21,0	25,5
7.	Довжина потиличного отвору	35,3	–	–	33,8	31,4
16.	Ширина потиличного отвору	35,7	–	29,5	30,9	27,5
	Надперенісся (за Мартіном 1–6)	1,0	3,0	1,0	2,0	1,5
	Надбрівні дуги (1–3)	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0
	Зовнішній потиличний горб (1–5)	1,0	2,0	–	2,0	0,0
	Соскоподібний виросток (1–3)	2,0	3,0	1,0	2,0	1,0
	Нижній край грушоподібного отвору	Fossa	–	–	Anthropina	Fossa
	Передня носова ость (за Брока 1–5)	4,0	–	4,0	5,0	3,0
45.	Діаметр вилиць	135,0 ?	–	124,5	128,0	123,8
40.	Довжина основи обличчя	88,0	–	91,0	94,5	94,0
48.	Верхня висота обличчя	66,0	–	65,5	69,1	62,7
47.	Повна висота обличчя	115,6	–	–	113,9	–
43.	Верхня ширина обличчя	103,0	–	96,8	102,3	97,2
46.	Середня ширина обличчя	98,0	–	90,0	90,0	90,0
60.	Довжина альвеолярної дуги	43,8	–	51,9	53,1	–
61.	Ширина альвеолярної дуги	62,4	–	64,4	60,0	–
62.	Довжина піднебіння	37,6	–	48,0	48,0	–
63.	Ширина піднебіння	34,7	–	39,1	34,4	34,1
55.	Висота носа	53,0	–	49,7	50,5	47,3
54.	Ширина носа	24,8	–	23,4	20,6	23,4
51	Ширина орбіти від <i>mf</i>	40,0	–	41,2	39,5	39,7
52.	Висота орбіти	36,2	–	33,5	31,9	31,4
	Бімалярна ширина <i>fmo-fmo</i>	95,5	–	91,0	94,1	92,0
	Висота назіона над <i>fmo-fmo</i>	17,2	–	15,5	21,0	18,6

1	2	3	4	5	6	7
	Зигмаксиллярна ширина <i>zm-zm</i>	98,0	–	90,0	90,0	90,0
	Висота субспінале над <i>zm-zm</i>	–	–	21,0	24,0	22,0
SC	Симотична ширина	8,0	–	5,0	9,0	8,2
SS	Симотична висота	2,0	–	3,5	4,0	3,0
MC	Максилофронтальна ширина	20,0	–	17,3	21,0	18,0
MS	Максилофронтальна висота	5,0	–	5,5	9,0	6,0
DC	Дакріальна ширина	24,0	–	22,0	24,0	22,9
DS	Дакріальна висота	8,0	–	9,5	12,2	9,0
	Глибина іклової ямки	–5,0	–	–5,0	–6,0	–5,5
77.	Назомалярний кут	140,0°	–	142,0°	131,4°	135,4°
$\angle Zm.$	Зигмаксиллярний кут	–	–	129,8°	123,5°	127,5°
Tg 77	Назомалярний кут	2,776	–	2,935	2,238	2,473
Tg Zm.	Зигмаксиллярний кут	–	–	2,100	1,333	1,341
32	Кут профілю чола від n	91,0°	–	85,0°	79,0°	91,0°
	Кут від gl	86,0°	–	77,0°	71,0°	82,0°
72	Кут загальнолицьовий	–	–	88,0°	84,0°	90,0°
73	Кут середньої частини обличчя	–	–	90,0°	86,0°	90,0°
74	Кут альвеолярної частини обличчя	–	–	71,0°	77,0°	84,0°
75	Кут нахилу лицьових кісток	74,0°	–	70,0°	44,0°	69,0°
75(1)	Кут випинання носа	17,0°	–	18,0°	30,0°	21,0°
<b>Індекси (Показчики)</b>						
8:1	Черепний	92,9	82,6	85,9	82,9	83,9
17:1	Висотно-поздовжній I	82,1	–	75,3	78,8	77,0
17:8	Висотно-поперечний I	88,5	–	87,7	95,0	91,8
20:1	Висотно-поздовжній II	71,1	64,7	65,8	65,6	64,4
20:8	Висотно-поперечний II	76,6	78,4	76,6	79,1	76,8
9:10	Лобний	75,8	72,2	74,6	77,8	72,1
10:8	Коронарно-поперечний	82,1	86,3	82,2	86,2	84,9
9:8	Лобно-поперечний	62,2	62,3	61,3	67,0	61,2
29:26	Вигину лобної кістки	86,3	85,7	87,4	91,9	87,4
30:27	Вигину тім'яної кістки	89,9	91,7	90,0	86,7	82,7
48:45	Верхньолицьовий	48,9 ?	–	52,6	54,0	50,6
48:17	Вертикальний фаціо-цере- бральний	47,8 ?	–	51,2	51,6	46,8
40:5	Випинання обличчя	87,9	–	94,8	95,5	92,2
45:8	Горизонтальний фаціо-церебральний	86,5 ?	–	85,3	90,8	84,8
9:45	Лобно-вилічний	71,9 ?	–	71,9	73,8	72,2
52:51	Орбітний	90,5	–	81,3	80,8	79,1
54:55	Носовий	46,8	–	47,1	40,8	49,5
DS:DC	Дакріальний	33,3	–	40,9	50,8	39,3

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
SS:SC	Симотичний	25,0	–	70,0	44,4	36,6
MS:MC	Максило-фронтальний	25,0	–	31,8	42,9	33,3
63:62	Піднебінний	92,3	–	81,5	71,7	–
61:60	Щелепно-альвеолярний	142,5	–	124,1	113,0	–
10:45	Лобно-вличний індекс	94,8 ?	–	96,4	94,9	100,2

Продовження таблиці 1

№ за Марті- ном	Ознаки	Рік та № поховання		
		2015 р. Розкоп 6, поховання 12	2015 р. Розкоп 6, поховання 13	2016 р. Розкоп 7, поховання 15
1	2	3	4	5
	Стать	♀ (жінка)	♀ (жінка)	♂ (чоловік)
	Вік	25–30	30–40	25–35
1.	Поздовжній діаметр	162,0	170,0	168,0
1в	Поздовжній діаметр від офріона	162,0	168,0	167,0
8.	Поперечний діаметр	132,0	136,0	148,0
17.	Висотний діаметр <i>basion-bregma</i>	123,0	130,0	140,0?
20.	Вушна висота <i>porion-porion-bregma</i>	104,2	105,8	111,2
9.	Найменша ширина чола	92,0	91,0	96,7
10.	Найбільша ширина чола	118,0	112,5	123,0
5.	Довжина основи черепа	93,5	96,2	–
11.	Ширина основи черепа	114,0	116,0	128,8
12.	Ширина потилиці	108,0	104,0	114,0
29.	Лобна хорда	95,5	110,0	104,5
30.	Тім'яна хорда	104,0	103,0	107,0
31.	Потилична хорда	85,0	92,0	98,0
25.	Сагітальна дуга	331,0	348,0	348,0
23а.	Горизонтальна окружність через <i>ofrion</i>	475,0	483,0	502,0
24.	Поперечна дуга <i>po-br-po</i>	301,0	305,0	330,0
26.	Лобна дуга	111,0	123,0	117,0
27.	Тім'яна дуга	119,0	115,0	120,0
28.	Потилична дуга	101,0	110,0	111,0
FS	Висота вигину лоба	24,0	24,0	21,0
OS	Висота вигину потилиці	23,0	24,0	23,0
7.	Довжина потиличного отвору	34,2	36,8	–
16.	Ширина потиличного отвору	32,4	27,6	–
	Надперенісся (за Мартіном 1–6)	1,0	1,5	2,4
	Надбрівні дуги (1–3)	1,0	2,0	2,0
	Зовнішній потиличний горб (1–5)	0,0	0,0	1,0

1	2	3	4	5
	Соскоподібний виросток (1–3)	1,0	1,0	2,0
	Нижній край грушоподібного отвору	<i>anthropina</i>	<i>anthropina</i>	Fosa
	Передня носова ость (за Брока 1–5)	5,0	5,0	2,0
45.	Діаметр вилиць	117,0?	125,1	136,7?
40.	Довжина основи обличчя	82,0	85,2	–
48.	Верхня висота обличчя	57,8	66,0	67,0
47.	Повна висота обличчя	97,7	107,4	115,4
43.	Верхня ширина обличчя	94,0	98,3	101,9
46.	Середня ширина обличчя	87,0	91,0	92,2
60.	Довжина альвеолярної дуги	43,2	–	52,4
61.	Ширина альвеолярної дуги	53,4	52,9	59,2
62.	Довжина піднебіння	37,7	41,6	45,0
63.	Ширина піднебіння	31,5	34,7	37,2
55.	Висота носа	45,4	52,3	48,1
54.	Ширина носа	24,0	22,4	24,9
51	Ширина орбіти від <i>mf</i>	38,6	40,8	42,8
52.	Висота орбіти	31,8	32,8	33,1
	Бімалярна ширина <i>fmo-fmo</i>	87,0	92,0	96,5
	Висота назіона над <i>fmo-fmo</i>	14,0	17,0	18,2
	Зигмаксиллярна ширина <i>zm-zm</i>	87,0	91,0	92,2
	Висота субспінале над <i>zm-zm</i>	19,0	23,0	23,0
SC	Симотична ширина	8,0	10,0	8,0
SS	Симотична висота	4,0	5,0	6,0
MC	Максифронтальна ширина	16,5	17,0	16,5
MS	Максифронтальна висота	7,0	7,0	9,0
DC	Дакріальна ширина	21,0	21,0	24,6
DS	Дакріальна висота	11,0	12,0	18,0
	Глибина іклової ямки	–3,0	–5,0	–5,0
77.	Назомалярний кут	147,6°	139,0°	138,8°
∠ Zm.	Зигмаксиллярний кут	132,8°	126,0°	126,5°
Tg 77	Назомалярний кут	3,107	2,706	2,651
Tg Zm.	Зигмаксиллярний кут	1,188	1,150	1,438
32	Кут профілю чола <i>nas-met</i>	98,0°	–	–
	Кут від <i>gl</i>	92,0°	–	–
72	Кут загальнолицьовий	93,0°	–	–
73	Кут середньої частини обличчя	94,0°	–	–
74	Кут альвеолярної частини обличчя	86,0°	–	–
75	Кут нахилу лицьових кісток	65,0°	–	–
75(1)	Кут випинання носа	28,0°	20,0°	–
<b>Індекси (показники)</b>				
8:1	Черепний	81,5	80,0	88,1
17:1	Висотно-поздовжній І	75,9	76,5	83,3

1	2	3	4	5
17:8	Висотно-поперечний I	93,2	95,6	94,6
20:1	Висотно-поздовжній II	64,3	62,2	66,2
20:8	Висотно-поперечний II	78,9	77,8	75,1
9:10	Лобний	78,0	80,9	78,6
10:8	Коронарно-поперечний	89,4	82,7	83,1
9:8	Лобно-поперечний	69,7	66,9	65,3
48:45	Верхньолицьовий	49,4	52,8	49,0
48:17	Вертикальний фаціо-церебральний	47,0	50,8	47,9
40:5	Випинання обличчя	87,7	88,6	–
45:8	Горизонтальний фаціо-церебральний	88,6	92,0	92,4
9:45	Лобно-виличний	78,6	72,7	70,7
52:51	Орбітний	82,4	80,4	77,3
54:55	Носовий	52,9	42,8	51,8
DS:DC	Дакріальний	52,4	57,1	73,2
SS:SC	Симотичний	50,0	50,0	75,0
MS:MC	Максило-фронтальний	42,4	41,2	54,5
63:62	Піднебінний індекс	84,5	83,4	82,7
61:60	Щелепно-альвеолярний	123,6	–	113,0
10:45	Лобно-виличний індекс	100,9	89,9	90,0

**Череп 2 із поховання 2** (♂ чоловік). Розкопки 2013 р. Череп біло-рожево-жовтуватий, незадовільної збереженості без нижньої щелепи. Ступінь розвитку надперенісся добрий – 3 бали. Надбрівні дуги розвинуті добре (2 бали). Соскоподібні відростки скроневої кістки розвинуті сильно (3 бали), широкі та масивні. Зовнішньопотиличний горб добре розвинутий (3 бали) (табл. 1). Така морфологія вказує на чоловічу стать похованого. Черепні шви на внутрішній поверхні черепа повністю облітеровані, на зовнішній також починають облітерацію, є прояви заростання скроневих швів. Зуби стерті сильно (5 балів). За цими морфологічними ознаками можна визначити, що чоловік помер у віці 65–75 років.

Поздовжній діаметр черепної коробки малих розмірів, поперечний – великих. За індексом череп брахікранний (82,6). Вушна висота помірна (114,5). Горизонтальна окружність через краніометричну точку офріон помірних розмірів за світовими стандартами. Лобна кістка малих розмірів у фронтальній площині й дуже велика в дорсальній частині. Лобна частина сагітальної дуги помірних розмірів. Лобна хорда відноситься до малого класу. Потилиця дуже широка (121,0 мм).

**Етнічна краніоскопія:** НО на черепі є праворуч і відсутній ліворуч. Вормієвих кісточок немає з обох боків нижньої частини лямбдоподібного шва (південний напрям зв'язку).

**Краніофенетика.** На чоловічому черепі було зафіксовано 4 фенетичні ознаки, оскільки стан збереженості склепіння незадовільний.

NORMA FACIALIS: одразу над орбітою, праворуч є отвір (*foramina supraorbitale*).

NORMA OCCIPITALIS: на соскоподібній кістці з обох боків відзначено отвори малої форми (*foramen mastoideum*) і праворуч є отвір малої форми вздовж по шву.

**Череп 3 з поховання 3** (♀ жінка). Розкопки 2013 р. Збереженість добра, нижньої щелепи немає. Череп середніх розмірів зі слабо розвинутими надпереніссям (1 бал), надбрівними дугами та м'язовим рельєфом потилиці. Зруйнована частина потилиці в районі потиличного горба, що унеможливорює певні виміри на потилиці. Соскоподібні виростки малих розмірів. Тім'яні горби розвинуті добре, висота вигину лоба помірна (27,2). Така морфологія вказує на жіночу стать похованої. Черепні шви не облітеровані зсередини, зуби стерті слабо. За цими даними можна визначити, що жінка померла у 25–30 р.

**Краніометрія.** Горизонтальна окружність через краніометричну точку офріон велика. Поздовжній діаметр черепної коробки помірний (170 мм) на межі з малими категоріями розмірів. Поперечний – дуже великий (146 мм), що дає виразну брахікранію (кругла черепна коробка) за показником – 85,9. Вушна висота помірна на межі з великими категоріями розмірів. Лоб опуклий, випнутий добре. Найменша ширина чола малих розмірів, тому й лобно-поперечний індекс дуже малий.

Обличчя помірної ширини (124,5 мм), помірно високе за верхньолицьовим індексом (мезен). Довжина основи обличчя малих розмірів. Лобно-вличний індекс малий. Загальний лицьовий кут вказує на ортогнатність обличчя. Профілювання його помірне як на верхньому рівні, так і на середньому.

Орбіти помірної ширини й висоти, за індексом їх можна охарактеризувати як помірні (мезоконхія). Ніс помірної висоти та ширини, за показником відносна ширина носа помірна (мезоринія). Перенісся дуже високе за симотичним індексом і високе за дакріальним. Носова вісь розвинута добре. Кут випинання носа малий (18,0°). Глибина іклової ямки (*fossa canina*) помірна.

При розрахуванні показників сплюсненості лицьового скелета виявилося, що жіночий череп із поховання 3 із с. Виповзів метисний. Значення СЛС дорівнює 50,1. За співвідношенням лицьового та мозкового відділів череп також містить слабку східну домішку (ПФП 91,2). При вирахуванні умовного монголоїдного елемента виявилося, що відсоток УЧМЕ дорівнює 37,2.

**Етнічна краніоскопія:** НО на черепі є праворуч і відсутній на лівій частині. Позаяк потиличний індекс вираховується на групах, можна тільки констатувати наявність вормієвої кісточки в потилично-соскоподібному шві, а також у нижній частині лямбдоподібного шва праворуч, ліворуч – тільки в нижній частині лямбдоподібного шва, а ППШ зруйнований. КВШ відсутній на всіх чотирьох спостереженнях. Такі дані на черепі вказують на змішаний антропологічний тип індивідуума (монголоїдну домішку). Виличний шов відсутній. ППШ з обох боків визначено як Ia (європеїдна ознака).

**Краніофенетика.** З 34 ознак на жіночому черепі було зафіксовано 8 фенів. Решта ймовірних дискретно-варіативних ознак не проявилася, тому вони записані як відсутні, що теж є певним показником.

**NORMA FACIALIS:** НО на черепі є з правого боку й відсутній з лівого.

**NORMA LATERALIS:** на лівій вилиці зафіксовано виступ, права представлена прямою формою латерального краю лобного відростку виличної кістки.

**NORMA OCCIPITALIS:** з правого боку зафіксовано вставні кісточки в потилично-соскоподібному шві (*ossa wormii suturae occipito-mastoideae*).

**NORMA BASILARIS:** ліворуч є задньовиростковий отвір (*canalis condylaris*); форма ППШ ламана.

**Череп 4 з поховання 5** (♂ чоловік). Розкопки 2013 р. Череп світло-коричневий, середніх розмірів, з помірно розвинутим надпереніссям (2 бали), надбрівними дугами й м'язовим рельєфом потилиці та потиличним горбом. Соскоподібні виростки помірних розмірів. Висота вигину лоба дуже мала (21,0). За морфологією це чоловік. За заростанням внутрішніх і зовнішніх черепних швів, станом стертості зубів видно, що чоловік помер у 45–55 р.

Поздовжній діаметр черепної коробки дуже малий (170,0 мм), поперечний – помірний (141,0 мм). За індексом (82,9), череп брахікранний (круглий). Череп помірно високий за висотним діаметром від краніометричної точки базіон, за висотно-поздовжнім індексом високий (гіпсікранія), помірно високий за висотно-поперечним. Вушна висота мала.

Лоб помірної ширини. Обличчя мезогнатне, сильно профільоване. Орбіти середні (мезоконхія). Ніс вузький (лепторинія). Кут випинання носових кісток щодо рівня профілю обличчя великий.

**Етнічна краніоскопія:** НО немає. ПОВ з лівої та правої сторони орбіти зафіксовано як тип І. КВШ немає на всіх чотирьох спостереженнях. ПППШ з обох боків визначено як II а. Виличний шов відсутній з обох боків. Вормієвої кісточки немає з правого боку нижньої частини лямбдоподібного шва, а з лівого вона є.

**Краніофенетика.** NORMA LATERALIS: на вилиці з обох боків форму латерального краю лобного виростку виличної кістки (*spina processus frontalis ossis zygomatici*) зафіксовано як виступ. З обох боків є вставні кістки в лускоподібному шві (*ossa wormii suturae squamosae*).

NORMA OCCIPITALIS: ліворуч є вставна кісточка в ділянці соскоподібного тім'ячка на місці краніометричної точки *asterion* (*os asterii*). На соскоподібній кістці з обох боків відзначений отвір малої форми.

NORMA BASILARIS: праворуч зафіксовано горбик потиличного отвору (*tuberculum praecondylare*). Форму ПППШ (*sutura palatina transversa*) відзначено як увігнуту. На верхній щелепі є піднебінний валик (*torus palatinus*).

**Череп із поховання 10 (дитина).** Розкопки 2014 р. Череп доброї збереженості, присутня нижня щелепа, має світло-коричневий колір. За станом прорізування зубів, а також за вимірами стегнової та великої гомілкової кісток визначено, що дитина померла в 10–12 років.

**Череп із поховання 9 розкопу 5** (♀ жінка). Розкопки 2014 р. Збереженість добра. Надперенісся розвинуте слабо (1,5 бала), як і надорбітні дуги (1 бал). Зовнішній потиличний горб не розвинутий. Соскоподібні виростки помірно розвинуті (1 бал). За морфологією це жінка. Черепні шви облітеровані зсередини, а ззовні починають заростати. За цими ознаками й за стертістю зубів можна встановити, що жінка померла у 35–45 р.

Поздовжній діаметр черепної коробки помірних розмірів, поперечний – великий. Отже, череп за індексом брахікранний (83,9). Висотно-поздовжній індекс характеризується гіпсікранією (високий череп), висотно-поперечний, за рахунок ширини черепної коробки, тапейнокранією (низький череп). Горизонтальна окружність через точку офріон великих розмірів. Вушна висота велика (табл. 1). Довжина основи черепа велика. Лобна кістка малої ширини, лоб прямої форми. Потилиця неширока, помірно переломлена. Висота вигину потилиці становить 25,5.

Обличчя помірно широке (123,8 мм), ортогнатне, низьке, за покажчиком помірно широке (мезен). Профільовання обличчя на верхньому (135,7°) і на нижньому



рівні сильне. Орбіти помірної ширини, низькі, за індексом (79,1) помірно високі (мезоконхія). Ніс середньо широкий (мезоринія), на нижньому краї грушоподібного отвору простежуються передньоносові ямки (*fossa*). Симотичний індекс малий (36,6), що вказує на низьке перенісся. Дакріальний покажчик помірний. Кут випинання носа до лінії профілю обличчя помірний (21,0°). Носовий шип розвинутий помірно (3 бали).

**Краніофенетика.** З 34 ознак на жіночому черепі було зафіксовано 8 фенів.

NORMA VERTICALIS: ліворуч є тим'яний отвір (*foramen parietale*) малих розмірів.

NORMA LATERALIS: на вилицях з обох боків зафіксовано виступи латерального краю лобного виростку виличної кістки (*spina processus frontalis ossis zygomatici*).

NORMA OCCIPITALIS: у верхній і нижній частині лямбдоподібного шва  $L_1$  (*ossa wormii suturae lamdoideae* –  $L_3$ ) ліворуч є вормієва кісточка.

NORMA BASILARIS: форму ППШ відзначено як ламану.

**Етнічна краніоскопія.** НО на черепі немає з двох боків. ППШ з обох боків зафіксовано як варіант (Ia). ЗВШ відсутній як праворуч, так і ліворуч. КВШ є з чотирьох сторін. ПОВ з обох сторін заріс. У нижній частині лямбдоподібного шва (*suturae lamdoideae* –  $L_3$ ) ліворуч є вормієва кісточка (*ossa wormii*).

**Поховання 12** (♀ жінка), розкоп 6, квадрат 8. Розкопки 2015 р. череп коричнево-жовтуватий, добре збережений. Є нижня щелепа. Ступінь розвитку надперенісся слабкий (1 бал). Надбрівні дуги розвинуті слабо (1 бал). Соскоподібні виростки скроневої кістки не розвинуті (1 бал). Зовнішній потиличний горб відсутній (табл. 1). Така морфологія черепа й форми тазових кісток указують на жіночу стать небіжчиці. Черепні шви на внутрішній поверхні черепа не облітеровані. Зуби стерті слабо (1–2 бали). За цими морфологічними ознаками можна визначити, що жінка померла у 25–30 років. Череп наближається до бірзодної форми при огляді зверху.

**Краніометрія.** Поздовжній діаметр черепної коробки дуже малих розмірів, поперечний – малих. За індексом череп брахікранний (81,5). Вушна висота мала (104,2), як і висотний діаметр черепної коробки. Горизонтальна окружність через краніометричну точку офріон малих розмірів за світовими стандартами. Лобна кістка помірно широка у фронтальній площині й велика в дорсальній частині. Лобна частина сагітальної дуги дуже малих розмірів. Лобна хорда відноситься до дуже малого класу. Потилиця широка (108,0 мм).

Обличчя вузьке (117,0 мм), дуже малої висоти, але за верхньолицьовим індексом широке (еуріен). Довжина основи обличчя дуже малих розмірів. Лобно-виличний індекс великий. Загальний лицьовий кут вказує на ортогнатність обличчя. Профілювання його сплющене як на верхньому, так і на середньому рівні.

Орбіти малої ширини й висоти, за індексом їх можна охарактеризувати як помірні (мезоконхія). Ніс малої висоти та помірної ширини, за покажчиком відносна ширина носа вказує, що він широкий (хамеринія). Перенісся дуже високе за симотичним індексом і високе за дакріальним. Носова вісь розвинута сильно. Кут випинання носа помірний (28,0°). Глибина іклової ямки (*fossa canina*) мала.

При розрахуванні покажчиків сплющеності лицьового скелету виявилось, що жіночий череп із поховання 12 із с. Виповзів метисний. Значення СЛС дорівнює 38,8. Але вже за співвідношенням лицьового й мозкового відділів череп цілком європеодний (ПФП – 84,7). При вирахуванні умовного монголоїдного елементу виявилось, що відсоток УЧМЕ також європеодний, від'ємний та дорівнює – 9,23 (дуже мала домішка).

**Етнічна краніоскопія [12]:** НО (*foramina supraorbitale*) на черепі відсутні з обох сторін (західна ознака). Вормієва кісточка (*ossa wormii*) є з правої сторони і відсутня з лівого боку нижньої частини лямбдоподібного шва (*suturae lamdoideae*– $L_3$ ). КВШ немає на всіх чотирьох спостереженнях. Позаяк потиличний індекс вираховується на групах, можна лише констатувати наявність вормієвої кістки в потилично-соскоподібному шві ліворуч (східна ознака). Права сторона зруйнована. ППШ з обох боків визначений як Іа (європеїдна ознака). ПОВ заріс праворуч, а ліворуч зафіксований як варіант І.

**Краніофенетика [11].** На жіночому черепі з поховання 12 було зафіксовано 13 фенетичних ознак.

**NORMA VERTIKALIS:** з лівого боку коронарного (вінцевого) шва зафіксовано три поодинокі вормієві кістки.

**NORMA LATERALIS:** на вилиці з обох сторін зафіксовано пряму форму – *spina processus frontalis ossis zygomatici*.

**NORMA OCCIPITALIS:** на соскоподібній кістці з обох боків відзначені отвори малої форми (*foramen mastoideum*).

У нижній частині лямбдоподібного шва  $L_3$  (*suturae lamdoideae* –  $L_3$ ) є одна вормієва кісточка (*ossa wormii*) праворуч. Зафіксовано малу кістку в лямбді (*os apicis lambdae*) і вормієву кістку (*ossa wormii*) в потилично-соскоподібному шві (*suturae occipitomastoideae*) ліворуч. З правого боку виявлено вставну кісточку (*os asterii*).

**NORMA BASILARIS:** Праворуч є задньовиростковий отвір (*canalis condylaris*) і незамкнутий малий остистий отвір (*foramen spinosum apertum*). Форма ППШ ламана.

**Поховання 13** (♀ жінка), розкоп 6, квадрат 10, Гора 2. Розкопки 2015 р. Ю.М. Ситого, В.М. Скорохода, О.П. Моці. Череп коричнево-жовтуватий, добре збережений. Є нижня щелепа. Череп середніх розмірів зі слабо розвинутим надпереніссям (1,5 бала), помірними надбрівними дугами та слабким м'язовим рельєфом потилиці. Соскоподібні виростки малих розмірів. Тім'яні горби розвинуті добре, висота вигину лоба помірна (24,0). Така морфологія й форми тазових кісток указують на жіночу стать похованої. Черепні шви облітеровані зсередини, ззовні – відкриті. Зуби стерті слабо. За цими даними можна визначити, що жінка померла у 30–40 р. Череп наближається до сфеноїдної форми при огляді зверху.

**Краніометрія.** Поздовжній і поперечний діаметр черепної коробки помірних розмірів. За індексом череп помірно брахікранний (80,0). Вушна висота мала (105,8), проте висотний діаметр черепної коробки (від базіону) помірних розмірів. Горизонтальна окружність через краніометричну точку офріон помірних розмірів за світовими стандартами. Довжина основи черепа помірна. Лобна кістка помірно широка як у фронтальній площині, так і в дорсальній частині. Потилиця помірно широка (104,0 мм).

Обличчя помірно широке за лінійним розміром (125,1 мм), помірної висоти, за верхньолицьовим індексом теж помірно широке (мезен). Довжина основи обличчя дуже малих розмірів. Лобно-виличний індекс помірний. Загальний лицьовий кут не визначений у зв'язку з тим, що на верхній щелепі не збереглися зуби. Профілювання обличчя добре як на верхньому рівні, так і на середньому.

Орбіти помірної ширини та малої висоти, за індексом їх можна охарактеризувати як помірні (мезоконхія). Ніс великої висоти й малої ширини, за покажчиком відносна ширина носа свідчить про те, що він вузький (лепторинія). Перенісся дуже високе за симотичним індексом і високе за дакріальним. Носова вісь розвинута сильно. Кут

випинання носа помірний (20,0°), на межі з малими категоріями. Глибина іклової ямки (*fossa canina*) помірна.

**Етнічна краніоскопія:** НО на черепі відсутні з обох сторін (європеїдна ознака). З обох боків у нижній частині лямбдоподібного шва (*suturae lamdoideae* –  $L_3$ ) є вормієва кісточка (*ossa wormii*) (європеїдна ознака). КВШ є на всіх чотирьох спостереженнях (європеїдна ознака). ППШ з обох боків визначений як Ia (європеїдна ознака). ПОВ з обох сторін зафіксовано як варіант II (європеїдна ознака). Виличного шва немає.

**Краніофенетика.** На жіночому черепі з поховання 13 було зафіксовано 12 із 34 фенетичних ознак.

**NORMA LATERALIS:** на вилиці з обох сторін зафіксовано пряму форму – *spina processus frontalis ossis zygomatici*.

**NORMA OCCIPITALIS:** на соскоподібній кістці зліва відзначено отвір (*foramen mastoideum*) малої форми, праворуч – уздовж по шву. У верхній  $L_1$  та нижній частині лямбдоподібного шва  $L_3$  (*suturae lamdoideae* –  $L_3$ ) зафіксовано по одній вормієвій кісточці (*ossa wormii*) з двох сторін.

**NORMA BASILARIS:** з обох боків є незамкнутий малий остистий отвір (*foramen spinosum apertum*). Форма ППШ П-подібна. На верхній щелепі виявлено центральний піднебінний валик (*torus palatinus*) великих розмірів (2–3 бали).

Розкоп 7, **поховання 15** (♂), розкопки 2016 р. Череп світло-коричневий, середніх розмірів, з добре розвинутими надпереніссям (2,4 бала), надбрівними дугами та м'язовим рельєфом потилиці й потиличним горбом (табл. 1). Соскоподібні виростки помірних розмірів. Висота вигину лоба дуже мала (21,0). За морфологією це чоловік. За заростанням внутрішніх і зовнішніх черепних швів, станом стертості зубів видно, що чоловік помер у 25–35 р.

Поздовжній діаметр черепної коробки дуже малий (168,0 мм), а поперечний великий (148,0 мм). За індексом (88,1) череп брахікранний (круглий). Череп, імовірно, високий. Вушна висота мала. Лоб помірної ширини. Обличчя помірно широке, сильно профільоване. Орбіти помірно високі (мезоконхія). Ніс широкий (хамеринія), перенісся дуже високе.

**Чоловіча серія** дуже мала та складається з трьох черепів і характеризується дуже малою довжиною (на межі з малими категоріями), великою шириною й висотою черепної коробки (табл. 2). У цілому за поперечно-поздовжнім індексом (84,5) серія брахікранна. Вушна висота й довжина основи черепа малі (на межі з помірними категоріями). Лоб помірно широкий і сильно нахилений. Чоловічі черепи мають помірний діаметр вилиць (132,4 мм) і малу верхню висоту обличчя (на межі з помірними категоріями), тому верхньолицьовий індекс (51,5) указує на середньо широке обличчя (мезен) загалом. Вертикальний профіль лица мезогнатний. Горизонтальне профілювання обличчя в середньому дуже сильне на верхньому рівні та сильне на середньому (табл. 2).

Також було створено невелику жіночу краніологічну серію з с. Виповзів (табл. 3), яка складається з п'яти черепів: поховання 1, 3 XVII ст., розкопки Ю.М. Ситого 2013 р., поховання 9 XVII ст. [2, с. 288–290] та поховання 12, 13 XVII ст. [2, с. 288–290; 14, с. 378–379; 15; 16].

Серія характеризується малим поздовжнім і великим поперечним діаметром черепної коробки, в цілому за індексом (84,8) брахікранна (табл. 3). Прикметно, що на даному етапі в складі жінок усі мають брахікранні черепи. Висотний діаметр, вушна висота та довжина основи черепа виявилися помірними. Відносна висота черепів загалом за висотно-

## Середні розміри та індекси чоловічих черепів XVII–XVIII ст. із с. Виповзів

№ за Маргіном	Ознаки	♂ (чоловіки)				
		M	n	$\sigma$	min.	max.
1	Поздовжній діаметр	171,6	3	4,6	168,0	177,0
8	Поперечний діаметр	145,0	3	3,6	141,0	148,0
17	Висотний діаметр	137,0	2	4,2	134,0	140,0
9	Найменша ширина лоба	94,1	3	2,9	91,0	96,7
10	Найбільша ширина лоба	123,5	3	2,3	122,0	126,0
11	Ширина основи черепа	128,3	3	8,6	120,0	137,0
12	Ширина потилиці	113,4	3	7,8	105,0	121,0
45	Виличний діаметр	132,4	2	6,2	128,0	137,0
48	Верхня висота обличчя	68,1	2	1,5	67,0	69,1
43	Верхня ширина обличчя	102,1	2	0,3	101,9	102,3
55	Висота носа	49,3	2	1,7	48,1	50,5
54	Ширина носа	22,8	2	3,0	20,6	24,9
51	Ширина орбіти	41,2	2	2,3	39,5	42,8
52	Висота орбіти	32,5	2	0,8	31,9	33,1
20	Вушна висота	112,4	3	1,8	111,0	114,5
SC (57)	Симотична ширина	8,5	2	0,7	8,0	9,0
SS	Симотична висота	5,0	2	1,4	4,0	6,0
FC	Глибина іклової ямки	-5,5	2	0,7	-5,0	-6,0
75(1)	Кут випинання носа	30,0°	1	–	–	–
77	Назомалярний кут	135,1°	2	5,2	131,0°	139,0°
∠ Zm.	Зигомасиллярний кут	125,0°	2	2,1	124,0°	127,0°
23a	Горизонтальна окружність через краніометричну точку офріон	503,0	3	11,5	492,0	515,0
	Надперенісся	2,5	3	0,5	2,0	3,0
<b>Індекси</b>						
8:1	Черепний	84,5	3	3,1	82,6	88,1
17:1	Висотно-поздовжній	81,1	2	3,2	78,8	83,3
17:8	Висотно-поперечний	94,8	2	0,3	94,6	95,0
9:8	Лобно-поперечний	64,9	3	2,4	62,3	67,0
9:10	Широтний лобний	76,2	3	3,5	72,2	78,6
48:45	Верхній лицьовий	51,5	2	3,5	49,0	54,0
54:55	Носовий	46,3	2	7,8	40,8	51,8
DS:DC	Дакріальний	62,0	2	15,8	50,8	73,2
SS:SC	Симотичний	59,7	2	21,6	44,4	75,0
52:51	Орбітний	79,1	2	2,5	77,3	80,8

Примітка:  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення

поздовжнім індексом висока (гіпсікранія). За висотно-поперечним покажчиком – уже тапейнокранія (низькі черепи). Це зумовлено великим поперечним діаметром черепної коробки. Чоло помірно широке за абсолютними розмірами, лобно-поперечний індекс

**Середні величини краніологічних ознак у жіночій серії поховань  
с. Виповзів XVII–XVIII ст.**

№ за Р. Мар-тіном	♀ (жінки)	с. Виповзів, Чер-нігівської губ. XVII–XVIII	$\sigma$	min.	max.
	<b>Ознаки / n</b>	<b>4–5</b>			
1	Повздожній діаметр	168,8 (5)	4,4	162,0	174,0
8	Поперечний діаметр	143,2 (5)	9,4	132,0	156,0
8:1	Черепний індекс	84,8 (5)	5,0	123,0	138,0
17	Висотний діаметр (b-br)	130,6 (5)	5,7	123,0	138,0
5	Довжина основи черепа	97,6 (5)	3,4	93,5	102,0
9	Найменша ширина лоба	91,8 (5)	91,8	89,4	97,0
20	Вушна висота (p-br)	110,7 (5)	110,7	104,2	119,0
45	Виличний діаметр	125,1 (5)	6,4	117,0	135,0
48	Верхня висота обличчя	63,6 (5)	3,5	57,8	66,0
48:45	Верхній лицьовий індекс	50,9 (5)	1,8	48,9	52,8
54	Ширина носа	23,6 (5)	0,9	22,4	24,8
55	Висота носа	49,5 (5)	3,2	45,4	53,0
54:55	Носовий індекс	47,8 (5)	3,7	42,8	52,9
51	Ширина орбіти	40,1 (5)	1,0	38,6	41,2
52	Висота орбіти	33,1 (5)	1,9	31,4	36,2
52:51	Орбітний індекс від mf	82,7 (5)	4,5	79,1	90,5
72	Кут загальнолицьовий	90,3° (4)	2,1	88,0°	93,0°
75(1)	Кут випинання носа	20,8° (5)	4,3	17,0°	28,0°
77	Назомалярний кут	140,8° (5)	4,5	135,4°	148,0°
∠ Zm.	Зигомасиллярний кут	129,0° (4)	3,0	126,0°	133,0°
SS	Симотична висота	3,5 (5)	1,1	2,0	5,0
SC	Симотична ширина	7,8 (5)	1,8	5,0	10,0
SS:SC.	Симотичний індекс	46,3 (5)	16,9	25,0	70,0
DC.	Дакріальна хорда	22,2 (5)	1,3	21,0	24,0
DS	Дакріальна висота	9,8 (5)	1,6	8,0	12,0
DS:DC.	Дакріальний індекс	44,6 (5)	9,8	33,3	57,1

Примітка:  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення

виявився малим (табл. 3). Широтний лобний показчик чола потрапляє до категорії дуже малих величин. Ширина потиличної кістки велика (108,0 мм). Вертикальний фацио-церебральний показчик малий та вказує на європеїдність у цілому.

Обличчя за середнім діаметром вилиць, який дорівнює 125,1 мм, потрапляє до категорії середніх величин. Верхня висота обличчя мала, на межі з помірними розмірами. Верхньолицьовий індекс помірний (мезен). Довжина основи обличчя належить до категорії малих розмірів. Загальний лицьовий кут свідчить про те, що обличчя дуже слабо випнуте у вертикальній площині, тобто ортогнатне. Горизонтальне профілювання обличчя в середньому помірно як на верхньому рівні, так і на середньому, хоча череп з поховання 12, як ми зазначали, має сплющене обличчя на рівні орбіт. Варіаційний ряд розтягнутий від 135,4° до 147,6°, тому можна констатувати, що жіноча серія загалом неоднорідна за виразністю горизонтального профілювання верхньої частини обличчя.

Орбіти помірної ширини й висоти, за показником помірно високі (82,7) – мезоконхія. Носовий отвір характеризується помірною висотою та шириною, носовий індекс (47,8) потрапляє до категорії помірних розмірів (мезоринія) на межі з вузькими категоріями. Кут випинання носових кісток помірний. Перенісся високе за симотичним індексом і помірне за дакріальним.

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз дає змогу зробити такі попередні висновки. Виявлено, що невелика чоловіча група XVII–XVIII ст. характеризується брахікранною черепною коробкою. Вушна висота та довжина основи черепа малі. Лоб помірно широкий. Обличчя помірно широке, мезогнатне.

За даними краніометрії встановлено, що жіночі черепи XVII–XVIII ст. з с. Виповзів характеризуються брахікранною, помірно високою черепною коробкою. Чоло помірно широке. Потилиця широка. Обличчя ортогатне, помірно широке, низьке. Верхньолицьовий індекс помірний. Горизонтальне профілювання обличчя середнє. Орбіти помірно високі. Ніс помірно широкий. Кут випинання носових кісток середній. Перенісся високе. За індивідуальними даними при розрахуванні показників сплюсненості лицьового скелета вдалося встановити у двох жінок малу монголоїдну домішку.

За даними етнічної краніоскопії в збірній серії XVII–XVIII ст. із с. Виповзів, де розглядалися як чоловіки, так і жінки спільно, переважають європеїдні ознаки.

**Подяки:** щиро дякую О.П. Моці, В.М. Скороходу, Ю.М. Ситому, В.С. Жиголі за наданий краніологічний матеріал для дослідження та консультації.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Foley R. *Craniometry*. Oxford : University Press, 2018.
2. Дослідження Виповзівського городища / В.М. Скороход, О.П. Моця, Ю.М. Ситий, В.С. Жигола. *Археологічні дослідження в Україні*. Київ, 2015. С. 288–290.
3. Дослідження на посаді Виповзівського городища / В.М. Скороход, К.М. Капустін, Л.Ф. Сита, О.В. Терещенко. *Археологічні дослідження в Україні у 2015 р.* Київ, 2016. С. 226–227.
4. Скороход В.М., Жигола В.С., Моця О.П. Роботи на Виповзівському городищі. *Археологічні дослідження в Україні у 2016 р.* Київ, 2016. С. 227–228.
5. Дослідження городища та посаду Виповзівського археологічного комплексу / В.М. Скороход, О.П. Моця, Л.Ф. Сита, В.С. Жигола. *Археологічні дослідження в Україні 2017 р.* Київ, 2019. С. 345–347.
6. Bružek J. A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology*. 2002. № 117 (2). P. 157–168.
7. Buikstra J.E., Ubelaker D.H. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville : Arkansas Archeological Survey Research Series № 44, 1994. 272 p.
8. Dupertius C.W.J., Hadden A. On the Reconstruction of Stature from Long Bones. *American Journal of Physical Anthropology*. 1951. № 9. P. 15–54.
9. Martin R. *Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung. Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende. Zweite, vermehrte Auflage.* Jena : Gustaf Fischer. Bd. II: *Kraniologie, Osteologie Mit 281 Abbildungen im Text.* 1928. 1062 S.

10. Долженко Ю.В., Мойжес В.В. Краниологія та статеві-вікова характеристика поховань другої половини XIV–XVII ст. з церкви Ужгородського замку. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія «Історія»*. 2022. № 1 (46). С. 216–252. [https://doi.org/10.24144/2523-4498.1\(46\).2022.257842](https://doi.org/10.24144/2523-4498.1(46).2022.257842).
11. Berry A.C., Berry R.J. Epigenetic Variation in the Human Cranium. *Journal of Anatomy*. 1967. V. 101. P. 361–379.
12. Kozintsev A. Ethnic Epigenetics: A New Approach. *Ethnische Epigenetik. Neue Methoden und Ergebnisse. Homo*. 1992. Vol. 43/3. P. 213–244.
13. Hanihara T. Frontal and Facial Flatness of Major Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology*. 2000. № 111. P. 105–134.
14. Скороход В.М. Дослідження Виповзівського археологічного комплексу 2009 р. *Археологічні дослідження в Україні 2009 р.* Київ ; Луцьк, 2010. С. 378–379.
15. Науковий звіт про археологічні дослідження Виповзівського археологічного комплексу біля с. Виповзів Козелецького району Чернігівської області / В.М. Скороход, О.П. Моця, Ю.М. Ситий, О.В. Терещенко, К.М. Капустін, Л.В. Мироненко. *Науковий архів Інституту археології Національної академії наук України*. 2012/160.
16. Скороход В.М., Моця О.П., Ситий Ю.М. Дослідження Виповзівського городища у 2012 р. *Археологічні дослідження в Україні у 2012 р.* Київ, 2013. С. 393.

## REFERENCES

1. Foley, R. (2018). *Craniometry*. Oxford: University Press.
2. Skorokhod, V.M., Motsia, O.P., Sytyi, Yu.M., & Zhyhola, V.S. (2015). Doslidzhennia Vypovzivskoho horodyshcha [The Study of Vypovziv Hillfort]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini – Archaeological Studies in Ukraine*. Kyiv, 288–290 [in Ukrainian].
3. Skorokhod, V.M., Kapustin, K.M., Syta, L.F., Tereshchenko, O.V. (2016). Doslidzhennia na posadi Vypovzivskoho horodyshcha [The Investigation of the Vypovziv Hillfort Site]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini u 2015 r. – Archaeological Studies in Ukraine in 2015*. Kyiv, 226–227 [in Ukrainian].
4. Skorokhod, V.M., Zhyhola, V.S., & Motsia, O.P. (2016). Roboty na Vypovzivskomu horodyshchi [Works at the Vypovziv Hillfort]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini u 2016 r. – Archaeological Studies in Ukraine in 2016*. Kyiv, 227–228 [in Ukrainian].
5. Skorokhod, V., Motsia, O., Syta, L., & Zhyhola, V. (2019). Doslidzhennia horodyshcha ta posadu vypovzivskoho arkeolohichnoho kompleksu [The Study of the Hillfort and Settlement of the Vypovziv Archaeological Complex]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini 2017 r. – Archaeological Studies in Ukraine in 2017*. Kyiv, 345–347 [in Ukrainian].
6. Bružek, J. (2002). A Method for Visual Determination of Sex, Using the Human Hip Bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 117 (2), 157–168.
7. Buikstra, J.E., & Ubelaker, D.H. (1994). *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville: Arkansas Archeological Survey Research Series № 44.
8. Dupertius, C.W.J. & Hadden, A. (1951). On the Reconstruction of Stature from Long Bones. *American Journal of Physical Anthropology*, 9, 15–54.
9. Martin, R. (1928). *Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung. Mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende*. Zweite, vermehrte Auflage. Jena: Gustaf Fischer. Bd. II: Kraniaologie, Osteologie Mit 281 Abbildungen im Text.
10. Dolzhenko, Yu. V., & Moizhes, V. V. (2022). Kraniaolohiia ta statevo-vikova kharakterystyka pokhovan' druhoi polovyny XIV–XVII st. z tserkvy Uzhhorodskoho zamku [Craniaology and Sex-Age Characteristics of the Uzhhorod Castle Church Burials of the Second Half of 14<sup>th</sup> – 17<sup>th</sup> Centuries]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. "Istoriia" – Scientific*

*Bulletin of Uzhhorod University, "History"*, 1 (46), 216–252. [https://doi.org/10.24144/2523-4498.1\(46\).2022.257842](https://doi.org/10.24144/2523-4498.1(46).2022.257842) [in Ukrainian].

11. Berry, A.C., & Berry, R.J. (1967). Epigenetic Variation in the Human Cranium. *Journal of Anatomy*, 101, 361–379.
12. Kozintsev, A. (1992). Ethnic Epigenetics: A New Approach. *Ethnische Epigenetik. Neue Methoden und Ergebnisse. Homo*, 43/3, 213–244.
13. Hanihara, T. (2000). Frontal and Facial Flatness of Major Human Populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 111, 105–134.
14. Skorokhod, V.M. (2010). Doslidzhennia Vypovzivskoho arkeolohichnoho kompleksu 2009 r. [The Investigation of the Vypovziv Archaeological Complex in 2009]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini 2009 r. – Archaeological Studies in Ukraine in 2009*. Kyiv; Lutsk, 2010. S. 378–379 [in Ukrainian].
15. Skorokhod, V.M., Motsia, O.P., Sytyi, Yu.M., Tereshchenko, O.V., Kapustin, K.M., & Myronenko, L.V. (2012/160). Naukovyi zvit pro arkeolohichni doslidzhennia Vypovzivskoho arkeolohichnoho kompleksu bilia s. Vypovziv Kozeletsk oho raionu Chernihivskoi oblasti [Scientific Report on the Archaeological Investigations of the Vypovziv Archaeological Complex near the Village of Vypovziv, Kozelets District, Chernihiv Region]. *Naukovyi arkhiv Instytutu arkeolohii Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy – Scientific Archive of Institute of Archaeology of the National Academy of Sciences of Ukraine* [in Ukrainian].
16. Skorokhod, V.M., Motsia, O.P., & Sytyi, Yu.M. (2013). Doslidzhennia Vypovzivskoho horodyscha u 2012 r. [The Study of the Vypovziv Hillfort in 2012]. *Arkheolohichni doslidzhennia v Ukraini u 2012 r. – Archaeological Studies in Ukraine in 2012*. Kyiv, 393 [in Ukrainian].

## ABSTRACT

### CRANIOLOGICAL MATERIAL OF THE 17<sup>TH</sup> – 18<sup>TH</sup> CENTURIES FROM THE VILLAGE OF VYPOVZIV, CHERNIHIV REGION

Studying the anthropological composition of the population of the 17<sup>th</sup> – 19<sup>th</sup> centuries in the territory of Ukraine is an important link in researching ethnogenetic processes in our country. The questions of the formation and anthropological composition of Eastern Polissia Ukrainians in the 17<sup>th</sup> – 19<sup>th</sup> centuries, as well as its further development, still remain relevant. This article is devoted to the publication of a craniological series from the territory of the cemetery in the village of Vypovziv. The anthropological materials – of the 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> cent. that we collected are mainly well-preserved human skulls. There is a total of eight skulls in the collection, including three male skulls and five female skulls. The basis of the study is the principle of objectivity; general scientific anthropological methods (analysis and synthesis) were used. The skulls were measured using a full craniometric program following the standard R. Martin's method, according to which the numbering of the features was indicated. The software for the implementation of multidimensional analysis was developed by B. and O. Kozintsev in 1991. The purpose of the work is to introduce new craniological data into scientific circulation, to give an individual and general description to the inhabitants of the village Vypovziv in the 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> cent. According to the average values of craniometric features, the male part of the series from the village of Vypovziv can be attributed to a moderately broad-faced Caucasian variant, a brachyrania can be considered a specific feature. On average, the male group is characterized by a very short length, large width and height of the skull. In the group, exclusively brachycranial morphological variant is present. As a whole, the male group belongs to the large Caucasian race with signs of a certain minimal miscegenation, which was manifested by the brachycranial index of the skull.

**Key words:** anthropology, Ukrainian, village, craniometry, cranioscropy, craniophenetics, morphology, human skull, biological factor, admixture, racial type.



UDC 539.2

DOI <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2024.1.11>

*Taras Kavetskyy,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic  
orcid.org/0000-0002-4782-1602, Scopus Author ID: 57220358576,  
e-mail: kavetskyy@yahoo.com

*Yuliia Kukhazh,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
Scopus Author ID: 56507384300, e-mail: juljakhj@i.ua

*Nataliia Hoivanovych,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-3442-0674, Scopus Author ID: 57203341250,  
e-mail: natahoivan@gmail.com

*Liudmyla Pankiv,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-4918-2138, Scopus Author ID: 35485114300,  
e-mail: lyuda\_pankiv@ukr.net

*Oksana Nykolaishyn,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
e-mail: nykolaishynoksana@gmail.com

*Oksana Mushynska,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
e-mail: nokr0506@gmail.com

*Oksana Zubrytska,*

Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Drohobych, Ukraine  
e-mail: oksanazubrytska23.02@gmail.com

*Olha Demkiv,*

Institute of Cell Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine  
Institute of Physical Chemistry, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland  
orcid.org/0000-0002-7999-4436, Scopus Author ID: 15764405300,  
e-mail: demkiv@yahoo.com

*Dmytro Dyachok,*

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine  
orcid.org/0000-0002-9036-1138, Scopus Author ID: 57190344246,  
e-mail: dyachok13@gmail.com

*Alina Vinkovskaya,*

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine  
e-mail: alina.vinkovskaya@gmail.com

*Alaa Hijaze,*

Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel  
e-mail: hijazealaa1@gmail.com

*Mariya Kushniyazova,*

Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
e-mail: kshnmariya@gmail.com

*Ondrej Šauša,*

Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic  
Comenius University in Bratislava, Bratislava, Slovak Republic  
orcid.org/0000-0001-9958-5966, Scopus Author ID: 6602354298,  
e-mail: ondrej.sausa@savba.sk

*Arnold Kiv,*

South-Ukrainian K.D. Ushynsky National Pedagogical University, Odesa, Ukraine  
Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel  
orcid.org/0000-0002-0991-2343, Scopus Author ID: 6602488378,  
e-mail: kiv.arnold20@gmail.com

## ON THE CORRELATION OF NETWORK PROPERTIES OF POLYMER MATRIXES WITH PARAMETERS OF ELECTROCHEMICAL BIOSENSORS

**Abstract.** In the present work, the influence of organic-inorganic ureasil polymers with different precursors (ICPTES+Jeffamine ED-600 and ICPTES+APTES) on bioanalytical properties of electrochemical biosensors was studied. The parameters of the constructed biosensors were estimated using cyclic voltammetry and chronoamperometric measurements. The network properties (free volume and crosslinking) of the investigated polymers, earlier studied using positron annihilation lifetime spectroscopy technique and swelling measurements, were taken into account for comparative analysis. A correlation of network properties of polymer matrixes with parameters of electrochemical biosensors was found in a good agreement with the previously reported data for ureasil composites of different prehistory (fresh and aged samples) and photocross-linked polymers based on epoxidized linseed oil (ELO). It is concluded that the above mentioned correlation has fundamental origin.

**Key words:** polymers, positron annihilation, free volume, crosslinking, biosensors.

### INTRODUCTION

Application of polymer materials as holding matrixes of immobilized enzyme is an innovative approach in a construction of the amperometric biosensors [1]. The constructed laccase biosensor based on the ureasil/As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> composite was characterized by a very high sensitivity, but a weak point of the biosensor was very strong unexpected electrochemical noise at chronoamperometric measurement [1]. At the same time, new perspectives of the

ureasil-based polymers for construction of amperometric enzyme biosensors were further found [2–4].

In particular, a correlation between the network properties of the biosensor sensing layers (e.g., free-volume  $V_h$  at glass transition temperature  $T_g$  and coefficients for the thermal expansion of free-volume voids  $\alpha_{F1}$ ,  $\alpha_{F2}$  as well as their difference ( $\alpha_{F2} - \alpha_{F1}$ ), and swellability or crosslinked density) based on the pure ureasil and ureasil/ $As_2S_3$  composites of different history (fresh and aged samples) and biosensor characteristics (e.g., a maximal current at substrate saturation  $I_{max}$ , apparent Michaelis-Menten constant  $K_M^{app}$  to ABTS chosen as a substrate, the slope of the calibration curve  $B$ , and the sensitivity of bioelectrodes obtained by means of cycle voltammetry and chronoamperometric analysis) was established. On the other hand, vegetable oil-based photopolymers were used as a holding matrix in biosensors [5–8].

Recently, amperometric laccase biosensors for analysis of phenol derivatives were constructed using graphite rods (type RW001) as working electrodes and the photocross-linked polymers as a matrix [5]. Such matrix consisted of epoxidized linseed oil (ELO), bisphenol A diglycidyl ether (RD) as reactive diluent and 50% mixture of triarylsulfonium hexafluorophosphate in propylene carbonate as photoinitiator (PI). The synthesis was made by the reaction of ELO and 10 mol.% or 30 mol.% of RD, using 3 mol.% of PI (ELO/10RD and ELO/30RD, respectively). The holding matrixes were used for an immobilization of commercial laccase from the fungus *Trametes versicolor*. The network properties of the polymer matrixes, holding biosensing element, were studied by means of positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS) and swelling measurements. The amperometric enzyme biosensor parameters were evaluated using cyclic voltammetry and chronoamperometric analysis. The next phase of research was nanostructure investigation of soybean oil-based samples and their usage in the construction of biosensors [6–10]. Two groups of the investigated samples contain epoxidized soybean oil (AESO), vanillin dimethacrylate (VDM) and/or vanillin diacrylate (VDA) and 2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone (DMPA) as PI. The samples contained different molar ratios of the tested substances.

The aim of the present research is to find correlation between nanostructure and detection properties of the polymer matrixes. It is necessary to find the best material to construct highly sensitive biosensors in order to detect xenobiotics pollution in wastewater. In this work, the influence of ureasil polymers with different precursors on bioanalytical properties of electrochemical biosensors is reported.

## EXPERIMENTAL

For the construction of amperometric biosensors, 5  $\mu$ l of *Trametes zonate* laccase solution with an activity of 12 U·mg<sup>-1</sup> was applied to the surface of graphite rod electrodes (diameter 3.05 mm, working surface area 7.35 mm<sup>2</sup>) and dried for 10 min at room temperature. The formed enzyme layer was covered with 5  $\mu$ l of polymer solution and dried for 15 min at room temperature. The constructed electrodes were washed with 50 mM acetate buffer (AB), pH 4.5 and kept at 4°C until use.

Cyclic voltammetry and chronoamperometric measurements of laccase-based biosensors with various polymers were performed using an ABTS and/or catechol solution as a calibrator. Nafion as control sample and ureasil polymers with different precursors (Precursor 1 (ICPTES+Jeffamine ED-600) and Precursor 2 (ICPTES+APTES)) marked as Ureasil-1 (100 mol% Precursor 1 : 0 mol% Precursor 2), Ureasil-2 (30.8 mol% Precursor 1

: 69.2 mol% Precursor 2), and Ureasil-3 (0 mol% Precursor 1 : 100 mol% Precursor 2) were selected for research [11]. The measurements were carried out at room temperature in a glass electrochemical cell with a working volume of 50 ml, filled with 10 ml of 50 mM acetate buffer, pH 4.5. The bioelectrodes were placed in a stirred solution and, after establishing the base signal against Ag/AgCl, increasing concentrations of the analyte were introduced into the cell.

## RESULTS AND DISCUSSION

A working potential was estimated for ureasil samples as -100 mV vs. Ag/AgCl toward ABTS (Fig. 1) and -50 mV vs. Ag/AgCl (reference electrode) toward catechol.

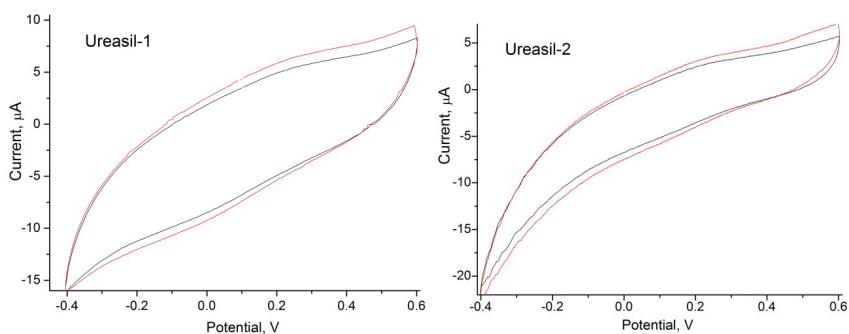
The chronoamperogram and calibration curves of the control electrode, where the biosensitive layer was covered with a Nafion membrane, for the addition of an increasing concentration of catechol are presented in Fig. 2.

Figure 3 shows the chronoamperogram and calibration response curves for the three tested bioelectrodes for adding analyte of catechol, from which it can be seen that sensors with polymers have better operational parameters compared to the control one (covered with a Nafion membrane).

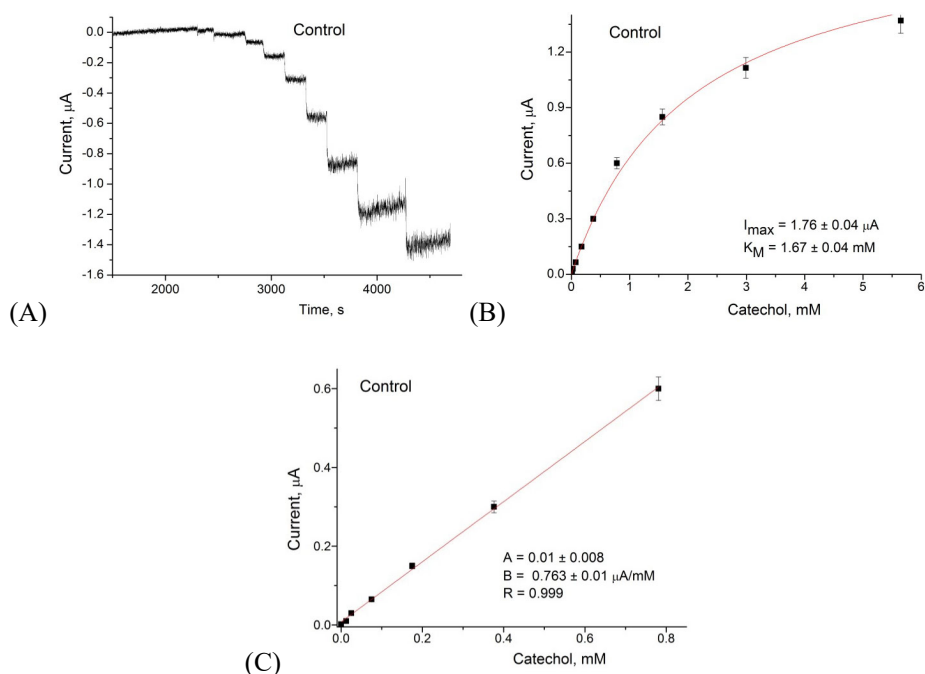
The dependence of the operational parameters of three laccase biosensors with polymers relative to the control (coated with Nafion) was evaluated according to four main parameters:  $I_{\max}$  is the value of the response of the biosensor when saturated with the substrate;  $K_M^{\text{app}}$  is the value of the apparent Michaelis-Menten constant; limits of linearity and sensitivity (Table 1).

For all studied biosensors, an increase in sensitivity of 1.4 is observed; 1.8 and 2.2 times compared to the control. The lowest value of  $K_M^{\text{app}}$  (1.17 mM) was found for laccase/Ureasil-1, which indicates a better affinity of the biosensitive layer to the analyte, and the control electrode had the widest linear range.

Among the investigated nanomediators towards catechol, the laccase/Ureasil-1 and laccase/Ureasil-2 are the most promising, since the highest sensitivity (190 and 234  $\text{A}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ) is observed when they are used as part of biosensors. The bionanosensors constructed on their basis are promising, probably, for the analysis of phenolic derivatives in real samples of drinking water and wastewater.



**Fig. 1. Cyclic voltammetric response of the bioelectrodes constructed based on laccase immobilized by ureasil samples (Ureasil-1 and Ureasil-2) after addition of an increasing concentration of ABTS**



**Fig. 2. Amperometric characteristics of bioelectrode laccase/Nafion as control: chronoamperogram (A), dependence of the amperometric signal on the concentration of catechol (B), and calibration curve for determining catechol (C). Conditions: working potential -50 mV vs. Ag/AgCl/3 M KCl in 50 mM acetate buffer, pH 4.5**

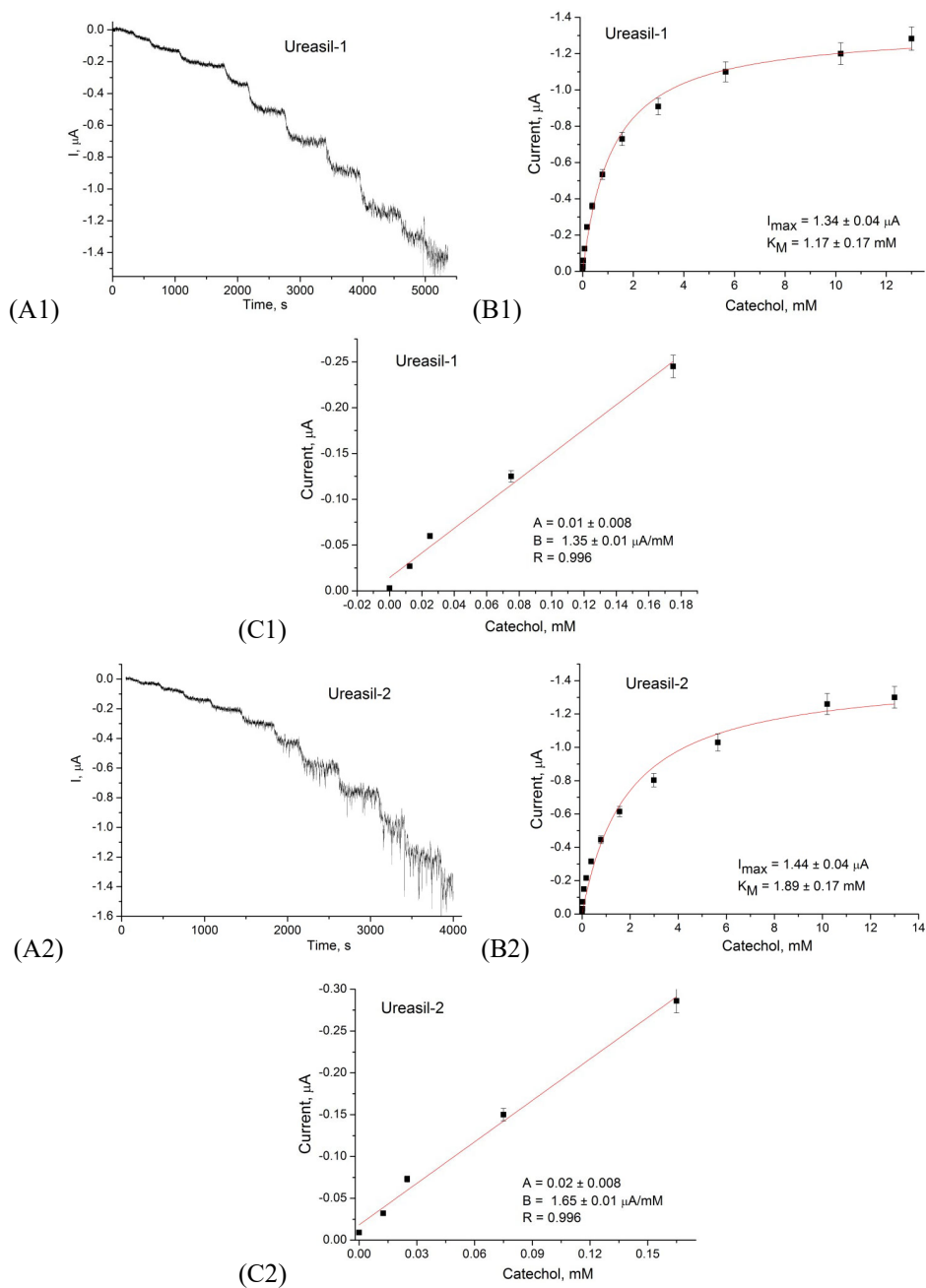
Notes:  $B$  is the slope of the calibration curve;  $R$  is the linear regression correlation coefficient

Figure 4 shows the chronoamperogram and calibration response curves for the laccase/ureasil tested bioelectrodes for adding analyte of ABTS. It was not possible to obtain a good signal using laccase/Ureasil-3 polymer. But it can be seen that sensors with laccase/Ureasil-1 and laccase/Ureasil-2 polymers demonstrated a high sensitivity and a wide range of linearity similarly as in the case of catechol (Table 1).

Amperometric characteristics of bioelectrodes using laccase and ureasil composites of different prehistory (fresh and aged samples) [3] and photocross-linked polymers based on epoxidized linseed oil (ELO) [5] were also gathered in Table 1 for comparison.

The network properties (free volume and crosslinking) of the investigated ureasil polymers with different precursors, earlier studied using positron annihilation lifetime spectroscopy technique and swelling measurements [11], were taken into account for comparative analysis (Table 2).

A correlation of network properties of polymer matrixes with parameters of electrochemical biosensors was found in a good agreement with the previously reported data for ureasil composites of different prehistory (fresh and aged samples) [3; 4] and photocross-linked polymers based on epoxidized linseed oil (ELO) [5]. It is concluded that the above mentioned correlation has fundamental origin.



**Fig. 3. Amperometric characteristics of bioelectrodes: laccase/Ureasil-1 (A1, B1, C1), laccase/Ureasil-2 (A2, B2, C2), and laccase/Ureasil-3 (A3, B3, C3), where chronoamperograms (A1, A2, A3), dependencies of the amperometric signal on the concentration of catechol (B1, B2, B3), and calibration curve for determining catechol (C1, C2, C3). Conditions: working potential -50 mV vs. Ag/AgCl/3 M KCl in 50 mM acetate buffer, pH 4.5**

Notes:  $B$  is the slope of the calibration curve;  $R$  is the linear regression correlation coefficient

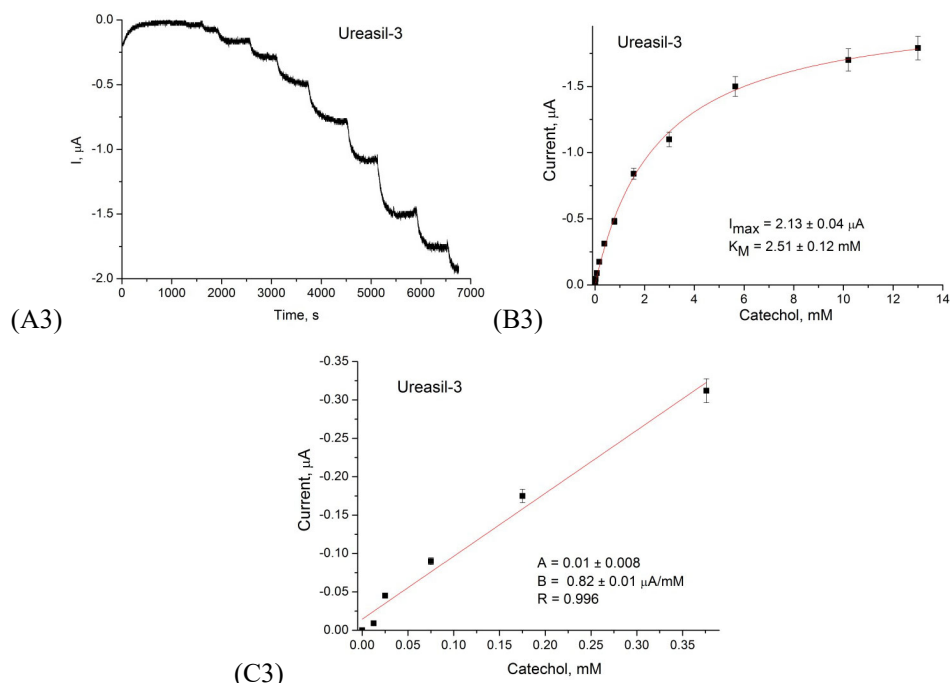
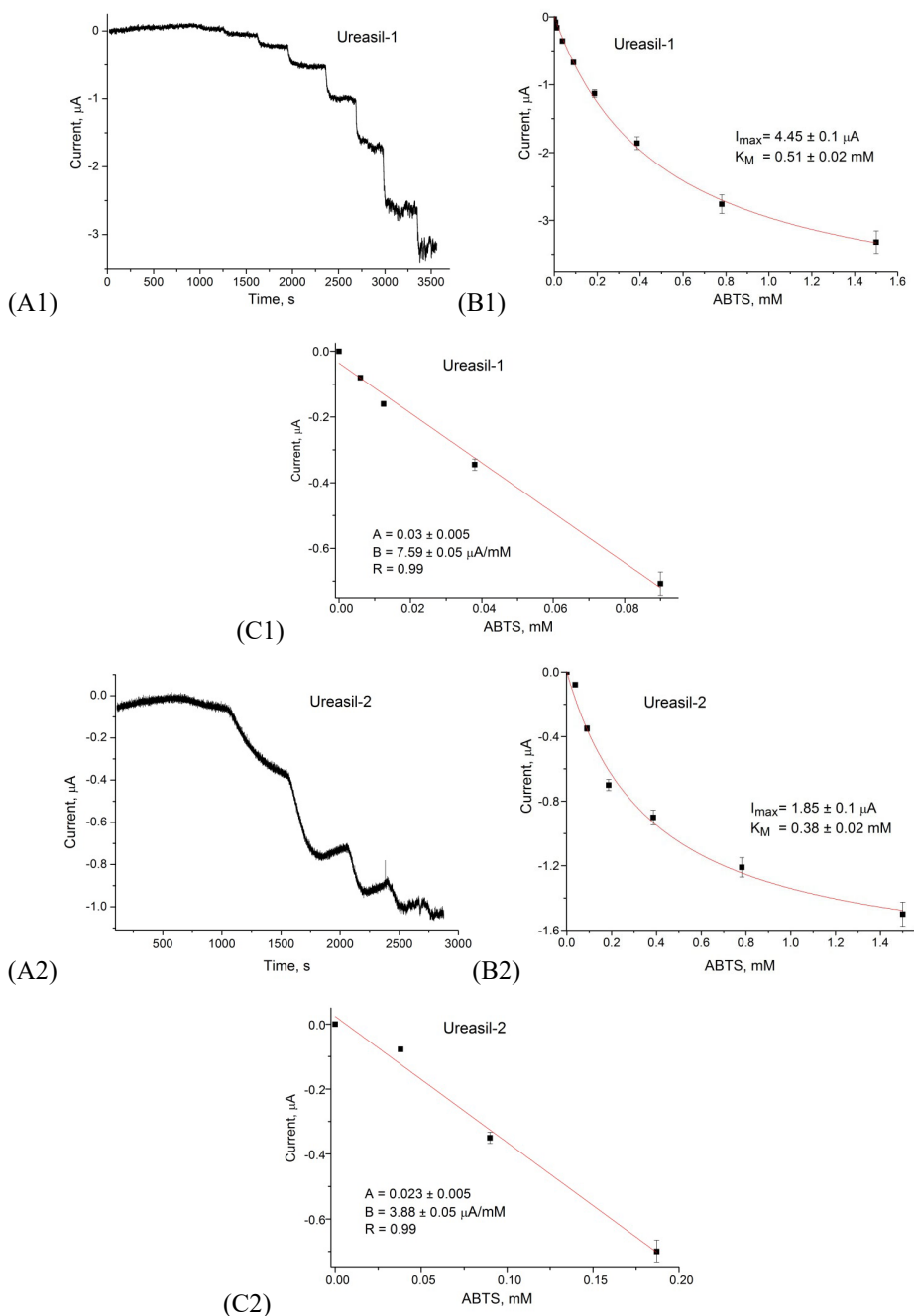


Fig. 3 (continuation)

Table 1  
Comparison of analytical properties of the fabricated laccase-based biosensors  
in this work with previously constructed [3; 5]

Polymers	$I_{\max}$ ( $\mu$ A)	$K_M^{\text{app}}$ (mM)	$B$ ( $\mu$ A $\cdot$ mM $^{-1}$ )	Sensitivity (A $\cdot$ M $^{-1}$ $\cdot$ m $^{-2}$ )	Linearity, up to (mM)
<b>Catechol (this work)</b>					
Nafion	$1.76 \pm 0.04$	$1.67 \pm 0.04$	$0.76 \pm 0.01$	107	0.80
Ureasil-1	$1.34 \pm 0.04$	$1.17 \pm 0.17$	$1.35 \pm 0.01$	190	0.18
Ureasil-2	$1.44 \pm 0.04$	$1.89 \pm 0.17$	$1.65 \pm 0.01$	234	0.18
Ureasil-3	$2.13 \pm 0.04$	$2.51 \pm 0.12$	$0.82 \pm 0.01$	150	0.18
<b>ABTS (this work)</b>					
Ureasil-1	$4.45 \pm 0.1$	$0.51 \pm 0.02$	$7.59 \pm 0.05$	1080	0.10
Ureasil-2	$1.85 \pm 0.1$	$0.38 \pm 0.02$	$3.88 \pm 0.05$	552	0.18
Ureasil-3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>ABTS [3]</b>					
K0-fresh	$7.62 \pm 1.7$	$0.64 \pm 0.17$	10.0	794	0.15
K0-aged	$10.96 \pm 3.4$	$0.35 \pm 0.14$	22.2	1762	0.15
K4-fresh	$43.77 \pm 2.7$	$0.045 \pm 0.005$	501.7	39,817	0.04
K4-aged	$86.8 \pm 0.9$	$0.030 \pm 0.008$	761.2	60,413	0.06
<b>ABTS [5]</b>					
ELO/10RD	$4.9 \pm 0.19$	$0.36 \pm 0.03$	12.3	1,673	0.15
ELO/30RD	$1.25 \pm 0.17$	$0.11 \pm 0.04$	9.07	1,234	0.10



**Fig. 4. Amperometric characteristics of bioelectrodes: laccase/Ureasil-1 (A1, B1, C1) and laccase/Ureasil-2 (A2, B2, C2), where chronoamperograms (A1, A2), dependencies of the amperometric signal on the concentration of ABTS (B1, B2), and calibration curve for determining ABTS (C1, C2). Conditions: working potential -100 mV vs. Ag/AgCl/3 M KCl in 50 mM acetate buffer, pH 4.5**

Notes:  $B$  is the slope of the calibration curve;  $R$  is the linear regression correlation coefficient



Table 2

**Hole volume  $V_h$  at glass transition temperature  $T_g$ , swellability  $S$  in EtOH, and slopes  $\alpha_{F1}$ ,  $\alpha_{F2}$  of the  $V_h(T)$  dependences in the regions below and above  $T_g$ , respectively, as well as their differences for the ureasil-based [3; 4; 11] and photocross-linked polymers [5]. Values for heating and cooling cycles are in the top and bottom part of the boxes, respectively**

Polymers	$V_h(T_g)$ ( $\text{nm}^3$ )	$S$ (%)	$\alpha_{F1}$ ( $10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )	$\alpha_{F2}$ ( $10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )	$\alpha_{F2} - \alpha_{F1}$ ( $10^{-4} \text{ K}^{-1}$ )
Ureasil polymers with different precursors					
Ureasil-1 [11]	$0.050 \pm 0.009$ $0.050 \pm 0.005$	37.8	$53 \pm 11$ $44 \pm 5$	$213 \pm 40$ $181 \pm 20$	160 137
Ureasil-2 [11]	$0.049 \pm 0.005$ $0.048 \pm 0.001$	22.3	$39 \pm 5$ $34 \pm 9$	$163 \pm 19$ $131 \pm 27$	124 97
Ureasil-3 [11]	n/a n/a	-	n/a n/a	n/a n/a	n/a n/a
Ureasil composites with different prehistory					
K0-fresh [3; 4]	$0.123 \pm 0.002$	23.0	$25 \pm 3$	$286 \pm 21$	261
K0-aged [3; 4]	$0.123 \pm 0.003$	11.0	$53 \pm 22$	$273 \pm 99$	220
K4-fresh [3; 4]	$0.104 \pm 0.001$	24.0	$48 \pm 10$	$344 \pm 63$	296
K4-aged [3; 4]	$0.123 \pm 0.002$ $0.134 \pm 0.001$	19.0	$56 \pm 22$ $46 \pm 17$	$237 \pm 84$ $206 \pm 56$	181 160
Photocross-linked polymers					
ELO/10RD [5]	$0.057 \pm 0.002$ $0.068 \pm 0.002$	24.09	$3.53 \pm 0.30$ $3.31 \pm 0.32$	$13.02 \pm 0.60$ $11.16 \pm 0.55$	$9.49 \pm 0.67$ $7.85 \pm 0.64$
ELO/30RD [5]	$0.051 \pm 0.002$ $0.049 \pm 0.002$	24.81	$3.47 \pm 0.33$ $3.87 \pm 0.83$	$12.42 \pm 0.64$ $8.96 \pm 0.48$	$8.95 \pm 0.72$ $5.09 \pm 0.96$

## CONCLUSION

On the basis of comprehensive analysis of the results obtained on the nanostructure and detection properties of ureasil and photocross-linked polymers of different prehistory and composition, a correlation of network properties of polymer matrixes with parameters of electrochemical biosensors is verified and it seems to be fundamental in origin. The development of the laccase-biosensor can be used for assay of phenolic compounds in the wastewater and drinking water.

## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported in part by the Ministry of Education and Science of Ukraine (projects Nos. 0122U000850, 0122U000874, and 0123U103572), National Research Foundation of Ukraine (projects Nos. 2020.02/0100 and 2021.01/0010), Slovak Grant Agency VEGA (project No. 2/0134/21), and Slovak Research and Development Agency (project No. APVV-21-0335). T.K. and Y.K. also acknowledge the SAIA (Slovak Academic Information Agency) for scholarships in the Institute of Physics of Slovak Academy of Sciences in the

framework of the National Scholarship Programme of the Slovak Republic. This work has also received funding through the MSCA4Ukraine project (grant No. 1128327), which is funded by the European Union, and the EURIZON project (grant EU-3022), which is funded by the European Union (EURIZON H2020 project) under grant agreement No. 871072.

## BIBLIOGRAPHY

1. Laccase-containing ureasil-polymer composite as the sensing layer of an amperometric biosensor / T. Kavetsky, O. Smutok, M. Gonchar, O. Demkiv, H. Klepach, Y. Kukhazh, O. Šauša, T. Petkova, V. Boev, V. Ilcheva, P. Petkov, A.L. Stepanov. *J. Appl. Polym. Sci.* 2017. Vol. 134. P. 45278.
2. Network properties of ureasil-based polymer matrixes for construction of amperometric biosensors as probed by PALS and swelling experiments / T. Kavetsky, O. Šauša, K. Čechová, H. Švajdlenková, I. Maťko, T. Petkova, V. Boev, V. Ilcheva, O. Smutok, Y. Kukhazh, M. Gonchar. *Acta Phys. Pol., A.* 2017. Vol. 132. P. 1515–1518.
3. Ureasil-based polymer matrices as sensitive layers for the construction of amperometric biosensors / T.S. Kavetsky, O. Smutok, M. Gonchar, O. Šauša, Y. Kukhazh, H. Švajdlenková, T. Petkova, V. Boev, V. Ilcheva. *Advanced Nanotechnologies for Detection and Defence against CBRN Agents.* 2018. P. 309–316.
4. Swelling behavior of organic-inorganic ureasil-based polymers / T.S. Kavetsky, H. Švajdlenková, Y. Kukhazh, O. Šauša, K. Čechová, I. Maťko, N. Hoivanovych, O. Dytso, T. Petkova, V. Boev, V. Ilcheva. *Advanced Nanotechnologies for Detection and Defence against CBRN Agents* (Petkov P., Tsiulyanu D., Popov C., Kulisch W. (Eds.), Springer, Dordrecht). 2018. P. 333–338.
5. Dependence of operational parameters of laccase-based biosensors on structure of photocross-linked polymers as holding matrixes / T. Kavetsky, O. Smutok, O. Demkiv, S. Kasetaitė, J. Ostrauskaite, H. Švajdlenková, O. Šauša, K. Zubrytska, N. Hoivanovych, M. Gonchar. *Eur. Polym. J.* 2019. Vol. 115. P. 391–398.
6. UV-cured green polymers for biosensorics: correlation of operational parameters of highly sensitive biosensors with nano-volumes and adsorption properties / M. Goździuk, T. Kavetsky, D. Massana Roquero, O. Smutok, M. Gonchar, D.P. Kráľovič, H. Švajdlenková, O. Šauša, P. Kalinay, H. Nosrati, M. Lebedevaite, S. Grauzeliene, J. Ostrauskaite, A. Kiv, B. Zgardzińska. *Materials.* 2022. Vol. 15. P. 6607.
7. Goździuk M., Zgardzińska B., Kavetsky T. Research on the sorption properties of biopolymer matrix based on soybean oil for the construction of biosensors to detect xenobiotics. *Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl.* 2022. Vol. 15. P. 4–A5.
8. The process of photopolymerization of acrylated soybean oil-based epoxides investigated by positron annihilation lifetime spectroscopy / D.P. Kráľovič, K. Cifraničová, O. Šauša, H. Švajdlenková, T. Kavetsky, A. Kiv. *Chem. Pap.* 2023. Vol. 77. P. 7257–7261.
9. Effect of aromatic rings in AESO-VDM biopolymers on the local free volume and diffusion properties of polymer matrix / D.P. Kráľovič, K. Cifraničová, H. Švajdlenková, D. Tóthová, O. Šauša, P. Kalinay, T. Kavetsky, J. Ostrauskaite, O. Smutok, M. Gonchar, V. Soloviev, A. Kiv. *J. Polym. Environ.* 2023. DOI: 10.1007/s10924-023-03097-1.
10. Impact of chemical composition of soybean oil and vanillin-based photocross-linked polymers on parameters of electrochemical biosensors / T. Kavetsky, O. Smutok, M. Goździuk-Gontarz, B. Zgardzińska, Y. Kukhazh, K. Zubrytska, N. Hoivanovych, O. Šauša, O. Demkiv, N. Stasyuk, M. Gonchar, J. Ostrauskaite, A. Kiv, E. Katz. *Microchem. J.* 2024. Vol. 201. P. 110618.
11. Structural and free volume characterization of sol-gel organic-inorganic hybrids, obtained by co-condensation of two ureasilicate stoichiometric precursors / T. Kavetsky, V. Boev,

V. Ilcheva, Y. Kukhazh, O. Smutok, L. Pan'kiv, O. Šauša, H. Švajdlenková, D. Tatchev, G. Avdeev, E. Gericke, A. Hoell, S. Rostamnia, T. Petkova. *J. Appl. Polym. Sci.* 2021. Vol. 138. P. e50615.

## REFERENCES

1. Kavetsky, T., Smutok, O., Gonchar, M., Demkiv, O., Klepach, H., Kukhazh, Y., Šauša, O., Petkova, T., Boev, V., Ilcheva, V., Petkov, P., & Stepanov, A.L. Laccase-containing ureasil-polymer composite as the sensing layer of an amperometric biosensor. *J. Appl. Polym. Sci.* 2017. Vol. 134. P. 45278.
2. Kavetsky, T., Šauša, O., Čechová, K., Švajdlenková, H., Maťko, I., Petkova, T., Boev, V., Ilcheva, V., Smutok, O., Kukhazh, Y., & Gonchar, M. Network properties of ureasil-based polymer matrixes for construction of amperometric biosensors as probed by PALS and swelling experiments. *Acta Phys. Pol., A.* 2017. Vol. 132. P. 1515–1518.
3. Kavetsky, T.S., Smutok, O., Gonchar, M., Šauša, O., Kukhazh, Y., Švajdlenková, H., Petkova, T., Boev, V., & Ilcheva, V. Ureasil-based polymer matrixes as sensitive layers for the construction of amperometric biosensors. *Advanced Nanotechnologies for Detection and Defence against CBRN Agents* (Petkov P., Tsiulyanu D., Popov C., Kulisch W. (Eds.)), Springer, Dordrecht). 2018. P. 309–316.
4. Kavetsky, T.S., Švajdlenková, H., Kukhazh, Y., Šauša, O., Čechová, K., Maťko, I., Hoivanovych, N., Dytso, O., Petkova, T., Boev, V., & Ilcheva, V. Swelling behavior of organic-inorganic ureasil-based polymers. *Advanced Nanotechnologies for Detection and Defence against CBRN Agents* (Petkov P., Tsiulyanu D., Popov C., Kulisch W. (Eds.)), Springer, Dordrecht). 2018. P. 333–338.
5. Kavetsky, T., Smutok, O., Demkiv, O., Kasetaitė, S., Ostrauskaite, J., Švajdlenková, H., Šauša, O., Zubrytska, K., Hoivanovych, N., & Gonchar, M. Dependence of operational parameters of laccase-based biosensors on structure of photocross-linked polymers as holding matrixes. *Eur. Polym. J.* 2019. Vol. 115. P. 391–398.
6. Goździuk, M., Kavetsky, T., Massana Roquero, D., Smutok, O., Gonchar, M., Královič, D.P., Švajdlenková, H., Šauša, O., Kalinay, P., Nosrati, H., Lebedevaite, M., Grauzeliene, S., Ostrauskaite, J., Kiv, A., & Zgardzińska, B. UV-cured green polymers for biosensors: correlation of operational parameters of highly sensitive biosensors with nano-volumes and adsorption properties. *Materials.* 2022. Vol. 15. P. 6607.
7. Goździuk, M., Zgardzińska, B., & Kavetsky, T. Research on the sorption properties of biopolymer matrix based on soybean oil for the construction of biosensors to detect xenobiotics. *Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl.* 2022. Vol. 15. P. 4–A5.
8. Královič, D.P., Cifraničová, K., Šauša, O., Švajdlenková, H., Kavetsky, T., & Kiv, A. The process of photopolymerization of acrylated soybean oil-based epoxides investigated by positron annihilation lifetime spectroscopy. *Chem. Pap.* 2023. Vol. 77. P. 7257–7261.
9. Královič, D.P., Cifraničová, K., Švajdlenková, H., Tóthová, D., Šauša, O., Kalinay, P., Kavetsky, T., Ostrauskaite, J., Smutok, O., Gonchar, M., Soloviev, V., & Kiv, A. Effect of aromatic rings in AESO-VDM biopolymers on the local free volume and diffusion properties of polymer matrix. *J. Polym. Environ.* 2023. DOI: 10.1007/s10924-023-03097-1.
10. Kavetsky, T., Smutok, O., Goździuk-Gontarz, M., Zgardzińska, B., Kukhazh, Y., Zubrytska, K., Hoivanovych, N., Šauša, O., Demkiv, O., Stasyuk, N., Gonchar, M., Ostrauskaite, J., Kiv, A., & Katz, E. Impact of chemical composition of soybean oil and vanillin-based photocross-linked polymers on parameters of electrochemical biosensors. *Microchem. J.* 2024. Vol. 201. P. 110618.
11. Kavetsky, T., Boev, V., Ilcheva, V., Kukhazh, Y., Smutok, O., Pan'kiv, L., Šauša, O., Švajdlenková, H., Tatchev, D., Avdeev, G., Gericke, E., Hoell, A., Rostamnia, S., &

Petkova, T. Structural and free volume characterization of sol-gel organic-inorganic hybrids, obtained by co-condensation of two ureasilicate stoichiometric precursors. *J. Appl. Polym. Sci.* 2021. Vol. 138. P. e50615.

## АНОТАЦІЯ

### ПРО КОРЕЛЯЦІЮ СІТКОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ МАТРИЦЬ ІЗ ПАРАМЕТРАМИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ БІОСЕНСОРІВ

У даній роботі досліджено вплив органічно-неорганічних уреасильних полімерів з різними прекурсорами (ICPTES+Jeffamine ED-600 та ICPTES+APTES) на біоаналітичні властивості електрохімічних біосенсорів. Параметри сконструйованих біосенсорів оцінювали за допомогою циклічної вольтамперометрії та хроноамперометричних вимірювань. Для порівняльного аналізу були враховані сіткові властивості (вільний об'єм і зшивання) досліджуваних полімерів, раніше вивчені методом часового розподілу анігіляційних фотонів (з англ. positron annihilation lifetime spectroscopy) та вимірювання набухання. Знайдено кореляцію сіткових властивостей полімерних матриць з параметрами електрохімічних біосенсорів, яка добре узгоджується з раніше наведеними даними для уреасильних композитів різної передісторії (свіжі та витримані зразки) та фотозшитих полімерів на основі епоксидованої лляної олії (ELO). Зроблено висновок, що зазначена кореляція має фундаментальне походження.

**Ключові слова:** полімери, позитронна анігіляція, вільний об'єм, зшивання, біосенсори.

## НОТАТКИ

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

# ACTA CARPETHICA

Збірник наукових праць

№ 1 (41), 2024

Здано до набору 15.05.2024 р. Підписано до друку 31.05.2024 р.  
Гарнітура Times New Roman. Формат 70×100/16.  
Друк офсетний. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 9,59. Зам. № 0524/381. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1  
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.