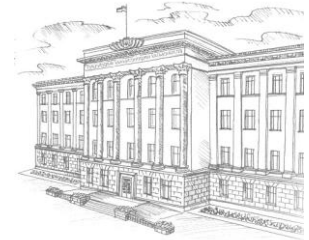


Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки є збірником наукових робіт, який містить результати досліджень та оглядові статті з біології. Збірник призначений для викладачів, наукових співробітників, аспірантів і студентів, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки. Публікуються статті українською, російською або англійською мовами, котрі відповідають вимогам й отримали позитивні рекомендації рецензентів. Періодичність серії – 2 рази на рік.

<b>Головний редактор</b>	<b>Коцан І. Я.</b> , доктор біологічних наук, професор, ректор, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:Kotsan.Ihor@eenu.edu.ua">Kotsan.Ihor@eenu.edu.ua</a> ( <i>Ігор Ярославович Коцан</i> )
<b>Відповідальний секретар</b>	<b>Мотузюк О. П.</b> , кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:lutskeeg@gmail.com">lutskeeg@gmail.com</a> ( <i>Олександр Петрович Мотузюк</i> )
<b>Члени редколегії</b>	<b>Іванців В. В.</b> , доктор біологічних наук, професор кафедри зоології, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:volodymyrivanziv57@gmail.com">volodymyrivanziv57@gmail.com</a> ( <i>Володимир Васильович Іванців</i> ) <b>Волгін С. О.</b> , доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:sergejvolgin@gmail.com">sergejvolgin@gmail.com</a> ( <i>Сергій Олександрович Волгін</i> ) <b>Шевчук М. Й.</b> , доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісового і садово-паркового господарства, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна ( <i>Михайло Йосипович Шевчук</i> ) <b>Лях Ю. Є.</b> , доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри здоров'я людини та фізичної реабілітації, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:Lyah.Yuriy@eenu.edu.ua">Lyah.Yuriy@eenu.edu.ua</a> ( <i>Юрій Єремійович Лях</i> ) <b>Моренко А. Г.</b> , доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:alevmore@gmail.com">alevmore@gmail.com</a> ( <i>Алевтина Григорівна Моренко</i> ) <b>Вірна Ж. П.</b> , доктор психологічних наук, професор, декан факультету психології, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:Virna.Zhanna@eenu.edu.ua">Virna.Zhanna@eenu.edu.ua</a> ( <i>Жанна Петрівна Вірна</i> ) <b>Макарчук М. Ю.</b> , доктор біологічних наук, професор, академік АН ВШ України, завідувач кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології», директор НДІ фізіології імені академіка Петра Богача, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна ( <i>Микола Юхимович Макарчук</i> ) <b>Мірошниченко М. С.</b> , доктор біологічних наук, професор, академік АН ВШ України, професор кафедри біофізики, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail: <a href="mailto:mirosh@bigmir.net">mirosh@bigmir.net</a> ( <i>Микола Степанович Мірошниченко</i> ) <b>Манько В. В.</b> , доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин, Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна, e-mail: <a href="mailto:vvmanko@lnu.edu.ua">vvmanko@lnu.edu.ua</a> ( <i>Володимир Васильович Манько</i> ) <b>Сухомлін К. Б.</b> , доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри зоології, Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна, e-mail: <a href="mailto:suhomlinkb@gmail.com">suhomlinkb@gmail.com</a> , ( <i>Катерина Борисівна Сухомлін</i> ) <b>Капліч В. М.</b> доктор біологічних наук, професор кафедри туризму, природокористування та мисливствознавства, Білоруський державний технологічний університет (Belarusian State Technological University) Мінськ, Білорусь, e-mail: <a href="mailto:kaplichvm@belstu.by">kaplichvm@belstu.by</a> ( <i>Валерій Михайлович Капліч</i> ) <b>Ценьов Г.</b> , доктор кафедри неврології та рухової активності, Університету Верони, Італія, e-mail: <a href="mailto:grygoriy.tsenov@gmail.com">grygoriy.tsenov@gmail.com</a> ( <i>Григорій Ценьов</i> )
<b>Адреса редколегії</b>	43024, Луцьк-24, просп. Волі, 13, Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки. Тел. +38(0332)249327; <a href="http://www.journalbio.eenu.edu.ua">www.journalbio.eenu.edu.ua</a> ; e-mail: <a href="mailto:lutskeeg@gmail.com">lutskeeg@gmail.com</a> .
<b>Рекомендовано</b>	Вченою радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 19 від 28.12.2017 р.)
<b>Зареєстровано</b>	Державною реєстраційною службою України. Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 14067-3038ПР від 21.05.2008 р.
<b>Атестовано</b>	Атестаційною колегією <i>Міністерства освіти і науки України додаток 8 до наказу № 1328 від 21.12.2015</i>
<b>Засновник та видавець</b>	Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки (43025, м. Луцьк, просп. Волі, 13)
<b>Виготовлювач</b>	Вежа-Друк (м. Луцьк, вул. Шопена, 1) Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України ДК № 4607 від 30.08.2013 р.



## ЗМІСТ

Серія: Біологічні науки, 2018, 4 (377)

### РОЗДІЛ I. БОТАНІКА

**Катерина Кирильчук, Микола Баштовий**

Комплексний аналіз популяцій *Trifolium pratense* L. на заплавах  
лісостепової зони України.....5

**Козак Юлія**

Структура адвентивної фракції флори заплавної екосистем міста Луцька  
та його околиць.....16

**Володимир Красовський, Таїсія Черняк, Олексій Зубенко**

Особливості просторового розподілу території Хорольського ботанічного  
саду.....27

**Ірина Логвиненко**

Степова рослинність на території Волинської височини та проблеми її  
охорони.....37

**Дмитрій Медведєв, Ніна Бісько**

Вплив температури на ріст і життєздатність міцелію штамів мікофільного  
Гриба *Cladobotryum dendroides*.....44

### РОЗДІЛ II. ЗООЛОГІЯ

**Катерина Сухомлін, Олександр Зінченко**

Про колекцію мошок (Simuliidae, Diptera) кафедри зоології  
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки .....48

**Павло Кобеза, Олександр Пахомов**

Грегарина *Gigaductus exiguus* (*Gigaductus*) паразитує в турунах  
*Calathus melanoccephalus* (*Carabidae*) в умовах центральної частини  
степової зони України.....58

**Павел Кобеза, Виктор Бригадиренко, Александр Пахомов**

Морфометрические особенности гregarин *Gigaductus exiguus* (Eugregarinorida, *Gigaductus*)  
кишечных паразитов *Pterostichus melas* (Coleoptera, *Carabidae*).....66

**Ольга Титюк, Ярослав Степанюк**

Новий тип розвитку нюхової розетки в анциструса звичайного

*Ancistrus dolichopterus*.....77

### РОЗДІЛ III. ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

**Дарина Білокур**

Показники неспецифічного антиінфекційного захисту в осіб із територій

поширеного радіоекологічного контролю Сумської області.....86

**Тетяна Вознесенська, Марія Ступчук, Оксана Калейнікова, Валентина Срібна,  
Тарас Блашків**

Вплив введення наночастинок срібла на ооцити й клітини їх фолікулярного

оточення в умовах експериментального гломерулонефриту.....92

**Надія Купиняк, Ірина Охай, Володимир Манько**

Мембранний потенціал мітохондрій за дії сураміну.....100

**Юлія Левадянська, Євдокія Решетнік, Станіслав Весельський, Петро Янчук**

Тканинне дихання в печінці та холесекреція за умов дії L-цистеїну.....108

**Ольга Коржик, Ольга Павлович, Сергій Бранюк, Алевтина Моренко**

Особливості електроміографічної активності дистальних м'язів кисті

у жінок із різною модальною  $\alpha$ -частотою .....115

**Liliia Yukhymenko, Mykola Makarchuk**

Methodical Approach to the Study of Intersystem Interaction

of Human Cardiovascular System and Brain.....122

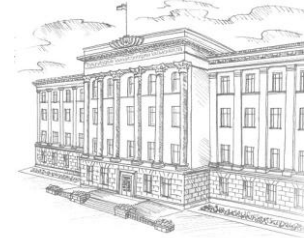
**Назарій Андреюк**

Метод створення вестибулярного навантаження та його вплив на

серцево-судинну систему фехтувальників.....133



*Lesya Ukrainka Eastern European National University  
Scientific Bulletin*



## **CONTENS**

*Series: Biological Sciences, 2018, 4 (377)*

### **SECTION I. BOTANY**

***Kateryna Kyrylchuk, Mykola Bashtovyi***

Complex Analysis of *Trifolium Pratense* L. Populations on the Floodplain  
Meadows of the Forest-Steppe Zone of Ukraine.....5

**Kozak Yulia**

Structure of the Adventive Fraction of the Flora of Floodplain Ecosystems  
of Lutsk City and its Environs.....16

***Volodymyr Krasovsky, Taisiya Chernyak, Oleksii Zubenok***

The Special Features of Space Dividing of Khorol Botanical Garden Territory.....27

***Iryna Lohvynenko***

The Prairie Vegetation of the Volynski Highlands and the Challenges of its Protection.....37

***Dmitrii Medviedev, Nina Bisko***

The Influence of Temperature on Growth and Vitality of Mycelia  
of Fungicolous Fungus *Cladobotryum Dendroides* Strains.....44

### **SECTION II. ZOOLOGY**

***Katetyna Sukhomlin, Oleksandr Zinchenko***

About the Black Flies (Diptera, Simuliidae) Collection  
of the Zoology Department in Lesya Ukrainka Eastern European National University.....48

**Pavlo Kobeza, Oleksandr Pakhomov**

Gregarina *Gigaductus Exiguus* (*Gigaductus*) Parasites *Calathus Melanocephalus*  
(*Carabidae*) in the Central Part of the Steppe Zone of Ukraine.....58

***Pavlo Kobeza, Viktor Brigadirenko, Oleksandr Pakhomov***

Morphometric Features of the *Gigaductus Exiguus* (Eugregarinorida, *Gigaductus*)  
Germinal Parasites *Pterostichus Melas* (Coleoptera, *Carabidae*).....66

***Olha Tytiuk, Yaroslav Stepanyuk***

New Type of Development of Olfactory Rosette of Bushymouth Catfish

*Ancistrus Dolichopterus*.....77

### **SECTION III. HUMAN AND ANIMALS PHYSIOLOGY**

***Daryna Bilokur***

Indicators of Nonspecific Anti-Infectious Protection of Individuals

in the Territories of Intensified Radioecological Control of the Sumy Region.....86

***Tatyana Voznesenskaya, Maria Stupchuk, Oksana Kaleinikova, Valentina Sribna,  
Taras Blashkiv***

Effect of Intravenous Treatment of Silver Nanoparticles on Oocytes and Cells

of Their Follicular Environment Under Conditions of Experimental Glomerulonephritis.....92

***Nadiya Kupynyak, Irina Okhai, Volodymyr Manko***

Effect of Suramin on Mitochondrial Membrane Potential.....100

***Yliya Levadianska, Evdokiya Reshetnik, Stanislav Veselsky, Petro Yanchuk***

Tissue Respiration in the Liver and Bile Secretion at the Action of L-Cysteine.....108

***Olga Korzhyk, Olga Pavlovykh, Sergiy Braniuk, Alevtyna Morenko***

Peculiarities of Electromyographic Activity of Hand's Distal Muscles

in Women With Different Modal  $\alpha$ -Frequency.....115

***Liliia Yukhymenko, Mykola Makarchuk***

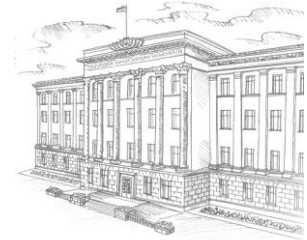
Methodical Approach to the Study of Intersystem Interaction

of Human Cardiovascular System and Brain.....122

***Nazariy Andreyuk***

Method of Creation of a Vestibular Load and its Influence

on Cardiovascular System of Fencers.....133



## РОЗДІЛ I

## Ботаніка

Серія: Біологічні науки, 2018, 4(377)

УДК 574.3:581.9

### Комплексний аналіз популяцій *Trifolium pratense* L. на заплавних луках лісостепової зони України

Катерина Кирильчук, Микола Баштовий

Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна

Адреса для листування: ekaterinakir2017@gmail.com

Отримано: 28.04.18; прийнято до друку: 06.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Заплавні луки, з одного боку, є цінними господарськими угіддями, а з іншого – резерватами лучного біорізноманіття. Для збереження таких екосистем, які перебувають під впливом інтенсивних антропогенних навантажень у вигляді випасання та сінокошення, важливою є розробка науково обгрунтованих підходів щодо їх нормування. Популяційний підхід є перспективним у розв'язанні цієї проблеми. Популяційні дослідження проводили на заплавних луках Лісостепу України на двох господарських градієнтах – на пасовищному (пасквальному) та сінокісному (фенісиціальному). Градієнт пасквальної дигресії включав п'ять ступенів: ПД0, або КД – контрольна ділянка (ділянки, на яких відсутні випасання й сінокошення); ПД1 – початкова стадія випасання; ПД2 – стадія помірного випасання; ПД3 – стадія сильного випасання (напівзбій); ПД4 – надмірне випасання (збій). Градієнт фенісиціальної – 4 ступеня: ФД0 (КД) – контрольна ділянка; ФД1 – початкова стадія (сінокошення один раз на рік); ФД2 – помірне сінокошення (сінокошення двічі на рік); ФД3 – надмірне сінокошення (багаторазове, неконтрольоване). Під час дослідження застосовували традиційні геоботанічні та популяційні методи. Періодизацію онтогенезу досліджуваного виду проводили з використанням літературних даних і власних спостережень. Інтегральну оцінку онтогенетичної структури здійснювали з використанням індексів І. М. Коваленка. В основу віталітетного аналізу покладено методіку Ю. А. Злобіна.

Бобові як важливий компонент лучного травостою збагачують ґрунт нітрогеном, а кормове сіно – протеїном. У статті проведено аналіз онтогенетичної й віталітетної структур особин популяцій *T. pratense* (*Fabaceae*) як основних елементів комплексного популяційного аналізу, який показав способи адаптації та пороги стійкості виду до випасання й сінокошення різного ступеня інтенсивності. Трансформація онтогенетичного спектра популяцій на останніх ступенях пасквального градієнта відбувається в напрямі збільшення частки особин постгенеративного періоду при одночасному зменшенні кількості передгенеративних, у результаті ускладнення процесу насінного розмноження при значному ущільненні ґрунту під впливом надмірного випасання. Сінокошення чинить більш м'який вплив, у популяціях зростає частка молодих особин у якості майбутнього резерву популяції. Віталітетна структура під впливом випасання змінюється значною мірою – у популяціях збільшується частка особин нижчого класу віталітету, вони переходять у категорію депресивних на останньому ступені (стадія збою). Загалом, *T. pratense* є достатньо стійким видом в умовах регульованих пасовищних і сінокісних навантажень. Порогами стійкості популяцій досліджуваного виду виступають навантаження, що характерні для ступенів КД (ПД0, ФД0), ПД1, ПД2, ФД1 та ФД2.

**Ключові слова:** онтогенетична та віталітетна структури, пасквальний і фенісиціальний градієнти, пороги стійкості виду, *Trifolium pratense*, бобові.

## Complex Analysis of *Trifolium Pratense* L. Populations on the Floodplain Meadows Of the Forest-Steppe Zone of Ukraine

Kateryna Kyrylchuk, Mykola Bashtovyi

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Correspondence: ekaterinakir2017@gmail.com

**Resume.** Floodplain meadows, on one hand, are valuable farmland, and on the other hand, are the reserves of meadow biodiversity. To conserve the meadow ecosystems that are under the influence of intensive anthropogenic impact in the form of grazing and mowing, it is important to develop scientifically sound approaches to their normalization. A population approach is promising in solving this problem. Population investigations were carried out at the floodplain meadows of the Forest-Steppe of Ukraine on two farming gradients – on pasture (pascual) and haymaking (fenisicial). The gradient of pascual digression included five stages: PD0, or CA – control area (areas where grazing and haymaking are absent); PD1 – initial stage of grazing; PD2 – stage of moderate grazing; PD3 – stage of strong grazing (half-failure); PD4 – excessive grazing (failure). Fenisicial gradient has 4 degrees: FD0 (CA) – control area; FD1 – initial stage (hay mowing once a year); FD2 – moderate hay mowing (hay mowing twice a year); FD3 – excessive hay mowing (multiple, uncontrolled). The traditional geobotanical and population methods were used during the study. Periodization of the ontogenesis of the studied species was based on literary data and own observations. Integral evaluation of the ontogenetic structure was based on the indexes of I. M. Kovalenko. At the base of the vital analysis Yu. A. Zlobin's method was used.

Legumes are an important component of meadow grass, enrich the soil with nitrogen, and fodder hay by protein. The article analyzes the ontogenetic and vitality structures of individuals of *T. pratense* populations (legumes species) as the main elements of complex population analysis, which showed the ways of adaptation and the thresholds of species resistance to grazing and mowing of varying degrees of intensity. Transformation of the ontogenetic spectrum of populations at the last stages of the pascual gradient occurs in the direction of increasing the proportion of individuals of the post-generative period, while reducing the number of pre-generative, as a result of the complication of the seed reproduction process, with considerable compaction of the soil under the influence of excessive grazing. Haymaking has a milder effect, in populations the proportion of young individuals increases as a future population reserve. The vitality structure under the influence of grazing is also changing to a large extent: in populations the proportion of individuals of the lower class of the vitality increases, they become depressed at the last stage (the stage of failure). In general, *T. pratense* is a fairly stable species under conditions of regulated pasture and haymaking loads. The thresholds of stability of the studied species populations are the loads characteristic for the stages – CA (PD0, FD0), PD1, PD2, FD1 та FD2.

**Key words:** pascual and fenisicial gradients, ontogenetic and vitality structures, thresholds of species resistance, *Trifolium pratense*, legumes.

### Вступ

Заплавні луки зазнають значного впливу, передусім, у вигляді випасання та сінокосіння, тому потребують науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх використання [1, 2]. Це необхідно для збереження біорізноманіття лучних екосистем, у складі яких зареєстровано близько 500 видів судинних рослин, що формують на території України 54 формації лучної рослинності. Угруповання, що формуються в заплавах річок, також є цінними господарськими

угіддями, джерелом повноцінного корму для тварин. Особливе місце в лучному травостой займають бобові, які збагачують ґрунт нітрогеном і є джерелом протеїну в кормовому сіні. Перспективним науковим напрямом в оцінці стану різних типів рослинності, у тому числі лучної, є популяційний підхід [3, 4, 5, 6, 7, 8]. Особливе значення має комплексний популяційний аналіз [3], який уключає всебічне вивчення популяційного життя виду, а саме його ростові та продукційні процеси, репродукцію, онтогенетичну, вікову, статеву, генетичну й віталітетні

структури. Саме такий підхід надає інформацію про механізми та пороги його стійкості в тих чи інших умовах зростання й дає змогу використовувати її в практичних цілях, у тому числі для розробки режимів користування природними заплавними луками. У зв'язку з цим обрана тематика є актуальною і з наукового, і з практичного погляду.

У межах популяційних досліджень існує значна кількість робіт щодо вивчення трансформацій життєвих форм [9], особливостей росту [10], репродукції [11, 12, 13, 14, 15], генетичної [16, 17], онтогенетичної [9, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29], статеві [21] й віталітетної структур [30, 31, 32, 33, 34] у різних умовах зростання, у тому числі й під впливом антропогенних факторів. Часто вивчення того чи іншого аспекту популяційного життя виду є частиною популяційних досліджень, так званого комплексного популяційного аналізу [33, 34, 35, 36, 37]. Огляд особливостей популяцій лучних рослин, який проведено Л. А. Жуковою [38], охоплює переважно злаки й різотрав'я, групу ж бобових вивчено незначною мірою. Більшість цих досліджень проведено на луках лісової зони Росії. Низка робіт стосується вивчення онтогенетичної [20, 18, 19, 36, 37] та віталітетної [36, 33, 34] структур популяцій деяких видів бобових, а також їхніх анатомічних особливостей на рівні популяцій [39], генетичної диференціації особин [40], росту й репродукції [41, 11, 33, 34]. У деяких із них проведено комплексний популяційний аналіз бобових [33, 34, 36, 37].

**Мета статті** – оцінка механізмів і порогів стійкості популяцій *Trifolium pratense* L. з урахуванням даних комплексного популяційного аналізу на заплавних луках лісостепової зони України в умовах пасовищних й сінокісних навантажень. Відповідно до мети – поставлено такі завдання: вивчити

особливості онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *T. pratense* як основних в оцінці їх стану на пасквальному й фенісиціальному градієнтах.

## Матеріали й методи досліджень

*Trifolium pratense* L. – типова багаторічна трав'яниста лучна рослина, домінування якої в складі травостою спільно зі злаками та різотрав'ям має періодичний характер [42], більшу роль має у формуванні рослинних угруповань на коротозаплавних луках. До випасання та сінокосіння є помірно стійким видом [42]. Дає сіно цінних кормових якостей, зелена маса містить 16,0–21,9 % сирого протеїну (за цим показником воно перевищує злакове в півтора рази). *T. pratense* – стрижневокореневий полікарпічний багаторічник із моноподіальним типом відновлення [42]. Суцвіття – головка, плід – одно- або двонасінний біб. Листки – трійчасті з прилистками й черешками різної довжини. В умовах Лісостепу розмножується виключно насіннєвим способом, на півночі відзначено вегетативне розмноження кореневими паростками [42].

Комплексний популяційний аналіз *T. pratense* проводили на заплавних луках Лісостепу України на градієнтах пасквальної та фенісиціальної дигресії. Градієнт пасквальної дигресії включав 5 ступенів – від ПД 0 (КД) до ПД4, фенісиціальної – 4 ступеня – від ФД0 (КД) до ФД3 [33, 34]. Під час дослідження використовували класичні геоботанічні й популяційні методи дослідження [43]. Періодизацію онтогенезу проводили з використанням літературних даних [44] і власних досліджень, урахуваючи особливості проходження онтогенезу *T. pratense* в умовах Лісостепу України. Інтегральну оцінку онтогенетичної структури здійснювали за допомогою індексів І. М. Коваленка [35]. Віталітетну



структуру вивчали за методикою Ю. А. Злобіна [3].

### Результати й обговорення

Онтогенез *T. Pratense*, відповідно до шкали періодизації Т. О. Работнова й О. О. Уранова, уключає десять онтогенетичних станів (рис. 1). Особини, що перебувають на останньому етапі свого розвитку (онтогенетичний стан sc), звичайно не зображуються через складність виявлення їх у складі рослинного угруповання.

Проростки (р) – сходи з двома м'ясистими овальними сім'ядолями. Гіпокотиль короткий, зеленуватий. Епикотиль нерозвинений. Початок появи першого простого листка. Головний корінь не галузиться.

Ювенільні рослини (j) – сім'ядолі зберігаються, але іноді частково підсихають, є 3–5 трійчастих листків. Найперший листок округло-серцеподібний, із яскраво вираженою виїмкою. Галуження відсутнє. Сформувалися бічні корені другого й третього порядків, на яких, як і на головному корені, з'явилися бульбочки.

Іматурні (im) – головний пагін не галузиться, але після появи 3–5 справжніх листків починають проростати бічні бруньки. Трійчасті листки дрібні. Корінь розгалужений.

Віргінільні (v) – листки дорослого типу. Крім головного пагона, можуть бути розеткові пагони другого порядку. Додаткових коренів немає. У нормальних умовах рослини перебувають у цій фазі не більше одного року.



Рис. 1. Періодизація онтогенезу *T. pratense*

Молоді генеративні ( $g_1$ ) – генеративних пагонів 2–3. Уперше зацвітають рослини у віці 2–8 років. Каудекс без ознак руйнування. Розвинені додаткові корені.

Середні генеративні ( $g_2$ ) – генеративних пагонів кілька десятків. Є вегетативні пагони другого й третього порядків. За рахунок контрактильної діяльності коренів сформовано коротке вертикальне кореневище (каудекс), яке частково занурене в ґрунт.

Старі генеративні ( $g_3$ ) – генеративні пагони нечисленні. Головний пагін відмирає, починається руйнування каудекса й головного кореня. Вегетують переважно бічні пагони.

Субсенільні (ss) – генеративних пагонів немає, трапляються поодинокі, погано розвинені суцвіття. Відбувається постгенеративна вегетація. Каудекс дуже

партикульований. Вегетативні пагони несуть подрібнені листки. Коренева система в основному складається з додаткових коренів.

Сенільні (s) – майже засохлі особини, що розпалися, із невеликою кількістю дрібних листків. Цей стан звичайно дуже нетривалий.

Онтогенетичний спектр *T. pratense* на контрольних ділянках нормальний, повночленний. Пік чисельності припадає на генеративні особини  $g_2$ . Генеративність таких популяцій 53 %, що пов'язано з достатньо тривалим періодом генеративності цього виду – до 10–12 років. Індекс відновлення – 44 %, індекс старіння – 12 %, що відповідає стабільним популяціям. Онтогенетична категорія, за Т. О. Работновим, – нормальна (табл. 1).

Таблиця 1

#### Індекси онтогенетичного складу популяцій

Ступені градієнта	$I_{\text{Відновлення}}$	$I_{\text{Генеративності}}$	$I_{\text{Старіння}}$	$I_{\text{Віковості}}$
<b>Пасквальний градієнт</b>				
ПД0	0,44	0,53	0,12	0,27
ПД1	0,56	0,44	0,06	0,11
ПД2	0,44	0,52	0,12	0,27
ПД3	0,19	0,77	0,42	2,20
ПД4	0,06	0,88	0,56	9,30
<b>Фенісіціальний градієнт</b>				
ФД0	0,44	0,53	0,12	0,27
ФД1	0,01	0,25	0,01	0,01
ФД2	0,84	0,16	0,04	0,05
ФД3	0,83	0,11	0,09	0,11

Онтогенетичний спектр *T. pratense* на пасовищах трансформується (рис. 2). У ньому зберігається пік чисельності на генеративних особинах, але спектр стає неповночленним: поступово з наростанням пасовищних навантажень із нього випадають передгенеративні особини – проростки, ювенільні та іматурні рослини. Підвищується частка особин постгенеративних онтогенетичних станів. Популяції переходять у категорію

регресивних. Схожа трансформація в онтогенетичних спектрах *T. pratense* відбувається й на сінокосах (рис. 3), але вона виражена менш різко та популяції звичайно зберігають характер нормальних, повночленних. Пік чисельності в них зміщується на передгенеративні особини (зазвичай іматурні), що є проявом адаптації, спрямованої на створення резерву догенеративних рослин у популяціях. У цілому як на пасовищах, так

і на сінокосах популяції *T. pratense* зберігаючи в онтогенетичному спектрі залишаються достатньо стійкими, представників різних онтогенетичних груп.

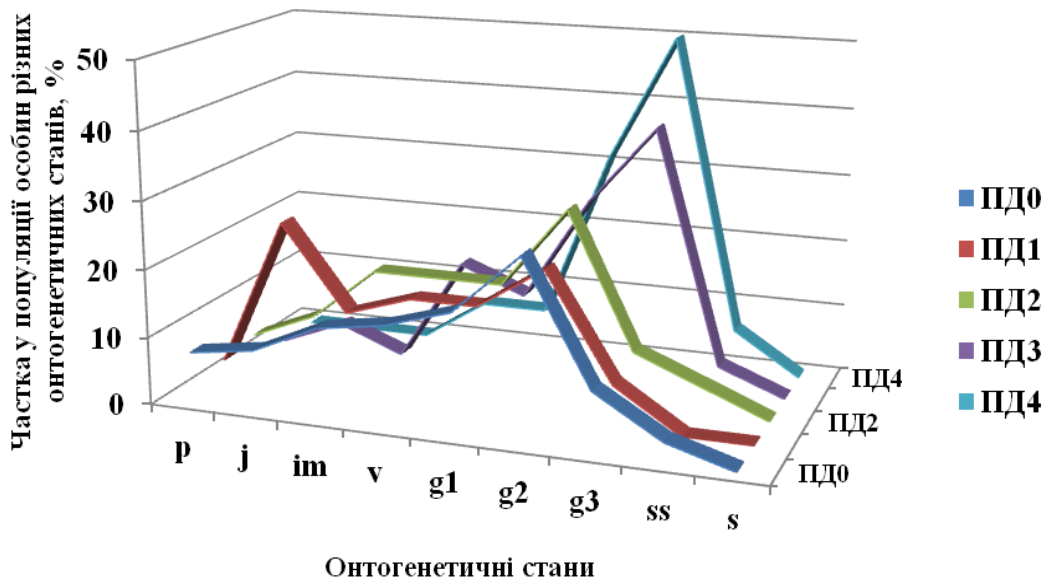


Рис. 2. Онтогенетичний спектр *T. pratense* на пасквальному градієнті

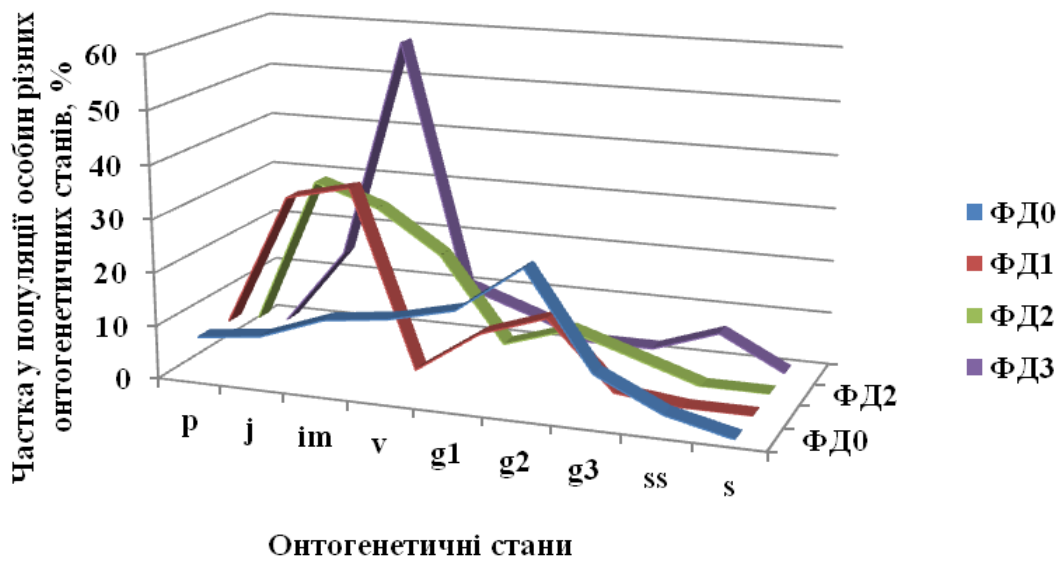


Рис. 3. Онтогенетичний спектр *T. pratense* на фенісиціальному градієнті

Аналізуючи онтогенетичну структуру популяцій *T. pratense* на основі зіставлення індексів відновлення та старіння як найважливіших характеристик, що демонструють зміни статусу популяцій під впливом дії стресових чинників, встановлено, що на пасовищному градієнті

спостерігається зниження індексу відновлення (табл. 1). Це свідчить про ускладнення насінневого розмноження, а також про руйнування ніш відновлення досліджуваного виду під впливом випасання. Як наслідок цього процесу, у популяціях зростають індекси старіння та

віковості (табл. 1). Це робить їх менш стійкими й частка бобового компонента, у тому числі й за рахунок *T. pratense*, знижується і за рахунок цього біологічного процесу. На сінокосах тенденції в змінах індексів відновлення та старіння в популяціях досліджуваного виду дещо інші. Це виражається в збереженні в популяціях певної частки особин передгенеративних онтогенетичних станів, а відповідно – у зростанні індексу відновлення. Індеси старіння та віковості за градієнтом фенісиціальної дигресії знижуються, що підтверджує більшу м'яку дію сінокошіння на досліджуваний вид, порівняно з випасанням.

### Віталітетна структура

Отримані дані щодо віталітетної структури популяцій *T. pratense* мають рівень статистичної достовірності на рівні 60–100 %. Особливості віталітетної структури показані на рис. 4 і 5. Віталітетні спектри в *T. pratense* на контрольних ділянках уключали понад 60 % особин вищого класу віталітету. Частка особин середнього класу складала всього 13 %, особин класу «с» було 27 %. Індекс якості популяції дорівнював 0,37, що відповідає процвітаючому типу популяції.

На пасквальному градієнті індекс якості популяцій знижується від КД до ПД4,

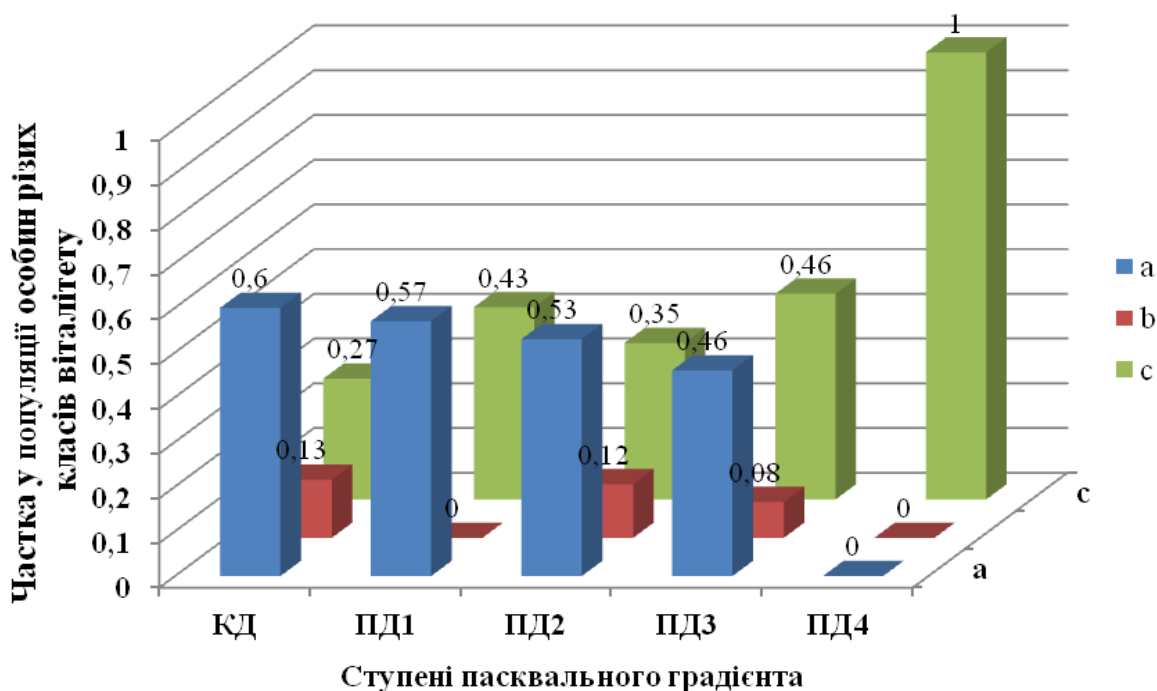


Рис. 4. Віталітетний спектр популяцій *T. pratense* на пасквальному градієнті

відповідно, від 0,37 (КД) до 0,29 (ПД1), 0,32 (ПД2), 0,27 (ПД3) та 0,00 (ПД4). Популяції спочатку переходять в категорію рівноважних на ПД1, ПД2, ПД3, а на стадії збою (ПД4) стають депресивними (рис. 4). У популяціях спостерігаємо поступове зниження частки особин класу «а», яка на останньому ступені градієнта дорівнює 0,00. Одночасно збільшується частка

особин класу «с» до 1,00 (статистична достовірність складає 73 %). На фенісиціальному градієнті індекс якості популяції (Q) також знижується, але меншою мірою – від 0,37 на КД до 0,26 (ФД1), 0,25 (ФД2) та 0,03 на ФД3. Як на ступені ФД1, так і ФД2 у популяції *T. pratense* частка особин вищого класу віталітету залишається досить високою на

рівнях 0,48 та 0,30 відповідно (рис. 5). На останньому ступені сінокісного градієнта частка особин класу «а» дорівнює 0,00. При цьому частка особин класу «с» зростає до 0,93 і популяції переходять до категорії

депресивних. На ступенях ФД1 та ФД2 популяції за віталітетним статусом залишаються рівноважними, що вказує на стійкість досліджуваного виду до одно- й дворазових сінокосінь.

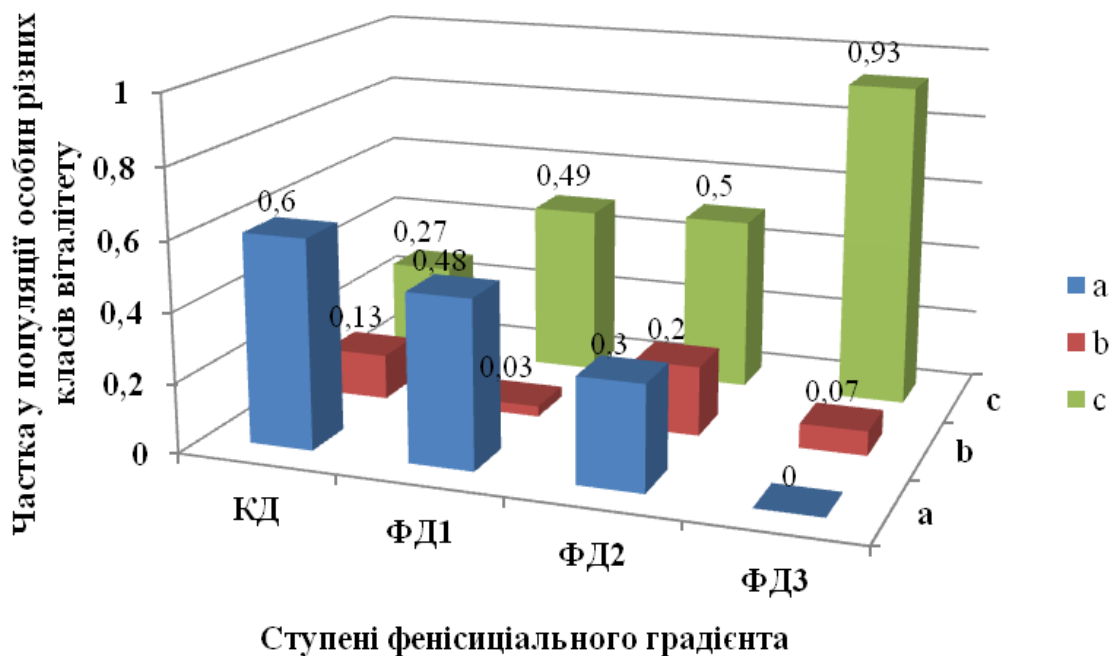


Рис. 5. Віталітетний спектр популяцій *T. pratense* на фенісіциальному градієнті

Результати аналізу віталітетної структури популяцій *T. pratense* свідчать про вразливість виду до надмірного випасання та багаторазових сінокосінь. Одночасно контрольовані навантаження позначаються на віталітетній структурі у вигляді змін у співвідношеннях між особинами різних категорій віталітету та зміни статусу популяцій на рівноважний, що відповідає досить стійкій позиції виду в угрупованні.

### Обговорення

Отримані результати дослідження особливостей онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *T. pratense* як одних з основних елементів комплексного популяційного аналізу на пасквальному й фенісіциальному

градієнтах багато в чому подібні до особливостей реагування популяцій інших видів лучних бобових (*Trifolium repens* L. [33] і *Medicago falcata* L. [34] на господарські навантаження. Так, онтогенетична структура *M. falcata* на пасовищному градієнті трансформується в бік її поступового переходу в категорію регресивних через значне зменшення передгенеративних особин при одночасному збільшенні частки постгенеративних. При цьому популяції *T. repens* зберігають статус рівноважних, навіть на стадії збою. Подібно до популяцій *T. pratense*, сінокісні навантаження також сприяють омолодженню популяцій як *M. falcata*, так і *T. repens* – у них збільшується частка особин передгенеративного періоду. Порівняно з *T. pratense* та *M. falcata*, популяції *T. repens*

виявляють значно більшу стійкість в умовах надмірного випасання й сінокосіння. Нормальні онтогенетичні спектри зі значною участю молодих особин фіксували в деяких видів бобових і в складі фітоценозів долини Середньої Лени (Росія) [18], і в умовах Криму [19], і в Республіці Марій-Ел [20]. На основі вивчення комплексу організових і популяційних ознак *Hedysarum alpinum* (Fabaceae) в умовах Байкальського Сибіру встановлено високу толерантність цього виду, що проявляється в його здатності зростати як у сприятливих умовах (в умовах заплавної луки), так і в умовах вічної мерзлоти під впливом значного антропогенного впливу, коли у виду включаються різні адаптаційні механізми [45, 46]. У віталітетній структурі популяцій *M. falcata* на обох градієнтах відбуваються зміни, подібні до змін, що характерні для популяцій *T. pratense* поступово вони переходять у категорію депресивних [34]. Подібні трансформації спостерігали і в популяціях інших видів бобових в умовах значних пасовищних навантажень. Так, віталітетний статус популяцій *Gueldenstaedtia monophylla* в умовах пустельних степів північно-західної Монголії [37] та популяцій *Oxytropis sulphurea* [36] в умовах Рудного Алтаю та хребта Саур також змінювався з процвітаючого на депресивний. Водночас віталітетний статус популяцій *T. repens* зберігається рівноважним навіть в умовах надмірного випасання й безконтрольного сінокосіння [33], що свідчить про виражену стійкість цього виду. Загалом, на основі отриманих результатів аналізу онтогенетичної та віталітетної структур бобові проявляють високу толерантність стосовно різних видів навантажень, у тому числі господарських.

## Висновки

Аналіз онтогенетичної та віталітетної структур популяцій *T. pratense*, як ключових елементів комплексного

популяційного аналізу показав способи адаптації та пороги стійкості виду до випасання й сінокосіння різної інтенсивності. Трансформація онтогенетичного спектра популяцій на останніх ступенях пасквального градієнта відбувається в напрямі збільшення частки особин постгенеративного періоду при одночасному зменшенні кількості передгенеративних, у результаті ускладнення процесу насінневого розмноження при значному ущільненні ґрунту в умовах надмірного випасання. Сінокосіння має більш м'який вплив, у популяціях зростає частка молодих особин як майбутній резерв популяції. Віталітетна структура під впливом випасання змінюється також значною мірою – у популяціях збільшується частка особин нижчого класу віталітету, вони переходять у категорію депресивних на стадії збою. Загалом, *T. pratense* є достатньо стійким видом в умовах регульованих пасовищних і сінокісних навантажень. Порогами стійкості популяцій досліджуваного виду виступають навантаження, що характерні для ступенів – КД (ПД0, ФД0), ПД1, ПД2, ФД1 та ФД2. Важливо контролювати господарські навантаження для збереження високої частки бобового компонента, зокрема за рахунок *T. Pratense* в складі лучних рослинних угруповань.

## Література

1. Huhta, Ari-Pekka; Rautio, Pasi. Flood meadows in Finland – their development during the past century. *Nordic Journal of Botany*. 2014, 32(6), pp 858–870.
2. Szykh, A. P. Determination of the Degree of Pasture Factor Digestion in the Communities of Environment Contact Sites (Some Methodological Approaches). *Open Access Library Journal*. 2016, 3(9), pp 1–4.
3. Злобин, Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста: монография; Университетская книга: Сумы, 2009; 263 с.
4. Жилиев, Г. Г. Жизнеспособность популяций растений; НАН Украины: Львов, 2005; 304 с.

5. Gibson, D. J. *Methods in Comparative Plant Population Ecology*. Oxford Univ. Press: New York, 2014; 320 p.
6. McCall, A. C. *Plant Population Ecology*. Oxford Univ. Press: New York, 2017.
7. Cheplick, G. P. Population differentiation in the tiller architecture of *Microstegium vimineum* (Poaceae) in relation to habitat. *Plant Species Biology*. 2014, 30(1), pp 16–27.
8. Cheplick, G. P. Responses of native plant populations on an unprotected beach to disturbance by storm-induced overwash events. *Plant Ecology*, 2016, 218(2), pp 105–118.
9. Асташенков, А. Ю.; Черемушкина, В. А.; Гребенюк, А. В.; Джуманов, С. Трансформация жизненных форм и онтогенетическая структура ценопопуляций *Nereta pulchella* Pojark. в условиях Аксу-Жабаглинского заповедника. *Сибирский экологический журнал*. 2017, 6; с 758–771.
10. Коровякова, Т. О. Особенности продукционного процесса та росту *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) на заплавах луках річки Псел. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2010, 6(4), с 439–448.
11. Бондарева, Л. М., Кирильчук К. С., Коровякова Т. О. Репродуктивне зусилля основних господарських груп лучних рослин на заплавах луках Північного Сходу України в умовах пасквального та фенісіального навантаження. *Вісник Сумського НАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2012, 9(24), с 3–6.
12. Correia, M.; Castro, S.; Ferrero, V.; Crisóstomo, J. A.; Rodríguez-Echeverría, S. Reproductive biology and success of invasive Australian acacias in Portugal. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2014, 174(4), pp 574–588.
13. Correia, M.; Castro, S.; Rodríguez-Echeverría, S. Reproductive success of *Acacia longifolia* (Fabaceae, Mimosoideae) in native and invasive populations. *Australian Journal of Botany*. 2015, 63(5), pp 387–391.
14. Tsaliki, M.; Diekmann, M. Population size, pollination and reproductive success in two endangered *Genista* species. *Flora*. 2011, 206(3), pp 246–250.
15. Hölzel, N.; Otte, A. Assessing soil seed bank persistence in flood-meadows: The search for reliable traits. *Journal of Vegetation Science*. 2004, 15(1), pp 93–100.
16. Tyagi, A.; Singh, S.; Mishra, P.; Singh, A.; Tripathi, A. M.; Jena, S. N.; Roy, S. Genetic diversity and population structure of *Arabidopsis thaliana* along an altitudinal gradient. *AoB Plants*. 2016, 8(1), pp 1–17.
17. Cires, E.; Pérez, R.; Bueno, Á.; Fernández Prieto, J.A. Genetic diversity in peripheral and central populations of the Cantabrian endemism *Genista legionensis* (Pau) M. Lánz (Fabaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 2013, 70(1), pp 91–96.
18. Атласова, Л. Г. Состояние ценопопуляций некоторых видов семейства *Fabaceae* в условиях долины средней Лены. *Научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2017, 130(06), с 1–15.
19. Брынза, Е. А.; Корженевский В. В. Онтогенетическая структура популяций *Onobrychis miniata* (Fabaceae) в Крыму. *Растительный мир Азиатской России*. 2017, 2, с 19–26.
20. Гаврилова, М. Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций ракичника русского в республике Марий Эл. *Вестник ОГУ*. 2009. 4, с 117–121.
21. Гордеева, Н. И. Онтогенетическая и половая структура ценопопуляций *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae). *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки*. 2015, 5, с 13–19.
22. Дайнеко, Н. М.; Тимофеев, С. Ф.; Булохов, А. Д.; Панасенко, Н. Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Solidago gigantea* L. в районах Гомельской области Беларуси, приграничных с территорией Брянской области России. *Бюллетень Брянского отделения Российского ботанического общества*. 2017, 3(11), с 44–48.
23. Маслова, Н. В.; Мулдашев, А. А.; Елизарьев, О. А.; Тьютинова, Н. М. Онтогенетическая структура ценопопуляций эндемичного вида *Oxytropis hippolyti* Boriss. на горе Измаилка Башкирского Предуралья. *Ekobiotech*. 2018, 1(1), с 6–13.
24. Семенов, Н. Ю.; Невзоров, А. В.; Шатаханов, Б. Д. Состояние и онтогенетическая структура ценопопуляций *Iris pseudocorus* L. в условиях Саратовской области. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2017, 22(5–1), с 989–992.
25. Семенов, В. В.; Данилова, Н. С. Онтогенез и структура ценопопуляций *Clausia aprica* (Steph.) Korn.-Tr. в условиях культуры и природы Центральной Якутии. *Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии*. 2017, 2(38), с 85–89.
26. Таловская, (Колегова), Е. В. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Thymus baicalensis* (Lamiaceae) на юге Сибири. *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2016, 1(33), с 39–49.
27. Черемушкина, В. А.; Кулаев Ш. Д.; Асташенков, А. Ю.; Бобоев, М. Г. Морфогенез и онтогенетическая структура ценопопуляций *Allium macleanii* (Amaryllidaceae) в Таджикистане. *Сибирский экологический журнал*, 2017, 2, с 43–49.
28. Kolegova, E. V.; Cheryomushkina, V. A. Ontogenetic structure and assessment of state of *Thymus mongolicus* (Lamiaceae) coenopopulations in

southern Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*. 2015, 8(2), pp 155–161.

29. Borkowska, L.; Dzido-Kryńska, A.; Kasprzykowski, Z. The regressive *Cirsium rivulare* population in an unmown meadow in Białowieża National Park: Influenced by other clonal plants and necromass. *Flora*. 2014, 209(3-4), pp 209–214.

30. Vöge, M. Monitoring the vitality of *Isöetes lacustris* by using a non-destructive method. *Limnol. Revie*, 2014, 14(3), pp 153–158.

31. Дегтярьов, В. М.; Скляр, В. Г. Віталітетна структура популяцій *Quercus robur* на початкових етапах онтогенезу. *Вісник Дніпровського університету*. 2015, 23(2), с 105–111.

32. Шерстюк, М. Ю. Аналіз віталітетної структури ценопопуляцій *Shimaphila umbellata* (L.) W. Barton у лісових фітоценозах Новгород-Сіверського Полісся. *ScienceRise. Biological Science*. 2017, 1(4), с 40–45.

33. Кирильчук, К. С. Популяційна структура *Trifolium repens* L. на заплавах р. Псел (лісостепова зона, Україна) в умовах пасквальних та фенісіціальних навантажень. *Популяційна екологія рослин: сучасний стан, точки росту*. 2012, СНАУ: Суми, с 302–310.

34. Кирильчук, К. С. Популяційна структура *Medicago falcata* L. на заплавах луках лісостепової зони в умовах пасовищних та сінокісних навантажень. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Біологія»*. 2014, 20(1100), с 305–314.

35. Коваленко, І. М. Популяції *Calluna vulgaris* (L.) Hull. в лісових фітоценозах Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» (Сумська область, Україна). *Чорноморський ботанічний журнал*. 2015, 11(4), с 438–448.

36. Селютіна, І. Ю.; Зибзеев, Е. Г. Онтогенетическая структура и жизнеспособность ценопопуляций *Oxytropis sulphurea* (Fisch. ex DC.) Ledeb. в различных эколого-центрических условиях Рудного Алтая и хребта Саур. *Сибирский экологический журнал*. 2016, 3, с 422–435.

37. Селютіна, І. Ю.; Кониченко, Е. С.; Дариханд, Д.; Зибзеев, Е. Г. *Gueldenstaedtia monophylla* (Fabaceae) в Северо-Западной Монголии: распространение, жизнеспособность, онтогенетическая и пространственная структура популяций. *Сибирский экологический журнал*. 2017, 2, с 27–35.

38. Жукова, Л. А. *Популяционная жизнь луговых растений*. Ланар: Йошкар-Ола, 1995, 224 с.

39. Ranjbar, M.; Hajmoradi, Z. Comparative leaf epidermis and anatomical study in populations of *Trigonella spruneriana* (Fabaceae) from Iran. *Webbia*. 2016, 71(1), pp 107–115.

40. Kade, M.; Pagani, E. A.; Mendoza, R. E. A morphological study of populations of *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae). *Agronomie*. 2003, 23(3), pp 203–207.

41. Peruzzi, L.; Gestri, G.; Pierini, B. Morphological variation in *Astragalus muelleri* (Fabaceae) from Balkan and Italian populations. *Flora Mediterranea*. 2014, 24, pp 233–238.

42. Крылова, Н. П.; Работнов, Т. А. *Клевер луговой. Биологическая флора Московской области*; МГУ: Москва, 1975; Вып. 2; с 89–101.

43. Злобін, Ю. А.; Сляр, В. Г.; Бондарева Л. М.; Кирильчук, К. С. Концепція морфометрії у сучасній ботаніці. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2009. 5(1); с 5–22.

44. Бахматова, М. П.; Матвеев А. Р. *Клевер луговой (красный) (Trifolium pratense L.)*. *Диагнозы и ключи возрастных состояний луговых растений*. Часть 2; Москва, 1983; с 69–75.

45. Карнаухова, Н. А., Санданов, Д. В. Сравнительная оценка популяционной стратегии *Hedysarum alpinum* L. (Fabaceae) в Байкальской Сибири. *Сибирский экологический журнал*. 2015, 22(6), с 875–882.

46. Карнаухова, Н. А. Оценка состояния популяций *Hedysarum austrosibiricum* (Fabaceae). *Растительный мир Азиатской России*. 2018, 1, с 9–13.





УДК 574.3:581.9

## Структура адвентивної фракції флори заплавних екосистем міста Луцька та його околиць

Козак Юлія

Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, Луцьк, Україна  
Адреса для листування: Yuliakozak@ukr.net

Отримано: 04.04.18; прийнято до друку: 06.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Проблемою урбанізації є зростання кількості адвентивних видів, що призводить до зменшення частки аборигенних видів. Вивчення заносних видів має велике практичне значення, оскільки більшість із них – бур'яни сільськогосподарських культур, отруйні рослини та види із високою інвазійною спроможністю.

Вивчення флори досліджуваних угруповань проводили традиційним маршрутно-рекогносцированим методом. Під час польових досліджень зібрано гербарну колекцію судинних рослин.

За результатами досліджень частка адвентивної фракції флори міста Луцька нараховує 121 вид судинних рослин (88,3 % від загальної кількості адвентивних видів, установлених на досліджуваних територіях), вони належать до трьох класів; 26 порядків; 33 родин і 91 роду. В ієрархії таксонів провідне місце належить класу *Magnoliosida* (126 таксонів, або 92,71 %). Найбагатшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae* – 33 види (26,19 %). Друге й третє місця відповідно, займають родини *Fabaceae* і *Lamiaceae* (12 видів, 9,52 % й 11 видів, 8,73 %). Двадцять три родини класу *Magnoliosida* (або 74,19 %) у досліджуваній ценофлорі є одновидовими, а монотипні роди складають 25,25 %. Річкові заплави Луцька є потужним центром концентрації адвентивних рослин (45,50 % від загальної кількості видів); у систематичній структурі адвентивної ценофлори заплав чисельно переважає декілька родин, більшість із яких одновидові; за хроноелементом простежуємо переважаання археофітів.

У структурі адвентивної ценофлори переважають євроазійський (31 вид, 25,6 %), голарктичний (23 види, 19 %), космополітний (8 видів, 6 %) та євроазіатсько-північноафриканський і північноамериканські види (по 6 видів, 4,9 % відповідно).

Найчисельнішою групою щодо вологи є ксеромезофіти – 49 видів (40,5 %) та мезофіти – 43 види (35,5 %). Відносно світла чисельно переважають геліофіти – 59 видів (48,7 %) і сціогеліофіти – 45 видів (37,1 %). Співвідношення дерев'янистих рослин до трав'янистих становить 1:13,7.

У складі адвентивної фракції за способом дисемінації найчисельніші анемохори, ендозоохори, барохори та зоохори. Заносні види інтенсивно впроваджуються в регіональну флору, натуралізуються й стають її невід'ємним компонентом.

Знання видового складу адвентивної фракції заплавної флори м. Луцька та його околиць, біологічні й ценотичні особливості цих видів, міграційні можливості, здатність до натуралізації допоможуть виявити тенденції розвитку заплавної ценофлор, збереження їхніх унікальних екосистемних функцій.

**Ключові слова:** Луцьк, адвентивні види, судинні рослини, систематичний аналіз, урбанізація.

## Structure of the Adventive Fraction of the Flora of Floodplain Ecosystems of Lutsk City and its Environs

Kozak Yulia

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine

Correspondence: Yuliakozak@ukr.net

**Resume.** The problem of urbanization lies in increasing of the number of adventive species, which leads to a decrease of the share of aboriginal ones. The study of alien species is of great practical importance, since most of them are weed crops, poisonous plants and species with high invasive capacity.

The study of the flora of floodplain communities was conducted by traditional route and reconnoitring methods. A herbarium collection of vascular plants has been prepared during the field research.

According to the obtained results, the share of the adventive flora fraction of Lutsk city comprises 121 species of vascular plants (88,3 % of the total number of adventive species of the studied territories), belonging to 3 classes; 26 orders; 33 families and 91 genera. The leading place in the taxonomic hierarchy belongs to the *Magnoliopsida* class (126 taxa or 92,71 %). The family *Asteraceae* is characterized by the richest species diversity – 33 species (26,19 %). The second and third places belong to *Fabaceae* and *Lamiaceae* respectively (12 species or 9,52 % and 11 species, 8,73 % respectively). Twenty-three families of *Magnoliopsida* (or 74,19 %) in the studied cenoflora are represented by only single species and monotypic genera form 25,25 %. The river flood plains of Lutsk city form a powerful center of concentration of adventive plants (45,50 % of the total number of species); several families predominate in the systematic structure of the adventive cenoflora of the flood plains, most of which are represented by single species; the prevalence of archeophytes is observed.

The structure of the adventive cenoflora is dominated by Eurasian (31 species, 25,6 %), Holarctic (23 species, 19 %), cosmopolitan (8 species, 6 %) and Euro-Asiatic-North African and North American species (6 species each, 4,9 % respectively).

The most abundant groups according to the moisture regime are xeromesophytes – 49 species (40,5 %) and mesophytes – 43 species (35,5 %). As for the light regime the most numerous are heliophytes – 59 species (48,7 %) and sciopheliophytes – 45 species (37,1 %). The ratio of trees to herbaceous plants is 1: 13.7.

Regarding the ways of seed dispersal the most numerous groups in the adventive fraction are: anemochores, endozoochores, barochores and zoochores. The alien species are intensively introduced and naturalized into the regional flora and are becoming its integral component.

Knowledge of the species composition of the adventive fraction of the flood plain flora of Lutsk city and its suburbs, biological and cenotic features of these species, their migratory opportunities and naturalization ability will help to clarify the trends in the development of flood plain cenofloras, as well as preserving their unique ecosystem functions.

**Key words:** Lutsk, adventive species, vascular plants, systematic analysis, urbanization.

### Вступ

Світовий феномен урбанізації – формування мегалополісів і стрімке зростання великих міст, невідпинне збільшення міського населення – привертає увагу дослідників та громадськості, оскільки безпосередньо впливає на всі компоненти природи, а особливо фітобіоту міста [1, 2].

Застосування не завжди екологічно обгрунтованих заходів і посиленій антропогенний пресинг призводить до трансформації умов виростання рослинних

угруповань та їх деградації, що призводить до перебудови цілих природно-територіальних комплексів і зменшення частки аборигенних видів. Проблемою урбанізації є зростання кількості адвентивних видів. Це явище набуває катастрофічного характеру. Вивчення заносних видів має велике практичне значення, оскільки більшість із них – бур'яни сільськогосподарських культур, отруйні рослини та види із високою інвазійною спроможністю [3–6].

Занесення нових адвентивних видів продовжується, але вторгнення цих видів

не змінює поки що загальний вигляд рослинного покриву антропогенних екотопів і не впливає суттєво на загальний баланс між видами адвентивної флори регіону [7, 8]. Динаміка її прийняла зараз нові форми й виражається в основному в розширенні спектра місцезростань, широкому обміну видами між антропогенними флороценокомплексами, у посиленні ступеня натуралізації багатьох видів та їх ролі в регіональній флорі [1].

Знання видового складу адвентивної фракції заплавної флори м. Луцька і його околиць, біологічні та ценотичні особливості цих видів, міграційні можливості, здатність до натуралізації в цих умовах допоможуть виявити тенденції розвитку заплавних рослинних угруповань, збереження їх унікальних екосистемних функцій.

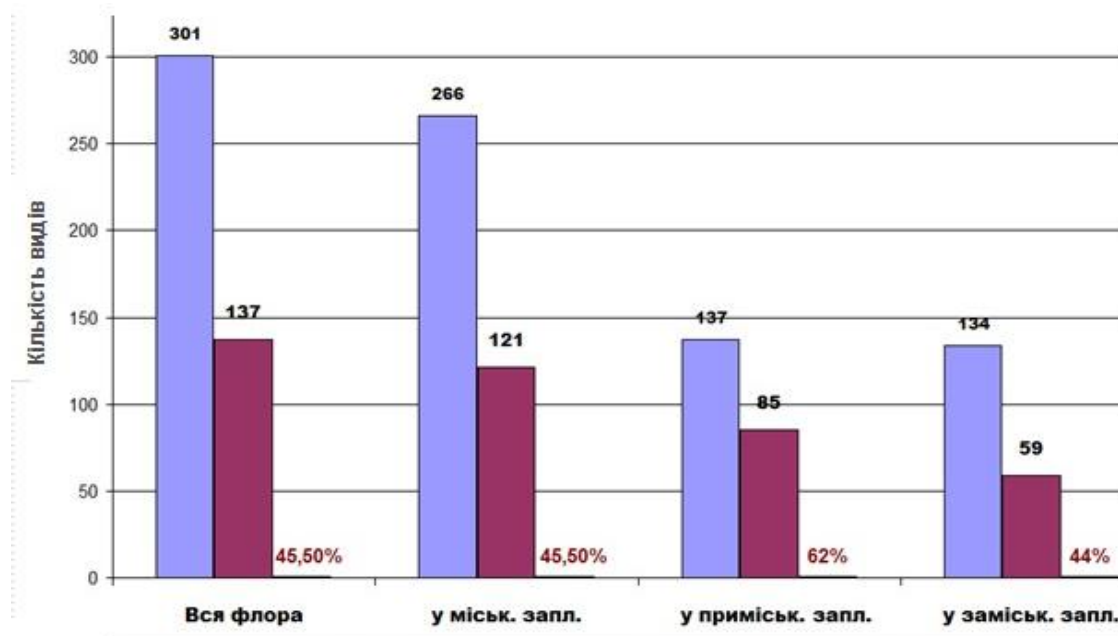
Місто Луцьк лежить на берегах річки Стир, на межі Волино-Подільської височини та Поліської задрової низовини. Рельєф злегка горбистий, почленований ярами й балками, долинами річок. Перевищення відносних висот – 30–40 м. Долина річки Стир заплавного типу,

трапецієподібної форми. Клімат помірний, вологий, із м'якою зимою, нестійкими морозами, частими відлигами, нежарким літом, затяжними весною та осінню. Пересічна температура січня – 4,9° С, липня + 18,6° С. За рік у середньому випадає 550 мм опадів [9, 10].

### Матеріали й методи досліджень

Вивчення адвентивної фракції проводили як частину спеціальних польових досліджень заплавних рослинних екосистем 2012–2016 рр. Вивчення флори досліджуваних угруповань проводили традиційним маршрутно-рекогносцированим методом. Охоплено всі головні ландшафтні виділи з різним ступенем і способами антропогенного навантаження, з урахуванням впливу орографічних умов та величини русла річки.

Під час польових досліджень зібрано гербарну колекцію судинних рослин. Матеріали зберігаються в гербарії Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.



45,50 %...%,...%, ...% – частка адвентивної фракції від загальної кількості видів у ценофлорі

Рис.1. Частка адвентивної фракції флори в різних типах ценофлор заплавних угруповань міста Луцька

## Результати

За результатами наших досліджень частка адвентивної фракції флори в заплавах міста Луцька та його околиць представлена 137 видами (45,50 %, частка адвентивної фракції флори від загальної кількості видів у ценофлорі) [11–16]. 121 вид (45,50 %) виявлено в міській заплаві (рис. 1). Відносно виявлених 507 адвентивних видів (38,9 %) у флорі Волинської області (1272 види) їх частка у міських заплавах ценофлорах дещо збільшена [17, 18].

Частка адвентивної фракції в різних

типах ценофлор представлена пропорційно до природної флори (близько 45 %), лише в приміській зоні вона становить 62 %. Очевидно, поширюючись на приміську заплаву, адвентивні види не витримують конкуренції природних видів, умов виростання й далі не поширюються. І вже в замиській заплаві частка адвентив стабілізується.

Адвентивна флора заплів міста Луцька нараховує 121 вид судинних рослин 88,3 % від загальної кількості адвентивних видів, установлених на досліджуваних територіях, вони належать до трьох класів; 26 порядків; 33 родин та 91 роду (табл. 1).

Таблиця 1

### Кількісний розподіл таксономічних одиниць в адвентивній ценофлорі заплів Луцька

Тип заплави	Клас	Порядок	Родина	Рід	Вид
уся адвентивна фракція	3	26	35	100	137
%	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
міська	3	26	33	91	121
%	100,00	100,00	94,28	91,00	88,30
приміська	3	23	29	65	85
%	100,00	88,4	82,85	65,0	62,0
замиська	3	20	17	49	59
%	100,00	76,9	48,6	49,0	43,03

Збільшення урбогенного пресу від замиських до міських заплів супроводжується збільшенням чисельності видів адвентивної флори. У місті спостерігаємо збільшення адвентив як у межах родин, родів, так і видів. Кількість родин видів адвентивної ценофлори збільшується на 16 од. (45,68 %) до кількості родин за містом. Кількість родів адвентив зростає на 42 %, а видів – на 45,3 %. При цьому 31 вид адвентивної ценофлори є спільним для досліджуваних типів річкових заплів. Серед них – *Acer negundo* L., *Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.,

*Arctium lappa* L., *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Equisetum arvense* L., *Galium aparine* L., *Galium rivale* (Sibth. Et Smith) Griseb., *Glechoma hederacea* L., *Inula britannica* L., *Lactuca serriola* Torner, *Lolium perenne* L., *Lycopus europaeus* L., *Pastinaca sylvestris* Mill., *Plantago major* L., *Potentilla anserina* L., *Ranunculus repens* L., *Rumex confertus* Willd., *Rumex crispus* L., *Salix fragilis* L., *Solanum dulcamara* L., *Solidago canadensis* L., *Sonchus arvensis* L., *Stachys palustris* L., *Stenactis annua* Nees, *Taraxacum*

*officinale* aggr., *Trifolium repens* L., *Urtica dioica* L.

В ієрархії таксонів провідне місце належить класу *Magnoliopsida*, оскільки більшість видів адвентивної ценофлори Луцька входить саме до цього класу (126 таксонів, або 92,71 %). Найбагатшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae* – 33 види (26,19 %).

Друге та третє місця, відповідно, займають родини *Fabaceae* і *Lamiaceae* (12 видів, 9,52 % й 11 видів, 8,73 %). Перші шість родин об'єднують 81 вид, що становить 64,28 %, 56 родів, 62,23 %. Двадцять три родини класу *Magnoliopsida* (або 74,19 %) у досліджуваній ценофлорі є одновидовими, а монотипні роди складають 25,25 % (14 родів) (табл. 2).

Таблиця 2

Кількісний розподіл таксономічних одиниць у флорі заплав міста Луцька

№ п/п	Клас	Назва родин	Кількість родів	%	Кількість видів	%
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Magnoliopsida</b>	Apiaceae	7	7,69	7	5,79
		Asteraceae	22	24,18	29	23,97
		Brassicaceae	5	5,49	5	4,13
		Amaranthaceae	1	1,10	2	1,65
		Caryophyllaceae	4	4,40	5	4,13
		Chenopodiaceae	2	2,20	3	2,48
		Oxalidaceae	1	1,10	2	1,65
		Cornaceae	1	1,10	1	0,83
		Caprifoliaceae	1	1,10	1	0,83
		Fabaceae	5	5,49	9	7,44
		Geraniaceae	1	1,10	1	0,83
		Balsaminaceae	1	1,10	1	0,83
		Lamiaceae	8	8,79	9	7,44
		Oleaceae	2	2,20	2	1,65
		Onagraceae	1	1,10	1	0,83
		Papaveraceae	1	1,10	1	0,83
		Cucurbitaceae	2	2,20	2	1,65
		Convolvulaceae	1	1,10	1	0,83
		Boraginaceae	1	1,10	1	0,83
		Polygonaceae	2	2,20	9	7,44
		Primulaceae	1	1,10	1	0,83
		Ranunculaceae	1	1,10	2	1,65
		Rosaceae	5	5,49	6	4,96
		Rubiaceae	1	1,10	2	1,65
		Salicaceae	1	1,10	1	0,83
		Aceraceae	1	1,10	2	1,65

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
		Plantaginaceae	1	1,10	2	1,65
		Scrophulariaceae	1	1,10	1	0,83
		Solanaceae	1	1,10	2	1,65
		Urticaceae	1	1,10	1	0,83
		<b>Усього:</b>	<b>83</b>	<b>91,21</b>	<b>112</b>	<b>92,56</b>
<b>2</b>	<b>Liliopsida</b>	Juncaceae	1	1,10	1	0,83
		Poaceae	6	6,59	7	5,79
		<b>Усього:</b>	<b>7</b>	<b>7,69</b>	<b>8</b>	<b>6,61</b>
<b>3</b>	<b>Equisetopsida</b>	Equisetaceae	1	1,10	1	0,83
		<b>Усього:</b>	<b>1</b>	<b>1,10</b>	<b>1</b>	<b>0,83</b>
		<b>РАЗОМ:</b>	<b>91</b>	<b>100</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>

Географічний аналіз проведено за розподілом видів за типами ареалів, при цьому використано класифікацію Г. Мойзеля (1965).

У результаті аналізу виділено основні типи ареалів адвентивних видів (табл. 3). Визначено, що в структурі адвентивної

ценофлори міської заплави Луцька переважають євроазійський (31 вид, 25,62 %), голарктичний (23 види, 19,01 %), космополітний (8 видів, 6,61 %) та євроазіатсько-північноафриканський і північноамериканські види (по 6 видів, 4,96 % відповідно).

Таблиця 3

Основні типи ареалів адвентивних видів у ценофлорих заправ міста Луцька

№ з/п	Тип ареалу	Міська ценофлора		Приміська ценофлора		Заміська ценофлора	
		од.	%	од.	%	од.	%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Гемікосмополітичний	0	0,00	0	0,00	1	1,69
2	Голарктичний	23	19,01	17	20	10	16,95
3	Європейсько-Сибірський	0	0,00	0	0,00	4	6,78
4	Євро-Сибірсько-Середньоазіатський	0	0,00	0	0,00	2	3,39
5	Євроазійський	31	25,62	23	27,06	17	28,81
6	Євро-Середньоазіатський		0,00		0	1	1,69
7	Євроамериканський	6	4,96	6	7,06	2	3,39
8	Євроазіатсько-Північноафриканський	9	7,44	9	10,59	4	6,78
9	Європейсько-Північноамериканський	1	0,83	0	0,00	0	0,00

Закінчення таблиці 3

1	2	3	4	5	6	7	8
10	Європейсько-Середземноморський	1	0,83	0	0,00	0	0,00
11	Європейський	0	0,00	1	1,18	1	1,69
12	Європейсько-Середземноморсько-Передньоазійський	2	1,65	0	0,00	0	0,00
13	Євро-Середньоазіатський	1	0,83	1	1,18	0	0,00
14	Євро-Сибірський	5	4,13	1	1,18	0	0,00
15	Євро-Сибірсько-Середньоазіатський	4	3,31	3	3,53	0	0,00
16	Євро-Сибірсько-Центральноазіатський	1	0,83	0	0,00	0	0,00
17	Євро-Центральноазійський	1	0,83	0	0,00	0	0,00
18	Європейсько-Кавказький	2	1,65	2	2,35		0
19	Євро-Кавказько-Малоазіатський	2	1,65	2	2,35	2	3,39
20	Євроамериканський	6	4,96	0	0,00	0	0,00
21	Європейсько-Малоазійський	2	1,65	2	2,35	0	0,00
22	Євро-Малоазіатсько-Середньоазіатський	2	1,65	2	2,35	1	1,69
23	Європейсько-Північноамериканський	1	0,83	1	1,18	1	1,69
24	Європейсько-Середземноморсько-Передньоазійський	0	0,00	0	0,00	1	1,69
25	Середньо-Європейський-Балкан-Малоазійський	2	1,65	1	1,18	1	1,69
26	Середньоевропейський	1	0,83	1	1,18	0	0,00
27	Південноамериканський	3	2,48	2	2,35	0	0,00
28	Північноамериканський	6	4,96	5	5,88	3	5,08
29	Космополітичний	8	6,61	5	5,88	7	11,86
30	Плюрирегіональний	1	0,83	0	0,00	0	0,00
31	Понтійсько-Древньо-Середземноморський	0	0,00	1	1,18	1	1,69
	<b>Разом :</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>100</b>	<b>59</b>	<b>100</b>

В адвентивній ценофлорі міських заплавлених Луцька найчисельнішою групою щодо вологості є група ксеромезофітів – 49 видів (40,50 %) та мезофітів – 43 види (35,54 %). Стосовно світла кількісно переважають геліофіти – 59 видів (48,76 %) та

сціогеліофіти – 45 видів (37,19 %) (табл. 4). Тобто в умовах заплавлених Луцька сформувались умови, сприятливі для виживання світлолюбних та тіньовитривалих рослин, що зростають у помірно зволжених та помірно сухих

місяцях існування. Для цих рослин обмежена здатність переносити ґрунтову й атмосферну посуху, для них характерна добре розвинута коренева система. Типовим представником адвентивної

ценофлори прируслових заплав міста Луцька є світлолюбні та тіньовитривалі рослини помірно зволжених і помірно сухих місцезростань.

Таблиця 4

Екологічний спектр адвентивної ценофлори прируслових заплав Луцька

Екологічна група	Міська заплава		Приміська заплава		Заміська заплава	
	кількість видів	%	кількість видів	%	кількість видів	%
<b>Щодо вологи</b>						
Еуксерофіт	0	0,00	1	1,69	1	1,69
Ксерофіт	1	0,83		0,00		0,00
Ксеромезофіти	49	40,50	22	37,29	11	18,64
Мезоксерофіти	1	0,83	9	15,25	7	11,86
Мезофіти	43	35,54	32	54,24	22	37,29
Мезогірофіт	6	4,96	7	11,86	5	8,47
Гіромезофіт	10	8,26	4	6,78	5	8,47
Гірофіти	11	9,09	8	13,56	8	13,56
Гідрогірофіт	0	0,00	2	3,39		0,00
Гідрофіт	0	0,00		0,00		0,00
<b>Разом:</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>144,07</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>
<b>Стосовно трюфності едатопу</b>						
Оліготроф	1	0,83	2	2,35		0,00
Олігомезотроф	2	1,65	1	1,18		0,00
Мезооліготроф	10	8,26	4	4,71	2	3,39
Мезотроф	51	42,15	36	42,35	26	44,07
Евмезотроф	12	9,92	8	9,41	6	10,17
Мезоеутроф	4	3,31	3	3,53	3	5,08
Еутроф	34	28,10	24	28,24	17	28,81
Мегатроф	7	5,79	7	8,24	5	8,47
<b>Разом:</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>
<b>Щодо світла</b>						
Сціофіти	3	2,48	3	3,53	5	8,47
Сціогеліофіти	45	37,19	32	37,65	22	37,29
Геліофіти	59	48,76	39	45,88	25	42,37
Факультативний геліофіт	7	5,79	3	3,53	7	11,86
Геліосціофіти	7	5,79	8	9,41	0	0,00
<b>Разом:</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>

В основу аналізу біоморфологічної структури флори покладено систему життєвих форм І. Г. Серебрякова (1962) з урахуванням їхніх особливостей і за

лінійною системою біоморф Голубева (1996) (табл. 5). У дослідженій ценофлорі переважають трав'янисті рослини – їх 109 видів, причому трав'янисті монокар-



піки нараховують 53 види, а полікарпики – 55. Група дерев'янистих рослин є незначною – 8 видів. Співвідношення трав'янистих полікарпиків до трав'янистих

монокарпиків становить 1:0,96. Водночас співвідношення дерев'янистих рослин до трав'янистих становить 1:13,75.

Таблиця 5

**Біоморфологічна структура адвентивної фракції флори заплавних екосистем міста Луцька**

Біоморфологічна ознака	Міська заплава		Приміська заплава		Заміська заплава	
	N видів	%	N видів	%	N видів	%
<b>Тривалість великого життєвого циклу:</b>						
Полікарпики:						
Дерев'янисті та напівдерев'янисті	10	8,26	8	9,41	3	5,08
Трав'янисті	45	37,19	35	41,18	31	52,54
Усього:	55	45,45	43	50,59	34	57,63
Монокарпіки:						0,00
Багаторічні	12	9,92	7	8,24	7	11,86
Малорічники	15	12,40	11	12,94	8	13,56
Однорічники	39	32,23	24	28,24	10	16,95
Усього:	66	54,55	42	49,41	25	42,37
<b>Разом</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>
<b>Основна біоморфа:</b>						
Дерева	5	4,13	4	4,71	2	3,39
Кущі й кущики	5	4,13	4	4,71	1	1,69
Ліани	1	0,83	2	2,35	0	0,00
Трав'янисті рослини	110	90,91	75	88,24	56	94,92
<b>Разом</b>	<b>121</b>	<b>100,00</b>	<b>85</b>	<b>100,00</b>	<b>59</b>	<b>100,00</b>

Згідно з класифікацією Р. Ю. Левиної в складі адвентивної фракції за способом дисемінації виділено чотирнадцять груп. У групі аллохорів найчисельнішими є анемохори, у яких рослини, плоди, насіння, спори та ін. зачатки поширюються повітряними течіями (60 видів, 21,13 %) (табл. 6). Переважання анемохорного способу поширення є закономірним, оскільки на території заплави адвентивні рослини частіше трапляються на відкритих ділянках. Серед анемохорів спостерігаємо барохори, які мають високу плодючість і життєздатність насіння (22 види, 7,75 %). Другою за важливістю десимінації групою адвентів річкових заплав Луцька

виступають зоохори (62 од., 52,54 %). Серед них – ендозоохори, насіння яких тварини з'їдають, а потім викидають уже здатними прорости. Вони представлені 27 видами (22,88 %). Епізоохори – насіння і плоди поширюються внаслідок прилипання до тіла тварини з мулом, грудочками сирого ґрунту та ін., часто поширюються за допомогою водоплавних і болотних птахів. Цей спосіб десимінації відіграє велику роль у поширенні прибережних рослин (16 од., 13,56 %). Мірмекохори характерні для притерасної заплави з умовами, сприятливими для існування мурашок (5 од., 4,24 %). Група антропохорів представлена 26 видами (22,03 %), у т. ч.

агестохори (7 од., 5,93 %) й ергазіохори (6 од., 5,08 %). Групу автохорів представляють 22 види (18,64 %), у т. ч. спейрохори та автомеханохори, які визначені в складі рудеральних угруповань і

характерні для придорожних умов (відповідно, 4,4 і 3 од.). Гідрохори, які добре поширюються водою, представлені в ценофлорі заплав незначно (10 од., 8,47 %).

Таблиця 6

**Групи рослин адвентивної ценофлори заплав за способом дисемінації**

Спосіб дисемінації	Міська заплава	
	<i>шт.</i>	<i>%</i>
Автомеханохори	4	1,41
Автохори	16	5,63
Агестохори	7	2,46
Анемохори	60	21,13
Антропохори	17	5,99
Апохори	61	21,48
Балісти	6	2,11
Барохори	22	7,75
Гідрохори	11	3,87
Ендозоохори	25	8,80
Ергазіохори	1	0,35
Епізоохори	15	5,28
Ергазіохори	7	2,46
Зоохори	20	7,04
Механохори	0	0,00
Мірмекохори	5	1,76
Орнітохори	1	0,35
Спейрохори	6	2,11
<b>Разом:</b>	<b>284</b>	<b>100,00</b>

Уважається, що адвентивні види – небажане явище, оскільки вони забруднюють генофонд, витісняють аборигенів, призводять до космополітизації флори. Серед них багато злісних бур'янів, видів, шкідливих для тварин, отруйних й алергенних для людей. Проте серед адвентів є й цінні в господарському плані види. Деякі адвенти є компонентами рослинності техногенних екотопів і піонерами заселення. Із загальної кількості адвентивних видів (137 шт.) господарську цінність мають 116 шт.

Заплави, а особливо приуслова її

частина, є одним з атрактивних місць для відпочинкової діяльності та одночасно й центром концентрації адвентивних рослин, які відіграють значну меліоративну роль унаслідок біолого-екологічних особливостей видів.

**Обговорення**

Річкові заплави Луцька є потужним центром концентрації адвентивних рослин (45,50 % від загальної кількості видів); у систематичній структурі адвентивної ценофлори заплав чисельно переважає

декілька родин, більшість із яких одновидові; за хроноелементом простежуємо переважання археофітів; в ареалогічній структурі переважають євразійські, голарктичні, космополітні, євразійсько-північноафриканські та північноамериканські види; значна участь однорічних трав'янистих рослин; кількісно переважають мезофіти й ксеромезофіти; більшість видів є геліофітами та сціогеліофітами. В адвентивній фракції переважають трав'янисті рослини, серед них – монокарпічні та полікарпічні види в рівних пропорціях. Група дерев'янистих рослин нараховує вісім видів.

## Висновки

Унаслідок проведених досліджень заплавлених екосистем Луцька та околиць уперше встановлено адвентивну фракцію флори, яка є нестабільним компонентом регіональної флори. На досліджуваній території вона представлена 137 видами, із них 121 виростає в межах міста й становить 45,5 % від загальної заплавної флори міста. Заносні види інтенсивно впроваджуються у регіональну флору, натуралізуються й стають невід'ємним компонентом флори регіону. Подальша робота полягає у встановленні ступеня антропоїчної трансформації досліджуваної території.

## Література

1. Бурда, Р. И. *Антропогенная трансформация флоры*. Наук. думка: Київ, 1991. 168 с.
2. Kowarik, I. On the role of alien species in urban flora and vegetation. Pages. 85–103. in Pysek P, Prach K, Rejmánek M, Wade PM, eds. *Plant Invasions – General Aspects and Special Problems*. Amsterdam (Netherlands): SPB Academic. Google Scholar.
3. McKinney, M. L. Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, 2002, 52(10), pp 883 – 890.

4. Medley, K. E.; McDonnell, M. J.; Pickett, S. T. A. Forest-landscape structure along an urban-to-rural gradient. *Professional Geographer*, 1995. 47:159–168.
5. Caputo, S.; Caserio, M.; Coles, R.; Jankovic L. Urban resilience: two diverging interpretations, *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*. 2015, 8, 3, pp. 222–240.
6. Pickett, S. T. A.; Cadenasso, M. L.; Grove, M.; Nilon, C. H.; Pouyat, R. V.; Zipperer, W. C.; Costanza, R. Urban ecological systems: Linking terrestrial, ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2001, 32, 127, pp 157.
7. Alberti, M., Marzluff, R. Resilience in urban ecosystems: Linking urban patterns to human and ecological functions. *Urban Ecosystems*. 2004, 7, pp. 241–265.
8. Alberti M. *The Effects of Urban Patterns on Ecosystem Function*, 2005.
9. Зузук, Ф. В.; Бабиченко, В. Н. *Климат Луцька* / под ред. В. Н. Бабиченко. Гидрометеоздат: Луцк; 1988. 177 с.
10. Маринич, О. М. *Географічна енциклопедія України: в 3-х т.*/відп. ред. О. М. Маринич. Київ: Укр. рад. енцикл. ім. М. П. Бажана, 1990, 2, с 300 – 480.
11. Вісюліна, О. Д. *Бур'яни України: визначник-довідник*/відп. ред. О. Д. Вісюліна. Наук. думка: Київ, 1970. 508 с.
12. Прокудин, Ю. Н. *Определитель высших растений Украины*/отв. ред. Ю. Н. Прокудин. Київ: Наук. думка, 1987; 547 с.
13. Протопопова, В. В. *Синантропная флора Украины и пути ее развития*. Наукова думка: Киев, 1991; 200 с.
14. Шеляг-Сосонко, Ю. Р. *Червона книга України: Рослинний світ*. Укр. енцикл. ім. М. П. Бажана: Київ, 1996; 603 с.
15. Mosyakin, S. L.; Fedoronchuk, M. M. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclature checklist*. Kyiv, 1999; 345 p.
16. Губанов, И. А.; Киселева, К. В.; Новиков В. С.; Тихомиров, В. Н. *Иллюстрированный определитель растений Средней России*. Изд-во науч. изданий КМК, Ин-т технол. исследований: Москва, 2002–2004. 1. 526 с.; 2. 543 с.; 3. 520 с.
17. Заверуха, Б. В. *Сосудистые растения. Природа Украинской ССР. Растительный мир*./Отв. ред. Шеляг–Сосонко Ю. Р. Київ, 1985.
18. Зиман, С. М. *Тривимний словник назв судинних рослин флори України*. Фітосоціоцентр: Київ, 2008; 320 с.



УДК 58:069.029

## Особливості просторового розподілу території Хорольського ботанічного саду

Володимир Красовський, Таїсія Черняк, Олексій Зубенко

Хорольський ботанічний сад, Хорол, Україна  
Адреса для листування: horolbotsad@gmail.com

Отримано: 16.04.18; прийнято до друку: 06.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Викладено умови та проектне рішення просторового розподілу 18 га території новоствореного Хорольського ботанічного саду, висвітлено головні чинники, що вплинули на особливості розподілу. Показано значення функціонального зонування території, у результаті якого створено наукову (0,58 га), експозиційну (17,24 га) та адміністративно-господарську (0,18 га) зони. Зазначено, що проектом організації території Хорольського ботанічного саду (2014 р.) повною мірою обґрунтовано використання ботаніко-географічного, систематичного, флористичного, екологічного та декоративного принципів улаштування колекційно-експозиційних ділянок. Повідомляється, що Хорольський ботанічний сад новостворена установа (Указ Президента України від 11.12.2009 р. № 1041 «Про створення Хорольського ботанічного саду»), що розпочала функціонувати лише в кінці 2011 року (Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 18.10.2011 р. № 395 «Про затвердження положення про Хорольський ботанічний сад»), проте на сьогодні вже реконструйовано ділянку дубового гаю та закладено науково-дослідну ділянку саду субтропічних плодкових культур, ділянку парку юрського періоду, частково – ділянку горіхового саду, готується земельна ділянка для закладки райського саду. Підкреслено, що резервом для примноження плодкових культур у лісостеповій зоні України є окремі субтропічні види, адже за низкою господарських показників вони відповідають вимогам сучасного плідництва, бо володіють підвищеною стійкістю до хвороб і мало вражаються шкідниками, мають високу регенеративну здатність, а отже, швидко відновлюються в разі пошкоджень, рано вступають у репродуктивну фазу розвитку. Указуємо, що вагомим аргументом є й такий фактор, як глобальне потепління клімату, оскільки інтродукція субтропічних видів здійснюється з півдня на північ. Показано, що Хорольський ботанічний сад – територія, призначена для вирощування та вивчення різних рослинних організмів і їх угруповань у типових для Лісостепу України екологічних умовах. Створені ботанічні колекції нових, рідкісних та екзотичних рослин наочно демонструють розвиток просторового розподілу території ботанічного саду й вирішують питання збереження біорізноманіття й генофонду рослин, теоретичних і практичних питань інтродукції й акліматизації рослин, ландшафтної архітектури та пропаганди природоохоронних знань.

**Ключові слова:** експозиційна ділянка, інтродукція, колекція, субтропічні види.

## The Special Features of Space Dividing of Khorol Botanical Garden Territory

Volodymyr Krasovsky, Taisiya Chernyak, Oleksii Zubenok

Khorol Botanical Garden, Khorol, Ukraine  
Correspondence: horolbotsad@gmail.com

**Resume.** It was given conditions and the project decision of spatial distribution of the territory 18 hectares of Khorol botanical garden and determined main factors influenced on special features of distribution. It was shown the meaning of functional zoning of the territory as a result of foundation scientific (0,58 ha), display (17,24 ha) and administrative-economical (0,18 ha) zones. It was marked, the project of organization of the territory of Khorol botanical garden (2014) explains fully the using of botanical-geographical, systematic, floristic, ecological and decorative principles of location of collection and display plots. It is reported, Khorol botanical garden is a new-created establishment (The decree of the Ukrainian President from 11.12.2009. № 1041 «About foundation of Khorol botanical garden») it began its activity only at the end of 2011 year (The decree of the Ministry of ecology and natural resources of Ukraine from 18.10.2011 № 395 «About confirming the position of Khorol botanical garden») but nowadays the plot of oak grove is reconstructed and it is placed a scientific-research plot of the subtropical fruit garden, the plot of the Jurassic period, partly the plot of nut garden, a plot for paradisiacal garden is being. It is underlined, the reserve for increasing of fruit crops in the forest-steppe zone of Ukraine are some subtropical species because they respond to the requirements of modern fruit-growing because they have high resistibility to diseases, they have high regenerative ability and they have ability to recommence immediately after damaging and have early reproductive development phase. It is specified, the important argument is global warming of climate, as introduction of subtropical fruit species takes place from south to north. It is shown, the territory of Khorol botanical garden is appointed for growing and researching of different plants and their groups in ecological conditions that are typological for forest-steppe zone of Ukraine. The grown botanical collections of new, rare and exotic plants demonstrates evidently the development of spatial distribution of the territory of the botanical garden and decide the questions of maintenance of biodiversity and gene fund of plants, theoretical and practical tasks of introduction and acclimation of plants, landscape architecture and propaganda of nature protection knowledge.

**Key words:** a display plot, introduction, collection, subtropical species.

## Вступ

Як відомо, ботанічний сад це науково-дослідна, навчально-допоміжна й культурно-освітня установа, де культивують і вивчають рослини, пропагують ботанічні знання. Основу ботанічних садів становлять колекції живих рослин, котрих вирощують у відкритому ґрунті й оранжереях, а також використовують для дослідницьких робіт та для влаштування експозицій [2, 4]. Ботанічні сади належать до штучно створених поліфункціональних об'єктів природно-заповідного фонду України.

Становлення ботанічних садів в Україні має цікаву історію. У XVIII ст. прототипами сьогоднішніх ботанічних садів були так звані аптекарські сади. Першими інтродукційними центрами, які зробили помітний внесок у збагачення флори України, були ботанічні сади, засновані на початку XIX ст. (акліматизаційний сад В. М. Каразіна; ботсади при Харківському, Львівському, Київському університетах, при ліцеї в Кременці, Нікітський імператорський ботсад) [6]. Перші ботанічні сади виникали

стихійно, без детального дослідження просторової структури та розробки конкретного плану колекційних ділянок.

На сьогодні на території України нараховується 30 ботанічних садів, останній із них створено у 2009 р. – це Хорольський ботанічний сад загальнодержавного значення.

Згідно з фізико-географічним районуванням, територія Хорольського ботанічного саду належить до Північної області Придніпровської рівнини Лівобережно-Дніпровської Лісостепової провінції лісостепової зони. Лісостепова зона цієї території характеризується ландшафтами лісостепового типу зі складним чергуванням природних комплексів з опідзоленими ґрунтами, які сформувалися на легкосуглинистих лесових породах.

Умовно територію Хорольського ботанічного саду можна поділити на три частини – північну, південну та центральну.

Рельєф північної частини відносно рівний. Абсолютні відмітки території коливаються від 130–135,5 м над рівнем моря з ухилом її до 8 градусів. На цій території міститься місцева ботанічна

пам'ятка природи «Дубовий гай». Південна частина території – це круті, місцями пологі схили з акацієво-дубовими насадженнями. Абсолютні відмітки її коливаються в межах 110–135 м, ухил території становить понад 15 градусів. Центральна частина саду – це територія з наявним каскадом ставків.

Нині накопичено масив інформації щодо особливостей зонування, основних принципів архітектурно-планувального та еколого-ландшафтного облаштування територій, типів експозицій у ботанічних садах [1, 3, 9].

Головною ціллю просторового розподілу території ботанічного саду є зонування його території та розподіл окремих зон на колекційні ділянки.

Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України» [5] зонування території ботанічних садів проводиться згідно з Положенням про ботанічний сад та Проектом організації території ботанічного саду, що розробляється спеціалізованими науковими установами та проектними організаціями й затверджується органом, у підпорядкуванні якого перебуває ботанічний сад. Згідно зі статтею 32 цього ж закону в межах ботанічних садів для забезпечення необхідного режиму охорони та ефективного використання можуть бути виділені такі зони: експозиційна (її відвідування дозволяється в порядку, що встановлюється адміністрацією ботанічного саду) наукова (до складу зони входять колекції, експериментальні ділянки тощо, на її відвідування мають право лише співробітники ботанічного саду у зв'язку з виконанням ними службових обов'язків, а також спеціалісти інших установ із дозволу адміністрації саду), заповідна (її відвідування забороняється, крім випадків, коли проводяться наукові спостереження), адміністративно-господарська.

Оскільки основу ботанічних садів становлять колекції живих рослин, розвиток новостворених ботанічних садів,

як і тих, що давно існують, неможливий без залучення різних видів, форм та сортів рослин з інших географічних районів. У цьому полягає велике значення інтродукції рослин, теоретичні засади якої ґрунтуються на практичному досвіді [12]. Слід брати до уваги й те, що сучасні поглиблені дослідження біології росту, розвитку та плодоношення рослин із корисними властивостями [7, 11, 13, 14] сприяють подальшій цілеспрямованій інтродукційній діяльності ботанічних садів.

Зважаючи на те, що Хорольський ботанічний сад – новостворений природоохоронний об'єкт, наукова громадськість мало поінформована про його просторовий розподіл, а саме зонування та ботанічні ділянки.

**Мета досліджень** – викласти умови, проектне рішення просторового розподілу території новоствореного Хорольського ботанічного саду, а саме зонування та проєктовані ботанічні ділянки, показати розвиток ботанічного саду в аспекті влаштування наукових й експозиційних ботанічних ділянок.

## **Матеріали й методи досліджень**

Ботанічна ділянка наукової зони – сад субтропічних плодкових культур, ботанічні ділянки експозиційної зони – дубовий гай, парк юрського періоду, горіховий сад Хорольського ботанічного саду.

Методи досліджень – натурні обстеження, польові спостереження, біометричні вимірювання, порівняння, систематика, опис.

## **Результати дослідження та їх обговорення**

Хорольський ботанічний сад створено з метою більш ефективного використання в наукових, природоохоронних, фітомеліоративних, рекреаційних та навчально-виховних цілях території міста площею 18 га, частина якої за своїм рельєфом

непридатна для виробничої діяльності. Водночас створення ботанічного саду позитивно вплинуло на екологічний стан міста Хорол, а також розширило мережу природно-заповідного фонду України.

При розробці проекту організації території Хорольського ботанічного саду (2014 р.) головними чинниками, які вплинули на особливості просторового розподілу території новоствореного ботанічного саду, є унікальні природні ландшафти – естетично привабливі яружні форми рельєфу, глибокий заліснений яр із відрогами та розміщені в ньому чотири мальовничі ставки, що утворюють каскад, дубовий гай, відносно рівна й відкрита ділянка між дубовим гаєм та північним бортом яру, освітлення ділянок сонячним промінням, а також умови містобудівної

ситуації, насамперед розміщення пішохідного зв'язку з центром міста, входів у ботанічний сад та під'їзних шляхів. У процесі науково-дослідних і проектних робіт визначено планувальну структуру ботанічного саду, розміщення наукових та експозиційних ботанічних ділянок (рис. 1), експлікацію яких наведено в табл. 1, порядок трасування алей і доріжок, розміщення господарських споруд. У кінцевому результаті це дало змогу здійснити зонування території ботанічного саду й визначити наукову (0,58 га), експозиційну (17,24 га) та адміністративно-господарську (0,18 га) зони. Відповідно до чинного законодавства потрібно було виділити й заповідну зону, проте її не визначено, оскільки на території ботанічного саду відсутні заповідні об'єкти.



**Рис. 1.** Схема наукових та експозиційних ділянок Хорольського ботанічного саду (картосхема з проекту організації території)

**Експлікація ботанічних ділянок Хорольського ботанічного саду**

<b>Порядковий номер ділянки</b>	<b>Назва ділянки</b>
<b>Наукова зона:</b>	
1	сад субтропічних плодкових культур
2	лікарські рослини
<b>Експозиційна зона:</b>	
3	дубовий гай
4	парк юрського періоду
5	райський (біблейний) сад (дерева згадані в Біблії)
6	сад магнолій
7	горіховий сад
8	геометричний парк (із фрагментами топіарного мистецтва)
9	бузковий гай
10	сад плакучих дерев
11	дендрарій 1
12	золотистий сад (рослини із золотистим відтінком)
13	рожевий сад (рослини із рожевим відтінком)
14	формовий плодвий сад
15	дендрарій 2
16	сад глодів
17	кленова діброва
18	пістряволистий сад
19	березовий гай
20	горобиний сад
21	жасминовий сад
22	ярусний сад (дерева на крутосхилі яру)
23	сад спірей
24	червонокнижні рослини
25	Кримські гори
26	Карпатські гори
27	кленово-липова діброва
28	липова діброва
29	грабова діброва
30	платанова діброва
31	вербовий гай
32	прибережні рослини
33	калиновий сад
34	черемховий гай
35	болотні рослини



Проектом організації території Хорольського ботанічного саду повною мірою обґрунтовано використання ботаніко-географічного, систематичного, флористичного, екологічного та декоративного принципів улаштування наукових та експозиційних ботанічних ділянок. Це дає змогу розпочати збір живих колекцій різних видів рослин місцевої, вітчизняної й іноземної флор.

Незважаючи на те, що Хорольський ботанічний сад новостворена установа (Указ Президента України від 11.12.2009 р. № 1041 «Про створення Хорольського ботанічного саду») та функціонувати розпочав лише в кінці 2011 р. (Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 18.10.2011 р. № 395 «Про затвердження положення про Хорольський ботанічний сад») на сьогодні вже реконструйовано експозиційну ботанічну ділянку дубового гаю й закладено науково-дослідну ділянку саду субтропічних плодкових культур, експозиційну ботанічну ділянку парку юрського періоду, частково експозиційну ботанічну ділянку горіхового саду, готується земельна ділянка для закладки експозиційної ділянки райського саду.

Потрібно відзначити, що до початку заснування ботанічного саду на території дубового гаю, який має площу 2,55 га та є головною площею ботанічного саду, зростало 135 екземплярів дуба звичайного й один екземпляр дуба північного. У процесі інвентаризації три дерева дуба звичайного як сухостійні та аварійні видалено, в інших проведено санітарну

обрізки крон і визначено приблизний вік за біометричними вимірами, які показали, що 2 дерева дуба звичайного мають вік до 100 р., 116 дерев перебувають на рубежі 100–200 р., 14 дерев на рубежі 200–300 р., максимальна висота насаджень дубу перебуває в межах 25 м.

Зростаючи в максимально сприятливих умовах лісостепової зони України, незважаючи на часткове пошкодження шкідниками та враженість хворобами, а в окремих екземплярів і незначну дуплистість, дорослі дерева дуба звичайного, будучи домінантою колекції, мають значний та високий рівень декоративності, задовільний ботаніко-екологічний стан, належать до вікових і багатовікових, а отже, мають історичну та наукову цінність.

Протягом 2015–2016 рр. на території дубового гаю проводили роботи з видалення малоцінних з огляду створюваної колекції порід дерев і їх самосіву (клен несправжньо-платановий (*Acer pseudoplatanus* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* Mill.), груша звичайна (*Pyrus communis* L.), в'яз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), клен гостролистий (*Acer platanoides* L.), береза зависла (*Betula pendula* Roth.), шовковиця біла (*Morus alba* L.), горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.), тополя чорна (*Populus nigra* L.)), а на вивільненій площі закладені насадження дуба з різною мозаїкою листя, у результаті чого ботанічну колекцію поповнено, систематику видів та різновидів якої наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Систематика рослин дубового гаю

Порядок	Родина	Рід	Вид
1	2	3	4
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб звичайний <i>Quercus robur</i> L.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб північний <i>Quercus borealis</i> Michx.

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб болотний <i>Quercus palustris</i> Moench
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб великоплідний <i>Quercus macrocarpa</i> Michx.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб Гартвіца <i>Quercus hartwissiana</i> Stev.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб довгоніжковий <i>Quercus longipes</i> Stev.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб скельний <i>Quercus petraeae</i> Liebl.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб грузинський <i>Quercus iberica</i> Stev.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб черепитчастий <i>Quercus imbricaria</i> Michx.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Букові <i>Fagaceae</i> Dumort.	Дуб <i>Quercus</i> L.	Дуб пухнастий <i>Quercus pubescens</i> Willd.

Має неабияке значення й те, що частину площі дубового гаю сплановано завезеним ґрунтом, установивши дерев'яні лави та урни, облаштовано місця для короткочасного відпочинку громадян, по периметру території дубового гаю у вигляді живої загорожі висаджено куші бирючини звичайної (*Ligustrum vulgare* L.). Як результат, дубовий гай набув паркового вигляду, що позитивно позначилося на кількості відвідувачів ботанічного саду.

Резервом для примноження плодкових культур у лісостеповій зоні України є окремі субтропічні види. Створюючи сад субтропічних плодкових культур, пішли на такий експеримент з огляду на те, що за низкою господарських показників вони відповідають вимогам сучасного плодівництва, бо володіють підвищеною стійкістю до хвороб та мало вражаються шкідниками, мають високу регенеративну здатність, а отже, швидко відновлюються у разі пошкоджень, рано вступають у репродуктивну фазу розвитку, плоди й інші частини рослин мають високий уміст біологічно активних речовин. Крім того, їхні плоди приємні на смак, придатні для вживання у свіжому та переробленому вигляді. Вагомим аргументом є й такий

фактор, як глобальне потепління клімату, оскільки інтродукція субтропічних видів здійснюється з півдня на північ.

У квітні 2014 р. на території наукової зони Хорольського ботанічного саду на площі 0,26 га започатковано облаштування дослідно-колекційної ділянки з вирощування субтропічних плодкових культур у відкритому ґрунті. Ця колекція є одним із кроків на шляху організації науково-дослідної бази ботанічного саду, оскільки забезпечує проведення фундаментальних і прикладних науково-дослідних робіт з інтродукції, акліматизації, селекції, розмноження рослин, сприяє збільшенню в лісостеповій зоні України видової різноманітності плодкових рослин із корисними властивостями. Систематику рослин ботанічної колекції саду субтропічних плодкових культур наведено в табл. 3.

Ака Селлова вирощується у вигляді невеликого дерева, на зиму, пересаджена в контейнер, переноситься в приміщення. Гранатник зернястий та інжир звичайний формуються у вигляді кущів і культивуються як укритві на зиму культури.

При створенні парку юрського періоду

## Систематика рослин саду субтропічних плодкових культур

Порядок	Родина	Рід	Вид
Магнолієцвіті <i>Magnoliales</i>	Анонові <i>Annonaceae</i> DC.	Азіміна <i>Asimina</i> L.	Азіміна трилопатева <i>Asimina triloba</i> L.
Розоцвіті <i>Rosales</i>	Розові <i>Rosaceae</i> Juss.	Айва <i>Cydonia</i> Mill.	Айва звичайна <i>Cydonia oblonga</i> Mill.
Миртоцвіті <i>Myrtales</i>	Миртові <i>Myrtaceae</i> Juss.	Ака <i>Acca</i> O. Berg	Ака Селлового <i>Acca sellowiana</i> (O. Berg.) Burret
Миртоцвіті <i>Myrtales</i>	Плакунові <i>Lythraceae</i> J. St-Hil.	Гранатник <i>Punica</i> L.	Гранатник зернястий <i>Punica granatum</i> L.
Жостероцвіті <i>Rhamnales</i> Ende.	Жостерові <i>Rhamnaceae</i> R. Br.	Зизифус <i>Zizyphus</i> Mill.	Зизифус справжній <i>Zizyphus jujuba</i> Mill.
Розоцвіті <i>Rosales</i>	Шовковицеві <i>Moraceae</i> Link	Фікус <i>Ficus</i> L.	Інжир звичайний <i>Ficus carica</i> L.
Розоцвіті <i>Rosales</i>	Розові <i>Rosaceae</i> Juss.	Слива <i>Prunus</i> L.	Мигдаль звичайний <i>Amygdalus communis</i> L.
Розоцвіті <i>Rosales</i>	Розові <i>Rosaceae</i> Juss.	Мушмула <i>Mespilus</i> L.	Мушмула звичайна <i>Mespilus germanica</i> L.
Вересоцвіті <i>Ericales</i>	Ебенові <i>Ebenaceae</i> Guer.	Хурма <i>Diospyros</i> L.	Хурма віргінська <i>Diospyros virginiana</i> L.
Вересоцвіті <i>Ericales</i>	Ебенові <i>Ebenaceae</i> Guer.	Хурма <i>Diospyros</i> L.	Хурма кавказька <i>Diospyros lotus</i> L.

використано реліктовий вид гінкго дволопатево (*Ginkgo biloba* L.) з родини гінкгові (*Ginkgoaceae* Engelm.) який зберігся як залишок флори минулих геологічних епох та має низку ознак, характерних для давно вимерлих груп рослин. Сіянци гінкго вирощено з насіння, переданого у 2013 р. в дарунок Хорольському ботанічному саду доцентом Полтавської державної аграрної академії В. М. Самородовим. Отже, маючи власний посадковий матеріал гінкго дволопатевого, у 2016 р. на площі 0,13 га розпочато закладку колекції рослин парку юрського періоду. На сьогодні на експозиційній ділянці, що створена в пейзажному стилі зростає 20 екземплярів рослин гінкго.

Закладку горіхового саду, що має площу 0,42 га, розпочато висадкою у 2014 р. на крутосхилі балки п'яти екземплярів п'ятирічних сіянцевих рослин ліщини

ведмежої, насіння якої заготовлене в НБС ім. М. М. Гришка НАН України в 2009 р.

На сьогодні колекція горіхового саду представлена 11 видами (табл. 4) частину з яких (горіх сірий, горіх маньчжурський, горіх чорний, горіх серцевидний) вирощено з насіння, заготовленого у 2012 р. в Криворудському дендропарку.

### Висновки

Хорольський ботанічний сад – територія, призначена для вирощування й вивчення різних рослинних організмів та їх угруповань у типових для Лісостепу України екологічних умовах. Хорольський ботанічний сад належить до ботанічних садів із чітко поетапною програмою будівництва та закладання колекційних ділянок. Просторовий розподіл території ботанічного саду на експозиційну, наукову

Систематика рослин горіхового саду

Порядок	Родина	Рід	Вид
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх волоський <i>Juglans regia</i> L.
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх сірий <i>Juglans cinerea</i> L.
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх маньчжурський <i>Juglans mandshurica</i> Maxim.
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх чорний <i>Juglans nigra</i> L.
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх серцевидний <i>Juglans cordiformis</i> Maxim. Makino
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Горіх <i>Juglans</i> L.	Горіх айлантолистий <i>Juglans ailanthifolia</i> Carriere
Горіхоцвіті <i>Juglandales</i>	Горіхові <i>Juglandaceae</i> Lindl.	Карія <i>Carya</i>	Пекан звичайний <i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Березові <i>Betulaceae</i> S.F.Grey	Ліщина <i>Corylus</i> L.	Ліщина звичайна <i>Corylus avellana</i> L.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Березові <i>Betulaceae</i> S.F.Grey	Ліщина <i>Corylus</i> L.	Ліщина ведмежа <i>Corylus colurna</i> L.
Букоцвіті <i>Fagales</i>	Березові <i>Betulaceae</i> S.F.Grey	Ліщина <i>Corylus</i> L.	Фундук <i>Corylus maxima</i> Mill.
Сапіндоцвіті <i>Sapindales</i>	Сапіндові <i>Sapindaceae</i> Juss.	Ксантоцерас <i>Xanthoceras</i> Bunge	Ксантоцерас горобинолистий <i>Xanthoceras sorbifolium</i> Vge.

Примітка. У статті ботанічні назви рослин подані за даними наукових публікацій [8, 10, 14].

та господарську зони, а перші дві – на 35 ботанічних колекційних ділянок, сприяє впорядкуванню території та посиленню композиційної виразності середовища. Створені ботанічні колекції «Дубовий гай», «Сад субтропічних плодівих культур», «Горіховий сад» наочно демонструють розвиток просторового розподілу території ботанічного саду та вирішують питання збереження біорізноманіття й генофонду рослин, теоретичних і практичних питань інтродукції й акліматизації рослин,

ландшафтної архітектури та пропаганди природоохоронних знань, а отже, виконання функцій установи: природоохоронної, наукової та просвітницької.

Цінність створених колекцій у Хорольському ботанічному саду не обмежується лише територією ботанічного саду, оскільки досліджувані рідкісні види рослин за рахунок розмноження широко використовуються в озелененні парків, скверів і вулиць міста Хорол та сільських населених пунктів району.

## Література

1. Бём, Честмир; и др. *Энциклопедия садовода*, 4-е изд.; Артия: Прага, 1994.
2. *Біологічний словник*; Ситник, К. М.; Топачевський, О. П., Ред.; Голов. ред. УРЕ: Київ, 1974; с 67.
3. Блок, Г. Ф. *Строим из живих деревьев: пер. с нем.*; БХВ-Петербург: Санкт-Петербург, 2010.
4. *Екологічна енциклопедія*; Толстоухов, А. В., Ред.; ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації»: Київ, 2007; Т. 1, с 101.
5. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» від 16.06.1992 р. № 2456-ХІІ
6. *Заповідні території України. Ботанічні сади та дендропарки: науково-довідникове видання*; Черевченко, Т. М.; Волков, С. С., ред.; ТОВ «РСК» Максимус»: Київ, 2010.
7. Казас, А. Н.; Литвинова, Т. В.; Мязина, Л. Ф.; и др. *Субтропические плодовые и орехоплодные культуры: научно-справочное издание*; ИТ «Ариал»: Симферополь, 2012.
8. *Каталог растений Центрального ботанического сада им. Н. Н. Гришко: справочное пособие*; Кохно, Н. А., ред.; Наук. думка: Киев, 1997.
9. Кузнецов, С. И.; Клименко, Ю. А.; Миронова, Г. А.; и др. *Формирование основных типов экспозиций в ботанических садах и дендропарках*; Наук. думка: Киев, 1994.
10. Меженський, В. М.; Меженська, Л. О.; Якубенко, Б. Є. *Нетрадиційні ягідні культури: рекомендації з селекції та розмноження*; ЦП «Компринт»: Киев, 2014.
11. Федоренко, В. С. *Субтропические и тропические плодовые культуры: учеб. пособие*; Выща шк.: Киев, 1990.
12. Черевченко, Т. М.; Рахметов, Д. Б.; Гапоненко, М. Б.; та ін. *Збереження та збагачення рослинних ресурсів шляхом інтродукції, селекції та біотехнології: монографія*; Фітосоціоцентр: Київ, 2012.
13. Черевченко, Т. М. Використання субтропічних і тропічних рослин в озелененні мегаполісів. *Роль ботанічних садів і дендропарків у збереженні та збагаченні біологічного різноманіття урбанізованих територій*, Матеріали міжнародної наукової конференції, Київ, Україна, травень 28–31; 2013; Радченко, В. Г., ред.; НЦЕБМ НАН України, ПАТ «Віпол»: Київ, 2013; с 93–94.
14. Щепотьєв, Ф. Л.; Павленко, Ф. А.; Ріхттер, О. А. *Горіхи*, 2-ге вид. перероб і доп.; Урожай: Київ, 1987.



УДК 582.3/.99:502.1(477.81/.82)

## Степова рослинність на території Волинської височини та проблеми її охорони

Ірина Логвиненко

Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне, Україна  
Адреса для листування: logvunenکو.irina@gmail.com

Отримано: 14.05.18; прийнято до друку: 18.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Мета досліджень — детальне вивчення екстразональних степових ділянок на території Волинської височини. Суто степові види, а також види, пов'язані з карбонатними степами, є рідкісними або малопоширеними для цього регіону. Завдання роботи — здійснення інвентаризації таких видів на території Волинської височини, вивчення еколого-ценотичних умов їх зростання, виявлення причин скорочення чисельності цих видів та розробка наукових основ їх охорони. У результаті проведених моніторингових досліджень на території Волинської височини виділено окремі ділянки степової рослинності, що зосереджені на території Рівненської області: на Вишневій горі біля Рівного, на схилах гір Лиса й Квітуча біля с. Мильча Дубнівського району Рівненської області, горі Смордва поблизу с. Смордва Млинівського р-ну Рівненської обл., в урочищі «Печений Віл» поблизу с. Кораблище Млинівського р-ну Рівненської обл. та урочищі «Грабовещина» поблизу с. Владиславівка, Млинівського р-ну Рівненської обл. Усі шість окреслених ділянок приурочені до крейдових останцевих пагорбів, а фрагменти степової рослинності зосереджені переважно на південних або південно-західних схилах. Аналіз літературних джерел і власні польові дослідження свідчать про зростання на таких ділянках багатьох рідкісних і зникаючих видів флори України, а саме: *Stipa capillata*, *Adonis vernalis*, *Allium sphaerocephalum*, *Linum flavum*, *Iris hungarica*, *Aster amellus*, *Inula ensifolia*, *Teucrium chamaedrys*, *Peucedanum lubimenkoanum*, *Festuca valesiaca*, *Daphne cneorum* L., *Ranunculus zapalowiczii* Pacz., *Teucrium montanum* Kern., *Carlina onopordifolia* Bess. ex. Szaf. та ін. Проведено аналіз фрагментів раритетної степової рослинності на досліджуваній території. Наведено фітоценотичні описи таких ділянок. Здійснено інвентаризацію рідкісних та зникаючих степових видів регіону, вивчено еколого-ценотичні умови їх зростання, виявлено причини скорочення чисельності цих видів. Кожна з проаналізованих степових ділянок регіону є природно-заповідним об'єктом, проте моніторингові дослідження свідчать про регресивний стан популяцій окремих раритетних видів. Причина цього — заростання степових схилів більш агресивними видами та, як наслідок, такі рідкісні степові угруповання просто зникають. Тому доцільно провести перегляд і внести певні зміни до законів, що регламентують певні види діяльності на території заповідних об'єктів.

**Ключові слова:** Волинська височина, степові угруповання, раритетні види рослин, охорона.

## The Prairie Vegetation of the Volynski Highlands and the Challenges of its Protection

Iryna Lohvynenko

Rivne State University of the Humanities, Rivne, Ukraine  
Correspondence: logvunenکو.irina@gmail.com

**Resume.** The purpose of the research was the detailed exploration of the extrazonal prairie areas on the territory of the Volyn highlands. Exclusive prairie species as well as calcareous prairie species are rare and less common in this region. The focus of the research was on performing an inventory of those species on the territory of the Volyn highlands, studying the ecologo-coenotic conditions of their vegetation, discovering the reasons of reduction of population of the species as well as developing the scientific ground for their protection. Following the monitoring activities around the Volynski highlands the few areas of prairie vegetation were discovered: Vyshneva Gora near Rivne, slopes of mntn. Lys and Kvituch near Milcha, Dubnovsky region, Rivne Oblast, mntn. Smordva near Smordva, Mlyniv region, Rivne Oblast, landmark Pecheny Vol near Korablische, Mlyniv region, Rivne Oblast and landmark Graboveschina near Vladislavovka, Mlyniv region, Rivne Oblast. All six selected areas are located on the chalky mesas with fragments of vegetation concentrating mainly on the southern and south-western slopes. The analysis of the literature and personal field studies confirm the growth of many rare and endangered species of Ukrainian flora in those areas, among which are the following: *Stipa capillata*, *Adonis vernalis*, *Allium sphaerocephalum*, *Linum flavum*, *Iris hungarica*, *Aster amellus*, *Inula ensifolia*, *Teucrium chamaedrys*, *Peucedanum lubimenkoanum*, *Festuca valesiaca*, *Daphne cneorum* L., *Ranunculus zapalowiczii* Pacz., *Teucrium montanum* Kern., *Carlina onopordifolia* Bess. ex. Szaf. etc. The analysis of the fragments of the rare prairie vegetation on the examined territory was completed. Phytocenotic description of those areas was documented. Rare and endangered species of the region were inventoried, the ecologo-coenotic conditions of their vegetation examined, the reasons of reduction of population of the species discovered. Every area that has been analyzed is a part of the natural reserve, however the monitoring activities have indicated the regression of the population of certain rare species. The reason behind it is the overgrowth of more aggressive species on the slopes which leads to the disappearance of the rare prairie colony. Therefore, it is advised to review and change the laws regulating certain activities performed on the nature reserve territory.

**Key words:** Volynski highlands, prairie colony, rare plant species, protection.

## Вступ

Екстразональні степи Волинської височини є найпівнічнішим місцем розміщення степової рослинності в Україні. Унаслідок розорення степова рослинність на Волинській височині збереглася лише фрагментарно. Такі «степові острівці» серед лісових ландшафтів викликають значний науковий інтерес.

Інформацію про фрагменти степової рослинності на території Волинської височини знаходимо в роботах П. Роговича [1] та І. Пачоського [2, 3, 4]. Автори вказують на наявність на крейдяних схилах Волинської височини степових видів: *Adonis vernalis*, *Prunus fruticosa*, *Linum flavum* й ін. Й. Панек [5, 6, 7, 8] та Я. П. Дідух [9] детально описують степову рослинність Вишневої гори біля Рівного. Рослинність місця Уляна поблизу Луцька за участю *Adonis vernalis*, *Aster amellus*, *Carlina acaulis*, *Linum flavum* та ін. характеризує С. Мацко [10]. Б. В. Заверуха [11] представив притаманні для західної частини Волинської височини 14 над-

звичайно рідкісних фрагментів степових угруповань.

**Мета досліджень** – детальне вивчення екстразональних степових ділянок на території Волинської височини. Суто степові види, а також види, пов'язані з карбонатними степами, є рідкісними або малопоширеними для цього регіону. Завдання – здійснення інвентаризації таких видів на території Волинської височини, вивчення їхніх еколого-біологічних особливостей, виявлення причин скорочення чисельності й розробка наукових основ їх охорони.

## Матеріали й методи досліджень

Для здійснення інвентаризації степових видів природної флори на території Волинської височини опрацьовано низку праць [9, 11, 12–15], а також здійснено 19 маршрутів, якими охоплено 10 адміністративних районів Рівненської, Волинської та Львівської областей. Під час польових досліджень проводили пошуки нових місцезнаходжень рідкісних і зникаючих видів, перевірялися розташу-

вання видів, наведених у літературних джерелах або ж представлених гербарними зразками. Опрацьовано матеріали гербаріїв: Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, м. Київ (KW); Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України, м. Київ (KWNA); Природознавчого музею НАН України, м. Львів (LWS); Львівського національного університету ім. І. Я. Франка (LW); краєзнавчих музеїв – Рівненського (PKM) та Луцького (LUM); Волинського державного університету ім. Лесі Українки, м. Луцьк (LUU); Національного університету водного господарства й природокористування. Крім загальних, опрацьовано персональні гербарії С. Мацка та Й. Панека (Рівненський обласний краєзнавчий музей, Луцький краєзнавчий музей).

Вивчення еколого-біологічних особливостей рідкісних видів проводили на основі методичних рекомендацій В. М. Голубева та Є. Ф. Молчанова [16]; В. М. Голубева [17–20].

Назви видів наводили за зведенням С. Л. Мосякіна та М. М. Федорончука [21].

## Результати й обговорення

У флористичному та фітоценотичному відношенні екстразональні степові ділянки Волинської височини схожі на подільські, із якими вони пов'язані спільним походженням і мають низку спільних реліктових видів. Водночас вони відрізняються від прилеглих степів Люблінської височини в Польщі наявністю низки рідкісних видів [22].

Степова рослинність на Волинському плато представлена на Вишневій горі біля Рівного, на схилах гір Лиса й Квітуча біля с. Мильча Дубнівського району Рівненської області, горі Смордва біля с. Смордва Млинівського р-ну Рівненської обл., в урочищі «Печений Віл» поблизу с. Кораблище Млинівського р-ну Рівненської обл. та урочищі «Грабовещина»

поблизу с. Владиславівка Млинівського р-ну Рівненської обл. [15].

*Вишнева гора* розміщена на території Шпанівської сільської ради між селами Городок і Зозів. Її площа – 97 га.

Це крейдяні пагорби правого берега р. Устя, де крейдові породи перекриті лесовими відкладами. Гора отримала таку назву через наявність на її південних схилах густих заростей (у минулому) *Cerasus fruticosa* Pall. Нині *Cerasus fruticosa* не формує заростей, а представлена лише фрагментарно й витісняється *Prunus spinosa* L.

Вершини Вишневої гори та прилеглі схили північної експозиції вкриті деревно-чагарниковою рослинністю, а на південних і частково південно-західних схилах із крутизною 20–35° сформувалася степова рослинність. Основними є рослинні угруповання за участю *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Carex humilis*, *Thymus marschallianus*, *Inula ensifolia*. На території Вишневої гори трапляється близько 100 лучно-степових і степових видів рослин [13]. Серед них – *Stipa capillata*, *Adonis vernalis*, *Allium sphaerocephalum*, *Linum flavum*, *Iris hungarica*, *Aster amellus*, *Inula ensifolia*, *Teucrium chamaedrys*, *Peucedanum lubimenkoanum* та ін. [5–9, 13, 23].

Постановою Ради Міністрів УРСР № 500 від 28.10.1974 р. Вишнева гора набула статусу ботанічного заказника загальнодержавного значення.

На сучасному етапі популяції степових видів на території заказника значно трансформовані, а їх чисельність і щільність є значно меншими, ніж раніше. За Я. П. Дідухом [9], степова рослинність Вишневої гори займає схили площею 6–7 га і представлена (у %) формаціями *Caraseta fruticosae* – 15–20, *Stipeta capillatae* – 10, *Cariceta humiliae* – 5 та угрупованнями *Thymus marschallianus* Willd. – 5 %, *Inula ensifolia* L. – до 5 %.

Наші дослідження свідчать про значну деградацію степових видів, а саме:



формація *Caraseta fruticosae* займає близько 10 % території заказника й витісняється *Prunus spinosa* L., а популяція *Stipa capilla* L. представлена на сьогодні лише двома нечисленними локалітетами. Про незначну участь у рослинному покриві Вишневої гори популяцій *Adonis vernalis* L. вказано в окремих працях [15, 24], у яких їх стан визначено як незадовільний. Останні дослідження, проведені нами у 2018 р. вказують на значну деградацію популяцій виду й зникнення деяких, раніше зафіксованих локалітетів. Це дає змогу стверджувати, що *Adonis vernalis* на Вишневій горі перебуває на межі зникнення.

Головними причинами трансформації степових угруповань заказника є заростання південних схилів, витіснення рідкісних та зникаючих видів флори більш агресивними видами і значне антропогенне навантаження: витоптування, викопування окремих видів місцевим населенням, випас худоби та засмічення.

*Лиса гора.* Рішенням облвиконкому № 343 від 22.11.1983 р. Лиса гора набула статусу ботанічної пам'ятки природи місцевого значення. Розміщена на території Мильчанської сільської ради безпосередньо в с. Мильча Дубенського р-ну Рівненської обл. Займає площу 4,0 га.

Тут зростають рідкісні степові види – *Teucrium rannonicum* Kern., *Festuca vaginata* W. K., *F. pallens* Host., *Carex humilis* Leyss. та ін. Степова рослинність представлена на найкрутіших (20–40°) південних і південно-західних схилах, складених крейдою. Під тридцятиметровою товщею крейди залягають девонські вапняки. Ґрунти малопотужні (5–35 см) дерново-карбонатні, переважно дуже змиті з відслоненнями материнської породи [13, 22].

У рослинному покриві найпоширенішими є угруповання з домінуванням *Carex humilis*, поширені по всій Волино-Подільській височині. На території гори ці угруповання містяться в північно-західній частині ареалу. Фрагменти угруповань

*Festuca pallens* та *Carex humilis* занесені до Зеленої книги України [25]. Менш поширені угруповання *Poa angustifolia* L., *Festuca sulcata* Hack., *F. vaginata* W. K., *Medicago falcate* L..

Окрім рідкісних степових видів, трапляються на території гори і регіонально-рідкісні види: *Inula ensifolia* L., *Linum flavum* L., *Helianthemum hirsutum* (Thuill.) Merat., *Teucrium chamaedrys* L., *Thymus ucrainicus* (Klok. Et Shost.) Klok., *Campanula sibirica* L., *Allium montanum* Schmidt., *Adonis vernalis*.

Проведені флористичні дослідження повною мірою підтверджують зростання наведених степових видів на території гори. Рідкісні угруповання *Carex humilis* та *Festuca pallens* перебувають у задовільному стані.

*Квітуха гора* являє собою один із небагатьох осередків степової рослинності на території Волинської височини. Згідно з рішенням Рівненської облради № 584 від 27.05.2005 р. це урочище набуло статусу ботанічного заказника місцевого значення. Розміщене на території Мильчанської сільської ради, безпосередньо в північно-західній околиці села Мильча, біля пам'ятника австрійським солдатам. Площа – 50,0 га [12, 22].

Заказник достатньо великий, видовжений у меридіальному напрямку з півночі на південь. Являє собою останцевий горб, що складається з верхньокрейдових шарів.

Південні схили горба вкриті степовою рослинністю, для збереження, охорони й відтворення якої й створено заказник. Основу трав'янистого покриву утворює *Festuca valesiaca* Gaud. Зростають на території заказника такі рідкісні й зникаючі види, як *Daphne sneorum* L., *Ranunculus zapalowiczii* Pacz. (ендемій флори Волино-Поділля), *Teucrium montanum* Kern. (реліктовий вид), *Adonis vernalis* L., *Linum flavum* L.

У 80-ті роки минулого століття на пагорбі проведено терасування схилів і посаджено сосну звичайну та листяні

породи. Сосна добре прижилася, витіснюючи степову рослинність на значній площі. Листяні породи відмерли, а розорані ділянки заросли лучно-степовою рослинністю [22].

Сучасний стан популяцій *Ranunculus zapalowiczii*, *Teucrium montanum* та *Linum flavum* не викликає занепокоєння. Популяції численні, щільні, повновікові, зростають на значній території. Проте локалітети *Adonis vernalis*, які і раніше займали тут незначні площі [24], перебувають на межі зникнення. Степова рослинність за участю *Adonis vernalis* зникає внаслідок заростання схилів *Pinus sylvestris* L. Місцезростання *Daphne sneorum* на території заказника на сучасному етапі не підтверджено, тому потребує подальших моніторингових досліджень.

Гора Сморгва також являє собою крейдяний останець з осередками степової рослинності. Лежить на значній відстані від с. Сморгва Млинівського р-ну Рівненської обл. і вирізняється серед таких же схилів, розміщених поруч, значним флористичним багатством. Місцеве населення називає гору Вапницею або Шкомарохою.

На схилах південної експозиції зростають степові види. Угруповання реліктового рідкісного виду *Carex humilis* Leys., занесені до Зеленої книги України [25], домінують на певних ділянках гори. На її території трапляються *Festuca valesiaca* Gaud., *Helianthemum nummularium* L., *Molinia coerulea* (L.) Moench., *Inula ensifolia* L., *Linum flavum* L., *Lembotropis nigricans* Gris. (останні два – види, характерні для степових угруповань Волині). Трапляються тут і рідкісні та малопоширені види, серед яких – *Iris hungarica* Waldst. et Kit., *Jurinea calcarea* Klok., *Campanula sibirica* L., *Allium montanum* Schmidt., *Aster amellus* L., *Adonis vernalis* L.. Особливий науковий інтерес становлять реліктовий субендемик з охоронним статусом 1 категорії – *Carlina*

*onopordifolia* Bess. ex. Szaf., рідкісний Волино-Подільський ендемик *Teucrium montanum* L., рідкісний ендемічний вид – *Centaurea stricta* Dobrocz. та вид, занесений до Червоної книги України [26], – *Stipa pennata* L.

Варто вказати на зростання на сусідній горі досить великої популяції *Adonis vernalis* L., яка щовесни відзначається масовим цвітінням.

Сучасні дослідження свідчать про досить хороший стан популяцій степових видів. У проєктивному покритті рослинного покриву і зараз домінує *Carex humilis*. Дослідження популяцій *Carlina onopordifolia* показують, що їх середня щільність складає 1–3 особини на 1м<sup>2</sup>, а максимальна – 5 особин на 1м<sup>2</sup>. У віковому спектрі популяції переважають віргінільні особини, що свідчить про хорошу відтворюваність виду.

Урочище «Печений Віл» рішенням Рівненської облради № 33 від 28.02.1995 р. набуло статусу ботанічної пам'ятки природи місцевого значення. Розміщене на землях Кораблищенської сільської ради, його площа складає 12,7 га. Лежить урочище на південний схід від с. Кораблище на схилах горбистого пасма західної частини Мізоцького кряжу.

У геологічному відношенні схил складений відкладами крейди та неогеновими вапняками й пісками.

Більшість пасма заліснена сосною, а на схилах південної та південно-східної експозиції трапляються незаліснені ділянки. Тут зростають *Festuca valesiaca* Gaud., *Koeleria cristata*., *Phleum phleoides* (L.) Karsten., *Fragaria viridis* Duch., *Stachys recta* L. Зі специфічних видів вапнякових степів тут представлені *Bupleurum falcatum* L., *Helianthemum nummularium* (L.) Mill., *Anthyllis polyphylla* Kit., *Thymus calcareous* Klok. Et Shost. До схилів приурочені реліктові угруповання *Carex humilis* Leys., занесені до Зеленої книги України [25]. У верхній частині схилу простежуємо фрагменти формації *Stipa pennata* L.

Трапляються також і великі популяції інших рідкісних рослин – *Adonis vernalis* L. та *Anemone silvestris* L., зрідка можна побачити *Pulsatilla latifolia* Rupr. Зростає тут і малопоширений вид – *Thalictrum flexuosum* Bernh. et Reichenb. Численною є група видів, пов'язаних із карбонатними степами, усі вони рідкісні або малопоширені. На території «Печеного Вола» виявлено зростання рідкісних видів із цієї групи – *Allium montanum* Schmidt. та *Viola rupestris*. Останній вид спостерігаємо лише в степах Західного Лісостепу [12].

Унаслідок заростання південних схилів *Pinus sylvestris* на сьогодні зникла значна частина локалітетів степових видів, зокрема *Adonis vernalis*. Популяції цього виду, які були досить численними, щільними й повновіковими [27], сьогодні значно витіснені до підніжжя гори, де вони зазнають негативного впливу густої лучної рослинності. Крім того, віковий спектр популяцій виявився неповночленим, із відсутністю ювенільних особин. Очевидно, це пов'язано із заростанням схилів, а також з особливостями місцезростань. Раніше схили помірно випасались, а це, за даними В. І. Мельника [24], сприяє фрагментації дерновин й створенню мікроніш для поновлення ценопопуляцій новими особинами. На сьогодні поголів'я худоби значно зменшилось і випас майже відсутній. Також не підтверджено нами зростання таких видів, як *Stipa pennata* та *Pulsatilla latifolia*.

Урочище «Грабовщина» розміщене на південно-західній околиці с. Владиславівка, Млинівського р-ну, Рівненської обл. та являє собою осередок степової рослинності серед лісового масиву [28]. Це гора, на південних схилах якої виявлено реліктовий субендемик з охоронним статусом 1 категорії [29] *Carlina onopordifolia*. Особливої уваги заслуговують і такі види, як *Stipa capillata* L., *Trifolium rubens* L., *Aster amellus* L., *Centaurea pannonica* (Heuff.) Hayek., *Carex humilis* Leys., *Adonis vernalis* L., *Teucrium*

*montanum* L. Трапляються на ділянці малопоширені й рідкісні види: *Anemone silvestris* L., *Cerasus fruticosa* Pall., *Inula ensifolia* L., *Helianthemum nummularium* (L.) Mill., *Linum flavum* L., *Lembotropis nigricans* Gris., *Cruciata glarba* (L.) Ehrend., *Campanula sibirica* L., *Molinia coerulea* (L.) Moench., *Potentilla arenaria* Borkh. [28].

На сьогодні ценопопуляції степових видів у задовільному стані. Проективне покриття рослинності гори свідчить про домінування *Carex humilis* (20 %) та *Inula ensifolia* (15 %). Популяції реліктового субендемика *Carlina onopordifolia* є повночленими, із середньою щільністю 2–6 особин на 1м<sup>2</sup>. Як і в попередніх випадках, схили зі степовою рослинністю схильні до заростання *Pinus sylvestris* і вже зараз дещо зміщені до підніжжя гори.

## Висновки

Головними причинами, що призводять до деградації популяцій степових видів, є заростання дерево-чагарниковою рослинністю, трансформація фітоценозів, витоптування та викопування окремих видів і повна відсутність випасу.

Проаналізовані степові ділянки, безперечно, є осередками численних рідкісних та зникаючих видів і на сьогодні кожен із них охороняється. Проте проведені нами фітоценотичні дослідження свідчать про регресивний стан окремих степових видів на території Вишневої гори, Квітучої гори, урочища Печений Віл.

Статус заказника забороняє проводити будь-які роботи на його території, тому більшість степових видів зникають через заростання схилів. Як наслідок, отримуємо абсурдну ситуацію: спостерігаємо, як на території, яка взята під охорону з метою збереження певних раритетних видів, ці ж види зникають. Тому доцільно провести перегляд та внести певні зміни до законів, що регламентують певні види діяльності на території заповідних об'єктів. В іншому випадку ми просто будемо спостерігати, як ці види зникають і надалі.

## Література

1. Рогович, П. *Обозрение семенных и высших споровых растений, входящих в состав флоры губерний Киевского учебного округа: Волынской, Подольской, Киевской, Черниговской и Полтавской.* Изд-во Киев. ун-та: Киев, 1869. 308 с.
2. Paczoski, J. *Przyczynek do flory Wołynia. Spis roślin zebranych w roku 1890 w powiecie Dubieńskim.* Pam. Fizyogr: Warszawa, 1891, 11, III, s 67–79.
3. Paczoski, J. *Dodatek do spisu roślin zebranych w powiecie Dubieńskim w gub. Wołyńskiej.* Pam. Fizyogr: Warszawa, 1896, 14, III, s 137–143.
4. Paczoski, J. *О formacjach roślinnych і о pochodzeniu флоры полевой.* *Pamiętnik fizyograficzny*, 1900, 16, s 1–156.
5. Panek, J. *Roślinność okolic Rownego.* Rocznik Wołyński: Rowno, 1930, Cz. 1., s. 31–56.
6. Panek, J. *Zespół wisienki stepowej (Prunetum fruticosae) і jego sukcesja.* Rocznik Wołyński: Rowno, 1931, II, s. 403–424.
7. Panek, J. *Wiśniowa Góra na Wołyniu. Ochrona przyrody.* Rocznik 13. Kraków, 1933, S. 72–78.
8. Panek, J. *Roślinność stepowa і naskalna lessowego Wołynia.* Rocznik Wołyński: Rowne, 1939, VIII, s. 26–65.
9. Дідух, Я. П. Степова рослинність Вишневої гори біля м. Ровно. *Український ботанічний журнал* 1974, 31, 3, с 361–364.
10. Macko, S. *Roślinność projektowanych rezerwatów na Wołyniu Ochrona przyrody.* Rocznik 17. Kraków, 1937, s. 111–185.
11. Заверуха, Б. В. Степові ділянки східної частини Волинського Лісостепу. *Щорічник українського ботанічного товариства.* 1960, 2, с. 39–40.
12. Природно-заповідний фонд Рівненської області; Грищенко, Ю. М., ред.; Волин. обереги: Рівне, 2008.
13. Мельник, В. И. Экстразональная степная растительность Волынской возвышенности и ее ботанико-географические связи с луговыми степями Западной и Восточной Европы. *Ботанический журнал.* 1993, 78, 2, с 28–38.
14. Мельник, В. И.; Парубок, М. И.; Савчук, Р. В. Нові відомості про степову рослинність Волинської височини. *Укр. Фітоценоз: зб. Серія А. Фітосоціологія.* 1999, 1–2 (12–13), с 30–33.
15. Логвиненко, І.П. Сучасний стан популяцій рідкісних видів степових угруповань Волинської височини. *Інтродукція рослин.* 2012, 3, с 9–14.
16. Голубев, В. Н.; Молчанов, Е. Ф. *Методические указания к популяционному и эколого-биологическому изучению редких и исчезающих растений Крыма.* Изд-во Гос. Никитского бот. сада: Ялта, 1978, с 42.
17. Голубев, В. Н. К методике количественного изучения редких и исчезающих растений флоры Крыма; *Бюллетень Никитского ботанического сада.* 1977, 32, с 11–15.
18. Голубев, В. Н. *Методические указания по изучению эндемических растений флоры Крыма.* Ялта, 1980, с 21.
19. Голубев, В. Н. К методике эколого-биологических исследований редких и исчезающих растений в естественных растительных сообществах; *Бюллетень Никитского ботанического сада.* 1982, 47, с 11–16.
20. Голубев, В. Н. *Принципы учета, классификации и охраны редких и исчезающих растений. Охрана генофонда природной флоры.* Наука: Новосибирск, 1983, С. 13–18.
21. Mosyakin, S.; Fedoronchuk, M. *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural.* Kiev. 1999, pp 346.
22. Мельник, В. И. Террасирование степных склонов и проблема охраны редких видов растений. *Промышленная ботаника: состояние и перспективы развития.* Донецк, 1993, С. 37–38.
23. Дідух, Я. П. Екологічні особливості заказника Вишнева гора (Рівненська область, Україна). *Український ботанічний журнал* 1993, 50, 3, с 35–43.
24. Мельник, В. И.; Парубок М. И. Горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.) в Україні. *Фітосоціоцентр* : Київ, 2004, с 163.
25. *Зелена книга України;* Дідух, Я. П. ред.; Альтерпрес: Київ, 2009.
26. *Червона книга України.* Рослинний світ; Дідух, Я. П. ред.; Глобалконсалтинг: Київ, 2009.
27. Логвиненко, І. П. *Рідкісні та зникаючі види флори Волинської височини.* Дисертація канд. наук. Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, 2014.
28. Кузьмішина, І. І. *Флора Волинської височини, її антропогенна трансформація та охорона.* Дисертація канд. наук. Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, 2008.
29. Чопик В. І. Актуальні питання охорони рослин. *Український ботанічний журнал* 1976, 33, 5, с 449–456.



УДК 57.041:582.28:632.42

## Вплив температури на ріст і життєздатність міцелію штамів мікофільного гриба *Cladobotryum dendroides*

Дмитрій Медведєв, Ніна Бісько

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, Україна  
Адреса для листування: [gribovod.tehnolog@gmail.com](mailto:gribovod.tehnolog@gmail.com)

Отримано: 11.04.18; прийнято до друку: 14.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** У статті представлені результати досліджень впливу різних значень температур (від  $18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  до  $45\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) на швидкість росту, морфологію колоній та життєздатність міцелію 5 штамів *Cladobotryum dendroides*, що виділені з уражених павутинною цвільлю плодів картоплі грибом *Agaricus bisporus*. Установлено, що оптимальною температурою для всіх штамів на картопляно-глюкозному агаризованому середовищі була  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Збільшення температури на  $6^{\circ}\text{C}$  (с  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  до  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) спричинило значне зменшення швидкості росту – для різних штамів – у 65–120 разів. Зниження температури на  $7^{\circ}\text{C}$  (с  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  до  $18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) не настільки негативно вплинуло на швидкість росту досліджених штамів – цей показник знизився в 3–5 разів, порівняно зі швидкістю росту при оптимальній температурі. Установлено, що температура  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  була критичною для росту міцелію трьох із 5 досліджених штамів, а для двох інших штамів значення критичної температури було на  $1^{\circ}\text{C}$  нижче й становило  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Продемонстровано, що міцелій жодного з досліджених штамів *C. dendroides* не ріс при температурах  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  і  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Однак при перенесенні культур в умови оптимальної температури ріст відновився. Швидкість росту при цьому незначно відрізнялася від відповідних ростових показників штамів, культивованих при оптимальній температурі. Отже, показники температур  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  спричиняють фунгістатичну дію на ріст міцелію досліджених штамів *C. dendroides*. У результаті дослідження впливу температури на морфологічні особливості росту міцелію штамів *C. dendroides* установлено, що при підвищенні температури інкубації ( $30\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) колонії всіх штамів набувають характерних морфологічних ознак: край колонії стає нерівним, колір колонії змінюється з блідо-жовтого або жовтого на рожевий, темно-бурий чи темно-вишневий, реверзум змінює колір із жовтого на темно-бурий або темно-вишневий.

**Ключові слова:** умови, фунгістатичний вплив, колір колоній, морфологія колоній.

## The Influence of Temperature on Growth and Vitality of Mycelia of Fungicolous Fungus *Cladobotryum Dendroides* Strains

Dmitrii Medviedev, Nina Bisko

M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.  
Correspondence: [gribovod.tehnolog@gmail.com](mailto:gribovod.tehnolog@gmail.com)

**Resume.** The influence of temperature in interval  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  –  $45\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  on growth rate, colony morphology and mycelia vitality of 5 strains *Cladobotryum dendroides* is considered. The strains were isolated from *Agaricus bisporus* carpophores which were affected by cobweb disease. It was demonstrated that the temperature  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  was optimal for growth of all strains on potato glucose agar medium. The growth rate was decreased in 65-120 times under conditions of temperature increase from  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  to  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . The

growth rate was decreased in 3-5 times under conditions of temperature decrease from  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  to  $18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . The temperature  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  was critical for the growth of 3 from 5 investigated strains, and the temperature  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  was critical for the growth of others. It was found, that the temperatures  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  and  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  have fungistasis action for all *C. dendroides* strains. It was shown that temperature increase ( $30\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) results in changes of morphological characteristics of mycelia: edge of colony becomes irregular, the colony color changes from yellow or light yellow to rose, dark brown or dark cherry, the riversum color – from yellow on dark brown or dark cherry.

**Key words:** conditions, fungistasis action, colony color, colony morphology.

## Вступ

Одним із перспективних напрямів біотехнології у ХХІ ст. є розвиток промислового культивування їстівних грибів як джерела повноцінного білку, вітамінів, мікроелементів та біологічно активних речовин, необхідних для харчування й здоров'я людини [5]. У багатьох країнах Європи, у тому числі й в Україні; печериця двоспорова *Agaricus bisporus* (J. E. Lange) Imbach займає перше місце за об'ємом виробництва. Гриб *Cladobotryum dendroides* (Bull.) W. Gams & Nooz. є одним із найбільш розповсюджених мікофільних паразитів печериці двоспорової, який призводить до значних утрат урожаю цінного їстівного гриба. Установлення біологічних характеристик штамів *C. dendroides* украй важливе для розробки екологічно чистих методів боротьби з павутинною цвіллю печериці. Проте особливості росту та культурально-морфологічні ознаки штамів *C. dendroides* при різних температурах, визначення параметрів критичних температур у науковій літературі досі мало вивчено. Сам цей факт, а також величезне значення цього гриба як паразита культивованої в промислових масштабах печериці двоспорової зумовлюють нагальну потребу такого дослідження.

Вивчення впливу різних абіотичних факторів, у тому числі температури, на розвиток міцелію штамів *C. dendroides* дає змогу встановити варіабельність швидкості росту та морфології колоній, критичні параметри для росту цього паразита печериці двоспорової. Відомо, що критичні температури – максимальні й мінімальні – мають штамову специфіку та харак-

теризують умови існування виду. Досліджень життєздатності міцелію *C. dendroides* за умов критичних показників температури в науковій літературі немає.

**Мета статті** – установити вплив різних значень температури на ріст, культурально-морфологічні особливості та життєздатність міцелію 5 штамів *C. dendroides*.

## Матеріали й методи досліджень

Об'єктом дослідження були чисті культури 5 різних штамів *C. dendroides*, виділені з уражених павутинною цвіллю карпофорів печериці двоспорової, зібраних у різних промислових грибних господарствах України згідно з методиками М. А. Наумова [3] та В. І. Білай [1]. Для діагностики виду використовували визначник [4].

Вплив температури на ріст і морфологію культур вивчали на стерильному живильному середовищі – картопляно-глюкозному агарі в чашках Петрі за різних температур. Склад картопляно-глюкозного середовища (КГА), г/л: картопля – 200; глюкоза – 20; агар-агар – 20, вода – 1 л. У кожен стерильну чашку Петрі залито по 10 мл живильного середовища. Як інокулом використовували диски з міцелієм (діаметром 5 мм) 7-добової колонії кожного штаму, що вирощені на КГА [2]. Дослідження росту та життєздатності міцелію штамів здійснювали при інкубуванні в холодильнику ( $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) та термостаті при таких значеннях температури:  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $30\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,

36±0,3°C, 37±0,3°C, 38±0,3°C, 39±0,3°C, 40±0,3°C і 45±0,3°C. Після третьої доби інкубації за зазначеними температурами, крім -18±0,3°C, враховували наявність чи відсутність росту міцелію. При -18±0,3°C штами культивували 1 або 4 доби. Культури, що не росли за досліджуваної температури, надалі інкубували за оптимальної температури для перевірки їхньої життєздатності. Поновлення або відсутність росту міцелію штамів фіксували після 3-х та 5-ти діб інкубації за оптимальної температури. У процесі росту штамів щодоби вимірювали радіус колоній у двох взаємно перпендикулярних напрямках із метою встановлення швидкості радіального росту ( $V$ , мм/добу) за формулою:  $V = a-b/t$ , де  $a$  – радіус колонії в кінці лінійного росту, мм,  $b$  – радіус колонії на початку лінійного росту, мм,  $t$  – тривалість (кількість діб) лінійного росту [1].

Морфолого-культуральні особливості колоній штамів описували на 3-тю, 7-му та 10-ту добу й після повного заростання міцелієм гриба живильного середовища в чашці Петрі. Повторність проведених дослідів п'ятикратна. Статистично достовірні дані представлені при 95 % імовірності.

## Результати

Аналіз швидкості росту штамів *C. dendroides* за різної температури дає підстави говорити про те, що оптимальною температурою для всіх досліджених штамів була 25±0,3°C (табл. 1). Дані табл. 1 свідчать про значний негативний вплив підвищення та зниження температури на швидкість росту всіх штамів. Зокрема, швидкість росту штаму 1 при підвищенні на 6°C (із 25±0,3°C до 31±0,3°C) зменшилась у 65 разів, а штаму 5 – у 120 разів (табл.1). Водночас зниження температури інкубації на 7°C (із 25±0,3°C до 18±0,3°C) призвело до зменшення швидкості росту штаму 1 у 5 разів, а штаму 5 – у 3 рази. Потрібно відзначити різке зниження швидкості росту всіх штамів в умовах підвищення температури лише на 1°C в інтервалі від 30±0,3°C до 31±0,3°C, Зазначимо, що при цьому ростовий показник штаму 5 став меншим у 36 разів (табл.1).

Отримані результати свідчать про те, що штам 2 *C. dendroides* характеризується найбільш високими показниками швидкості росту за вивченими температурами серед досліджених штамів цього мікофільного виду.

Таблиця 1

### Радіальна швидкість росту міцелію штамів *Cladobotryum dendroides* на картофельно-глюкозному агаризованому живильному середовищі за різних температур

Штам, №	Швидкість росту, мм/добу				
	температура інкубації, °C				
	18 ± 0,3*	25 ± 0,3	30 ± 0,3	31 ± 0,3	34 ± 0,3
1	2,6 ± 0,13	13,2 ± 0,21	6,6 ± 0,33	0,2±0,01	0,07±0,01
2	4,3 ± 0,21	15,6 ± 0,34	10,5±0,53	0,6±0,03	-
3	3,8 ± 0,19	13,5 ± 0,25	6,7 ± 0,34	0,5±0,03	0,15±0,01
4	3,9 ± 0,19	12,4 ± 0,12	2,3 ± 0,11	0,5±0,02	-
5	4,1 ± 0,20	12,1 ± 0,15	3,6 ± 0,18	0,1±0,01	0,12±0,01

Примітка. Ріст відсутній, \* – за даними [2], для показників швидкості росту наведено значення стандартної похибки, відхилення якої становило 5 %.

## Результати й обговорення

За даними проведених експериментів, встановлено, що міцелій усіх досліджених штамів *C. dendroides* не ріс за температурами  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та вище. Однак міцелій штамів 2 та 4 *C. dendroides* був не здатен рости й за температури  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Відсутність росту міцелію при переносі досліджених штамів, які інкубували при  $34\text{--}45\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , в умовах оптимальної температури свідчить про те, що температура  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  була критичною для росту міцелію штамів 1, 3 та 5, а для штамів 2 та 4 – значення критичної температури було  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ .

Водночас виявлено, що міцелій усіх штамів *C. dendroides* не ріс при температурах  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Однак після переносу в умови культивування при  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  усі досліджені штами на 4-ту добу відновили ріст. Показники швидкості росту міцелію при цьому незначною мірою відрізнялися від швидкості росту культур, що постійно утримували в умовах оптимальної температури ( $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ). Потрібно зазначити, що різниця в терміні утримування міцелію всіх досліджених штамів при  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  – одна або чотири доби, не впливала на швидкість росту їхнього міцелію після переносу в умови культивування при  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Отже, температури  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  мають фунгістатичну дію на ріст міцелію досліджених штамів *C. dendroides*.

У результаті дослідження впливу температури на морфологічні особливості росту міцелію штамів *C. dendroides* встановлено, що при підвищенні температури інкубації ( $30\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $31\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ) колонії всіх штамів набувають характерних морфологічних ознак: край колонії стає нерівним, забарвлення її

змінюється з блідно-жовтого та жовтого на рожевий, брудно-бурий, темно-вишневий, реверзум змінює колір із жовтого на темно-бурий або темно-вишневий.

## Висновки

З'ясовано, що оптимальною температурою для росту міцелію 5 штамів мікофільного гриба *C. dendroides* на картопляно-глюкозному агаризованому живильному середовищі є  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Виявлено, що температури  $-18\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ,  $5\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  та  $15\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  мають фунгістатичну дію на ріст міцелію досліджених штамів *C. dendroides*. Значення критичних температур дещо відрізнялися для різних досліджених штамів – температура  $35\pm 0,3^{\circ}\text{C}$  була критичною для росту міцелію штамів 1, 3 та 5, а для штамів 2 та 4 – значення критичної температури було  $34\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ . Отримані результати свідчать про перспективність продовження досліджень біологічних особливостей росту мікофільного гриба *C. dendroides*.

## Література

1. Wasser, S. P. Current findings, future trends and unsolved problems in studied of medicinal mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2011, 89, 12. pp. 1323–1332.
2. Наумов, Н. А. Методы микологических и фитопатологических исследований. Сельхозгиз: Москва; Ленинград: 1937; с. 272
3. Билай, В. И. Методы экспериментальной микологии: Справочник, 1982, Наук. думка: Київ, 552 с.
4. Рудаков, О. Л. Микофильные грибы, их биология и практическое значение; Наука: Москва, 1981, 160 с.
5. Медведев, Д. Г. Вплив складу живильних середовищ на швидкість росту та культурально-морфологічні особливості штамів *Cladobotryum dendroides* (Bull.) W. Gams. Hooz. *Вісник Харківського національного університету. Серія біологічна.* 2017, 28, с 87–94.

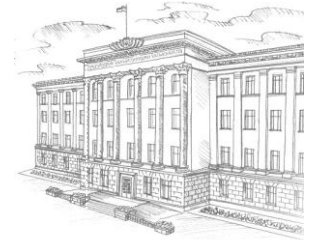




Науковий вісник Східноєвропейського національного  
університету імені Лесі Українки

**РОЗДІЛ II**

**Зоологія**



Серія: Біологічні науки, 2018, 4(377)

УДК: 595.771:447.8

## **Про колекцію мошок (Simuliidae, Diptera) кафедри зоології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки**

**Катерина Сухомлін, Олександр Зінченко**

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна  
Адреса для листування: suhomlinkb@gmail.com

Отримано: 12.02.18; прийнято до друку: 18.03.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Проаналізовано вміст і стан колекції мошок (Simuliidae), яка зібрана К. Б. Сухомлін, О. П. Зінченком, В. С. Теплоком, А. М. Теплоком, студентами факультету впродовж 1990–2017 рр. Вона містить препарати та проби, подаровані професором З. В. Усовою, зокрема, 9 вологих проб із Великої Британії, Норвегії та Фінляндії й 137 мікропрепаратів з Українських Карпат, Чукотки Російської Федерації, Вірменії та Норвегії. У колекції зберігаються матеріали співпраці фахівців кафедри зоології з працівниками паразитологічного відділу Центральної санітарно-епідеміологічної станції МОЗ України у 2004–2009 рр. Роботу проведено задля ревізії колекції мошок. Колекція зберігається в лабораторії фауни і систематики безхребетних тварин біоценозів Західного Полісся кафедри зоології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Географія зборів уключає матеріали, зібрані в декількох сотнях точок території України та країн Європи. Значна частина зборів належить до пунктів, розміщених уздовж автомобільних трас, а також у межах міст України. Колекція складається з готових препаратів із діагностичними ознаками на предметних скельцях і заспиртованих особин імаго, лялечок і личинок. 2558 препаратів міститься в канадському бальзамі й презентують 84 види симулід. Спиртовий матеріал складається з 2689 пробірок із личинками, лялечками та імаго, представлений здебільшого невідпрепарованими екземплярами. У лабораторії фауни і систематики безхребетних тварин біоценозів Західного Полісся, окрім колекції мошок, наявні також матеріали (польові щоденники й журнали, детальний перелік виготовлених препаратів і т. ін.), які мають безпосереднє відношення до неї. 30-річні збори мошок, представлені в колекції, дають змогу провести фауністичний аналіз, спрямований на виявлення тенденцій зміни видового складу під впливом природних та антропогенних чинників. Колекція перебуває в хорошому стані й може зацікавити широке коло фахівців.

**Ключові слова:** мошки; колекція; архів; кровосисні комахи; препарати; систематика.

## **About the Black Flies (Diptera, Simuliidae) Collection of the Zoology Department in Lesya Ukrainka Eastern European National University**

**Katetyna Sukhomlin, Oleksandr Zinchenko**

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine  
Correspondence: suhomlinkb@gmail.com

**Resume.** The content and condition of the black flies (Simuliidae) collection was analyzed. It has been collected by K. B. Sukhomlin, O. P. Zinchenko, V. S. Teplyuk, A. M. Teplyuk, students of the faculty during 1990–2017. Collection contains the preparations and samples donated by Professor Z. V. Usova, in particular, 9 spiral samples from Great Britain, Norway and Finland and 137 micropreparations from the Ukrainian Carpathians, Chukotka Peninsula of the Russian Federation, Armenia and Norway. The collection contains materials which are the result of cooperation between specialists of the Zoology Department and staff of the parasitological department of the Central Sanitary and Epidemiological Station of the Ukrainian Ministry of Health during the period of 2004–2009. The study was carried out to audit the collection of Simuliidae. The collection is kept in the laboratory of fauna and taxonomy of invertebrate animals of the Western Polissya biocenoses at the Department of Zoology of the Lesya Ukrainka Eastern European National University. Geography of collection includes materials from several hundred spots on the territory of Ukraine and European countries. A significant part of the collection refers to the areas along the motorways and within the cities of Ukraine. The collection consists of ready-made preparations with diagnostic features on slides and imago, pupae and larvae fixed in etanol. 2558 specimens of 84 species are contained in Canadian balsam. The spirit material contains 2689 tubes with larvae, pupae and imago represented as unprepared specimens. In the laboratory of fauna and taxonomy of invertebrate animals of the Western Polissya biocenoses besides the collection of Simuliidae, there are also materials (field diaries and journals, a detailed list of manufactured preparations, etc.) which are directly related to the collection. The 30-year collecting of Simuliidae represented in the collection allows to carry out a faunistic analysis aimed at identifying trends of species composition under the influence of natural and anthropogenic factors. The collection is in good condition and may be interesting for a wide range of specialists.

**Key words:** black flies; collection; archives; bloodsucking insects; mounts; systematic.

## Вступ

Мошки (родина Simuliidae) – група дрібних довговусих двокрилих комах. Самки багатьох видів – кровососи є компонентом комплексу гнусу. Масовий розвиток цих комах завдає істотної шкоди тваринництву й туризму [1, 2]. Багато видів комах є переносниками збудників лейкоцитозоонозу птахів, онхоцеркозу худоби та людини. Самці мошок харчуються лише соками рослин [3]. Самки відкладають яйця на предмети, розміщені на рівні води, іноді – на підводний субстрат [4]. Личинки комах мешкають у річках і струмках, утримуючись на каменях та рослинах за допомогою заднього прикріпного органа. За типом живлення вони сестонофаги: харчуються переважно організмами планктону й бентосу, що зносяться потоками води за допомогою особливого парного органа – віялоподібних пучків щетинок, розміщених на премандибулах. Цей спосіб харчування доповнюється зішкрябуванням перифітону з поверхонь і хижацтвом [4, 5]. Заляльковування відбувається в тих самих біотопах, де мешкають личинки. Видове визначення мошок викликає деякі труднощі, вимагає

виготовлення препаратів і порівняння з типовими екземплярами. Загальною системою таксономічного розподілу Simuliidae досі не сформовано: зокрема, такі роди, як *Odagmia* Enderlein, 1921, *Gnus* Rubzov, 1940 та ін. визнані не всіма дослідниками [6].

У вивченні мошок поєднуються інтереси ентомологів, паразитологів та гідробіологів. Проведення порівняльних морфологічних досліджень мошок неможливо без створення колекцій і роботи з ними, що зумовлює важливість збереження наявних зборів.

**Мета роботи** – провести ревізію колекції мошок, яка зібрана в 1990–2017 рр. К. Б. Сухомлін, О. П. Зінченком, В. С. Теплюком, А. М. Теплюк, студентами факультету й зберігається в лабораторії фауни і систематики безхребетних тварин біоценозів Західного Полісся кафедри зоології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

## Історія створення колекції

Провідна роль у створенні колекції належить Катерині Борисівні Сухомлін та Олександрю Павловичу Зінченку, які

почали цю роботу під час навчання в аспірантурі (1983–1986 рр.) кафедри зоології Донецького державного університету під керівництвом доктора біологічних наук проф. Зінаїди Василівни Усової. Результатом наполегливої праці стали захисти кандидатських дисертацій у 1989 р. Катерини Борисівни «Мошки (*Diptera Simuliidae*) Західного Полісся та Лісостепу України», а в 1993 р. Олександра Павловича – «Мошки групи *morsitans* (*Diptera, Simuliidae*) фауни України». Після завершення навчання К. Б. Сухомлін та О. П. Зінченко починають працювати у Луцькому державному педагогічному інституті імені Лесі Українки, який із часом стає Східноєвропейським національним університетом імені Лесі Українки. Разом із ними із Донецька переїхала й частина колекції, яку вони збирали. Продовження наукової роботи стосувалося спочатку фауни та біології мошок Волині, Українського Полісся, а згодом і України в цілому [7]. Створюючи школу симулідологів на Заході України, Катерина Борисівна підготувала спеціаліста з екології мошок – В. С. Теплюка, який у 2010 р. захистив дисертацію за темою «Екологія преімагінальних фаз розвитку мошок (*Diptera: Simuliidae*) Волинського Полісся» [8]. Зараз в аспірантурі навчається А. М. Теплюк, яка проводить дослідження за темою «Угруповання мошок (*Diptera, Simuliidae*) гідробіоценозів Українських Карпат» [9]. У процесі роботи науковці постійно здійснюють експедиційні виїзди, стаціонарні збори й обробку матеріалу, що значно поповнює колекційний фонд. Значне збагачення матеріалу колекції відбулося за рахунок співпраці фахівців кафедри зоології з паразитологічним відділом Центральної санепідстанції МОЗ України у 2004–2009 рр., коли до збору матеріалу долучено працівників паразитологічних відділів обласних СЕС. Колекційні фонди також поповнювалися за рахунок особистих матеріалів З. В. Усової,

які були подаровані кафедрі й охоплюють 9 вологих проб із Великої Британії, Норвегії та Фінляндії й 137 мікропрепаратів з Українських Карпат, Чукотки Російської Федерації, Вірменії та Норвегії. За матеріалами багаторічної роботи з колекційним фондом кафедри та інших наукових установ у 2013 р. К. Б. Сухомлін захистила дисертацію доктора біологічних наук за темою «Мошки підродини *Simuliinae* мішаних лісів Європи (фауна, морфологія, філогенія, систематика, екологічні особливості)».

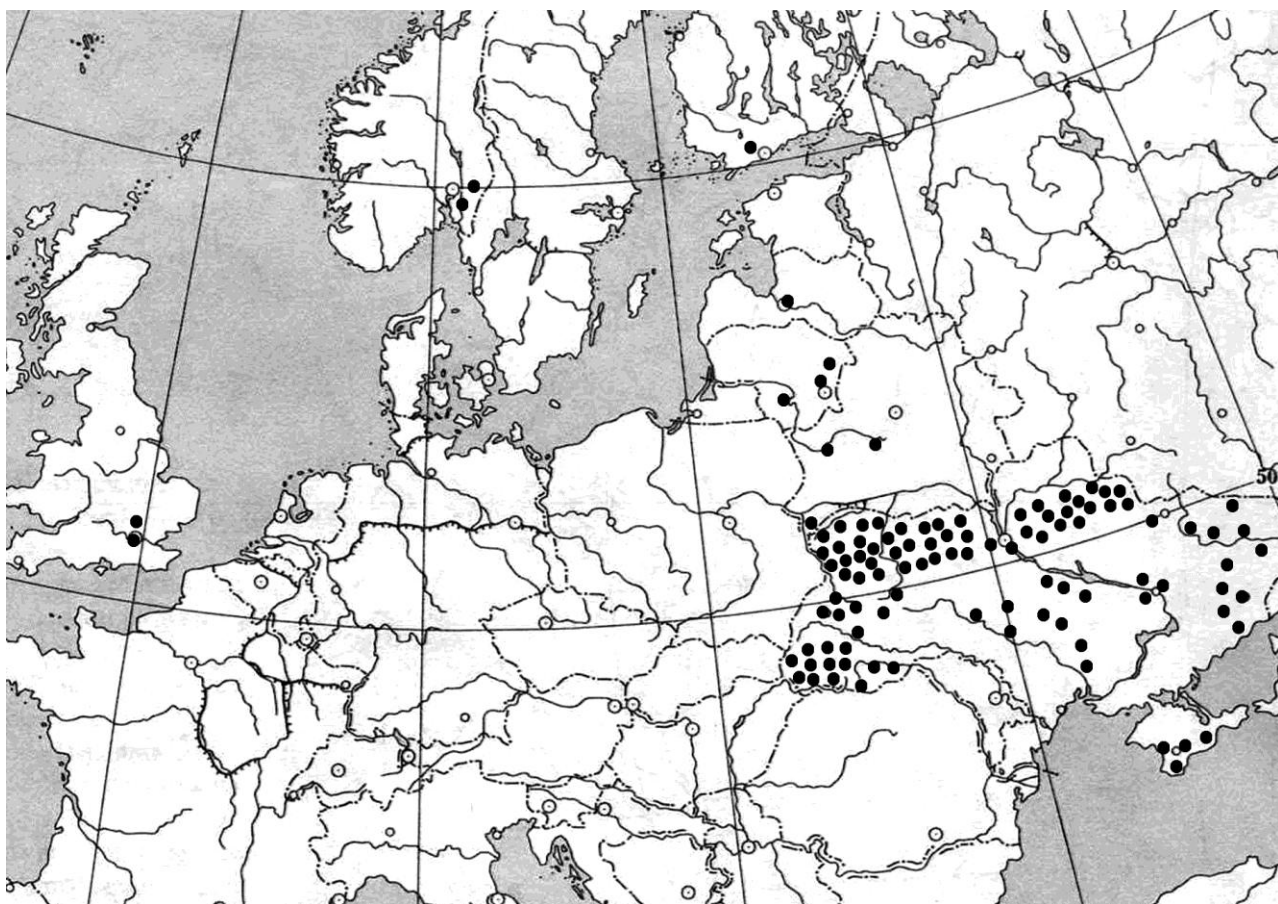
### Географія зборів

У колекції вміщені матеріали, зібрані в декількох сотнях точок території України та країн Європи. Значна частина зборів належить до пунктів, розміщених уздовж автомобільних трас, а також у межах міст України (рис. 1).

На території України обстежені річки рр. Прип'ять, Західний Буг, Стир, Стохід, Турія, Турський канал, Лютка, Гапа, Текля, Липа, Черногузка, Риловича, Полонка, Свинорийка, Липа, Копаївка, Плиска, Серебряниця, Калинівка, Рудка, Серна, Путилівка, Конопелька, Оконка, Чернявка, Грушвиця, Кормин, Сичівка, Козелька, Цир, Веселуха, Веселуха, Льва, Рита, Череваха, Кормин, Кезівка, струмки біля сіл Оконськ, Гричиновичі, Серегівка, Вижівка, Черемошна, Ясенівка (Волинська обл.), Горинь, Південний Случ, Язвинка, Стубла, Рудинка, Замчисько, Вирка, Муравинка, Устя, Боркова, Галь, струмок біля с. Новостав, струмок Грань, Іква, Серегівка, Жильжанка, Вирка, (Рівненська обл.), Коша, Тетерев, Жерев, Грезля, Лозниця, Постолин, Стручок, Ослів, Тня, Звиздаль, Лозниця, Ірша, Бобрівка, Медведка, Медь, Нереза, Уж (Житомирська обл.), Дніпро, Десна, Ірпінь (Київська обл.), Десна, Снов, Убедь, Борзенка, Мала Тичка, Головесня, Хвостинка, Сейм, Замглай, Студинка,

Криста, Віть, Сосниця, В'юнка, Вздвигач, Вигонка, Борзенка, Мена, Остер, Убонь, Смолянська, Руда (Чернігівська обл.), Сейм, Свиґа, Рехта, Клевень, Псел, Івотка (Сумська обл.), Мерла, Оскіл (Харківська обл.), Красна, Борова, Сіверський Донець, Деркул (Луганська обл.), Кальміус, Калинова (Донецька обл.), Західний Буг, Іква, Кам'янка, Верещиця (Львівська обл.), Іква (Тернопільська обл.), Дністер, Свірж, Свіча, Лімниця, Чечва, Луква, Бистриця, Ворона, Прут, Пихи, Прутець Яблунський, Красна, Березівка, Турка, Чорнява, Черемош, Чорний Черемош, Бистрець,

Річка, Білий Богдан, Говерла, Черемош (Івано-Франківська обл.), Рогнескуль, Гарманескуль, Тростинець, Квасни, Лужанка, Велика Уголька й Мала Уголька, струмки Белинський, Скоруш, Гропинець, Великий Трофанець, Свидовець, Білий, Великий, Радомир, Свинський, Кизи, Полонський, Бредець, Лихий, Тарничин, Великий Банський, Бучмонський, Гребенський, Каменський, Тарсовський, Полонські (Закарпатська обл.), Черемош, Путилка, Виженка, Герца, Вілія (Чернівецька обл.), Шелен, Ворон (Крим), струмки, меліоративні канали.



**Рис. 1.** Карта місць надходження матеріалів до колекції симулід кафедри зоології СНУ імені Лесі Українки (кількість місць збору в межах України позначена відносно)

У колекції вміщено проби, зібрані в 1971 р. Р. У. Кроскі, в околицях м. Лондона (Велика Британія), у 1972 та 1978 рр. Я. Раастадом у річках і струмках,

що південніше від м. Осло в провінції Естфолл (Норвегія), у 2005 р. Я. Ілмоненом у р. Вантаа (Фінляндія), які передані на зберігання З. В. Усовою у 2008 р.

## Результати

Колекція складається з готових препаратів із діагностичними ознаками на предметних скельцях, заспиртованих особин імаго, лялечок і личинок. Готові препарати – 2558 екз. перебувають у

хорошому стані (скло ціле, бальзам прозорий, монтування вдале), відображають усі фази розвитку мошок: личинки, лялечки, імаго. Матеріал на мікропрепаратах (табл. 1) належить до 84 видів, які наведені нами відповідно до останнього світового зведення [6].

Таблиця 1

### Уміст колекції препаратів у бальзамі

№ з/п	Вид	Кількість	Личинки	Лялечки	Самці	Самки
1	2	3	4	5	6	7
1	<i>Prosimulium hirtipes</i> (Fries, 1824)	53	51			2
2	<i>P. latimucro</i> (Enderlein, 1925)	5	5			
3	<i>P. petrosum</i> Rubtsov, 1955	2	2			
4	<i>P. rufipes</i> (Meigen, 1830)	29	26			3
5	<i>P. tomosvaryi</i> (Enderlein, 1921)	33	33			
6	<i>Cnephia pallipes</i> (Fries, 1824)	4	1	1	1	1
7	<i>Stegopterna trigonium</i> (Lundström, 1911)	8	5	1	1	1
8	<i>Simulium (Byssodon) maculatum</i> (Meigen, 1804)	11	5	2	2	2
9	<i>S. (Hellichiella) latipes</i> (Meigen, 1804)	1	1			
10	<i>S. (Nevermannia) angustitarse</i> (Lundström, 1911)	13	8	2	1	2
11	<i>S. (N.) lundstromi</i> (Enderlein, 1921)	32	24	3	2	3
12	<i>S. (N.) volhynicum</i> (Usova et Sukhomlin, 1990)	28	24	2	2	
13	<i>S. (N.) angustatum</i> (Rubtsov, 1956)	1	1			
14	<i>S. (N.) beltukovae</i> (Rubtsov, 1956)	1	1			
15	<i>S. (N.) bertrandi</i> Grenier et Dorier, 1959	4	4			
16	<i>S. (N.) brevidens</i> (Rubtsov, 1956)	21	19	1		1
17	<i>S. (N.) carthusiense</i> Grenier et Dorier, 1959	7	7			
18	<i>S. (N.) codreanui</i> (Sherban, 1958)	6	6			
19	<i>S. (N.) costatum</i> Friederichs, 1920	6	4	1		1
20	<i>S. (N.) crenobium</i> (Knoz, 1961)	1	1			
21	<i>S. (N.) cryophilum</i> (Rubtsov, 1959)	4	4			
22	<i>S. (N.) fontium</i> (Rubtsov, 1955)	14	14			

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
23	<i>S. (N.) lidiae</i> (Semushin et Usova, 1983)	2	2			
24	<i>S. (N.) oligotuberculatum</i> (Knoz 1965)	3	3			
25	<i>S. (N.) vernum</i> Macquart, 1826	30	20	4	3	3
26	<i>S. (Eusimulium) angustipes</i> Edwards (1915)	41	32	2	3	4
27	<i>S. (E.) aureum</i> Fries (1824)	41	34	3	2	2
28	<i>S. (E.) velutinum</i> Santos Abreu (1922)	4	2		1	1
29	<i>S. (Schoenbaueria) nigrum</i> (Meigen, 1804)	36	34	1	1	
30	<i>S. (Sch.) pusillum</i> Fries 1824	56	24	2	3	27
31	<i>S. (Sch.) raastadi</i> (Usova et Reva, 2000)					
32	<i>S. (Sch.) subpusillum</i> Rubtsov, 1940	3	1			2
33	<i>S. (Sch.) suchomlinae</i> (Usova et Reva, 1995)	10	3	3	2	2
34	<i>S. (Boophthora) erythrocephalum</i> (De Geer, 1776)	500	486	1	6	7
35	<i>S. (Wilhelmia) angustifurca</i> (Rubtsov, 1956)	3		1	1	
36	<i>S. (W.) balcanicum</i> (Enderlein, 1924)	29	24	1	3	1
37	<i>S. (W.) equinum</i> (Linnaeus, 1758)	54	48	2	2	2
38	<i>S. (W.) lineatum</i> (Meigen, 1804)	74	69		2	3
39	<i>S. (W.) paraequinum</i> Puri, 1933	4	4			
40	<i>S. (W.) pseudequinum</i> Séguy, 1921	11	9	1		1
41	<i>S. (Trichodagmia) auricoma</i> Meigen, 1818	6	6			
42	<i>S. (T.) brevifile</i> (Rubtsov, 1956)	1	1			
43	<i>S. (Simulium) bezzii</i> (Corti, 1914)	19	19			
44	<i>S. (S.) argenteostriatum</i> Strobl (1898)	4	2		1	1
45	<i>S. (S.) ibariense</i> Zivkovitch et Grenier, 1959	3	3			
46	<i>S. (S.) murmanum</i> Enderlein, 1935	10	4	1		5
47	<i>S. (S.) baracorne</i> Smart, 1944	31	29	1		1
48	<i>S. (S.) deserticola</i> Rubtsov, 1940	5	2	1	1	1
49	<i>S. (S.) frigidum</i> Rubtsov, 1940	52	48	2	2	
50	<i>S. (S.) fontanum</i> Terteryan, 1952	5	5			
51	<i>S. (S.) intermedium</i> Roubaud, 1906	47	44	1	1	1

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
52	<i>S. (S.) kiritshenkoi</i> Rubtsov, 1940	8	8			
53	<i>S. (S.) ornatum</i> Meigen, 1818	431	421	2	4	4
54	<i>S. (S.) rotundatum</i> (Rubtsov, 1956)	6	4	1		1
55	<i>S. (S.) trifasciatum</i> Curtis, 1839	62	62			
56	<i>S. (S.) argyreatum</i> Meigen, 1838	40	40			
57	<i>S. (S.) maximum</i> (Knoz, 1961)	28	25	1	1	1
58	<i>S. (S.) monticola</i> Friederichs, 1920	19	15	1	1	2
59	<i>S. (S.) variegatum</i> Meigen, 1818	31	26	2	2	1
60	<i>S. (S.) tuberosum</i> (Lundström, 1911)	8	5	1	1	1
61	<i>S. (S.) vulgare</i> Dorogostaisky, Rubtsov et Vlasenko, 1935	9	9			
62	<i>S. (S.) janzeni</i> Enderlein, 1922	1		1		1
63	<i>S. (S.) dolini</i> Usova et Sukhomlin, 1989	44	42	1	1	
64	<i>S. (S.) noelleri</i> Friederichs, 1920	49	40	2	2	5
65	<i>S. (S.) palustre</i> Rubtsov, 1956	10	5	3	1	1
66	<i>S. (S.) abbreviatum</i> Rubtsov, 1957	6	2	2	1	1
67	<i>S. (S.) bergi</i> Rubtsov, 1956	4	1	1	1	1
68	<i>S. (S.) kachvorjanae</i> Usova & Zinchenko, 1991	11	11			
69	<i>S. (S.) lugense</i> Yankovsky, 1996	5	2	1	1	1
70	<i>S. (S.) longipalpe</i> Belyukova, 1955	47	40	3	3	1
71	<i>S. (S.) morsitans</i> Edwards, 1915	41	36	2	2	1
72	<i>S. (S.) paramorsitans</i> Rubtsov, 1956	55	50	2	1	2
73	<i>S. (S.) posticatum</i> Meigen, 1838	12	7	2	1	2
74	<i>S. (S.) promorsitans</i> Rubtsov, 1956	10	7	1	1	1
75	<i>S. (S.) rostratum</i> (Lundström, 1911)	10	5	2	1	2
76	<i>S. (S.) rubtzovi</i> Smart, 1945	7	4	1	1	1
77	<i>S. (S.) shevtshenkovae</i> Rubtsov, 1956	17	13	1	1	2
78	<i>S. (S.) simulans</i> Rubtsov, 1956	14	11	1	1	1
79	<i>S. (S.) truncatum</i> (Lundström, 1911)	15	10	2	2	1
80	<i>S. (S.) reptans</i> (Linnaeus, 1758)	61	53	2	2	4
81	<i>S. (S.) reptantoides</i> Carlsson, 1962	24	24			
82	<i>S. (S.) voilense</i> Sherban, 1960	12	12			
83	<i>S. (S.) colombaschense</i> (Scopoli, 1780)	12	12			

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
84	<i>Gymnospais trifistulatus</i> Rubtsov, 1955	4	1	3		
85	<i>Gymnospais frontatus</i> Yankovsky, 1996	1		1		
86	<i>Helodon (Ahaimophaga) alpestre</i> Dorogostajsky, Rubtsov et Vlasenko, 1935	1	1			
87	Невизначені препарати	72				
88	Препарати паразитів мошок	76				
	Разом	2634	2213	82	75	116

Значну частину колекції займають непрепаровані екземпляри, зафіксовані в спирті. Спиртова частина колекції містить 2689 пробірок зі зборами імаго й предімагінальних фаз (табл. 2). Видовий

склад цієї частини колекції достовірно невідомий. Колекція перебуває в хорошому стані, оскільки постійно контролюється вміст спирту в пробірках.

Таблиця 2

**Вміст колекції спиртових проб (нерозібрані та розібрані матеріали у пробірках)**

№	Дата	Місце збору матеріалу	Кількість пробірок	Вид
1	09.04.1971	Лондон, струмок	1 (3 личинки, 2 куколки)	<i>S. (N) urbanum</i>
2	05.1972	Норвегія, Естфолл, зб. Я. Раастада	2	<i>Simulium (E) velutinum</i>
3	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	1	<i>S. (E) annulum</i>
4	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	1	<i>S. (E) costatum</i>
5	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	5 (7 імаго 14 екзувіїв)	<i>P. ursinum</i>
6	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	1 (1 екзувій)	<i>P. macropyga</i>
7	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	2 (6 імаго, 1 екзувій)	<i>Prosimulium hirtipes</i>
8	07.05.1978	Норвегія, зб. Я. Раастада	2 (4 личинки, 6 ♀, 6 ♂)	<i>S.(S.) morsitans</i>
9	14.06.2005	Фінляндія, зб. Я. Ілмонена	1 (3 імаго) 1 (2 личинки)	<i>Greniera ivanovae</i>
10	26.03.1980 04.05.1991	Донецька, Луганська, Харківська, Сумська, Київська, Житомирська, Рівненська, Волинська, Львівська обл.	1293 проб індивідуального виведення	<i>Simulium s.l.</i>
11	05.04.1984 03.09.2016	Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська, Сумська, Чернігівська, Кіровоградська, Вінницька, Черкаська, Запорізька, Миколаївська, Донецька, Луганська, Львівська, Тернопільська, Івано-Франківська, Чернівецька, Закарпатська, обл., Крим, Литва	1396 якісних проб	



На додаток до колекції мошок у лабораторії фауни й систематики безхребетних тварин Західного Полісся містяться матеріали (польові щоденники та журнали, детальний перелік виготовлених

препаратів і т. ін.), які мають безпосередній стосунок до неї (табл. 3). Крім того, колекція містить 76 мікропрепаратів паразитів мошок, здебільшого мікроспоридій, які виготовлені В. С. Тепюком.

Таблиця 3

**Перелік матеріалів, що стосуються колекції й зберігаються на кафедрі**

№ з/п	Назва	Кількість
1	Журнал обліку спиртових проб	1
2	Журнал розбору проб	14
3	Журнал опису проб індивідуального виведення	1
4	Журнал опису препаратів	3
5	Журнал вимірів препаратів	4
6	Журнал матеріалів фотографування	1
	Рисунки препаратів з колекції ЗІН РАН, ДонНУ	218

**Висновки**

Колекція мошок (*Diptera*, *Simuliidae*) Полісся кафедри зоології Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки містить збори переважно з території України і є істотним доповненням до матеріалів із фауни кровосисних комах нашої держави. Значна частина зборів змонтована у вигляді препаратів і готова до використання при порівняльному аналізі. Колекція в цілому перебуває в хорошому стані.

Колекція мошок за об'ємом відносно невелика, порівняно з колекцією Донецького університету. Разом із тим вона має особливості, які роблять її особливо цінною. По-перше, вона містить матеріали 1980–90-х рр. минулого століття зі Сходу України, що доволі повно відображає стан фауни мошок цих територій у той час. Нині це дає можливість звертатися до тих екземплярів, за якими описувалася фауна й, що особливо важливо, проводити видові ревізії

та інші таксономічні дослідження. По-друге, колекція містить численні збори з усієї території України, проведені у 2004–2016 р., які відображають сучасний стан симулідфауни. Порівняння колекційних матеріалів із новими надходженнями дасть змогу провести фауністичний аналіз, спрямований на виявлення тенденцій зміни видового складу під впливом природних та антропогенних чинників. По-третє, детальний аналіз біології та екології мошок опублікований у монографіях «Фауна і екологія мошок Полісся» (1992), «Мошки (*Diptera*, *Simuliidae*) Волинського Полісся» (2007), «Визначник мошок (*Diptera*: *Simuliidae*) Полісся» (2012), «Мошки (*Diptera*: *Simuliidae*) мішаних лісів Європи» (2015) [1, 2, 4, 7]. Це дає можливість порівняти динаміку видового складу та чисельності окремих видів упродовж 30-ти років. По-четверте, колекція містить велику кількість тотальних мікропрепаратів і спиртових зразків 84 видів, що дає змогу на її базі проводити різноманітні морфометричні дослідження. Незважаючи

на те, що колекція не містить типових екземплярів, у ній зберігається низка вузькопоширених видів, що уможливило проведення морфологічних досліджень.

#### Література

1. Каплич, В. М.; Сухомлин, Е. Б.; Усова, З. В.; Скуловец, М. В. *Фауна и экология мошек Полесья*; Ураджай: Минск, 1992.
2. Каплич, В. М.; Сухомлин, Е. Б.; Зинченко А. П. *Определитель мошек (Diptera: Simuliidae) Полесья*; Новое знание: Минск, 2012.
3. Янковский, А. В. Определитель мошек (Diptera: Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР). *Определители по фауне России*, 170; Зоологический институт РАН: Санкт-Петербург, 2002.
4. Сухомлін, К. Б.; Зінченко, О. П. *Мошки (Diptera, Simuliidae) Волинського Полісся*; РВВ «Вежа» Волинського державного університету ім. Лесі Українки: Луцьк, 2007.
5. Сухомлін, К. Б.; Зінченко, О. П. Таксономічна різноманітність мошок (Diptera, Simuliidae) України. *Український ентомологічний журнал* 2016, 1–2 (11), с 38–45.
6. Adler, P. H.; Crosskey R. W. *World black flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory* [Online]; 2017. <https://biomia.sites.clemson.edu/pdfs/blackflyinventory.pdf> (дата звернення; Лютий 08, 2018).
7. Каплич, В. М.; Сухомлин, Е. Б.; Зинченко, А. П. *Мошки (Diptera: Simuliidae) смешанных лесов Европы*; Новое знание: Минск, 2015.
8. Теплюк, В. С. Екологія преімагінальних фаз розвитку мошок (Diptera: Simuliidae) Волинського Полісся. Автореферат дисертації на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук, Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, 2010.
9. Теплюк, А. М. Фауна мошок (Diptera, Simuliidae) Карпатського біосферного заповідника. *Український ентомологічний журнал*; 2017, 2 (13), с 67–76.



УДК 59.009:595.762.12 + 593.191.1

## Грегарина *Gigaductus exiguus* (*Gigaductus*) паразитує в турунах *Calathus melanocephalus* (*Carabidae*) в умовах центральної частини степової зони України

Павло Кобеза, Олександр Пахомов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна  
Адреса для листування: kobeza.pavel@gmail.com

Отримано: 05.05.18; прийнято до друку: 06.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** У статті приведемо видову ідентифікацію та варіативність індексів морфометричних показників для виду грегарин *Gigaductus exiguus* (*Gigaductus*) Wellmer, 1911 як паразита кишкового тракту одного з масових видів турунів *Calathus melanocephalus* (*Carabidae*) Linnaeus, 1758. Результатом роботи є морфометричний аналіз 27 показників грегарин, які визначають розміри клітини паразита, в умовах чотирьох типологічних екосистем у центральній частині степової зони України. *C. melanocephalus* визначено як найбільш масовий серед територіальних умов із різним типом геоботанічних формувань та антропогенного пресингу. Рівень інвазії грегаринами тісно пов'язаний із рівнем вологи в межах кожної пробної площі, який формується в особливих умовах мікрорельєфу на ділянках дослідження. Виявлено взаємозв'язок між показниками морфометричної видової ідентифікації апікомплексних із їх загальною чисельністю на одну одиницю господаря. Використовуються загальноприйняті методи польової ентомології та лабораторних досліджень при визначенні апікомплексних кишкового тракту турунів. При мікроскопії шлункового тракту турунів використовується фізіологічний розчин, який зменшує похибку осмотичного тиску на мембрану клітини грегарини при фіксації основних метричних показників форми грегарин, які є основними показниками для достовірної ідентифікації одноклітинних паразитів до таксономічного роду та виду. Виявлено максимальні й мінімальні показники інвазії. Найбільша інвазія паразитами виявлена в умовах першої пробної площі, придолинно-балочного типу ландшафту пристінного типу лісу. Кількість особин становить 11,0 % від загальної вибірки ентомологічного матеріалу, із них заражено 27,2 %, самців – 30,7 %, самок – 25,0 %. Популяційна динаміка тут виражена більш стабільно, що зумовлює високе число заражених особин. Найменшим показником зараженості характеризується лісопаркова зона третьої пробної площі. Щільність популяції становить 18,6 % від загальної вибірки *C. melanocephalus* серед пробних площ, кількість заражених особин – 15,1 %, самців серед них – 23,0 %, а самок – 10,0 %. В умовах цієї пробної площі значно виражений антропогенний вплив на хазяїна та паразита. Достовірних відмінностей між інвазією в структурі популяції за статевою ознакою не виявлено за період дослідження й окремо за кожний місяць. Однаково фіксується нелінійний розподіл кількості паразитів на одну одиницю хазяїна у зв'язку зі статевою ознакою. Серед основних морфометричних показників використані метричні характеристики і їх пропорційне співвідношення, для достовірнішого визначення виду апікомплексних паразитів. Робота включає одну таблицю морфометричних індексів та дев'ять мікрофотографій трофозоїтів і сизигіїв для *Gigaductus exiguus* зі шлункового тракту турунів. У табличних даних наведемо індекси видової ідентифікації з позначенням мінімальних і максимальних величин.

**Ключові слова:** gregarinasina, carabidae, біогеоценологія, протистологія, польова зоологія, екологія.

## **Gregarina *Gigaductus Exiguus* (*Gigaductus*) Parasites *Calathus Melanocephalus* (*Carabidae*) in the Central Part of the Steppe Zone of Ukraine**

**Pavlo Kobeza, Oleksandr Pakhomov**

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Correspondence: kobeza.pavel@gmail.com

**Resume.** The article presents the species identification and variability of indices of morphometric indices for the species *Gregaductus exiguus* (*Gigaductus*) Wellmer, 1911, as a parasite of the intestinal tract of one of the mass species of ground beetles *Calathus melanocephalus* (*Carabidae*) Linnaeus, 1758. The result of the work is a morphometric analysis of 27 Gregarin indices determine the size of the parasite's cell, under the conditions of four typological ecosystems in the central part of the steppe zone of Ukraine. *C. melanocephalus* is defined as the most massive among the territorial conditions with different types of geobotanical formations and anthropogenic technogenic pressure. The level of invasion of Gregarin is closely related to the level of moisture within each trial area, which is formed under special microrelief conditions in the study sites. The interrelations between the indices of morphometric species identification of apicomplexes from their total number per one unit of the host have been revealed. Common methods of field entomology and laboratory studies are used to determine apicomplexes of the intestinal tract of ground beetles. Microscopy of the stomach tract of ground beetles uses a physiological solution that reduces the error of the osmotic pressure on the membrane of the gregarine cell while fixing the basic metric indicators of the form of the gregarins, which are the main indicators for the reliable identification of single-cell parasites to the taxonomic genus and species. The maximum and minimum rates of invasion were revealed. The most invasion by parasites was found in the conditions of the first trial area, the dolin-beam type of the landscape of the wall type forest. The number of individuals is 11,0 % of the total sample of entomological material, 27,2 % of them are infected, 30,7 % of males and 25,0 % of females. Population dynamics here is more stable, which causes a high number of infected individuals. The least indicator of infestation is characterized by a forest-park zone of the third trial area. The density of the population is 18,6 % of the total sample of *C. malanocephalus* among trial plots, the number of infected individuals is 15,1 %, the males among them are 23,0 %, and females – 10,0 %. In the conditions of this trial area, the pronounced anthropo-technogenic influences on the host and parasite are significant. There were no significant differences between the invasion in the sex structure of the population for the study period and separately for each month. All the same, a non-linear distribution of the number of parasites per one unit of the host is recorded in connection with gender. Among the main morphometric indicators, metric characteristics and their proportional relationship were used to reliably determine the appearance of apicomplexes of parasites. The work includes one table of morphometric indices and nine microphotographs of trophozoites and syzygia for *Gigaductus exiguus* from the stomach path of ground beetles. In the tabular data are given indexes of species identification with the indication of the minimum and maximum values.

**Key words:** gregarinasina, carabidae, biogeocenology, protistology, field zoology, ecology.

### **Вступ**

Під час дослідження екологічних систем різних рівнів організації виникає необхідність дослідження компонентів зооценозу. Основним компонентом дослідження біологічного різноманіття є необхідність установа повного списку компонентів зооценозу [3]. Дослідження міжвидових та паразитичних взаємовідносин між представниками різних видів є одним із фундаментальних напрямів зоологічних й екологічних досліджень [4].

**Мета досліджень** – визначення видового різноманіття гregarин для виду турунів *Calathus* (*Neocalathus*) *melanocephalus melanocephalus* (Linnaeus, 1758) [10] на території центральної частини степової зони України за результатами досліджень, відобразити варіативність морфометричних показників у різних типах екосистем.

Актуальність роботи на сьогодні полягає в необхідності фундаментальних біогеоценотичних досліджень такої тематики [5, 6, 7]. В умовах центральної

частини степової зони України такі дослідження проводили виключно фрагментарно. Комплекс підстилкової мезофауни в регіоні вивчено достатньо повно й вичерпно, однак матеріали з ендоконсортивних зав'язків жуку із грегаринами практично не трапляються в наукових публікаціях.

### Матеріал та методи дослідження

Матеріал для дослідження зібрано на території центральної частини степової зони України. В адміністративному поділі Дніпропетровської області виділено чотири пробні площі в умовах різних екосистем із різним типом антропогенного навантаження. Видову ідентифікацію грегарин проведено за міжнародними протистологічними методами. Методом морфометричної ідентифікації описано 27 індексів для гамонтів грегарин [8, 9, 13, 17]. Лабораторне дослідження жуків проводили відповідно до загальноприйнятих методик ентомологічних досліджень [2, 11, 12]. Для детального дослідження взято зоб, шлунок і всі відділи кишечника [3]. При встановленні особливостей ендоконсортивних паразитичних зав'язків використано комплексні методики біогеоценологічного дослідження [1, 7, 14].

### Результати дослідження та їх обговорення

Результатом роботи є характеристика мінливості й варіативності індексів морфометричного визначення кишкових найпростіших в умовах різного типу рослинності з урахуванням фактичного впливу факторів навколишнього середовища [24]. Об'єктом дослідження є група субпопуляцій одного з найбільш масових видів карабідофауни центральної частини степової зони України [14, 15, 16]. Дослідження, в яких розглядали питання про паразитування грегарин у представниках карабідофауни Дніпро-

петровської області, проводили, проте вони не включали видове різноманіття кишкових паразитів для *C. melanocephalus*. Після польового збору матеріалу й проведеного лабораторного розтину в кишечнику *C. melanocephalus* виявлено паразитуючі грегарины [21, 23]. За період із травня до липня 2015 р. в умовах пробних площ зібрано 172 жуки. Пробні площі, на території яких проводилися дослідження, обрано за типологічними ознаками, які найбільш характерні для центральної частини Дніпропетровської області, що включає вирішення спірних питань при екстраполяції отриманих результатів на схожі типи екосистем.

Пробні площі для проведення ентомологічного дослідження обрано з урахуванням типологічних властивостей біогеоценозів, які домінують у центральній частині степової зони України. У роботі представлено результати в чотирьох типах екосистем. Кожна з них має характерний рівень факторів, які впливають на представників популяції карабідофауни, котрих ми дослідили. Серед факторів виділено загальний рівень антропогенного й техногенного навантаження (промислове забруднення, господарська та рекреаційна діяльність), загальний рівень сукцесійних процесів в екосистемі й особливості геоботанічних умов, які впливають на субпопуляції *C. melanocephalus* як представника підстилкової мезофауни [10, 19, 22].

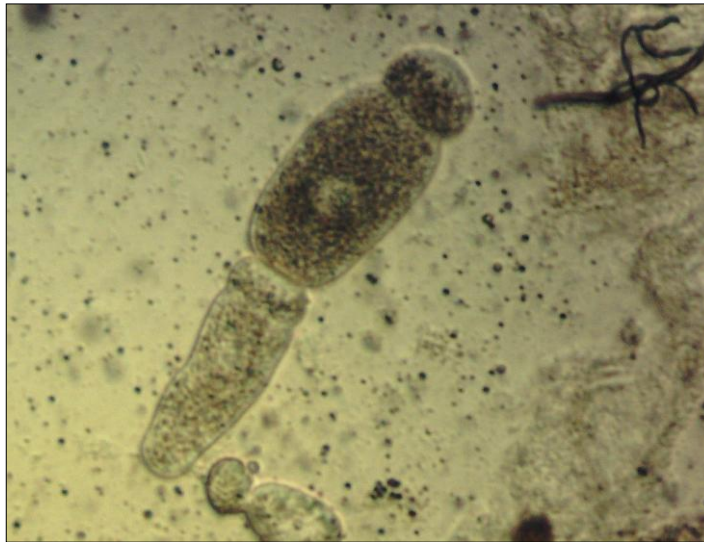
Для достовірності відображення варіативних змін морфометричних показників грегарин кожна географічна зона розміщена на відстані понад 12 км від інших, щоб уникнути перетину між представниками з різних субпопуляцій жуків *C. melanocephalus*. Розрахунок пересування жуку під час локальних міграцій засвідчує, що за інформацією літературних джерел, відстань понад 12 км за добу жуки цього виду не долають, а отже, відстань між пробними площами вибрано доцільно для того, щоб виключити

фактор перельоту *C. melanocephalus* на інші пробні площі дослідження [27].

Жуки виду *C. melanocephalus* траплялися більше в межах певного типу екосистем, який характеризується кам'яни-

стим і піщаним ґрунтом та сухим мікрокліматом. Відповідні умови проживання виділено на кожній пробній площі й на них проведено збір матеріалу [25].

Матеріал для протистологічного

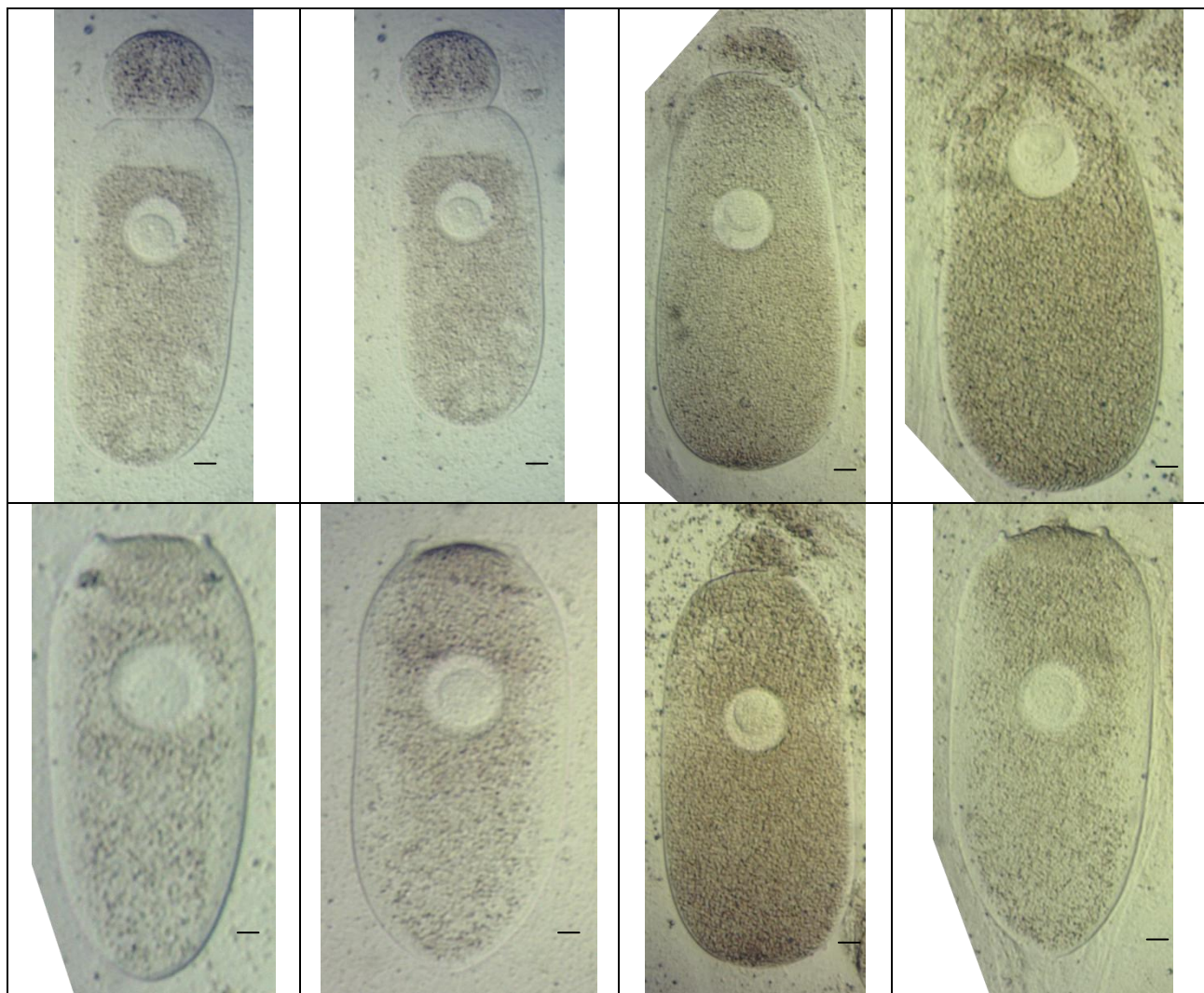


**Рис. 1.** Загальний вигляд трофозоїтів виду *Gigaductus exiguus*, виявлених у туруні *C. melanocephalus*. Шкала 10 мікрометрів

дослідження відібрано в період із травня до липня 2015 р., ручним розбором підстилки та опалого деревостану. Загальна кількість жуків *C. Melanocephalus* за площами складає 172 жуки (перша пробна ділянка – 19, друга – 47, третя – 32, четверта – 74 жуки відповідно). Кількість зібраного матеріалу відображає загальну картину зараження грегаринами *C. Melanocephalus* для Центрального регіону середньої частини степової зони України. За результатами лабораторного розтину жуків виявлено 172 грегарини в 33 жуках. Із порівняльного аналізу статевої вибіркості й кількісної оцінки зараження багато джерел наводять суперечливі доводи [17, 18]. За висновком багатьох дослідників, достовірність не спостерігали при такому розподілі паразитів усередині популяції хазяїна. У ході дослідження в аналіз не включено цей фактор і наведемо загальну характеристику видового різноманіття грегарин для регіону дослідження [24, 25, 26].

Наявність і морфологічна структура гаметоцист й ооцист є важливим критерієм, який дає змогу встановити видову приналежність грегарин із більшою вірогідністю [7]. Фотографії життєвих форм грегарин у стадії гамонтів і сизигіїв представлено вище.

Найбільшу щільність популяції спостерігаємо в умовах санітарної зони Придніпровської ТЕС, виявлено 43,0 % від загальної кількості жуків, зібраних за період дослідження для цього виду. Серед жуків, зібраних в умовах цієї пробної площі, виявлено 36,3 % заражених особин, із них 15,3 % – заражені самці і 50,0 % – самки. Другою за щільністю популяцією, виходячи з кількості особин у загальній вибірці, є субпопуляція смт Старі Кодаки – 27,3 % від загальної вибірки. Заражених особин на цій території 21,2 % жуків, із яких самців – 30,7 %, а самок – 15,0 %. На території лісопаркової зони жм Діївка щільність популяції *C. malanocephalus* становить 18,6 % від загальної вибірки,



**Рис. 2.** Загальний вигляд трофозоїтів виду *Gigaductus exiguus*, виявлених в туруні *C. melanocephalus*. Шкала 10 мікрометрів

кількість заражених особин – 15,1 %, самців серед них – 23,0 %, а самок – 10,0 %. Для ділянки пристінного лісу в околицях села Андріївка загальна сума жуків від загальної вибірки становить 11,0 %, із них заражено – 27,2 %, самців – 30,7 %, самок – 25,0 %. Достовірних відмінностей між інвазією кількісного обліку грегарин на одну особину хазяїна й статевої структури популяції не виявлено.

Проведено 756 розрахунків достовірності відмінностей між показниками лінійних розмірів й індексів розмірності грегарин [2, 24]. Виявлено в

ході лабораторних досліджень у кишечнику турунів 172 грегарини та визначено згідно з прийнятими методиками морфометричних показників [3, 4, 5]. В описовій статистиці використовують середнє значення й стандартне відхилення ( $X \pm SD$ ) [3, 4]. Нижче представлено підсумкові результати Варіативності морфометричних показників грегарин *Gigaductus exiguus* Wellmer, 1911 та їх відмінності за пробними площами.

У дослідженні *Gigaductus exiguus* варто виділити деякі морфологічні особливості.

Протомерит круглий, склепінчастий, завжди більший за шириною, ніж у висоту. Ця морфологічна особливість добре виражена й зберігається у формі сизигію в примітив. Протомерит сателіту рівномірно плоский і розмірами становить до чверті загальної довжини тіла сателіта. Дейтомерит широкий і часто в середній частині розширений до заднього хвостового кінця [5, 9, 26]. Він закінчується з широким округленням. Ядро кругле та розміщується в середині третині дейтомерита. Діаметр ядра складає 7–10  $\mu\text{m}$ . Діаметр варіює в межах 3–5  $\mu\text{m}$ . Приміт і сателіт досягають максимальної довжини 150  $\mu\text{m}$  при ширині 50  $\mu\text{m}$  [9, 25].

При морфометричному аналізі основних індексів видової відповідності вид визначено представником роду *Gigaductus*. У світовій літературі вид описаний під назвою *Gigaductus exiguus* Wellmer, 1911 [3, 4, 6]. У таксономічному положенні *G. Exiguus* належить до роду *Gigaductus* Crawley, 1903. У роботі Geus за 1969 р. [9] наведено характеристику для цього роду. Менші грегарини пов'язані в пари сизигії й утворюють собою гаметоцисту. Відмінністю гаметоцист цього виду є виведення ооцист по одній через спородукти. Ооцисти мають циліндричну форму, на полюсах не відсутні ущільнення [5, 7, 9, 25].

Таблиця 1

**Варіативність морфометричних показників для виду *Gigaductus exiguus*, виявленого в кишечнику представників субпопуляції *C. melanocephalus* в умовах центральної частини степової зони України. Розміри вказані в мікрометрах**

Показник	ПП 1, n=64, $\mu\text{m}$		ПП 2, n=35, $\mu\text{m}$		ПП 3, n=54, $\mu\text{m}$		ПП 4, n=19, $\mu\text{m}$		
	Mean $\pm$ SD	Min – Max	Mean $\pm$ SD	Min – Max	Mean $\pm$ SD	Min – Max	Mean $\pm$ SD	Min – Max	
Protomerite	PL	12,12 $\pm$ 4,1	5,83-24,1	13,24 $\pm$ 3,9	6,47-23,53	11,43 $\pm$ 3,9	5,83- 24,1	12 $\pm$ 4,16	7,44- 24,10
	PWE	10,67 $\pm$ 1,5	5,26-15,1	10,75 $\pm$ 1,3	8,21-13,72	10,68 $\pm$ 1,5	5,26-15,1	10,29 $\pm$ 1,7	5,26-12,69
	PWM	11,91 $\pm$ 1,5	9,42-16	11,97 $\pm$ 1,5	9,42-15,00	11,83 $\pm$ 1,5	9,42-16	11,85 $\pm$ 1,5	10,13-15,00
	PLAM	6,52 $\pm$ 2,45	3,01-12,3	7,12 $\pm$ 2,48	3,01-12,12	6,19 $\pm$ 2,44	3,01-12,3	6,33 $\pm$ 2,49	3,78-12,31
	PLPM	5,60 $\pm$ 1,93	1,92-11,7	6,12 $\pm$ 1,65	3,46-11,41	5,24 $\pm$ 1,78	1,92-11,7	5,67 $\pm$ 2,04	3,65-11,79
	PDSW	11,41 $\pm$ 1,5	8,78-14,8	11,42 $\pm$ 1,3	8,78-14,1	11,40 $\pm$ 1,5	8,78-14,8	11,52 $\pm$ 1,8	9,94-14,81
	PL/PWE	1,16 $\pm$ 0,44	0,45-2,95	1,23 $\pm$ 0,32	0,54-1,96	1,10 $\pm$ 0,44	0,45-2,95	1,23 $\pm$ 0,60	0,64-2,95
	PL/PWM	1,02 $\pm$ 0,33	0,43-2,12	1,10 $\pm$ 0,27	0,52-1,70	0,97 $\pm$ 0,33	0,43-2,12	1,04 $\pm$ 0,41	0,58-2,12
	PL/PDSW	1,07 $\pm$ 0,37	0,43-2,03	1,16 $\pm$ 0,30	0,54-1,91	1,02 $\pm$ 0,36	0,43-2,03	1,09 $\pm$ 0,46	0,57-2,03
	PLAM/PL	0,54 $\pm$ 0,06	0,45-0,76	0,53 $\pm$ 0,05	0,45-0,65	0,54 $\pm$ 0,06	0,45-0,76	0,52 $\pm$ 0,06	0,46-0,76
	PLAM/PLPM	1,20 $\pm$ 0,41	0,82-3,17	1,16 $\pm$ 0,25	0,82-1,87	1,22 $\pm$ 0,43	0,82-3,17	1,15 $\pm$ 0,49	0,86-3,17
PWM/PWE	1,13 $\pm$ 0,17	1,03-2,40	1,12 $\pm$ 0,05	1,05-1,25	1,12 $\pm$ 0,18	1,03-2,40	1,18 $\pm$ 0,30	1,07-2,40	
Deutomerite	DL	41,88 $\pm$ 7,5	27,50-66	40,43 $\pm$ 5,6	31,67-52,12	41,91 $\pm$ 7,7	27,50-66	45,56 $\pm$ 8,9	37,95-66,09
	DWE	12,20 $\pm$ 2,3	8,65-24,6	12,32 $\pm$ 1,7	9,81-17,37	12,40 $\pm$ 2,4	8,65-24,6	12,25 $\pm$ 3,5	10,00-24,62
	DWM	15,58 $\pm$ 3,1	12,1-27,6	16,08 $\pm$ 2,3	12,12 –19,3	15,63 $\pm$ 3,3	12,1-27,6	15,34 $\pm$ 4,5	12,12-27,63
	DLAM	11,29 $\pm$ 2,3	5,90-15	11,56 $\pm$ 2,2	6,15-15,00	11,37 $\pm$ 2,2	5,90-15	11,77 $\pm$ 1,4	10,71-14,36
	DLPM	30,59 $\pm$ 6,8	19,5-51,7	28,88 $\pm$ 4,5	20,45-39,81	30,53 $\pm$ 7,1	19,5-51,7	33,79 $\pm$ 8,1	25,51-51,73
	DL/DWE	3,52 $\pm$ 0,78	2,03-6,17	3,36 $\pm$ 0,73	2,03-5,04	3,46 $\pm$ 0,76	2,03-6,17	3,80 $\pm$ 0,49	2,68-4,49
	DL/DWM	2,76 $\pm$ 0,61	1,92-4,04	2,58 $\pm$ 0,58	1,92-4,04	2,76 $\pm$ 0,60	1,92-4,01	3,10 $\pm$ 0,58	2,13-4,01
	DLAM/DL	0,27 $\pm$ 0,05	0,12-0,38	0,29 $\pm$ 0,05	0,16-0,38	0,28 $\pm$ 0,05	0,12-0,38	0,26 $\pm$ 0,04	0,20-0,33
	DLAM/DLPM	0,38 $\pm$ 0,10	0,13-0,61	0,41 $\pm$ 0,09	0,19-0,60	0,39 $\pm$ 0,10	0,13-0,61	0,36 $\pm$ 0,07	0,25-0,49
	DWM/DWE	1,29 $\pm$ 0,20	1,02-1,69	1,32 $\pm$ 0,21	1,03-1,69	1,27 $\pm$ 0,20	1,02-1,69	1,25 $\pm$ 0,16	1,11-1,60
PTL	54,00 $\pm$ 8,5	33,6-81,6	53,68 $\pm$ 6,8	38,46-67,31	53,33 $\pm$ 8,8	33,6-81,6	57,56 $\pm$ 9,6	45,90-81,6	
Indices	PTL/PL	4,83 $\pm$ 1,32	2,36-8,06	4,31 $\pm$ 1,01	2,36-6,53	5,03 $\pm$ 1,31	2,79-8,06	5,15 $\pm$ 1,34	2,79-7,21
	DL/PL	3,83 $\pm$ 1,32	1,36-7,06	3,31 $\pm$ 1,01	1,36-5,53	4,03 $\pm$ 1,31	1,79-7,06	4,15 $\pm$ 1,34	1,79-6,21
	DWM/PWM	1,32 $\pm$ 0,29	0,86-2,19	1,36 $\pm$ 0,26	0,98-1,85	1,33 $\pm$ 0,30	0,86-2,19	1,30 $\pm$ 0,37	0,86-2,19
	PTL/DL	1,30 $\pm$ 0,12	1,14-1,74	1,33 $\pm$ 0,12	1,18-1,74	1,28 $\pm$ 0,11	1,14-1,57	1,27 $\pm$ 0,12	1,16-1,57

На чисельність і структуру популяцій комах діє велика кількість факторів. Один

із цих факторів слід досліджувати з погляду об'єднаної групи параметрів – це



взаємодія турунів із різними активними шкідливими агентами. Різні шкідливі агенти мають різну етіологію й патогенез [1, 3, 20]. Взаємодія жуків з інвазивними хворобами характеризується, в практичному сенсі, через екстенсивність та інтенсивність зараження, широтою осередку зараження, а також частотою зниження нормальної фізіологічної активності жуків на певному географічному просторі, аж до смертельних випадків і зникнення представників популяції або зміни території ареалу проживання [6, 11]. У статті наведено характеристику видів, які можна віднести до групи «умовно патогенних», через те, що дані про рівень і ступінь негативного впливу грегарин на турунів досліджуваного виду недостатньо вивчені [25, 26, 28]. У літературних джерелах трапляються згадки про позитивне симбіотне існування споровиків в кишечнику, але, на наш погляд, взаємодія з протистами цієї групи в турунів має негативний характер [17, 18, 20].

Паразитуючі організми мають великий вплив на організм хазяїн. Залежно від рівня інвазії й ступеня шкоди, паразити здатні впливати на динаміку статевої та вікової структури популяції [21, 22]. Літературні дані про видовий склад грегарин турунів на території Дніпропетровської області мають фрагментарний характер і потребують більш детального й поглибленого дослідження [2, 3, 14, 15]. Родина турунів є одним з основних рушійних факторів в екосистемах, який впливає на динаміку відображення кількісних і якісних характеристик між елементами ґрунтово-підстилкового комплексу, тому дослідження цього напрямку можна вважати досить перспективними в майбутньому.

## Висновки

Видова різноманітність кишкових грегарин зі шлунково-кишкового тракту турунів *Calathus melanocephalus* включає

тільки одну таксономічну одиницю і представлена видом *Gigaductus exiguus* (*Gigaductus*), Wellmer, 1911. Індeksi морфометричної варіативності підтверджують видове визначення в ході проведених досліджень.

Виявлено максимальні й мінімальні показники інвазії. Найбільшу інвазію паразитами простежуємо в умовах першої пробної площі, придолинно-балочного типу ландшафту пристінного типу лісу. Кількість особин становить 11,0 % від загальної вибірки ентомологічного матеріалу, із них заражено 27,2 %, самців – 30,7 %, самок – 25,0 %. Популяційна динаміка тут виражена більш стабільно, що зумовлює високе число заражених особин. Найменшим показником зараженості характеризується лісопаркова зона третьої пробної площі. Щільність популяції становить 18,6 % від загальної вибірки *C. melanocephalus* серед пробних площ, кількість заражених особин – 15,1 %, самців серед них – 23,0 %, а самок – 10,0 %. В умовах цієї пробної площі значно виражений антропогенний вплив на хазяїна та паразита. Достовірних відмінностей між інвазією в структурі популяції за статевою ознакою не виявлено. Однаково фіксується нелінійний розподіл кількості паразитів на одну одиницю хазяїна у зв'язку зі статевою ознакою.

## Література

1. Bollatti, F.; Ceballos, A. Effect of gregarines (Apicomplexa: Sporozoa) on survival and weight loss of *Victorwithius similis* Beier, 1959 (Arachnida: Pseudoscorpiones). *Journal of invertebrate pathology*. 2014, T. 117, pp 13–18.
2. Brygadyrenko, V.; Reshetniak, D. Morphometric variability of *Clitellocephalus ophoni* (Eugregarinida, Gregarinidae) in the intestines of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae). *Archives of Biological Sciences*. 2016, 68, 3, pp 587–601.
3. Brygadyrenko, V.; Reshetniak, D. Morphometric variability of *Clitellocephalus ophoni* (Eugregarinida, Gregarinidae) in the intestines of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae) *Archives of Biological Sciences*. 2016, 68, 3, pp 587–601.

4. Brygadyrenko, V. V.; Reshetniak, D. Y. Morphological variability among populations of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae): What is more important—the mean values or statistical peculiarities of distribution in the population? *Folia oecologica*. 2014, 41, 2, p. 109.
5. Ceryngier, P., Twardowska, K. *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) as a host of the parasitic fungus *Hesperomyces virescens* (Ascomycota: Laboulbeniales, Laboulbeniaceae): A case report and short review. *European Journal of Entomology*. 2013, 110, 4, p. 549.
6. Clopton, R. E., Nolte, C. M. *Clitellocephalus americanus* n. gen., n. sp. (Apicomplexa: Eugregarinida: Gregarinidae) from *Crataeanthus dubius* (Coleoptera: Carabidae: Harpalinae) in the Nebraska Sandhills and *Clitellocephalus ophoni* n. comb. (Apicomplexa: Eugregarinida: Gregarinidae) from *Ophonus pubescens* (Coleoptera: Carabidae: Harpalinae) in Sète, France. *Journal of Parasitology*. 2002, 88, 4, pp 750–757.
7. Desportes, I. et al. Presence de Gregarina *ophoni* Tuzet et Ormieres 1956 (Eugregarina, Gregarinidae) chez *Notiobia (Anisotarsus) bradytoides* (Bates) (Coleoptera, Carabidae) en Equateur. *Annales de parasitologie humaine et comparée*. 1980, 4, pp 32–44.
8. Desportes, I., Schrével, J. (ed.). *Treatise on Zoology-Anatomy, Taxonomy, Biology. The Gregarines (2 vols): The Early Branching Apicomplexa*. Brill, 2013.
9. Foerster, H. Gregarinen in Schlesischen Insekten. *Z. Parasitenk.*, 10; 157–209. 1939
10. Geus A. Sporentierchen Sporozoa, Die Gregarinida: Die Tierwelt Deutschlands. Teil 57. Jena: VEB Gustav Fischer; 1969.
11. Gilbert, O. The natural histories of four species of *Calathus* (Coleoptera, Carabidae) living on sand dunes in Anglesey, North Wales. *Oikos*. 1956, 7, 1, pp 22–47.
12. Gudowska, A.; Drobniak, S.M.; Schramm, B.W.; Labecka, A.M.; Kozłowski, J. & Bauchinger, U. *Hold your breath beetle – Mites!* — *Evolution*, 2015, 70, pp 249–255.
13. Danny, H. et al. *Hesperomyces virescens* (Fungi, Ascomycota, Laboulbeniales) attacking *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) in its native range. *Chinese Science Bulletin*. 2014, 59, 5–6, pp 528–532.
14. Heger, T., Jeschke, J. M. The enemy release hypothesis as a hierarchy of hypotheses. *Oikos* 2014, 123, 6, pp 741–750.
15. Korolev, O. V., Shendrik, L.I., Bojko, O. O., Brygadyrenko, V. V. Gregarinida and Mermithida parasitism in *Pterostichus melanarius* (Coleoptera, Carabidae) in Dnipropetrovs'k region. *Visn Dnipropetr Univ Ser Biol Ekol*. 2009, 17(2), pp 50–64.
16. Korolev, O. V., Brygadyrenko, V. V. Influence of individual variation in the trophic spectra of *Pterostichus melanarius* (Coleoptera, Carabidae) on the adaptation possibilities of its population. *Folia Oecol*. 2014, 41(1), pp 34–43.
17. Kryzhanovskij, O. L., Belousov, I. A., Kabak, I. I., Kataev, B. M., Makarov, K. V., Shilenkov, V. G. *A checklist of the ground-beetles of Russia and adjacent lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae)*. Pensoft Publishers: Sofia, Moscow; 1995.
18. Levine, N. D. *The Protozoan Phylum Apicomplexa*, CRC Press, 2018.
19. Lipa, J. J. Studies on gregarines (Gregarinomorpha) of arthropods in Poland. Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego Polskiej Akademii Nauk, 1967.
20. Matalin, A. V. Typology of the life cycles of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) of the Western Palearctic. *Zool Zh*. 2007, 86(10) pp. 1196–210.
21. Massot, N., Ormieres, R. Eugregarines parasites de Coléoptères Carabiques-Données et Espèces nouvelles. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée* 1979, 54, 3, pp 267–275.
22. Petrusenko, A. A.; Petrusenko, S. V. *The family of ground beetles (Carabidae)*. In: Vasil'ev V. P, editor. *Pests of Agricultural Crops and Forest Plantations*. Urozhaj: Kiev; 1973, pp. 363–87.
23. Putschkov, A. V. A review of the caraboids-beetles (Coleoptera, Caraboidea) of Ukraine. *Ukrainian Entomological Journal*. 2012, 2, pp 3–44.
24. Sienkiewicz, P., Lipa, J. J. Chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) jako żywicieli pasożytniczych i komensalicznych eugregaryn (Apicomplexa: Eugregarinorida)-przeгляд badań z terenu Polski. *Wiadomości Entomologiczne*, 2010, 4, 29, pp. 120–128.
25. Sienkiewicz, P.; Lipa, J. *Clitellocephalus ophoni* (Tuzet et Ormieres, 1956) (Apicomplexa: Eugregarinida: Gregarinidae) recorded in Poland on strawberry seed beetle *Harpalus (Ophonus) rufipes* (De Geer, 1774) (Coleoptera: Carabidae). *Biological Letters*. 2009, 46, 1, pp 43–50.
26. Sienkiewicz P. et al. Prevalence of eugregarines (Apicomplexa: Eugregarinida) parasitizing in ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in various habitats. *Polish Journal of Entomology*. 2009, 78, 4, pp 351–368.
27. Thiele, H.U. *Carabid beetles in their environments*. Springer-Verlag: Berlin; 1977.
28. Tuzet, O.; Ormieres, R. Sur quelques Gregarines de le region de Sete. *Ann Parasit Hum Comp*. 1956, 31, pp 317–30.



УДК: 591.762.12+593.191.1

## Морфометрические особенности грегарин *Gigaductus exiguus* (Eugregarinorida, *Gigaductus*) кишечных паразитов *Pterostichus melas* (Coleoptera, Carabidae)

Павел Кобеза, Виктор Бригадиренко, Александр Пахомов

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна  
Адреса для листування: kobeza.pavel@gmail.com

Отримано: 05.05.18; прийнято до друку: 06.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** У межах чотирьох типологічних екосистем центральної частини степової зони України проведено дослідження апікомплесних паразитів для одного вигляду жужелиць. У роботі наведено характеристику морфологічних показників для грегарин *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911), які трапляються в кишковому тракті *Pterostichus melas* (Creutzer, 1799). Представлено достовірні відмінності між рівнем зараження грегариною в різних типах геоботанічних умов. Вид грегарин *G. exiguus* є типовим протистом паразитом для *P. melas*. У роботі подано 13 мікрофотографій із різними життєвими стадіями грегарин, які вилучені з кишечника турунів. У статтю включено чотири таблиці видової ідентифікації грегарин за морфометричними показниками. Показники наведемо в мікрометрах. Лінійна розмірність гамонтів грегарин відрізняється, порівняно з даними інших авторів. Наведемо результати морфометрії для 59 виявлених грегарин: 24 представлено у формі сизигіїв і 35 – гамонтів.

Відзначимо низьку інтенсивність й екстенсивність зараження грегариною для *P. melas*. Лінійні характеристики та морфометричні індекси грегарин ( $n = 35$ ) збігаються з літературними даними. Довжина грегарини (TL) змінюється в межах 13,65–46,99 ( $x \pm SD - 26,60 \pm 12,17$ ) мкм. Довжина протомериту (ЛП) змінюється в межах 2,44–10,19 ( $4,78 \pm 2,24$ ) мкм. Довжина детомериту (LD) 10,77–41,79 ( $21,88 \pm 10,22$ ) мкм. Ширина протомериту (WP) – 3,65–9,49 ( $5,51 \pm 1,99$ ) мкм. Ширина детомериту (WD) у межах 3,85–10,58 ( $6,24 \pm 2,28$ ) мкм. Відношення довжин протомериту до загальної довжини грегарини (LP / TL) становить 0,11–0,22 ( $0,18 \pm 0,03$ ). Ширина протомериту до ширини дейтомериту (WP / WD) – 0,77–1,03 ( $0,89 \pm 0,07$ ). Лінійні розміри сизигіїв ( $n = 24$ ) збігаються з даними дослідників. Співвідношення приміту до сателіту (PTL / STL) склало 0,77–1,15 ( $0,96 \pm 0,09$ ). Відношення довжин протомериту приміту до протомітуру сателіту (PPL/SPL) – 0,84–1,68 ( $1,25 \pm 0,23$ ). Відношення ширини протомериту приміту до протомітуру сателіту (PPWM/SPWM) – 0,78–1,19 ( $1,04 \pm 0,10$ ). Співвідношення довжин протомериту приміту до довжини протомітуру сателіту (PDL/SDL) – 0,71–1,12 ( $0,91 \pm 0,10$ ). Співвідношення ширини дейтомериту приміту до ширини дейтомериту сателіту (PDWM/SDWM) – 0,89–1,18 ( $1,06 \pm 0,07$ ). Результатом морфометрії є видова ідентифікація виду грегарини, як *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911).

**Ключові слова:** паразити турунів, лінійні характеристики, морфометричні індекси, апікомплесні

## Morphometric Features of the *Gigaductus Exiguus* (Eugregarinorida, *Gigaductus*) Germinal Parasites *Pterostichus Melas* (Coleoptera, Carabidae)

Pavlo Kobeza, Viktor Brigadirenko, Oleksandr Pakhomov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine  
Correspondence: kobeza.pavel@gmail.com

**Resume.** In the four typological ecosystems of the central part of the steppe zone of Ukraine, the study of apicomplex parasites for one type of beetle has been carried out. Variability of morphometric indices for the *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911), which occurs in the intestinal tract of *Pterostichus melas* (Creutzer, 1799) was studied. There are significant differences in the characteristics of infection in various types of geobotanical conditions. The species of the *G. exiguus* is a typical unicellular parasite for *P. melas*. In the work 13 micrographs of gregarines are presented at different stages of life, which are extracted from the intestines. The article includes four tables of the species identification of the morphometric indices. All measurements are indicated in micrometers. The linear dimension of the gregarines gamonts is significantly different in comparison with the data of other authors. The results of morphometry for 59 detected gregarines are given: 24 organisms are presented in the form of a syzygium and 35 in the form of a gemont.

The low intensity and extensiveness of infestation by the pseudonyms for *P. melas* is noted. Linear characteristics and morphometric indices ( $n = 35$ ) coincide with the literary data. The length of the conjugate (TL) varies from 13,65 to 46,99 ( $x \pm SD - 26,60 \pm 12,17$ )  $\mu\text{m}$ . The length of the (LP) varies between 2,44 and 10,19 ( $4,78 \pm 2,24$ )  $\mu\text{m}$ . Deitomerite Length (LD) 10,77–41,79 ( $21,88 \pm 10,22$ )  $\mu\text{m}$ . The width of the protomerite (WP) is 3,65–9,49 ( $5,51 \pm 1,99$ )  $\mu\text{m}$ . The width of the deitomerite (WD) is within the range 3,85–10,58 ( $6,24 \pm 2,28$ )  $\mu\text{m}$ . The ratio of the length of protomerite to the total length of the (LP / TL) is 0,11–0,22 ( $0,18 \pm 0,03$ ). The width of the protomerite to the width of the (WP / WD) is 0,77–1,03 ( $0,89 \pm 0,07$ ). The linear dimensions of the siziges ( $n = 24$ ) coincide with the data of the researchers. The ratio of the (PTL / STL) was 0,77–1,15 ( $0,96 \pm 0,09$ ). The ratio of the protomerite length to the protomerite of the satellite (PPL / SPL) is 0,84–1,68 ( $1,25 \pm 0,23$ ). The ratio of the protomerite width of the primitive to the satellite (PPWM / SPWM) is 0,78–1,19 ( $1,04 \pm 0,10$ ). The ratio of the (PDL/SDL) – 0,71–1,12 ( $0,91 \pm 0,10$ ). The ratio of the deutomerite sweep width to the satellite deutomerite width (PDWM / SDWM) is 0,89–1,18 ( $1,06 \pm 0,07$ ). The result of morphometry is the identification of the species as *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911).

**Key words:** insect parasites, gregarines, linear characteristics, morphometric indices, Apicomplexa.

## Введение

Грегарины являются наиболее распространенными паразитами членистоногих [5]. Цикл развития паразитов и специфика их взаимоотношения с хозяином затрудняют исследование паразита [6]. Жизненный цикл гregarин связан с кишечным трактом насекомого, в котором проходят развитие *Eugregarinida* [7, 8, 9]. В литературе редко встречаются данные об интенсивности и экстенсивности заражения гregarинами популяций насекомых. В ходе исследований важным аспектом является экологическая роль *Eugregarinida* и их непосредственное влияние на качественный и количественный состав популяций хозяина. Роль гregarин в жизненных функциях членистоногих не установлена окончательно. В источниках по этому вопросу встречаются различные противоречивые сведения [20]. При высокой инвазии гregarинами отдельных особей на одного хозяина наблюдается нарушение работы кишечного тракта [14, 15]. Физиология кишечника нарушается микротравмированием стенок эпителия.

выстилающего кишечника, а также в связи с закупориванием самой трубки кишечника. Цикл развития гregarин включает стадию образования гаметоцисты. Гаметоцисты имеют большие размеры по сравнению с гамонтами и сизигиями. Накапливание в заднем отделе кишечника гаметоцист приводит к нарушению работы внутренних органов насекомого [10].

В источниках литературы поднимается вопрос о паразитировании гregarин в жужелицах *P. melas*. Большая часть авторов, которые упоминают об этом, указывают на паразитирование в жужелицах *P. melas* гregarин из рода *Gigaductus* [17, 20, 21, 25].

**Цель исследования** заключается в исследовании морфометрической вариативности параметров гregarин, которые паразитируют в жужелицах *Pterostichus melas* (Creutzer, 1799) в условиях центральной части степной зоны Украины. Актуальность работы видится в исследовании патогенного действия паразитов на хищных жужелиц, которые выполняют основную регулирующую функцию в комплексах подстилочной мезофауны. Видовой состав гregarин

жужелиц изучен недостаточно и требует детального рассмотрения [2, 11]. Влияние паразитов на популяции хищных насекомых изучено фрагментарно и возникает естественная необходимость исследования консортивных взаимосвязей между жужелицами и их паразитами в разных биогеоценозах [2, 3, 4].

## Материал и методы

Материал собран в условиях пригорода г. Днепр (48°22'45" N., 35°07'59" E.). Экологические условия биотопа, в котором отобран материал представлены придолинно-балочным типом ландшафта. Из доминирующей растительности следует выделить *Acer platanoides* Linnaeus, 1753, *Tilia cordata* Miller, 1768, *Populus alba* Linnaeus, 1753, *Populus nigra* Linnaeus, 1753, *Fraxinus excelsior* Linnaeus, 1753, *Salix alba* Linnaeus, 1753, *Quercus robur* Linnaeus, 1753, которые сменяются на нечастые заросли кустарников *Crataegus monogyna* Linnaeus, 1753 и *Rosa canina* Linnaeus, 1753, которые сменяются на степное разнотравье с зарослями *Urtica dioica* Linnaeus, 1753.

Материал собран в период летних месяцев 2014–2015 гг. (июнь–август). Для паразитологического исследования методом ручного разбора подстилки отобрано в год исследований 45 жужелиц *P. melas*. После полевого сбора материала все насекомые перевезены в лабораторию для дальнейшего паразитологического анализа. Лабораторное исследование жуков проведено согласно общепринятым методикам энтомологического вскрытия. Мальпигиевые сосуды и кишечный тракт насекомых изучены методом прямой световой микроскопии с использованием разных увеличений. При исследовании морфологических особенностей грегарин использован изотонический физиологический раствор (0,9 % NaCl) во избежание осмотического нарушения морфологической структуры грегарин [3, 4, 6].

Для статистической обработки результатов исследования использован однофакторный

дисперсионный анализ в совместном расчете теста Тьюки (для  $P < 0,05$ ). Проведено 77 расчетов достоверности отличий между показателями линейных размеров и индексов размерности грегарин. В описательной статистике используется среднее значение и standard deviation (в таблицах  $X \pm SD$ ), представлены в табличных данных расчет эксцесса (Ex) и асимметрии (As).

## Результаты

Из 45 жужелиц зараженными оказались только две жужелицы. Из желудочно-кишечного тракта *P. melas* обнаружено 59 грегарин, разделенных между собой на возрастные морфологические группы, трофозоиты и сизигии. В ходе исследований не выявлено формирование гаметоцист и ооцист. Заражение грегаринами выявлено в одного самца – 28 грегарин (14 гамонтов и 14 сизигиев) и одной самки – 31 грегарина (21 гамонт и 10 сизигиев). По результатам исследования составлена таблица линейных метрических параметров из 81 индекса для определения грегарин. По морфометрическим параметрам грегарины определены как *Gigaductus exiguus*.

В работе по исследованию протистов жужелиц *P. melas* использована методика с расширенным числом линейных показателей. Индексы морфометрической характеристики, использованы в определении размеров грегарин, приводит в своих работах R. E. Clopton [5, 6]. Индексы позволяют с высокой точностью определить видовую принадлежность грегарин. Статистический анализ размерных параметров в полной мере не дает достаточно точных результатов по определению видовой принадлежности [5]. Это связано, в первую очередь, с тем, что инвазия грегаринами имеет особенность разновозрастных и разноразмерных грегарин на единицу одного жука. Сложность определения заключается в отсеивании грегарин, которые недостаточно сформированы для их видового определения и имеют разные показатели соотношений размеров

протомерита и дейтомерита, а также примита и сателлита [10, 11, 15]. Линейные параметры представлены в среднем значении с расчетом среднеквадратического отклонения. Представлен диапазон минимальных и максимальных показателей.

Параметры линейных размеров грегарин обнаруженных в *P. melas* и сравнительного анализа наводятся в табл. 1–4. Индексы морфометрии, которые использованы в статье, являются общепринятыми и описывают следующие показатели для определения грегарин: ACD – глубина впадины перед протомеритом сателлита, ACW – ширина впадины перед протомеритом сателлита, DL – общая длина дейтомерита, DLAM – расстояние от протомерита к перегородке дейтомерита, для дейтомерита является осью максимальной ширины, DLPM – расстояние от заднего конца дейтомерита по максимальной горизонтальной ширине дейтомерита, DWE – ширина дейтомерита в экваториальной зоне, DWM – максимальная ширина дейтомерита, NSD – расстояние от ядра к перегородке протомерит-дейтомерита, NL – длина ядра, NW – ширина ядра, PDSW – ширина перегородки септы между протомеритом и дейтомеритом, PL – общая длина протомерита, PLAM – расстояние от переднего конца протомерита к оси максимальной ширины протомерита, PLPM – расстояние от оси максимальной ширины

протомерита к септе –перегородке протомерит-дейтомерита, PTL – общая длина примита, PWE – ширина протомерита в экваториальной оси; PWM – максимальная ширина протомерита; STL – общая длина сателлита, KD – ширина кариосомы. Представленная терминология названий морфометрических линейных показателей широко используется в протистологии и в исследовании вариативности морфометрических показателей грегарин [6, 7, 17, 22].

Результаты морфометрических измерений рассматриваются однофакторным дисперсионным анализом с использованием теста Тьюки для сравнения достоверных отличий в выборке между данными других авторов, которые представлены в табл. 1. Табл. 1 включает данные Wellmer (1911), Foerster (1938), Moriggi (1943), Filipponi, 1948, а также наши данные. Приводится морфологическая характеристика гамонтов *G. exiguus*. В табл. 1 использованы данные линейных размеров для видового определения грегарин (Wellmer, 1911; Foerster, 1938; Moriggi. 1943) [10]. По результату теста Тьюки (для  $P < 0,05$ ) выявлены достоверные отличия. Достоверность отличий между линейными параметрами и индексами видового определения приводится в примечание к табл. 1.

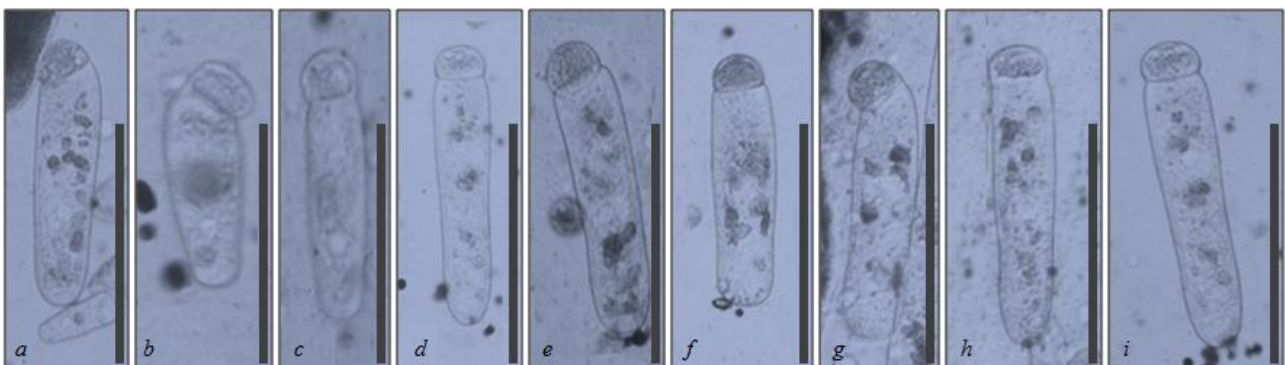


Рис. 1. Общій вид трофозоитов *Gigaductus exiguus* Wellmer, 1911: a, b – общій вид незосревшого трофозоїта, с–і – середньозрастні гамонти, розмірна шкала – 10  $\mu$ m

Сравнение морфометрических показателей *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911)

Авторы	Index	TL	LP	LD	WP	WD	LP/TL	WP/WD
Wellmer, 1911	X ± SD	54.3 ± 7.3	11.8 ± 1.8	42.5 ± 5.7	17.6 ± 1.4	35.50 ± 2.88	0.22 ± 0.01	0.50 ± 0.01
	Min – Max	42.0 – 64.0	9.0 – 15.0	33.0 – 50.0	16.0 – 20.0	31.00 – 40.00	0.20 – 0.24	0.47 – 0.52
Foerster, 1938	X ± SD	62.5 ± 3.1	18.7 ± 1.5	43.7 ± 2.6	20.2 ± 2.6	25.75 ± 3.40	0.30 ± 0.02	0.79 ± 0.05
	Min – Max	58.0 – 65.0	18.0 – 21.0	40.0 – 46.0	18.0 – 23.0	23.00 – 30.00	0.28–0.32	0.74 – 0.85
Moriggi, 1943	X ± SD	69.7 ± 2.3	16.0 ± 1.8	53.7 ± 2.2	27.0 ± 2.1	50.00 ± 3.16	0.23 ± 0.02	0.54 ± 0.04
	Min – Max	68.0 – 73.0	14.0 – 18.0	51.0 – 56.0	25.0 – 30.0	46.00 – 53.00	0.20–0.25	0.50 – 0.59
Filipponi, 1948	X ± SD	70.3 ± 3.3	15.0 ± 1.4	55.3 ± 3.6	23.3 ± 0.8	45.67 ± 1.97	0.22 ± 0.02	0.56 ± 0.14
	Min – Max	65.0 – 73.0	13.0 – 17.0	50.0 – 60.0	22.0 – 24.0	43.00 – 48.00	0.18–0.24	0.47 – 0.85
Наши данные, 2015	X ± SD	26.6 ± 12.1	4.7 ± 2.2	21.8 ± 10.2	5.5 ± 1.9	6.24 ± 2.28	0.18 ± 0.03	0.89 ± 0.07
	Min–Max	13.6 – 46.9	2.4 – 10.1	10.7 – 41.7	3.6 – 9.4	3.85 – 10.58	0.11 – 0.22	0.77 – 1.03
Tukey's test		f	g	a, h	–	–	c, d, i	b, e, j

Примечание. Для Wellmer (1911), n=8; для Foerster (1938), n=4; для Moriggi (1943), n=4; для Filipponi (1948), n=6; Наши данные, 2015, n=35; размеры в таблице указаны в мкм, морфометрические индексы – в относительных единицах.

Различные буквы в столбцах показывают статистически значимые различия между средними (Tukey's test,  $P < 0.05$ ): a – достоверные отличия между Wellmer (1911) и Foerster (1938) в показателе LD; b – у этих авторов обнаружено различие в индексе WP/WD; c – Wellmer (1911) и Moriggi (1943), в индексе LP/TL; d – Wellmer (1911) и Filipponi (1948), между индексами LP/TL; e – по этим авторам обнаружено отличие в индексе и WP/WD; f – достоверные отличия между Filipponi (1948) и Moriggi (1943) в показателе TL; g – у этих авторов замечены отличия в параметре LP; h – также обнаружено отличие в параметре LD; i – обнаружены отличия в индексе LP/TL; j – обнаружены отличия в индексе WP/WD.

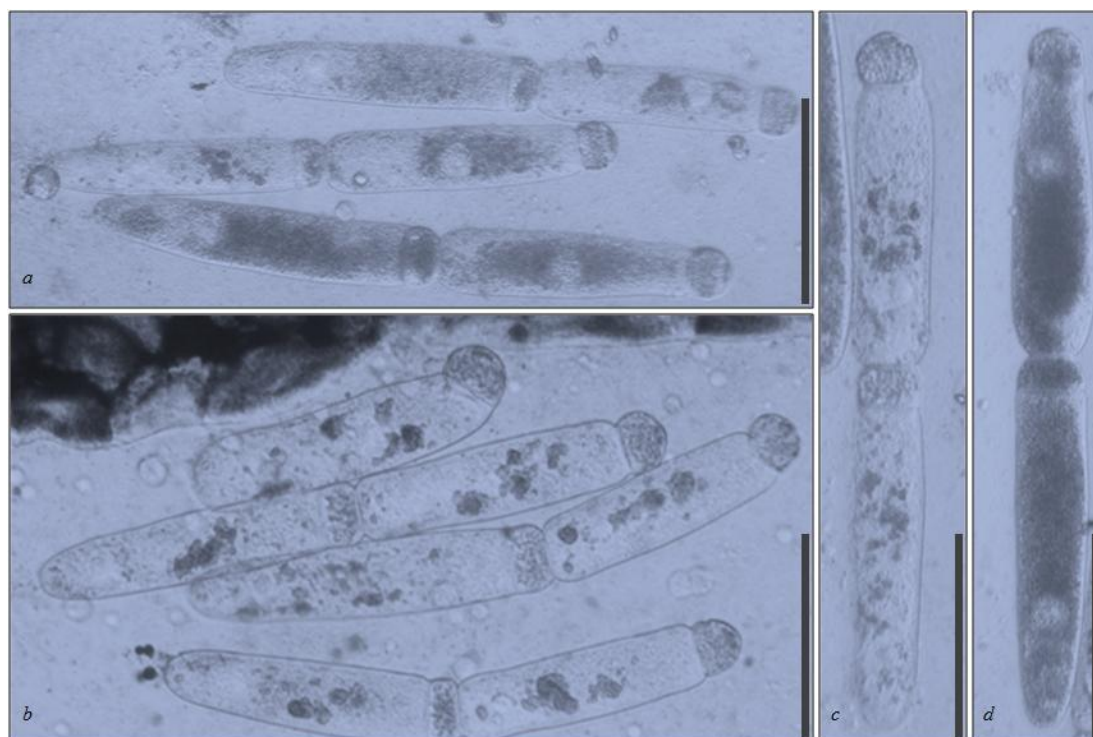


Рис. 2. Общий вид сизигиев *Gigaductus exiguus* Wellmer, 1911: a–d – общий вид созревших к размножению форм грегарин, размерная шкала – 10 мкм.

Таблиця 2

Линейные параметры гамонтов *Gigaductus exiguus* Wellmer, 1911 в условиях степной зоны Украины (n = 35)

		Морфометрический показатель	x ± SD	Min – Max	Ex	As
Протомерит		PL	4,78 ± 2,24	2,44 – 10,19	0,39	1,28
		PWE	5,22 ± 1,88	2,88 – 9,10	-0,71	0,91
		PWM	5,51 ± 1,99	3,65 – 9,49	-0,81	0,96
		PLAM	2,44 ± 1,15	1,03 – 5,19	-0,07	0,98
		PLPM	2,33 ± 1,16	1,09 – 5,00	0,50	1,37
		PDSW	4,83 ± 1,95	2,63 – 9,10	-0,60	1,01
		PL/PWE	0,91 ± 0,20	0,56 – 1,34	-0,72	0,35
		PL/PWM	0,85 ± 0,16	0,54 – 1,20	-0,40	0,48
		PL/PDSW	0,99 ± 0,20	0,56 – 1,51	0,43	0,11
		PLAM/PL	0,51 ± 0,07	0,38 – 0,65	-0,17	0,64
		PLAM/PLPM	1,09 ± 0,31	0,64 – 1,88	0,89	1,21
		PWM/PWE	1,06 ± 0,08	0,94 – 1,27	2,50	1,38
Дейтомерит		DL	21,88 ± 10,22	10,77 – 41,79	-0,98	0,84
		DWE	5,89 ± 2,25	3,46 – 10,13	-0,85	0,94
		DWM	6,24 ± 2,28	3,85 – 10,58	-0,75	0,98
		DLAM	3,47 ± 1,65	1,09 – 7,18	-0,88	0,52
		DLPM	18,32 ± 10,11	8,27 – 38,08	-0,94	0,93
		DL/DWE	3,64 ± 0,57	2,53 – 4,59	-1,13	-0,09
		DL/DWM	3,42 ± 0,56	2,41 – 4,47	-0,97	0,15
		DLAM/DL	0,18 ± 0,10	0,05 – 0,40	-0,48	0,78
		DLAM/DLPM	0,24 ± 0,16	0,06 – 0,66	0,32	1,12
		DWM/DWE	1,07 ± 0,05	0,95 – 1,20	0,79	0,22
		PTL	26,60 ± 12,17	13,65 – 46,99	-1,10	0,82
	Ядро		NL	1,65 ± 0,95	0,77 – 5,58	7,97
		NW	1,59 ± 0,79	0,77 – 4,81	7,01	2,20
		KD1	1,10 ± 0,50	0,71 – 2,76	9,55	2,84
		NL/NW	1,04 ± 0,28	0,64 – 1,92	1,68	1,09
		NL/KD1	2,10 ± 1,02	0,82 – 4,50	1,01	1,10
Индекс		PTL/PL	5,62 ± 1,00	4,47 – 9,22	4,78	1,99
		DL/PL	4,64 ± 1,00	3,47 – 8,25	4,94	2,01
		DWM/PWM	1,13 ± 0,09	0,97 – 1,29	-0,50	-0,02
		PTL/DL	1,22 ± 0,05	1,01 – 1,31	6,26	-1,96

Примечание. Размеры в таблице указаны в мт, морфометрические индексы – в относительных единицах.

Таблиця 3

Линейные параметры сизигиев *Gigaductus exiguus* в условиях степной зоны Украины (n = 24)

1	2	Морфометрический показатель	x ± SD	Min – Max	Ex	As
		3	4	5	6	7
Примит	Протомерит	PL	6,70 ± 1,63	3,59 – 9,42	-1,26	-0,01
		PWE	7,87 ± 1,01	5,00 – 9,04	1,87	-1,38
		PWM	8,24 ± 1,06	5,26 – 9,87	1,67	-1,14
		PLAM	3,39 ± 0,80	2,18 – 4,94	-1,12	0,25
		PLPM	3,31 ± 0,88	2,05 – 4,81	-1,43	0,15
		PDSW	7,43 ± 1,33	4,36 – 9,55	0,16	-0,64
		PL/PWE	0,85 ± 0,14	0,64 – 1,08	-1,16	0,06
		PL/PWM	0,81 ± 0,13	0,63 – 1,02	-1,24	0,17
		PL/PDSW	0,90 ± 0,13	0,72 – 1,09	-1,39	0,02



1	2	3	4	5	6	7	
		PLAM/PL	0,51 ± 0,05	0,45 – 0,64	1,17	1,20	
		PLAM/PLPM	1,05 ± 0,18	0,83 – 1,49	0,47	1,22	
		PWM/PWE	1,05 ± 0,03	1,01 – 1,12	1,35	1,33	
	Дейтомерит	DL	31,53 ± 4,54	18,78 – 39,23	2,51	-1,17	
		DWE	8,38 ± 0,78	6,15 – 9,62	1,62	-0,81	
		DWM	8,67 ± 0,71	6,41 – 9,81	3,32	-1,16	
		DLAM	7,39 ± 3,98	2,63 – 14,36	-0,66	0,98	
		DLPM	24,12 ± 5,43	7,56 – 32,82	3,65	-1,76	
		DL/DWE	3,75 ± 0,31	2,90 – 4,37	2,24	-0,96	
		DL/DWM	3,63 ± 0,36	2,59 – 4,23	2,03	-1,13	
		DLAM/DL	0,24 ± 0,14	0,08 – 0,64	2,31	1,67	
		DLAM/DLPM	0,38 ± 0,39	0,08 – 1,81	7,87	2,70	
		DWM/DWE	1,04 ± 0,05	0,93 – 1,12	0,20	-0,14	
		Ядро	NL	2,22 ± 0,75	0,82 – 4,87	6,36	1,84
			NW	2,29 ± 0,84	0,99 – 5,32	6,85	2,03
	NDS		18,32 ± 5,41	4,18 – 26,79	1,66	-1,51	
	KD1		0,95 ± 0,31	0,26 – 1,60	0,62	0,08	
	NL/NW		0,98 ± 0,11	0,76 – 1,12	-0,95	-0,38	
	NDS/NL		8,59 ± 2,78	2,93 – 14,83	0,18	-0,21	
	DL/NDS		2,11 ± 1,50	0,91 – 7,50	7,13	2,64	
	NL/KD		2,45 ± 0,74	1,28 – 5,00	5,22	1,79	
	Сателлит	Протомерит	PL	5,35 ± 0,75	3,85 – 6,35	-0,62	-0,70
			AcW	5,07 ± 1,11	3,46 – 8,91	5,59	1,69
			AcD	0,84 ± 0,23	0,51 – 1,41	0,17	0,68
			PWE	7,61 ± 1,04	5,45 – 10,58	3,10	0,10
			PWM	7,97 ± 0,96	5,96 – 10,26	1,86	-0,51
			PLAM	3,04 ± 0,69	1,67 – 4,29	-0,32	-0,33
			PLPM	2,31 ± 0,45	1,73 – 3,27	-0,58	0,75
PDSW			7,13 ± 0,94	4,94 – 8,78	1,09	-1,13	
AcW/AcD			6,33 ± 1,72	3,59 – 9,67	-0,88	0,40	
AcW/PWM			0,64 ± 0,10	0,43 – 0,87	0,29	0,04	
AcD/PL			0,16 ± 0,04	0,10 – 0,25	-0,36	0,54	
PL/PWE			0,71 ± 0,08	0,45 – 0,82	2,78	-1,35	
PL/PWM			0,67 ± 0,08	0,47 – 0,81	0,26	-0,58	
PL/PDSW			0,76 ± 0,10	0,55 – 1,01	1,06	0,11	
PLAM/PL			0,56 ± 0,08	0,43 – 0,71	-0,75	0,04	
PLAM/PLPM		1,37 ± 0,46	0,76 – 2,48	-0,08	0,67		
PWM/PWE		1,05 ± 0,04	0,97 – 1,10	-0,42	-0,46		
Дейтомерит		DL	34,77 ± 4,47	26,47 – 45,26	0,33	-0,02	
		DWE	7,93 ± 0,89	5,90 – 9,81	0,50	-0,19	
		DWM	8,25 ± 0,88	6,28 – 9,94	-0,01	0,00	
		DLAM	6,29 ± 4,09	2,88 – 14,87	0,10	1,30	
		DLPM	28,69 ± 5,38	17,63 – 34,68	0,16	-1,19	
		DL/DWE	4,40 ± 0,45	3,32 – 5,02	0,09	-0,86	
		DL/DWM	4,23 ± 0,43	3,11 – 4,85	0,36	-0,73	
		DLAM/DL	0,18 ± 0,12	0,09 – 0,46	-0,26	1,15	
		DLAM/DLPM	0,25 ± 0,21	0,09 – 0,84	1,08	1,43	
		DWM/DWE	1,04 ± 0,03	0,99 – 1,10	-0,57	0,41	
		STL	39,99 ± 4,66	26,92 – 47,44	1,87	-1,27	
	Ядро	NL	2,17 ± 0,69	1,22 – 3,59	-0,05	0,88	
		NW	2,41 ± 0,65	1,54 – 3,78	0,71	1,29	
NDS		18,79 ± 2,09	14,17 – 25,77	5,28	1,28		
KD		0,91 ± 0,35	0,51 – 2,05	5,07	2,14		

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
		NL/NW	0,90 ± 0,13	0,61 – 1,11	-0,10	-0,39
		NDS/NL	9,33 ± 2,39	5,39 – 14,42	-0,41	0,39
		DL/NDS	1,85 ± 0,18	1,50 – 2,19	-0,44	-0,28
		NL/KD	2,56 ± 0,93	1,18 – 4,75	0,03	0,71

Примечание. См. табл. 2.

Таблица 4

**Морфометрические индексы вариативной изменчивости сизигиев *Gigaductus exiguus* в условиях степной зоны Украины (n = 24)**

	Морфометрические показатели	$\bar{x} \pm SD$	Min – Max	Ex	As
Примит	PTL	38,46 ± 5,24	22,50 – 45,64	3,56	-1,68
	PTL/PL	5,99 ± 1,34	4,33 – 8,19	-1,39	0,46
	DL/PL	4,95 ± 1,29	3,33 – 7,19	-1,35	0,44
	DWM/PWM	1,06 ± 0,12	0,89 – 1,29	-1,03	0,42
	PTL/DL	1,22 ± 0,05	1,14 – 1,30	-1,28	-0,15
Сателлит	STL/PL	7,57 ± 1,09	5,70 – 9,81	-0,67	0,13
	DL/PL	6,60 ± 1,07	4,70 – 8,78	-0,74	0,00
	DWM/PWM	1,04 ± 0,10	0,78 – 1,25	1,04	0,05
	STL/DL	1,15 ± 0,07	0,98 – 1,34	4,48	-0,15
Ассоциация примит-сателлит	PTL/STL	0,96 ± 0,09	0,77 – 1,15	0,17	0,02
	PPL/SPL	1,25 ± 0,23	0,84 – 1,68	-0,86	-0,17
	PPWM/SPWM	1,04 ± 0,10	0,78 – 1,19	0,92	-0,73
	PDL/SDL	0,91 ± 0,10	0,71 – 1,12	-0,26	-0,08
	PDWM/SDWM	1,06 ± 0,07	0,89 – 1,18	0,17	-0,01
	PDWE/SDWE	1,06 ± 0,08	0,95 – 1,22	-0,41	0,32

Примечание. См. табл. 2.

**Обсуждение**

В источниках литературы поднимается вопрос о паразитировании грегариин в жужелицах *P. melas* [20, 21]. Основные авторы, которые упоминают об этом виде грегариин в своих работах описаны в определителе грегариин Geus 1969 [10], они указывают на паразитирование в жужелицах *P. melas* грегариин из рода *Gigaductus* (Filipponi, 1948; Foerster, 1938; Moriggi, 1943; Wellmer, 1911) [8, 9, 20, 21, 25]. Морфометрическая структура грегариин паразитирующих в *P. melas* имеет сходные морфологические особенности с многими видами рода *Gigaductus* [5, 6, 8, 10]. Грегарины являются паразитами внутренних органов членистоногих, но общий уровень патологического воздействия при низком

заражении грегарины стремятся к минимуму. Kubilay and Gökse [15] и Zuk [26] показали в своих работах, что жизнедеятельность грегариин приводит к осложнениям в развитии и нарушении нормальной физиологии хозяина [27]. Многие виды грегариин [3, 4, 12] приспособлены к паразитированию во многих видах жуков. Часто наблюдается заражение одного вида хозяина несколькими видами грегариин [13, 16]. В литературных данных встречаются утверждения, что грегарины имеют разный уровень патологического воздействия на своего хозяина [18, 19]. Интенсивность и экстенсивность заражения выступает важным фактором, который влияет на численность и структуру популяций членистоногих [11, 13, 19]. Патогенное влияния грегариин на физиологию членистоногих не установлено

точно [24], при розвитку в великому кількості, грегарины викликають велике кількість фізіологічних ускладнень, викликаючи розвиток ряду захворювань [24, 26]. Екстенсивність і інтенсивність інвазії-рванних комах має різні співвідношення і неоднорідна по проявленню. В таксономічному положенні *G. exiguus* відноситься до роду *Gigaductus* CRAWLEY. 1903. В роботі Geus [10] приводиться характеристика для цього роду. Гаметоцисти цього виду грегарин мають особливі морфологічні відмінні ознаки. При созріванні гаметоцисти, виведення ооцистів відбувається через довгі спородукти. Ооцисти мають циліндричну форму. На полюсах спостерігаємо ущільнення [8, 9, 20].

Протомерит має округлу сводчасту форму. Ширина протомерита завжди більше, ніж його висота. Ця морфологічна особливість добре виражена і проявляється безпосередньо в формі сизигія у приміта. Протомерит сателіта рівномірно плоский і розмірами складає до чверті загальної довжини тіла сателіта по довжині. Дейтомерит широкий і часто в середній частині розширений до заднього хвостового кінця. Він завжди закінчується широким округленням. Ядро кругле і розташоване в середній третині дейтомерита. Geus [10] приводить морфологічні особливості грегарины *G. exiguus*. Діаметр ядра складає 7–10  $\mu\text{m}$ . Діаметр варіює в межах 3–5  $\mu\text{m}$ . Приміт і сателіт досягають максимальної довжини 150  $\mu\text{m}$  при ширині 50  $\mu\text{m}$  [8, 9, 10, 20, 21].

Сферичні цисти *Gigaductus exiguus* мають відносно тонку гелеобразну оболочку. Їх діаметр знаходиться між 45–55  $\mu\text{m}$ . Мембрана на цистах має напівпрозору структуру, що сприяє спостереженню за процесами розвитку грегарины. Після формування гаметоцисти в кишечнику комахи-хазяїна [15, 18, 23, 26, 27] з наступним перебуванням во вологих умовах призводить до формуванню і викиду спородуктів.

Гаметоцисти мають розміри 70–95  $\mu\text{m}$  і мають спородукти довжиною до 18–20  $\mu\text{m}$ . Порівняно з розмірами гаметоцист, ооцисти мають достатньо менші розміри. Їх довжина складає 11–12  $\mu\text{m}$ , ширина – 4,5–5  $\mu\text{m}$ . Вони мають циліндричну форму і ущільнення на полюсах [25].

В роботах Wellmer [25] цей вид грегарины зустрічається в кишечнику у іншого виду жуки – *Pterostichus niger* (Schaller., 1783). Спираючись на роботи своїх попередників, Filipponi (1948) і Moriggi (1943) описали внутріклітинний апарат грегарины і морфологічні особливості для цього виду грегарины. Moriggi (1943), вказує на максимальну довжину сизигія в 120  $\mu\text{m}$ , максимальну ширину 30  $\mu\text{m}$ . Filipponi (1948) підтверджує ранні дані з робіт Wellmer (1911) [10, 25]. При перегляді таксономічної характеристики роду *Gigaductus* в 1948 г. Також він підтвердив особливості роду *Gigaductus*, які описані в роботах Crawley в 1903 г. (Filipponi, 1948) [5, 17, 20, 25].

Довжина гамонтов, за нашими результатами (TL), змінюється в межах 13,65–46,99 ( $x \pm SD = 26,60 \pm 12,17$ )  $\mu\text{m}$ , довжина протомерита (LP) змінюється в межах 2,44–10,19 ( $4,78 \pm 2,24$ )  $\mu\text{m}$ . Довжина дейтомерита (LD) 10,77–41,79 ( $21,88 \pm 10,22$ )  $\mu\text{m}$ . Ширина протомерита (WP) – 3,65–9,49 ( $5,51 \pm 1,99$ )  $\mu\text{m}$ . Ширина дейтомерита (WD) – в межах 3,85–10,58 ( $6,24 \pm 2,28$ )  $\mu\text{m}$ . Відношення довжини протомерита до загальної довжини грегарины (LP/TL) складає 0,11–0,22 ( $0,18 \pm 0,03$ ). Ширина протомерита до ширини дейтомерита (WP/WD) – 0,77–1,03 ( $0,89 \pm 0,07$ ). З цього слід зробити висновок, що довжина гамонтов, виміряних в ході наших досліджень, показує наявність великої кількості трофозоїтів і малої кількості гамонтов в нашій загальній вибірці.

Відношення довжини приміта до сателіту (PTL/STL) склало 0,77–1,15 ( $0,96 \pm 0,09$ ). Відношення довжини протомерита приміта до протомериту сателіта (PPL/SPL) – 0,84–1,68 ( $1,25 \pm 0,23$ ). Відношення ширини протомерита приміта до протомериту

сателлита (PPWM/SPWM) – 0,78–1,19 ( $1,04 \pm 0,10$ ). Отношение длины протомерита примита к длине протомерита сателлита (PDL/SDL) – 0,71–1,12 ( $0,91 \pm 0,10$ ). Отношение ширины дейтомерита примита к ширине дейтомерита сателлита (PDWM/SDWM) – 0,89–1,18 ( $1,06 \pm 0,07$ ). Вид грегариин определен как *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911).

## Выводы

Исследована изменчивость линейных показателей грегарины *Gigaductus exiguus* (Wellmer, 1911), которые являются паразитами *Pterostichus melas* в условиях степной зоны Украины. Линейная размерность гамонтов грегариин достоверно отличается по сравнению с данными других авторов. Зараженность грегариинами *G. exiguus* для вида жуков имеет неоднозначный характер. Из 45 жужелиц, вскрытых в ходе исследований, зараженными оказались только две жужелицы. Из 59 обнаруженных грегариин 24 грегарины представлены в форме сизигия и 35 – в форме гамонтов.

Отмечается низкая интенсивность и экстенсивность заражения грегариинами. Линейные характеристики и морфометрические индексы грегариин ( $n = 35$ ) совпадают с литературными данными. Длина грегарины (TL) изменяется в пределах 13,65–46,99 ( $x \pm SD - 26,60 \pm 12,17$ )  $\mu\text{m}$ . Длина протомерита (LP) изменяется в пределах 2,44–10,19 ( $4,78 \pm 2,24$ )  $\mu\text{m}$ . Длина дейтомерита (LD) – 10,77–41,79 ( $21,88 \pm 10,22$ )  $\mu\text{m}$ . Ширина протомерита (WP) – 3,65–9,49 ( $5,51 \pm 1,99$ )  $\mu\text{m}$ . Ширина дейтомерита (WD) – в пределах 3,85–10,58 ( $6,24 \pm 2,28$ )  $\mu\text{m}$ . Отношение длины протомерита к общей длине грегарины (LP/TL) составляет 0,11–0,22 ( $0,18 \pm 0,03$ ). Ширина протомерита к ширине дейтомерита (WP/WD) – 0,77–1,03 ( $0,89 \pm 0,07$ ). Линейные размеры сизигиев ( $n = 24$ ) совпадают с данными исследователей. Отношение длины примита к сателлиту

(PTL/STL) составило 0,77–1,15 ( $0,96 \pm 0,09$ ). Отношение длины протомерита примита к протомериту сателлита (PPL/SPL) – 0,84–1,68 ( $1,25 \pm 0,23$ ). Отношение ширины протомерита примита к протомериту сателлита (PPWM/SPWM) – 0,78–1,19 ( $1,04 \pm 0,10$ ). Отношение длины протомерита примита к длине протомерита сателлита (PDL/SDL) – 0,71–1,12 ( $0,91 \pm 0,10$ ). Отношение ширины дейтомерита примита к ширине дейтомерита сателлита (PDWM/SDWM) – 0,89–1,18 ( $1,06 \pm 0,07$ ).

## Литература

1. Birthisel S. K.; Gallandt E. R.; Jabbour R. Habitat effects on second-order predation of the seed predator *Harpalus rufipes* and implications for weed seedbank management. *Biological control*, 2014, 70, pp 65–72.
2. Brygadyrenko V. V.; Reshetniak D. Y. Morphological variability among populations of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae): What is more important—the mean values or statistical peculiarities of distribution in the population? *Folia oecologica*, 2014, 41, 2, pp 109.
3. Brygadyrenko V. V.; Reshetniak D. Y. Trophic preferences of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae) with regard to seeds of agricultural crops in conditions of laboratory experiment *Baltic Journal of Coleopterology*, 2014, 14, 2, pp 179–190.
4. Brygadyrenko V. V.; Svyrydchenko A. O. Influence of the gregarine *Stenophora julipusilli* (Eugregarinorida, Stenophoridae) on the trophic activity of *Rossiulus kessleri* (Diplopoda, Julidae), *Folia Oecol.* 2015, 42, 1, pp 10–20.
5. Clopton R. E. Phylum Apicomplexa Levine, 1970: Order Eugregarinorida Léger, 1900 *Illustrated guide to the protozoa*, 2nd ed., JJ Lee, G. Leedale, D. Patterson, and PC Bradbury (eds.). Society of Protozoologists; Lawrence: Kansas, 2002, pp 205–288.
6. Clopton R. E.; Gold R. E. Effects of pH on Excystation of *Gregarina cuneata* and *Gregarina polymorpha* (Eugregarinida: Gregarinidae) *Journal of Eukaryotic Microbiology* 1995, 42, 5, pp 540–544.
7. Clopton, R. E.; Janovy Jr J. J. *Developmental niche structure in the gregarine assemblage parasitizing; Tenebrio molitor*, 1993.
8. Foerster, H. Beobachtungen über das Auftreten von Gregarinen in Insekten. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 1938, 10, 5, pp 644–673.
9. Foerster, H. Gregarinen in schlesischen Insekten. *Zeitschrift für Parasitenkunde* 1938, 10, №. 2, pp 157–205.

10. Geus A. *Sporontierchen. Sporozoa: die Gregarinida der land-und süßwasserbewohnenden Arthropoden Mitteleuropas*. Fischer, 1969.
11. Hecker, K. R.; Forbes, M. R.; Leonard, N. J. Parasitism of damselflies (*Enallagma boreale*) by gregarines: sex biases and relations to adult survivorship. *Canadian Journal of Zoology*, 2002, 80, 1, pp 162–168.
12. Holland, J. M.; Luff, M. L. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated pest management reviews* 2000, 5, 2, pp 109–129.
13. Johny, S.; Muralirangan, M. C.; Sanjayan, K. P. Parasitization potential of two cephaline gregarines, *Leidyana subramanii* Pushkala and *Muralirangan* and *Retractocephalus dhawanii* sp. n. on the tobacco grasshopper, *Atractomorpha crenulata* (Fab.). *Journal of Orthoptera Research*, 2000, pp 67–70.
14. Kim, J. I. Morphological and molecular characterizations of the Gregarina sp. (Apicomplexa: Protozoa) parasitizing on *Phaedon brassicae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 2014, 17, 1, pp 1–5.
15. Kubilay, Er. M.; Gökce, A. Effect of *Diplocystis tipulae* sherlock (Eugregarinida: Apicomplexa), a coelomic gregarine pathogen of tipulids, on the larval size of *Tipula paludosa* Meigen (Tipulidae: Diptera). *Journal of invertebrate pathology*, 2005, 89, 2, pp 112–115.
16. Lebedovskaya, M. V. The defeat of the bivalves of river Black (Sevastopol) by gregarines *Nematopsis portunidarum* (Frenzel, 1885). *Scientific Notes of Vernadsky Taurida National University. Series Biology, chemistry*, 2013, 26(4), pp 85–93.
17. Lipa, J. J. *Studies on gregarines (Gregarinomorpha) of arthropods in Poland*. – Instytut Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego Polskiej Akademii Nauk, 1967.
18. Locklin, J. L.; Vodopich, D. S. Bidirectional gender biases of gregarine parasitism in two coexisting dragonflies (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 2009, 38, 2, pp 133–140.
19. Schreurs, J.; Janovy, Jr. J. Gregarines on a diet: The effects of host starvation on *Gregarina confusa* Janovy et al.; 2007 (Apicomplexa: Eugregarinida) in *Tribolium destructor* Uyttenboogaart, 1933 (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Journal of Parasitology*, 2008, 94, 3, pp 567–570.
20. Sienkiewicz, P.; Lipa, J. J.; Skalski, T. *Ancyrophora gracilis* LEGER, 1892 and *Actinocephalus permagnus* Wellmer, 1910 (Eugregarinorida: Apicomplexa) in natural populations of ground beetles (Coleoptera, Carabidae)—hosts preferences, intensity and seasonal dynamic. *Baltic Journal of Coleopterology*. 2015, 15, 1, pp
21. Sienkiewicz, P.; Lipa, J. J. Chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) jako żywicieli pasożytniczych i komensalicznych eugregaryn (Apicomplexa: Eugregarinorida)—przegląd badań z terenu Polski. *Wiadomości Entomologiczne* 2010, 4, 29, pp 120–124.
22. Simdyanov, T. G. Gregarinaea Dufour, 1828–Gregarinyi [Gregarinaea Dufour, 1828–Gregarines]. *Protisty. Rukovodstvo po zoologii [Protists. Guide to zoologists]*. Science: SPb, 2007, 2, pp 20–140.
23. Thiele, H. U. Carabid beetles in their environments: a study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. *Springer Science & Business Media*. 2012, 10, pp 14–32.
24. Vezzani, D.; Wisnivesky, C. Prevalence and seasonality of *Ascogregarina culicis* (Apicomplexa: Lecudinidae) in natural populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from temperate Argentina. *Journal of invertebrate pathology* 2006, 91, 3, pp 183–187.
25. Wellmer, L. Sporozoen ostpreussischer Arthropoden. *Schriften der Physikalisch-ökonomische Gesellschaft Königsberg*, 1911, 52; pp. 103–164.
26. Zuk, M. Seasonal and individual variation in gregarine parasite levels in the field crickets *Gryllus veletis* and *G. pennsylvanicus*. *Ecological entomology*, 1987, 12, 3, pp 341–348.
27. Zuk, M. The effects of gregarine parasites on longevity, weight loss, fecundity and developmental time in the field crickets *Gryllus veletis* and *G. pennsylvanicus*. *Ecological entomology*, 1987, 12, 3, pp 349–354.



УДК 597.551.4:591.486

## Новий тип розвитку нюхової розетки в анциструса звичайного *Ancistrus dolichopterus*

Ольга Титюк, Ярослав Степанюк

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна  
Адреса для листування: olatytyuk@gmail.com

Отримано: 14.05.18; прийнято до друку: 18.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Залежно від умов існування в риб по-різному розвинені сенсорні системи, а особливо нюховий аналізатор. Здатність риб реагувати на запахи залежить від форми нюхової розетки та морфології нюхових ламел. Уважають, що найкраще розвинений нюховий аналізатор у видів із білатеральною видовженою нюховою розеткою. Зазвичай нюхові розетки зі схожою морфологією характерні для видів із близьких родин або видів, які існують в однакових умовах. Орган нюху риб під час розвитку проходить стадії нюхової плакоти, нюхової ямки та нюхової камери з нюховою розеткою. Проте залишається нез'ясованим механізм розвитку нюхових розеток. Недостатньо уваги звернено на особливості формування центрального шва в нюхових розетках, додавання нових ламел у різних видів костистих риб. Для вивчення розвитку нюхової розетки білатерального типу анциструса звичайного *Ancistrus dolichopterus* вирощували в лабораторії гістології та морфогенезу Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Гістологічні препарати виготовлено за стандартними гістологічними методиками. В анциструса звичайного формування розетки відбувається у чотири етапи. На першому етапі відбувається закладка першої ламели в середній частині нюхової камери та її зростання з ростральною стінкою нюхової камери під час подальшого розвитку. На другому етапі вперше закладаються латеральна й медіальна ламели. На третьому відбувається закладка четвертої ламели з медіального боку від центрального шва. На четвертому етапі проходить спочатку симетрична відносно центрального шва закладка ламел, а потім у парних ламел латеральні ламели залягають ростральніше від медіальних. В *Ancistrus dolichopterus* центральний шов розвивається з першої центральної ламели, яка зі збільшенням довжини нюхової камери видовжується. Потовщення шва відбувається за рахунок прикріплення до нього нових бічних пар нюхових ламел у ростральній частині нюхової камери. Під час розвитку дистальний кінець центральної ламели зміщується латерально й ламела втрачає осьове положення. Білатеральна нюхова розетка *Ancistrus dolichopterus* набуває дефінітивного стану внаслідок додавання нових ламел ростральніше від уже розвинутих ламел, як і в більшості костистих риб, навіть з іншими типами нюхових розеток. Під час закладки четвертої ламели простежуємо порушення симетрії й формування ламели в цей період відбувається лише з одного боку від центрального шва. Усі наступні ламели закладаються попарно.

**Ключові слова:** нюхові ламели, орган нюху, костисті риби, Loricariidae.

## New Type of Development of Olfactory Rosette of Bushymouth Catfish *Ancistrus Dolichopterus*

Olha Tytiuk, Yaroslav Stepanyuk

Lesya Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine  
Correspondence: olatytyuk@gmail.com

**Resume.** Depending on the living conditions, sensory systems of fishes, namely the olfactory analyzer, are developed differently. The form of olfactory rosette and morphology of olfactory lamellae affect the ability of fish to perceive an odorant. It is considered that the longitudinal bilateral olfactory rosette is typical for those species that have a well-developed olfaction. As a rule, olfactory rosettes with similar morphology are typical for species belonging to close families or living in similar environments. The olfactory organ of fish during its development goes through such developmental stages as olfactory placode, olfactory pit, and olfactory chamber with olfactory rosette. However, the mechanism of development of olfactory rosettes remains unclear. There was not enough attention paid to the particularities of formation of central raph in olfactory rosettes, as well as to the appearance of new lamellae in different species of teleosts. For studying the development of the bilateral olfactory rosette, bushymouth catfish *Ancistrus dolichopterus* were cultivated in the laboratory of histology and morphogenesis of Lesya Ukrainka Eastern European National University. Histological preparations were accomplished according to standard histological methodologies. In *Ancistrus dolichopterus*, formation of olfactory rosette goes in four stages. At the first stage, the first lamella appears in the central part of olfactory chamber and becomes elongated to its rostral wall. At the second stage, first lateral and medial lamellae begin to form. At the third stage, the fourth lamella appears from the medial side of the central raph. At the fourth stage, at first, the addition of lamellae takes place, symmetrical to the central raph. Then, when it comes to new paired lamellae, the lateral lamellae are more rostral than the medial ones. In *Ancistrus dolichopterus*, the central raph develops from the first central lamella, which elongates with the increase in length of the olfactory chamber. The thickening of the raph is possible through the attaching of new pairs of olfactory lamellae to it, in the rostral part of olfactory chamber. During the development, the distal end of the central lamella moves laterally and loses its axial position. Bilateral olfactory rosette of *Ancistrus dolichopterus* gets its definitive state because of addition of new lamellae, more rostral than lamellae already formed, as it happens in most teleosts, even with other types of olfactory rosettes. During the formation of the fourth lamella, the symmetry is broken, as lamellae are being formed only from the one side of the central raph. All the following lamellae are formed in pairs.

**Key words:** olfactory lamellae, olfactory organ, Teleostei, Loricariidae.

## Вступ

Риби є найчисленнішою групою серед хребетних та займають різні екологічні ніші. Залежно від умов існування в риб домінуючу роль відіграє та чи інша сенсорна система й, відповідно, по-різному розвинений нюховий аналізатор. Нюх є головним в основних процесах життєдіяльності риб, таких як комунікація, пошук їжі, розмноження [18], тому морфологія органа нюху цікавить здавна [5, 14, 18, 24, 27]. Важливими в еволюційному аспекті є встановлення термінів закладки структур органа нюху й особливо формування ламел у риб, які існують у різних екологічних умовах [7, 8, 20, 21, 23, 25, 28].

Дефінітивний орган нюху риб зазвичай представлено нюховою розеткою, яка розміщена на дні нюхової камери [16, 20]. В органі нюху різних видів риб існують відмінності в морфології (наявність або відсутність ламел, їх кількість, розміщення). Існує кілька класифікацій нюхових розеток за розміщенням ламел, формою нюхових розеток [17, 27, 29]. Найпоширеніші серед

костистих риб овальні нюхові розетки зі стрілоподібним розміщенням ламел. Усім еволюційно давнім групам риб, а саме Siluriformes, Anguilliformes, Dipnoi, Amia, Chondrychthyes [17], притаманна білатеральна нюхова розетка. У розетках такого типу можна виділити центральний шов та два ряди бічних ламел, які залягають перпендикулярно до шва. Уважають, що у видів із білатеральною видовженою нюховою розеткою головну роль у пошуку їжі відіграє саме нюховий аналізатор. У видів із близьких родин зазвичай нюхові розетка мають схожу морфологію [10]. Але навіть у неспоріднених видів, які існують в однакових умовах, морфологія периферичних і центральних відділів сенсорних систем подібна [19].

Зазвичай вважають, що нові ламели закладаються в ростральній частині камери [2, 3, 9, 12, 20]. Проте залишаються нез'ясованими механізми розвитку білатеральної розетки, закладка центрального шва й перших ламел. Лише в окремих роботах пояснюється механізм формування

нюхової розетки, а саме почерговість закладки нюхових ламел [12, 17, 24].

У роботі ми вирішили з'ясувати розвиток нюхової розетки білатерального типу на прикладі анциструса звичайного *Ancistrus dolichopterus* (Кнер, 1854). Визначити, чи є відмінності в розвитку білатеральної розетки альгофага анциструса звичайного з різними представниками Siluriformes та іншими костистими рибами з відмінними стратегіями живлення.

## Матеріали й методи досліджень

### Личинковий матеріал

Статевозрілі особини (один самець та дві самки, загальною довжиною TL = 10–12 см) утримувалися в акваріумі (60 л) лабораторії гістології та морфогенезу Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Запліднену ікру після нересту переміщали з гнізда, куди відкладено ікру, в окремий акваріум із температурою 29°C, посиленою фільтрацією та аерацією. Після вилуплення температуру в акваріумі поступово знижували до 26°C. Після зменшення жовтка, підгодовували личинок сухим кормом для анциструса (*Ancistrus tenuis*, Акваріус) та відвареними листками капусти білокачанної. Відбір матеріалу послідовних стадій розвитку для фіксації здійснювали, контролюючи розвиток риб під мікроскопом МБС-10. Досліджено 27 зразків різних стадій розвитку анциструса звичайного довжиною від 7 мм (формування першої ламели) до 40 мм (формування дефінітивної розетки з 18 ламелами). Відібрані стадії використовували для виготовлення гістологічних препаратів нюхового органа, а також для детальнішого вивчення макроморфології нюхових розеток. Стандартну довжину (SL) личинок (довжину від початку голови до основи хвостового плавця) вимірювали після фіксації в розчині Буена.

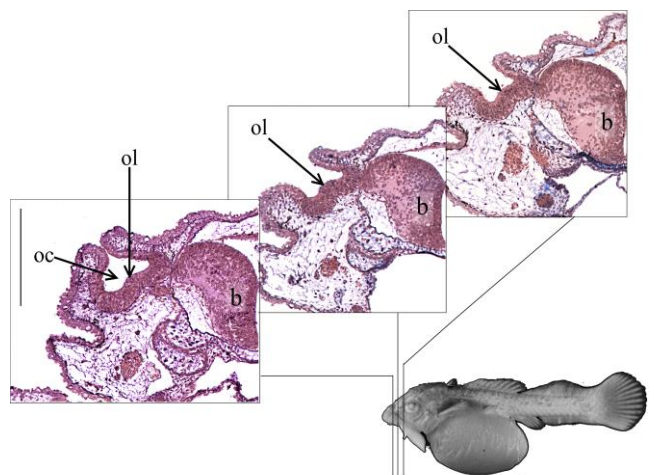
### Світлова мікроскопія

Матеріал фіксували у водному розчині Буена. Дегідратацію проводили в спиртах зростаючої концентрації (70; 80; 90 та 100 %). Заливку здійснювали в Paraplast X-TRA (Leica Microsystems, Germany) із температурою плавлення 56°C. Різку матеріалу в поперечній і фронтальній площинах товщиною 3–6 мкм виконували на санному мікротомі (MC-2). Зрізи забарвлювали альціановим синім (1 г альціановий синій та 3 % оцтова кислота) і гематоксиліном (за Ерліхом) та водним розчином еозину (за Стідманом) [26]. Забарвлені зрізи поміщали в Eukitt [22].

Дослідження дозволено Етичнонауковим комітетом Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 4 від 26 жовтня 2017 року).

## Результати

Перша ламела з'являється в личинок розміром SL = 7 мм. Запаси жовтка великі, жовток округлий. Жовток чітко відокремлений від тіла. Наявна плавцева складка на стеблі хвоста. Ротовий диск залягає ростровентрально (рис. 1).

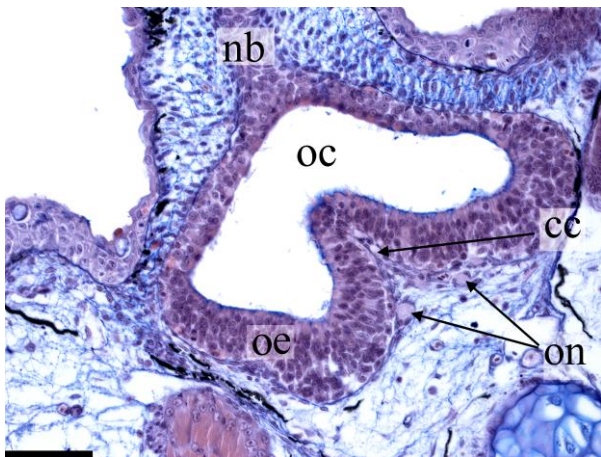


**Рис. 1.** Поперечний переріз через нюхову камеру *A. dolichopterus* (SL = 7 мм): ol – нюхова ламела; b – головний мозок, oc – нюхова порожнина. Scale bar = 200  $\mu$ m.



Перша ламела з'являється у вигляді невеликого потовщення епітелію на дні нюхової камери. Вона не досягає ростральної стінки нюхової камери. Аборально ламела зливається з плоским дном нюхової камери.

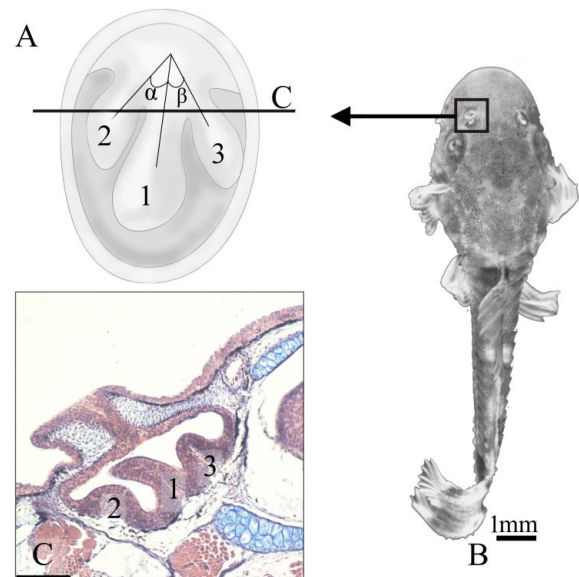
SL= 8,5 мм. Коли відбувається перехід на зовнішнє живлення, але ще залишається мінімальна кількість жовтка, ламела більш виражена. У ній можна розрізнити центральну зону (рис. 2). Нервові волокна відходять від дна нюхової камери по обидва боки від ламели.



**Рис. 2.** Поперечний переріз через першу нюхову ламелу *A. dolichopterus* (SL = 8,5 мм): oe – нюховий епітелій; nb – носовий міст; cc – центральна зона нюхової ламели; on – волокна нюхового нерва; oc – нюхова порожнина. Scale bar = 50  $\mu$ m.

SL = 9,5 мм. Повністю сформований носовий міст, передня трубчаста ніздря починає набувати дефінітивного вигляду. У нюховій камері одна центральна ламела та дві потовщені тяжі – зачатки медіальної й латеральної ламел. Перша ламела досягає ростральної частини нюхової камери. Дистальний кінець її потовщений, не з'єднаний з аборальною стінкою нюхової камери. Латеральний тяж більш виражений, ніж медіальний.

SL = 10 мм. Друга (латеральна) і третя (медіальна) ламели мають чіткіші контури, більшу висоту. Вони розміщені симетрично відносно першої ламели, але не перпендикулярно, а під гострим кутом (рис. 3). Проксимальні кінці ламел розміщені один навпроти одного.

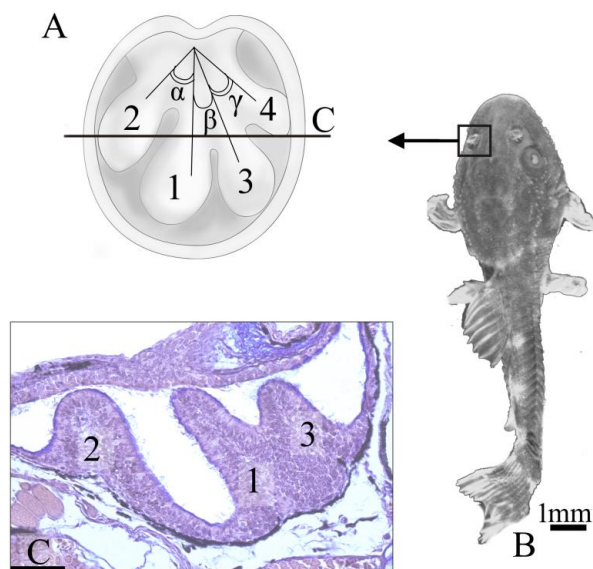


**Рис. 3.** Схема нюхової розетки (A), її поперечний переріз (C) та загальний вигляд *A. dolichopterus* (SL=10 мм) (B).

Примітки. Цифри вказують на послідовність закладання нюхових ламел.  $\alpha$  – кут між першою й другою ламелами;  $\beta$  – кут між першою та третьою ламелами;  $\alpha = \beta$ . Scale bar = 200  $\mu$ m.

SL = 10,5 мм. Збільшується висота перших трьох ламел, проксимальні кінці яких розширені та мають булавоподібний вигляд. Формується четверта ламела, ростральніше від третьої. У результаті таких морфологічних змін третя ламела займає не медіальноаборальне положення, а більш аборальне. Кут між першою й третьою ламелами зменшується: перша ламела зміщується латерально (рис. 4). Четверта ламела тепер розміщена навпроти другої.

SL = 10,5–12 мм. Передня ніздря трубчаста, із високою задньою стінкою, яка виконує роль паруса. Над задньою ніздрею від аборальної стінки трубчастої передньої ніздрі до медіального та латерального країв задньої ніздрі нависають шкірні складки (рис. 5A). П'ята й шоста ламели закладаються одночасно та перпендикулярно до центрального шва (рис. 5B). Висота дистантного кінця першої ламели значно збільшується й тепер вона чітко видніється через отвір задньої ніздрі (рис. 5).

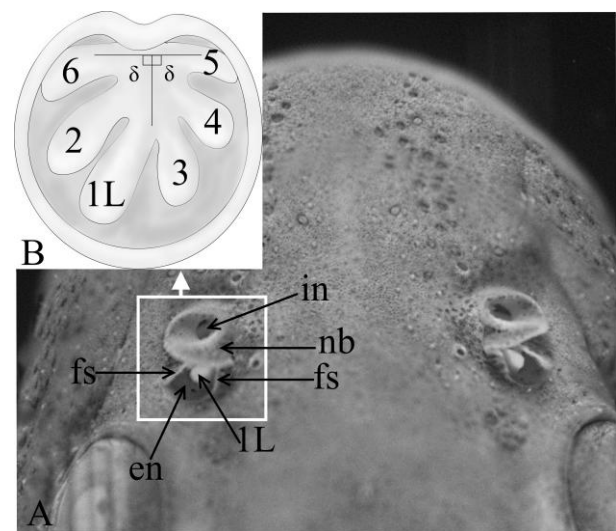


**Рис. 4.** Схема нюхової розетки (A), її поперечний переріз (C) та загальний вигляд *A. dolichopterus* (SL=10,5мм) (B).

Примітки. Цифри вказують на послідовність закладання нюхових ламел.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – кути між ламелами;  $\alpha = \gamma$ ;  $\alpha > \beta$ . Scale bar = 50  $\mu$ m.

SL = 17 мм. Суттєвих морфологічних змін в органі нюху не спостерігаємо. Сьома та восьма ламели закладаються перпендикулярно до шва, одночасно, але восьма розміщена ростральніше від сьомої. 3-тя, 4-та і 5-та ламели контактують із бічною стінкою нюхової камери, а 1-ша, 2-га та 6-та мають витягнутий вільний дистальний кінець.

SL = 25 мм. Задня ніздря тепер має вигляд півмісяця, у результаті втиснення аборальної стінки передньої трубчастої ніздрі (носовий міст). Таким чином орган нюху набуває дефінітивного стану. У нюховій розетці є десять ламел, які формуються перпендикулярно до першої ламели та зливаються з нею. Попередні вісім уже не перпендикулярні, а розміщуються під кутом до шва. Дистантні кінці чотирьох ламел, які сформовані раніше, мають не булавоподібні потовщення, а витягнуті – язикоподібні виступки (рис. 6).



**Рис. 5.** Загальний вигляд органа нюху *A. dolichopterus* (SL=12 мм) (A) та схема розміщення ламел у нюховій розетці:

*in* – вхідна ніздря; *nb* – носовий міст; *fs* – складки шкіри над задньою ніздрею; *en* – вихідна ніздря; *1 L* – перша ламела.

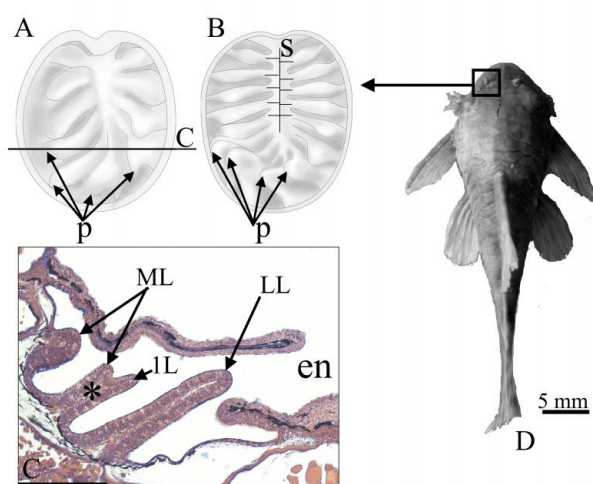
Примітки. Цифри вказують на послідовність закладання нюхових ламел.  $\delta$  – кут між центральним швом та п'ятою й шостою ламелами.

SL = 40–55 мм. Сформовано вісімнадцять ламел, із яких п'ять пар в аборальній частині розетки розміщені одна навпроти одної й чотири пари в ростральній частині нюхової розетки, у

яких латеральні ламели розміщені ростральніше від медіальних (рис. 6 В).

## Обговорення

Орган нюху риб під час розвитку проходить такі стадії, як нюхова плакода, нюхова ямка та нюхова камера з нюховою розеткою. Дефінітивна нюхова розетка *Ancistrus dolichopterus* білатерального типу складається з 18 нюхових ламел. Центральний шов сполучається з передньою стінкою нюхової камери та не досягає аборальної її стінки, як і в *Amia calva* [20].



**Рис. 6.** Схема розміщення у ламел нюховій розетці А. *dolichopterus* довжиною  $SL = 25$  мм (А) та  $SL = 40$  мм (В), поперечний переріз через нюхову розетку (С) та загальний вигляд малька (D):

*p* – язикоподібні відростки дистальних кінців ламел; *ML* – медіальні ламели; *LL* – латеральна ламела; *IL* – перша ламела; *en* – вихідна ніздря; *s* – схема розміщення бічних ламел; \* – злиття першої ламели з медіальною (центральный шов).

Натомість в *Anguilla anguilla*, у якого також нюхова розетка білатеральна, шов досягає аборальної стінки нюхової камери [27]. В *Ancistrus dolichopterus* медіальні ламели є трішки меншими, ніж латеральні, та заходять аж на медіальну стінку нюхової

камери й мають менш виражені потовщення на дистантних кінцях ламел. Натомість у корошових [23] ламели медіального латерального боків однакових розмірів.

Ламели виконують кілька функцій: збільшення сенсорної поверхні, затримку води для тривалішого контакту одоранта й рецептора, направлено руху води в нюховій камері [6, 13, 16]. Збільшення сенсорної поверхні може відбуватися за рахунок збільшення розмірів ламел або за рахунок утворення нових ламел [27]. В *Ancistrus dolichopterus*, ростральні та аборальні ламели відрізняються не лише за розмірами, як у *Ictalurus punctatus*, а й за формою, як і в *Misgurnus fossilis*, *Heteropneustes fossilis* [1, 9, 15]. В *Ancistrus dolichopterus* нові щойно сформовані ламели мають вигляд невеликих потовщень, складок. Усі ламели спочатку мають потовщені булавоподібні дистантні кінці. Перша, друга, третя й четверта ламели спершу не відрізняються від інших. Але під час розвитку (на стадії формування десяти ламел) булавоподібні потовщення видозмінюються в язикоподібні відростки (рис. 6). Вони досягають отвору задньої ніздрі та, можливо, служать для покращення спрямовування потоку води в задню ніздрю. В *Ictalurus punctatus* дорсальна стінка ламел також утворює язикоподібні відростки, але вони формуються не на дистантних кінцях кожної ламели, а в її середній ділянці [9].

## Розвиток нюхової розетки

В анциструса звичайного формування розетки відбувається за 4 етапи: I – осьова ламела (1-ша); II – латеральна й медіальна (2-га й 3-тя); III – медіальна (4-та); IV – попарна закладка ростральних ламел перпендикулярно до першої (центральної) відповідно до збільшення розмірів тіла. На першому етапі відбувається закладка першої ламели в середній частині нюхової камери ( $SL = 7$  мм) та її розростання аж до

ростральної стінки нюхової камери (SL = 8,5 мм). На другому етапі закладаються бічні ламели (SL = 9,5 мм) і відбувається їх подальший розвиток (SL = 10 мм). На IV етапі спостерігаємо закладку 5 і 6 ламел симетрично відносно шва, а також період одночасного формування парних ламел, із яких латеральні ламели закладаються ростральніше від медіальних (7–18 ламели). Можливо, така закладка нових ламел, починаючи від сьомої, може свідчити, що раніше від латеральних закладаються медіальні ламели. Із розвитком кожної нової пари, ламели, які уже сформовані, видовжуються аборально й залягають не перпендикулярно до центрального шва, а під гострим кутом.

Нюхова розетка костистих риб набуває дефінітивного стану внаслідок додавання нових ламел у її ростральній частині або додавання з обох кінців нюхової розетки. Білатеральна нюхова розетка *Ancistrus dolichopterus* утворюється завдяки додаванню нових ламел ростральніше від уже розвинутих ламел. Такий же механізм характерний для формування білатеральної розетки *Amia calva* [20] та стріло-, віялоподібної, овальної з еліптичним швом в *Ictalurus punctatus*, *Alburnus chalcoides*, *Dicentrarchus labrax*, *Apogon cyanosoma* [3, 9, 12, 23].

В *Anguilla anguilla* та *Heteropneustes* нові ламели додаються в ростральному та аборальному напрямках у нюховій розетці одночасно [4, 11, 15, 27]. Це відмінний від інших костистих механізм формування розетки.

В *Ancistrus dolichopterus* у дефінітивній розетці чітко видно тонкий центральний шов. Шов розвивається з першої центральної ламели, яка зі збільшенням довжини нюхової камери видовжується рострально й зливається з ростральною стінкою нюхової камери. Під час формування четвертої нюхової ламели центральна ламела втрачає осьове та її дистальний кінець займає латеральне положення. Таким чином шов у

дефінітивній розетці представлений ростральною й медіальною частинами першої ламели, яка потовщується за рахунок прикріплення до неї нових бічних пар нюхових ламел у ростральній частині нюхової камери. Він закладається не як окрема структура, до якої приєднуються ламели, як у *Heteropneustes fossilis* [15], а як перша ламела, у якої дистальний кінець зміщується латерально і тому вона не зберігає осьове положення в дефінітивній нюховій розетці, як у *Dicentrarchus labrax*, *Phoxinus phoxinus* [12, 23].

### **Відхилення в закладці нюхових ламел**

На стадії 17 мм виявлено порушення в почерговості закладки ламел. У нормі на цій стадії розвитку нюхова розетка складається з восьми ламел. Проте іноді трапляється дев'ять ламел у нюховій розетці. Ростральні ламели розміщені перпендикулярно одна навпроти іншої. За розміром та розміщенням ламел можна припустити, що додатково відбулася закладка ламели на стадії формування 5-ї ламели. Отже, хоча в нормі в анциструса парна кількість ламел, але може відбуватися порушення в їх закладці. В *Anguilla anguilla* [27] виявлено, що в дефінітивних нюхових розетках трапляється як парна, так і непарка кількість нюхових ламел, що свідчить про варіацію почерговості закладки та кількості ламел у дефінітивних розетках.

### **Висновки**

В анциструса звичайного *Ancistrus dolichopterus* формування нюхової розетки відбувається в результаті утворення нових ламел у ростральній частині нюхової розетки. Такий тип формування нюхової розетки відрізняється від представників філогенетично близьких груп риб із білатеральною нюховою розеткою. Особливістю розвитку нюхової розетки *A. dolichopterus* є утворення непарної

четвертої ламели з медіального боку від центральної ламели. Отже, під час закладки четвертої ламели спостерігаємо порушення симетрії й формування ламели в цей період відбувається лише з медіального боку від шва в нюховій розетці. Після цього – попарне закладання всіх інших ламел. Центральний шов білатеральної нюхової розетки *A. dolichopterus* – це перша ламела, яка зміщує дистантний вільний кінець латерально. Такий тип розвитку центрального шва з першої нюхової ламели не описаний у досліджених костистих риб.

## Подяки

Автори дякують Філіппу Вікторовичу Голубчику (м. Київ) за наданих статевозрілих особин анциструса звичайного, а також професору Східно-європейського національного університету імені Лесі Українки Волгіну Сергію Олександровичу за рекомендації щодо розведення *Ancistrus dolichopterus*.

## Література

1. Титюк, О.; Степанюк, Я. Макроморфологія органа нюху в'юна звичайного *Misgurnus fossilis*. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* 2017, 14 (2), с 106–109.
2. Arvedlund, M.; Larsen, K.; Winsor, H. The embryonic development of the olfactory system in *Amphiprion melanopus* (Perciformes: Pomacentridae) related to the host imprinting hypothesis. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 2000, 6 (80), pp 1103–1109.
3. Arvedlund, M.; Takemura, A. Scanning electron microscopy of the peripheral olfactory organ in small and large juvenile *Apogon cyanosoma* (Apogonidae: Teleostei). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2005, 5 (85), pp 1231–1234.
4. Atta, K. Morphological, anatomical and histological studies on the olfactory organs and eyes of teleost fish: *Anguilla anguilla* in relation to its feeding habits. *The Journal of Basic & Applied Zoology*. 2013, 3 (66), pp 101–108.
5. Bateson, W. The sense-organs and perceptions of fishes; with remarks on the supply of bait. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 1890, 3 (1), pp 225–256.
6. Bertmar G. Evolution of vomeronasal organs in vertebrates. *Evolution* 1981, 2 (35), pp 359–366.
7. Bettini, S.; Milani, L.; Lazzari, M. Crypt cell markers in the olfactory organ of *Poecilia reticulata*: analysis and comparison with the fish model *Danio rerio*. *Brain Structure and Function* 2017, 7 (222), pp 3063–3074.
8. Boonyoung, P.; Senarat, S.; Kettratad, J. Microarchitectural study of the olfactory organ of *Devario regina* (Fowler, 1934) using pas technique. *Journal of Bio-Science*. 2016, (22), pp 41.
9. Caprio, J.; Raderman-Little, R. Scanning electron microscopy of the channel catfish olfactory lamellae. *Tissue and cell* 1978, 1 (10), pp 1–9.
10. Chen, X.-Y.; Arratia, G. Olfactory organ of Acipenseriformes and comparison with other actinopterygians: patterns of diversity. *Journal of Morphology* 1994, 3 (222), pp 241–267.
11. Crnjari, R.; Sclalera, G.; Bigiani, A. Olfactory sensitivity to amino acids in the juvenile stages of the European eel *Anguilla anguilla* (L.). *Journal of Fish Biology* 1992, 4 (40), pp 567–576.
12. Diaz, J.; Prié-Granié, M.; Blasco, C. et al. Ultrastructural study of the olfactory organ in adult and developing European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Canadian Journal of Zoology* 2002, 9 (80), pp 1610–1622.
13. Doving, K. Functional properties of the fish olfactory system; Springer, 1986, pp 39–104.
14. Doving, K.; Dubois-Dauphin, M.; Holley, A. et al. Functional anatomy of the olfactory organ of fish and the ciliary mechanism of water transport. *Acta Zoologica* 1977, 4 (58), pp 245–255.
15. Goel, H. Functional anatomy of the olfactory organ in the fresh water teleost, *Heteropneustes fossilis* (BL.). *Okajimas folia anatomica Japonica* 1978, № 5 (55), pp 289–299.
16. Hansen, A.; Zielinski, B. Diversity in the olfactory epithelium of bony fishes: development, lamellar arrangement, sensory neuron cell types and transduction components. *Journal of neurocytology* 2005, 3–5 (34), pp 183–208.
17. Kasumyan, A. The olfactory system in fish: structure, function, and role in behavior. *Journal of Ichthyology*, 2004, 2 (44), pp 180–223.
18. Kleerekoper, H. Olfaction in fish. Indiana University Press: Bloomington, 1969.
19. Kotschal, K.; Van Staaden, M.; Huber, R. Fish brains: Evolution and environmental relationships. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1998, 4 (8), pp 373–408.
20. Kuciel, M.; Żuwala, K.; Rita, E. The structural organization in the olfactory system of the teleosts and garfishes. Phylogeny, *Anatomy and Physiology of Ancient Fishes*, 2015, pp 260–271.
21. Lim, L.S.; Mukai, Y. Morphogenesis of sense organs and behavioural changes in larvae of the brown-marbled grouper *Epinephelus fuscoguttatus* (Forsskål).

*Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 2014, 5 (47), pp 313–327.

22. Mulisch, M.; Welsch, U. *Romeis-mikroskopische technik*. Springer-Verlag, 2015.

23. Pashchenko, N.; Kasumyan, A. Development of the olfactory organ in the ontogeny of carps (Cyprinidae). *Journal of Ichthyology*, 2017, 1 (57), c. 136–151.

24. Reinke, W. Zur ontogenie und anatomie des geruchsorgans der knochenfische. *Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungs Geschichte*, 1936, 5 (106), pp 600–624.

25. Silva, L.; Antunes, A. Vomeronasal receptors in vertebrates and the evolution of pheromone detection. *Annual Review of Animal Bioscience,s* 2017, 1 (5), pp 353–370.

26. Steedman, H. Alcian blue 8GS: a new stain for mucin. *Journal of Cell Science*, 1950, 16 (3), P. 477–479.

27. Teichmann, H. Vergleichende untersuchungen an der nase der fische. *Zoomorphology*, 1954, 2 (43), pp 171–212.

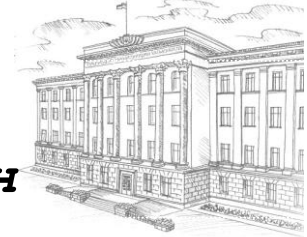
28. Tytiuk, O.; Yaryhin, O.; Stepanyuk, Y. Light microscopy of development of the olfactory organ of European weatherfish *Misgurnus fossilis* (Teleostei: Cobitidae). *Zoological Science*, 2018, 2 (35), pp 115–122.

29. Yamamoto, M. Comparative morphology of the peripheral olfactory organ in teleosts. *Chemoreception in fishes*, 1982, pp 39–59.



Науковий вісник Східноєвропейського національного  
університету імені Лесі Українки

## РОЗДІЛ III Фізіологія людини і тварин



Серія: Біологічні науки, 2018, 4(377)

УДК 612.017.1

### Показники неспецифічного антиінфекційного захисту в осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області

Дарина Білокур

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, м. Суми, Україна  
Адреса для листування: darina.bilokur@gmail.com

Отримано: 14.04.18; прийнято до друку: 14.05.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Вивчено стан неспецифічного антиінфекційного захисту у осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області. Забруднення значних площ радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи може виступати ключовим фактором імуносупресії для населення України. Стан факторів і механізмів неспецифічного антиінфекційного захисту у осіб, котрі народились і проживають на контамінованих територіях, вивчено недостатньо. Мета дослідження – встановити показники неспецифічного антиінфекційного захисту у осіб з територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області. Імунологічне обстеження проведено у осіб, об'єднаних у контрольну (80 осіб) і дослідну (80 осіб) групи. Застосовано імунофенотипування для визначення показників клітинного імунітету (CD16) та фарбування за Романовським-Гімза. Усі аналізовані показники у групі контролю перебувають у межах клінічної норми. У осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області знижена абсолютна кількість нейтрофільних лейкоцитів на 15 %; збільшена абсолютна (у 1,6 разів) та відносна (у 1,8 раза) кількість моноцитів (до верхньої межі клінічної норми). Значно знижена (у 2,33 раза) абсолютна (на 57,1 %) та відносна (на 11,35 %) кількість природних кілерів. Значення нейтрофільно-лімфоцитарного коефіцієнта перевищує відповідний показник у групі контролю в 1,98 раза та виходить за верхню межу клінічної норми в 1,34 раза. Сумарний показник неспецифічної реактивності в контрольній та дослідній групах досягає значень, характерних для перебігу патологічних процесів. У осіб з IV-ї радіаційної зони Сумської області цей показник перебуває на нижній межі клінічної норми. Отримані результати вказують на функціональне навантаження неспецифічної ланки імунної системи серед населення радіаційно забруднених районів Сумської області. У осіб, котрі проживають на територіях посиленого радіоекологічного контролю Сумщини, простежуємо імунне порушення за показниками абсолютної і відносної кількості моноцитів та природних кілерів (CD16). Водночас спостерігаємо формування взаємно компенсаторних механізмів серед ланок системного імунітету у відповідь на низькоінтенсивне пролонговане радіаційне опромінювання. Одержані результати вказують на необхідність проведення імунологічних обстежень населення територій посиленого радіоекологічного контролю нашої держави (та Сумщини зокрема) із метою проведення імунореабілітаційних заходів щодо цієї категорії населення.

**Ключові слова:** імунна система, іонізуюча радіація, радіаційне забруднення, механізми неспецифічного імунного захисту.

## Indicators of Nonspecific Anti-infectious Protection of Individuals in the Territories of Intensified Radioecological Control of the Sumy Region

Daryna Bilokur

A. S. Makarenko Sumy State Pedagogical University of Ukraine, Sumy, Ukraine

Correspondence: darina.bilokur@gmail.com

**Resume.** The state of nonspecific anti-infectious protection in individuals from the territories of the intensified radioecological control of Sumy region is under investigation. Contamination of large areas with radionuclides due to the Chernobyl accident is considered to be as a key immunosuppressive factor for the population of Ukraine. The state of the factors and mechanisms of nonspecific anti-infectious protection in persons, who was born and lived in contaminated territories has not been studied sufficiently. The purpose of this research is to determine the indicators of nonspecific anti-infectious protection of individuals in the territories of intensified radioecological control of the Sumy region. The examined were divided into two groups: residents of radiation free areas (control group, 80 persons) and the inhabitants of the areas of enhanced radiation monitoring (experimental group, 80 persons). Indicators of cellular immunity were determined by immunophenotyping (CD16) and dyeing on Romanowsky-Giemsa. We have found that examined from radiation free areas have quite stable indices that don't go beyond homeostatic norm. In persons from the territories of the intensified radioecological control of the Sumy region, the absolute amount of neutrophilic leukocytes is reduced by 15 %; increased absolute (1,6 times) and relative (1,8 times) the number of monocytes (up to the upper limit of the clinical norm). The absolute (on 57,1 %) and relative (on 11,35 %) quantity of natural killers is significantly reduced (in 2,33 times). The value of the neutrophilic-lymphocytic coefficient exceeds the corresponding indicator in the control group (by 1,98 times) and exceeds the upper limit of the clinical norm (by 1,34 times). Total indicator of nonspecific reactivity in the control and experimental groups reaches the values characteristic of the course of pathological processes. Persons from the IV radiation zone of the Sumy region have this indicator at the lower boundary of the clinical norm. The obtained results indicate the functional load of the nonspecific part of systemic immune system among the population of radiation-polluted territories of the Sumy region. The state of immune violation in terms of indicators in absolute and relative number of monocytes and natural killers (CD16) is formed in persons living in the territories of intensified radioecological control of Sumy region. At the same time, the formation of mutually compensating mechanisms among the systemic immunity units in response to low-intensity prolonged radiation irradiation is observed. The obtained results indicate the necessity of carrying out immunological surveys among the population of intensified radioecological control of our state (and in particular of Sumy region) in order to carry out immunorehabilitation measures for this category of population.

**Key words:** immune system, ionizing radiation, radiation contamination, mechanisms of nonspecific immune protection.

### Вступ

Забруднення значної площі території України радіоактивними ізотопами (Cs-137, Sr-90), а також опромінення населення держави тісно пов'язане із наслідками аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) [1; 2]. До радіаційно забруднених територій Сумської області належать Шосткинський і Ямпільський райони.

Із наукових джерел відомо, що населення, яке проживає в IV радіаційній зоні (щільність забруднення ґрунтів

ізотопами  $^{137}\text{Cs}$  1-5 Кі/км<sup>2</sup>), зазнає пролонгованого впливу низькоінтенсивного іонізуючого випромінювання [3].

Мешканці, до організму яких потрапляють забруднені радіонуклідами харчові продукти, потерпають від наслідків довготривалого радіаційного впливу. Ця обставина відіграє одну з ключових ролей у формуванні стану здоров'я населення з територій посиленого радіоекологічного контролю нашої держави і Сумщини зокрема [4].

На нашу думку, особливої уваги заслуговує імунний статус осіб, які



проживають на радіаційно забруднених територіях, оскільки імунна система є чутливою до впливу екзогенних та ендогенних факторів середовища [5].

Згідно з науковими джерелами, можливість дотримання гомеостазу в організмі людини залежить від ефективності взаємодії специфічних та неспецифічних факторів і механізмів системного імунітету. Оскільки діяльність імунної системи є інтегративною, то будь-які порушення роботи однієї з ланок імунітету можуть відобразитися на роботі системи в цілому [4].

Як свідчать дані наукових досліджень, імунологічні ефекти, пов'язані зі змінами, недостатністю неспецифічних факторів імунного захисту, в осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю виникають через наслідки аварії на ЧАЕС і можуть призводити до тяжких порушень протиінфекційної і протипухлинної резистентності організму [6; 7].

Більшість наукових праць, що стосуються наслідків впливу Чорнобильської катастрофи, висвітлюють імунологічні показники периферійної крові, отримані в клінічних умовах у ліквідаторів аварії на ЧАЕС [3]. Стан факторів і механізмів неспецифічного антиінфекційного захисту у осіб, котрі народилися й проживають на контамінованих територіях, вивчено недостатньо.

Усе вищезазначене зумовило вибір **мети** нашого дослідження – установлення показників неспецифічного антиінфекційного захисту у осіб з територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області.

## **Матеріали й методи**

Дослідження здійснено на базі Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка. Імунологічне обстеження проведено в 160 осіб віком 18–35 років: 80 волонтерів із

Шосткинського та Ямпільського районів Сумської області (IV радіаційна зона; щільність забруднення ґрунтів ізотопами  $^{137}\text{Cs}$  1–5  $\text{Ки}/\text{км}^2$ ); контрольна група – 80 респондентів із відносно екологічно чистих територій Сумщини. На період аналізу обстежені не мали гострих або хронічних захворювань, не проходили радіо- чи хіміотерапії.

Рівень лейкоцитів підраховували в камері Горяєва, лімфоцитів – на основі кров'яного мазка (фарбування барвником Романовського-Гімзи). Експресію поверхневого антигену CD16 лімфоцитами периферичної крові визначали імунофлуоресцентним методом із використанням моноклональних антитіл до поверхневих маркерів клітин імунної системи LNK16 [8]. Нейтрофільно-лімфоцитарний коефіцієнт, сумарний показник неспецифічної реактивності, ступінь імунних порушень розраховували за відповідними формулами [9].

Дані про стан радіаційного забруднення територій отримали в обласній санітарно-епідеміологічній станції (м. Суми).

Обстеження волонтерів та забори крові проводили кваліфіковані медичні працівники на базі лабораторно-діагностичного центру «Діагностика здоров'я» (м. Суми). Збір здійснювали вранці натщесерце.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою програмного пакету Microsoft Excel методами варіаційної статистики. Дані представлені у такому вигляді: середнє арифметичне  $\pm$  похибка середнього арифметичного ( $M \pm m$ ). Достовірність різниці між вибірками визначали за t-критерієм Стьюдента.

Дослідження виконано відповідно до біоетичних норм із дотриманням законодавства України. Усі волонтери дали письмову згоду на участь в обстеженні [10].

## **Результати**

Зі встановлення показників факторів і механізмів неспецифічного антиінфекцій-

ного захисту організму осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області представлені у табл. 1.

Із наведених даних випливає, що усі аналізовані показники у групі контролю перебувають у межах клінічної норми. У мешканців контамінованих територій спостерігається тенденція до зниження абсо-

люотної кількості лейкоцитів та лімфоцитів.

Аналіз даних, поданих у таблиці, дає підставу зробити висновок про те, що в осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області знижена абсолютна кількість нейтрофільних лейкоцитів на 15 %. Відносна кількість нейтрофілів також має тенденцію до зниження.

Таблиця 1

**Показники факторів і механізмів неспецифічного антиінфекційного захисту організму осіб із територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області**

Показник	Клінічна норма	Контрольна група (M±m)	Дослідна група (M±m)	Ступінь імунних порушень
Лейкоцити, 10 <sup>9</sup> /л	4–12	6,67±0,06	6,24±0,02	I
Еозинофіли, 10 <sup>9</sup> /л	0,02–0,3	0,06±0,02	0,16±0,03*	II
Еозинофіли, %	0,5–5	1,00±0,22	2,54±0,22*	II
Базофіли, 10 <sup>9</sup> /л	0,0–0,065	0,03±0,01	0,08±0,01*	I
Базофіли, %	0–1	0,42±0,07	1,20±0,16*	II
Нейтрофіли, 10 <sup>9</sup> /л	2,0–5,8	4,15±0,03	3,52±0,05*	I
Нейтрофіли, %	48–78	62,58±0,45	56,54±0,36*	II
Моноцити, 10 <sup>9</sup> /л	0,09–0,6	0,37±0,05	0,60±0,03*	II
Моноцити, %	3–11	5,55±0,03	10,00±0,37*	II
Лімфоцити, 10 <sup>9</sup> /л	1,0–5,0	2,00±0,02	1,78±0,17*	I
Лімфоцити, %	19,0–37,0	29,68±0,10	29,80±0,41	–
Природні кілери, 10 <sup>9</sup> /л	0,08–1,1	0,63±0,02	0,27±0,06*	II
Природні кілери, %	12–23	15,78±0,30	17,80±0,42*	II
Нейтрофільно-лімфоцитарний коефіцієнт, у. о.	0,42–9,71	6,58±0,15	13,04±0,83*	II
Сумарний показник неспецифічної реактивності, у. о.	0,07–0,31 (для пат. проц.)	0,15±0,07	0,07±0,01*	–

Примітка. \* –  $p \leq 0,05$  – достовірності різниці між показниками контрольної та дослідної груп.

В осіб із контамінованих територій збільшена абсолютна (у 2,7 раза) та відносна (2,5 раза) кількість еозинофілів; базофілів (у 2,7 та 2,86 раза відповідно) і виходить за межі клінічної норми; моноцитів (у 1,6 та 1,8 раза (досягає верхньої межі клінічної норми)). Значно знижені (у 2,33 раза) абсолютна

(на 57,1 %) та відносна (на 11,35 %) кількість природних кілерів, які знищують патологічно змінені клітини й можуть виконувати кілінгову та регуляторну функції [6].

Водночас значення нейтрофільно-лімфоцитарного коефіцієнта перевищує відповідний показник у групі контролю в

1,98 раза та виходить за верхню межу клінічної норми у 1,34 раза. Це може бути ознакою потенційної наявності бактерійної інфекції. Водночас сумарний показник неспецифічної реактивності у контрольній та дослідній групах досягає значень, характерних для перебігу патологічних процесів. До того ж, у осіб із IV-ї радіаційної зони Сумської області цей показник перебуває на нижній межі клінічної норми (за умови перебігу в організмі патологічного процесу).

Аналізуючи значення ступенів імунних порушень, потрібно зазначити, що зниження абсолютної кількості лейкоцитів та нейтрофілів у осіб з контамінованих територій Сумщини досягає I ступеня, що вимагає постійного (щомісяця, сезонного) моніторингу показників неспецифічного антиінфекційного захисту. Значне зниження відносної кількості нейтрофілів, абсолютної кількості природних кілерів; зростання абсолютної і відносної кількості моноцитів, відносної кількості природних кілерів та нейтрофільно-лімфоцитарного коефіцієнта в мешканців IV радіаційної зони Сумської області (II ступінь імунних порушень) вимагає періодичного проведення імунореабілітації, спрямованої на відновлення кількості природних кілерів.

## **Обговорення**

У науковій літературі трапляються суперечливі дані щодо чутливості неспецифічної ланки системного імунітету до пролонгованого впливу низькоінтенсивного іонізуючого випромінювання [7].

Реакцією на гостре опромінення, згідно з даними [7; 10; 11], є різке зниження вмісту популяції гранулоцитів, які пов'язують з ураженням незрілих форм та короткою тривалістю життя зрілих. Проте при хронічному опроміненні малими дозами рівень нейтрофілів часто підвищується на фоні ослаблення моноцитарної та лімфатичної реакцій.

Тобто відбувається компенсація мононуклеарної фракції за рахунок гранулоцитів, що є типовим відображенням помірної стресової реакції [6].

Одержані результати з вивчення відносних змін показників неспецифічного антиінфекційного захисту у певною мірою не узгоджуються з даними наукових джерел [4; 6; 7; 11; 12] та засвідчують значне зменшення в периферійній крові мешканців контамінованих територій Сумщини абсолютної кількості провідних імунних клітин (нейтрофілів та природних кілерів) на фоні зростання мононуклеарних форм, які забезпечують неспецифічну резистентність на першому етапі взаємодії збудника та організму людини.

## **Висновки**

Отже, дослідивши показники неспецифічного антиінфекційного захисту в населення 4-ї радіаційної зони Сумської області (щільність забруднення ґрунтів ізотопами цезію-137 від 1 до 5 Кі /км<sup>2</sup>), одержали результати, що вказують на функціональне навантаження цієї ланки системного імунітету.

В осіб, котрі проживають на територіях посиленого радіоекологічного контролю Сумщини, простежуємо імунне порушення за показниками абсолютної й відносної кількості моноцитів та природних кілерів (CD16).

Водночас спостерігаємо формування взаємно компенсаторних механізмів серед ланок системного імунітету у відповідь на низькоінтенсивне пролонговане радіаційне опромінювання [13].

## **Перспективи подальших досліджень**

Одержані результати вказують на необхідність проведення імунологічних обстежень населення територій посиленого радіоекологічного контролю нашої держави (та Сумщини зокрема) з метою проведення імунореабілітаційних заходів

щодо цієї категорії населення. Цей факт засвідчує значення сумарного показника неспецифічної реактивності на рівні, характерному для перебігу патологічних процесів.

## Література

1. Бебешко, В. Г.; Базика, Д. А.; Романовський, А. Ю.; Логановський, К. М. Радіологічні та медичні наслідки чорнобильської катастрофи. *Журн. НАМН України*, 2011, 17 (2), с 132–138.

2. Michel, R.; Daraoui, A.; Gornu, M.; Jakob, D.; Sachse, R.; Romantschuk, L. D.; Alfimov, V.; Synal, H. A. Retrospective Dosimetry of iodine-131 exposures using iodine-129 and caesium-137 inventories in soils – a critical evaluation of the consequences of the chernobyl accident in parts of Northern Ukraine. *Journal Of Environmental Radioactivity*, 2015, 150, pp 20–35.

3. Бандажевский, Ю. И.; Дубовая, Н. Ф.; Бандажевская, Г. С. *Чернобыль 25 лет: инкорпорированные радионуклиды Cs-137 и здоровье людей*; Координационный Аналитический Центр «Экология И Здоровье»: Київ, 2011; с. 62–84

4. Соколенко, В. Л.; Соколенко, С. В. Активність радіонуклідів і реалізація функцій імунної системи у мешканців радіаційно забруднених територій. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія Біологія, Медицина*, 2015, 6(2), с 93–96.

5. Ярилин, А. А. *Иммунология*; GEOTAR-Media: Москва, 2010; с. 74–89.

6. Sokolenko, V. L.; Sokolenko S. V. Indicators of phagocytic immunity in residents of radiation contaminated areas. *Nauka i studia, Przemisl*, 2015, 16 (147), pp 5–10.

7. Pinto, A. T.; Pinto, M. L.; Cardoso, A. P. Ionizing radiation modulates human macrophages towards a pro-inflammatory phenotype preserving their pro-invasive and pro-angiogenic capacities. *Scientific reports*, 2016, 6, pp 6–187.

8. Меньшиков, В. В. *Лабораторные методы исследования в клинике*; Медицина: Москва, 1987; с 87–98.

9. Годлевський, А. І.; Саволук, С. І. *Діагностика та моніторинг ендотоксикозу у хірургічних хворих*; Нова книга: Вінниця, 2015; с 124–136.

10. Додатковий протокол до конвенції про права людини та біомедицину в галузі біомедичних досліджень (ETS N 195) / Верховна Рада України. URL : [http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994\\_686/](http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/994_686/)

11. Ghosh, B.; Pyasi, K. Phagocytic activity of neutrophils in chronic obstructive pulmonary disease. *Lung India*. 2016, 33, pp 114.

12. Пилипенко, Н. О.; Вовк, К. В.; Ніколенко, Є. Я. Особливості порушень природженого імунітету при професійних бронхолегеневих процесих. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2017, 3 (1), с 264–267.

13. Білокур, Д. О. Стан показників гуморальної ланки системного імунітету у осіб з територій посиленого радіоекологічного контролю Сумської області. *Український журнал медицини, біології та спорту*, 2018, 3 (4), с 184–186.



УДК 612.017.616.36: 612.621.1: 615.27: 611.018

## Вплив введення наночастинок срібла на ооцити й клітини їх фолікулярного оточення в умовах експериментального гломерулонефриту

Тетяна Вознесенська, Марія Ступчук, Оксана Калейнікова, Валентина Срібна, Тарас Блашків

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАНУ, Київ, Україна  
Адреса для листування: : tblashkiv@gmail.com

Отримано: 12.03.2018; прийнято до друку: 12.04.2018; опубліковано : 15.06.2018

**Резюме.** Наші нанотехнології й наномедицина швидко розвиваються в пошуках нових ліків. Препарати на основі наночастинок срібла (НЧС) серед них займають лідируюче становище. Стають актуальними дослідження, спрямовані на оцінку впливу різних доз і розмірів НЧС на жіночу репродуктивну систему у тварин. Такі дослідження нададуть нові дані, які будуть сприяти більш повному розумінню механізмів дії НЧС в лабораторних умовах, а також забезпечать успішний перехід нанотехнологій срібла в клініку. Отже, вплив НЧС на клітини і тканини ссавців вимагає подальшого вивчення.

Мета цього дослідження – оцінити вплив внутрішньовенного введення наночастинок срібла на функціональний стан яєчника у мишей, а саме на ооцити (їх кількість і мейотичне дозрівання) і на клітини їх фолікулярного оточення (кількість живих і з морфологічними ознаками апоптичної і некротичної загибелі) в умовах експериментального гломерулонефриту.

Експериментальний гломерулонефрит у мишей отримували імунізацією білих лабораторних мишей першого покоління суспензією антигену нирки, отриманої від попереднього покоління. Уведення проводили таким чином: антиген нирки – внутрішньобрюшинно три рази 1 раз в день; процедуру повторювали через три тижні, один раз внутрішньобрюшинно тією самою дозою (10 мкл суспензії на 10 г ваги). Наночастки срібла (30 нм) - внутрішньовенно три рази: 1 раз в день за 1 годину до імунізації тварин суспензією антигену нирки; а також через три тижні в тій самій дозі (2 мг / кг).

Встановлено, що кількість ооцитів, що відновлювали мейоз *in vitro* у тварин в умовах експериментального гломерулонефриту, зменшується, порівнянні з такою кількістю у контрольних тварин; в умовах введення НЧС не виявлено пригнічення мейотичного дозрівання ооцитів; введення НЧС в умовах експериментального гломерулонефриту збільшує кількість ооцитів, що відновлюють мейоз *in vitro*, порівняно з такими величинами в контролі і в умовах експериментального гломерулонефриту, а також збільшується кількість живих клітин і зменшується кількість клітин із морфологічними ознаками апоптозу в фолікулярному оточенні ооцитів.

**Ключові слова:** жіноча репродуктивна система, функціональний стан яєчника, нанотехнології, наномедицина.

## Effect of Intravenous Treatment of Silver Nanoparticles on Oocytes and Cells of their Follicular Environment under Conditions of Experimental Glomerulonephritis

Tatyana Voznesenskaya, Maria Stupchuk, Oksana Kaleinikova, Valentina Sribna, Taras Blashkiv

Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
Correspondence: tblashkiv@gmail.com

**Resume.** Nowadays, biomedical nanotechnology and nano medicine develops rapidly in the search for new drugs. Among them drugs based on silver nanoparticles (AgNPs) occupy the leading position. Studies that assess the effect of different doses and the multiplicity of the introduction of various sizes of AgNPs on reproduction of female animals gain topicality. Such studies will provide new data that will contribute to a fuller understanding of AgNPs mechanisms of action in the laboratory as well as provide a successful transition of silver nanotechnology into the clinics. Hence, the effect of AgNPs on mammalian cells and tissues requires further research.

The aim of the given study was to estimate the effect of intravenous treatment of silver nanoparticles on the functional state of the ovary in mice, namely oocytes (ovarian and meiotic maturation) and cells of their follicular environment (number of live, with morphological signs of apoptotic and necrotic death), under conditions of experimental glomerulonephritis.

Experimental glomerulonephritis in mice was achieved by immunization of white laboratory mice of the first generation with a kidney antigen suspension derived from a parent. The treatment was carried out the following way: kidney antigen Suspension - intraperitoneal three times 1 time per day; the procedure was repeated in 3 weeks, one time intraperitoneally with the same dose (10 mL of suspension per 10 grams of body weight of the animal). Silver nanoparticles (AgNPs, 30 nm) – intravenous three times: 1 time per day for 1 hour before immunization of animals with suspension of kidney antigen; as well as in 3 weeks once with the same dose (2 mg/kg).

Thus, the number of oocytes that resume meiosis *in vitro* from animals under experimental glomerulonephritis decreases comparing to the numbers in control animals; no inhibition of meiotic resumption of oocytes of animals was established under conditions of AgNPs treatment; the AgNPs treatment under conditions of experimental glomerulonephritis increases the number of oocytes that resume meiosis *in vitro* compared with such values in the control and under conditions of experimental glomerulonephritis as well as the number of living cells increases and the number of cells with morphological signs of apoptotic death decreases in the follicular environment of oocytes.

**Key words:** female reproduction, functional state of the ovary, nanotechnology, nanomedicine.

### Вступ

Наномедицина й нанофармакологія розвиваються високими темпами в пошуку нових лікарських засобів. Провідне місце серед них займають препарати на основі наночастинок срібла (НЧС). Широкий спектр антимікробної активності НЧС є сьогодні основним напрямом розвитку продуктів НЧС, уключаючи текстиль, контейнери для зберігання продуктів харчування, антисептичні спреї, катетери та пов'язки.

Останнім часом НЧС привертають особливу увагу через їх можливі терапевтичні застосування, такі як їх багатообіцяюча роль як протипухлинних агентів [1]. Незважаючи на багатообіцяючий потенціал для застосування в медицині, вплив НЧС до їх широкого використання на здоров'я людини (як позитивне, так і негативне) усе ще не є повністю зрозумілим.

Гломерулонефрит, зокрема імунної етіології, являє собою серйозну проблему

для репродуктивного здоров'я жінок. Так, наявні дані про значний відсоток передчасних пологів та перинатальних утрат плода у пацієток із мембранозним гломерулонефритом та IgA-гломерулонефритом, а також про те, що в 90 % жінок із мембранозним гломерулонефритом спостерігаємо народження здорових дітей [2]. Репродуктивна функція може бути порушена як самим гломерулярним захворюванням, так і внаслідок глюкокортикоїдної цитостатичної терапії. На сьогодні дані про вплив уведення НЧС на функціональний стан яєчника в умовах експериментального гломерулонефриту відсутні.

Тому актуальні дослідження, у яких буде проведено оцінку впливу різних доз, способу, кратності введення різного розміру наночастинок срібла на функціональний стан яєчника з використанням самок тварин, а саме на ооцити й клітини їх фолікулярного оточення, що надасть нові дані, які сприятимуть успішному переходу нанотехнології срібла в клініку, що вимагає розробки безпечних, економічно ефективних і екологічно чистих препаратів НЧС, а також більш повного розуміння механізмів їх дії в умовах лабораторних і клінічних випробувань.

**Мета роботи** – оцінити вплив внутрішньовенного введення наночастинок срібла на функціональний стан яєчника в мишей, а саме на ооцити (кількість у яєчнику й мейотичне дозрівання) і на клітини фолікулярного оточення ооцитів (кількість живих, із морфологічними ознаками апоптотичної та некротичної загибелі), в умовах експериментального гломерулонефриту.

## Матеріали та методи досліджень

*Тварини.* Досліди проводили з дотриманням Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження (від 21.02.2006 р.) та принципів «Міжнародної

Європейської конвенції із захисту хребетних тварин, які використовуються з експериментальною та іншою науковою метою» (Страсбург, 1986).

*Експериментальний гломерулонефрит* у мишей досягався імунізацією білих лабораторних мишей I покоління суспензією антигену нирки, отриманої від материнської особи. Імунізацію тварин проводили з розрахунку 10 мкл суспензії на 10 грамів маси тіла за такою схемою: 3-разове внутрішньочеревне один раз на добу; повторно імунізацію проводили через три тижні одноразово внутрішньочеревно в тій самій дозі.

Перед початком і під час експерименту оцінювали об'єктивний статус тварин (зовнішній вигляд, загальну рухову активність, потребу в їжі та воді, двічі на тиждень визначали масу тіла); видільну функцію нирок (за кількістю спонтанних сечовиділень за добу, у разовій порції сечі, використовуючи тест-смужки визначали білок (діагностичні тест-смужки Citolab для швидкого виявлення білка, «Фармаско», Україна).

Дослідження проведено з використанням 24 самиць білих лабораторних мишей (масою 20–22 г). Тварин розділено на чотири групи: I – контрольна (n=6) – вводили фізіологічний розчин (0,3 мл), II – експериментальна 1 – тварини, імунізовані антигенною суспензією нирки (n=8). III – експериментальна, 2 – тваринам, імунізованим антигенною суспензією нирки, вводили субстанцію наночастинок срібла (n=8). IV – експериментальна, 2 – тваринам вводили субстанцію наночастинок срібла (2 мг/кг, 0,3 мл) (n=6).

Забір експериментального матеріалу (яєчники) здійснювали під ефірним наркозом на третій день після останнього введення. Із досліду тварин виводили з експерименту за допомогою перерізання спинного мозку під ефірним наркозом із дотриманням правил евтаназії.

Уведення речовин проводили суспензією антигену нирки – внутрішньочеревне тричі, один раз на добу; а також повторно через три тижні одноразово внутрішньочеревно в тій самій дозі (10 мкл суспензії на 10 грамів маси тіла тварини).

НЧС – внутрішньовенно (у хвостову вену) тричі один раз на добу за 1 год до імунізації тварин суспензією антигену нирки; а також через три тижні одноразово в тій самій дозі (2 мг/кг).

*Характеристика* наночастинки НЧС (AgNPs) – 30 нм (концентрація 8 мг/мл за металом, форма – сферична, колір – коричневий, реагенти використані для синтезу – нітрат срібла (AgNO<sub>3</sub>), (BioXtra, >99 % (titration, Sigma-Aldrich); Карбонат калію (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (99,995 % trace metals basis, Sigma-Aldrich); Танін (ACS reagent, Sigma-Aldrich), синтезовані в Інституті біоколоїдної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України за оригінальним протоколом (методом хімічної конденсації).

Застосовані нами НЧС – наночастинки 30 нм ((концентрація: 8 мг/мл за металом, форма: сферична, колір – коричневий, реагенти використані для синтезу – нітрат срібла (AgNO<sub>3</sub>), (BioXtra, >99 % (titration, Sigma-Aldrich); Карбонат калію (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) (99,995 % trace metals basis, Sigma-Aldrich); Танін (ACS reagent, Sigma-Aldrich), синтезовані в Інституті біоколоїдної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка НАН України за оригінальним протоколом (методом хімічної конденсації).

*Культивування ооцитів.* Із яєчників мишей неферментативно (механічно) виділяли ооцити. Оцінювали стан зародкового пухирця, перивітелінового простору та цитоплазми, а саме щільність, ступінь гранульованості, ознаки фрагментації й дегенерації. Після 2 год культивування підраховували ооцити (% до загальної кількості), що перебували на стадії метафази I (розчинення зародкового пухирця), після 20 г культивування підраховували ооцити (% до загальної кількості), що перебували на стадії

метафази II (сформованого першого полярного тільця), а також ооцити з атиповою морфологією (нерівномірно гранульованою цитоплазмою та ознаками фрагментації останньої).

*Метод прижиттєвого подвійного забарвлення флуоресцентними барвниками.* Шляхи клітинної загибелі (кумулясних клітин і клітин тимуса й лімфатичних вузлів) вивчали методом прижиттєвого подвійного забарвлення флуоресцентними барвниками нуклеїнових кислот Хехст 33342 та йодид пропідіума. Зв'язані з хроматином барвники дають змогу оцінити морфологічні особливості ядерного матеріалу. Оцінку проводили не менш як 400 клітин за допомогою люмінесцентного мікроскопа Люмам І-1 (ЛЮМО, Росія) із водно-імерсійним об'єктивом х85 та з відеосистемою передачі зображення на комп'ютер.

*Статистична обробка даних.* Статистичну обробку результатів проводили з використанням критерію t Стьюдента за допомогою програми GraphPad Prism version 5,00 for Windows (GraphPad Software, США); p<0,05 уважалось статистично вірогідним.

## Результати

Установлено, що в умовах експериментального гломерулонефриту відбувається зменшення кількості оваріальних ооцитів, введення НЧС не впливає на ооцити, застосування НЧС в умовах експериментального гломерулонефриту призводить до зростання кількості оваріальних ооцитів (табл. 1).

Установлено, що введення НЧС не впливає на ооцити, тоді як застосування таких НЧС в умовах експериментального гломерулонефриту призводить до зростання кількості ооцитів, що відновили мейоз (стадія метафази I) і формували перше полярне тільце (стадія метафази II), порівняно із середніми величинами у групі в умовах експериментального гломерулонефриту (рис.1).

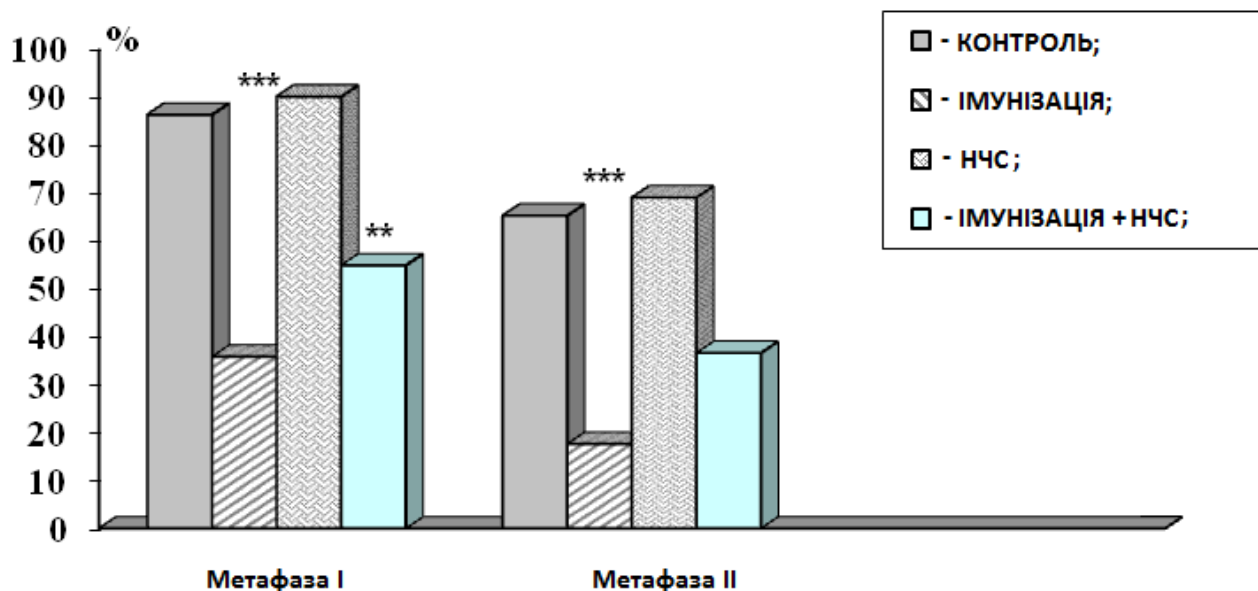


Таблиця 1

**Кількість ооцитів, які виділяли з одного яєчника в умовах експериментального гломерулонефриту й уведення наночастинок срібла**

Кількість ооцитів/яєчник, шт			
контроль	імун.	імун.+НЧС	НЧС
17,3±0,6	9,8±1,3 *	15,0 ± 0,8 #	17,4 ± 1,2

Примітка. \* –  $p < 0,05$  – вірогідні відмінності середніх груп даних відносно таких величин у контрольній групі тварин ( $n=4$ ); # -  $P < 0,05$  – вірогідні відмінності середніх груп даних відносно таких величин у групі тварин з експериментальним гломерулонефритом ( $n=4$ ).



**Рис. 1.** Вплив наночастинок срібла на мейотичне дозрівання ооцитів в умовах експериментального гломерулонефриту

\*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* -  $P < 0,001$ ; – вірогідні відмінності середніх груп даних відносно до таких величин у контрольній групі тварин ( $n=4$ ).

Установлено, що в умовах експериментального гломерулонефриту відбувається зменшення кількості живих клітин та збільшується кількість клітин із морфологічними ознаками апоптотичної та некротичної загибелі клітин у фолікулярному оточенні ооцитів; уведення НЧС в умовах експериментального гломерулонефриту призводить до збільшення кількості живих клітин і

зменшення клітин із морфологічними ознаками апоптотичної загибелі клітин фолікулярного оточення ооцитів (табл. 2). Отже, в умовах експериментального гломерулонефриту введення НЧС покращує функціональний стан яєчника у тварин: збільшується кількість ооцитів, які відновлюють мейоз та формують перше полярне тільце *in vitro*, а також збільшується кількість живих клітин і

Таблиця 2

**Вплив введення наночастинок срібла на життєздатність клітин фолікулярного оточення ооцитів в умовах експериментального гломерулонефриту**

Група тварин	Живі, %	Апоптоз, %	Некроз, %
Контроль	79,5 ± 0,7	12,5 ± 1,8	8,0 ± 0,7
Імунізація	41,8 ± 0,3**	35,2 ± 1,8**	23,0 ± 1,4**
НЧС	83,5 ± 0,1	10,8 ± 0,3	5,6 ± 0,35
Імунізація+ НЧС	62,8 ± 1,5*#	19,5 ± 0,9*#	17,7 ± 0,8**

Примітка. \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$  – вірогідні відмінності середніх груп даних відносно таких величин у контрольній групі тварин ( $n=4$ ); # –  $P < 0,05$  – вірогідні відмінності середніх груп даних відносно таких величин у групі тварин з експериментальним гломерулонефритом ( $n=4$ ).

зменшується чисельність клітин із морфологічними ознаками апоптотичної загибелі у фолікулярному оточенні ооцитів.

### Обговорення

За даними літератури відомо, що розвиток гломерулонефриту за імунним механізмом пов'язаний: а) із наявністю спільних перехресно-реагуючих антигенів мікроорганізмів (бактерій, вірусів та ін) й антигенів базальної мембрани клубочків; б) з інтенсивною появою на базальній мембрані гломерул антигенів головного комплексу гістосумісності (зокрема, HLA-DR2 і DR3 антигенів); в) із пошкодженням ниркової тканини і вивільненням прихованих антигенів або детермінант гломерулярної базальної мембрани, до яких немає толерантності [3]. Із метою дослідження імунних захворювань нирок і розробки тактики їх терапії використовують експериментальні моделі ушкодження нирок, що відображають

особливості патогенезу різних варіантів цього захворювання [4, 5].

Маємо дані про внутрішньовенне (IV) введення AgNPs [6,7]. Для всіх розмірів частинок, незалежно від їх покриття, найвищі концентрації срібла знайдено в селезінці й печінці, а потім у легенях, нирках і в головному мозку через 24 години після внутрішньовенного введення; срібло фільтрується печінкою й виводиться з організму через жовч [6, 7]. Відомо, що доза 10 мг/кг ваги тіла в мишей еквівалентна для людини доза 0,81 мг/кг ваги тіла, що відповідає приблизно 50 мг для людини 60 кг, відповідно до основних принципів для перерахунку дози від тварин до людини [8]. Нами обрано дозу 2 мг/кг ваги тіла, оскільки вона не перевищує доз, які використовувалися в попередніх дослідженнях IV і не викликали значних побічних ефектів у тварин [6, 9, 10].

У літературі наявні дані щодо впливу наночастинок на ооцити. Маємо дані про реакцію *in vitro* кумулюсно-ооцитарних клітинних комплексів свині на наночастинок золота, срібла й сплаву

золото-срібло, укрите бичачим сироватковим альбуміном (БСА) [11]. Мейотичне дозрівання оцитів оцінювали після 46 год культивування *in vitro* у присутності різних типів наночастинок, а також нітрату срібла в середовищі протягом усього часу *in vitro* дозрівання. Дозрівання в цьому випадку визначалося як відсоток оцитів, що відображають метафазну пластинку й сформоване полярне тіло (другий поділ мейозу) по 350 оцитів на кожну групу. Концентрація наночастинок становила 10 мкг/мл, і всі частинки були кон'юговані з бичачим сироватковим альбуміном (БСА) [11]. Раніше нами отримано дані про вплив одно-, п'яти- та десятикратного введення AgNPs (2 мг/кг та 4 мг/кг) на мейотичне дозрівання оцитів [12]. Так, одно- й п'ятикратне введення AgNPs (2 мг/кг) не впливало на мейотичне дозрівання оцитів; десятикратне введення AgNPs (2 мг/кг) викликає зменшення кількості оцитів, здатних до формування першого полярного тільця (метафаза II) [12].

У цій роботі нами вперше показано, що в умовах експериментального гломерулонефриту введення НЧС покращує функціональний стан яєчника у тварин: збільшується кількість оцитів, які відновлюють мейоз і формують перше полярне тільце *in vitro*, а також збільшується кількість живих клітин та зменшується чисельність клітин із морфологічними ознаками апоптотичної загибелі у фолікулярному оточенні оцитів; не встановлено пригнічення оваріальної функції у самок мишей в умовах уведення НЧС (2 мг/кг).

## Висновки

В умовах експериментального гломерулонефриту відбувається пригнічення оваріальної функції; не встановлено пригнічення оваріальної функції у самок мишей в умовах уведення НЧС (2 мг/кг); застосування чотирикратного введення

НЧС (2 мг/кг) в умовах експериментального гломерулонефриту покращує функціональний стан яєчника: збільшується кількість оцитів, які відновлюють мейоз та формують перше полярне тільце *in vitro*, а також збільшується кількість живих клітин і зменшується чисельність клітин з морфологічними ознаками апоптотичної загибелі у фолікулярному оточенні оцитів.

Описані нами результати підтверджують, що *in vitro* дозрівання оцитів є чутливою системою для досліджень, пов'язаних із нанотоксикологією. Використання таких тестових систем у майбутньому сприятиме поглибленню розуміння можливих ефектів наночастинок на жіночу репродукцію. Також майбутні дослідження можна спрямовувати на встановлення чітких специфікацій наночастинок (від дози, розміру) у відповідних експериментальних умовах.

## Література

1. Braun, G.; Friman, T.; Pang, H.; Pallaor, A.; de Mendoza, T.; Willmore, A.; Kotamraj, V.; Man, A.; She, Z.; Sugahar, K.; Reich, N.; Teesalu, T.; Ruoslahti E. Etchable plasmonic nanoparticle probes to image and quantify cellular internalization. *Nat. Mater.* 2014, 13(9), pp 904–911.
2. Malik, G.; Al-Harbi, A.; Al-Mohaya, S.; Al-Wakeel, J.; Al-Hozaim, W.; Kechrid, M.; Shetia, M.; Hamed D. Repeated pregnancies in patients with primary membranous glomerulonephritis. *Nephron.* 2002, 91(1), pp 21–24.
3. Gilbert, S.; Weiner, D. National Kidney Foundation's Primer on Kidney Diseases. Elsevier, 2014, 6th edition, 592.
4. Пальцева, Е. М. Экспериментальные модели хронических заболеваний почек. *Клиническая нефрология* 2009, 2, с 37–42.
5. Коломеец, Н. Ю.; Аверьянова, Н. И.; Косарева П. В. Разработка модели хронического гломерулонефрита у белых нелинейных крыс. *Современные проблемы науки и образования* 2012, 3.
6. Xue, Y.; Zhang, S.; Huang, Y.; Zhang, T.; Liu, X.; Hu, Y.; Zhang, Z.; Tang M. Acute toxic effects and gender-related biokinetics of silver nanoparticles following an intravenous injection in mice. *J. Appl. Toxicol.* 2012, 32, pp 890–899.
7. Recordati, C.; De Maglie, M.; Bianchessi, S.; Argenti, S.; Cella, C.; Mattiello, S.; Cubadda, F.;

Aureli, F.; D'Amato, M.; Raggi, A.; Lenardi, C.; Milani, P.; Scanziani E. Tissue distribution and acute toxicity of silver after single intravenous administration in mice: nano-specific and size-dependent effects. *Part Fibre Toxicol.* 2015, 13, 12.

8. Reagan-Shaw, S.; Nihal, M.; Ahmad, N. Dose translation from animal to human studies revisited. *FASEB J.* 2008, 22, pp 659–661.

9. Park, K.; Park, E.; Chun, I.; Choi, K.; Lee, S.; Yoon, J.; Lee B. Bioavailability and toxicokinetics of citrate-coated silver nanoparticles in rats. *Arch. Pharm. Res.* 2011, 34, pp 153–158.

10. De Jong, W.; Van Der Ven, L.; Sleijffers, A.; Park, M.; Jansen, E.; Lovere, H.; Vandebriel, R. Systemic and immunotoxicity of silver nanoparticles in

an intravenous 28 days repeated dose toxicity study in rats. *Biomaterials.* 2013, 13(34), pp 8333–8343.

11. Tiedemann, D.; Taylor, U.; Rehbock, Ch.; Jakobi, J.; Klein, S.; Kues, W.; Barcikowski, S.; Rath D. Reprotoxicity of gold, silver, and gold-silver alloy nanoparticles on mammalian gametes. *Analyst.* 2014, 139(5), pp 931–942.

12. Lytvynenko, A.; Rieznichenko, L.; Sribna, V.; Stupchuk, M.; Grushka, N.; Shepel, A.; Voznesenska, T.; Blashkiv, T.; Kaleynykova, O. Functional status of reproductive system under treatment of silver nanoparticles in female mice. *International Journal of Reproduction, Contraception, Obstetrics and Gynecology.* 2017, 6(5), pp 1713–1720.



УДК: 57.042.5

## Мембранний потенціал мітохондрій за дії сураміну

Надія Купиняк<sup>1,3</sup>, Ірина Охай<sup>2</sup>, Володимир Манько<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Львів, Україна

<sup>2</sup> Інститут фізіології імені О. О. Богомольця НАН України, Київ, Україна

<sup>3</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Адреса для листування: [nadiya.kupyniak@gmail.com](mailto:nadiya.kupyniak@gmail.com)

Отримано: 12.03.18; прийнято до друку: 20.04.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Відомо, що сурамін є агоністом ріанодинчутливих  $\text{Ca}^{2+}$ -каналів ендоплазматичного ретикулуму (RyRs). Ми припустили, що він може бути агоністом і мітохондріальних ріанодинчутливих  $\text{Ca}^{2+}$ -каналів (mRyRs). Для перевірки цього припущення досліджено зміни мембранного потенціалу мітохондрій гепатоцитів під впливом сураміну. Сурамін у концентрації 1 мкмоль/л додавали до середовища інкубації, після цього вносили суспензію ізольованих мітохондрій та реєстрували їхній мембранний потенціал. Вимірювання мембранного потенціалу мітохондрій здійснювали з використанням метилтрифенілфосфоніум броміду (TRMP<sup>+</sup>) і чутливого до нього електрода. Для ініціації дихання вносили субстрати окиснення сукцинат, піруват або  $\alpha$ -кетоглутарат у концентраціях 5 ммоль/л, а для стимуляції окисного фосфорилування – 320 нмоль АДФ. Установлено, що ефект сураміну на мембранний потенціал мітохондрій залежить від наявності в середовищі інкубації субстратів окиснення та фосфорилування. За окиснення екзогенного сукцинату під впливом сураміну мембранний потенціал мітохондрій у стані  $S_4$  за Чансом і Вільямсом (1955) зменшився на 5,88 % відносно контролю, що, можливо, спричинено використанням енергії мембранного потенціалу мітохондрій на транспортування іонів  $\text{Ca}^{2+}$  у матрикс мітохондрій. За окиснення  $\alpha$ -кетоглутарату сурамін спричиняв збільшення мембранного потенціалу мітохондрій у стані  $S_4$  на 15,2 %, а за окиснення пірувату – на 39,1 %, порівняно з контролем. Збільшення мембранного потенціалу мітохондрій у стані  $S_4$  під впливом сураміну за окиснення  $\alpha$ -кетоглутарату й пірувату пов'язане, мабуть, з активацією  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназного чи піруватдегідрогеназного комплексів, які, на відміну від сукцинатдегідрогенази, є  $\text{Ca}^{2+}$ -залежними ферментами. Отже, сурамін у концентрації 1 мкмоль/л, активуючи мітохондріальні ріанодинчутливі  $\text{Ca}^{2+}$ -каналів гепатоцитів щура, спричиняє збільшення надходження  $\text{Ca}^{2+}$  у матрикс мітохондрій, активацію  $\text{Ca}^{2+}$ -залежних дегідрогеназ і збільшення мембранного потенціалу мітохондрій.

**Ключові слова:** RyRs, mRyRs, сурамін,  $\Delta\psi$ , субстрати окиснення.

## Effect of Suramin on Mitochondrial Membrane Potential

Nadiya Kupyniak<sup>1,3</sup>, Irina Okhai<sup>2</sup>, Volodymyr Manko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Danylo Halytsky Lviv National Medical University Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Bogomoletz Institute of Physiology National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>3</sup> Lviv National University of Ivan Franko, Lviv, Ukraine

Correspondence: [nadiya.kupyniak@gmail.com](mailto:nadiya.kupyniak@gmail.com)

**Resume.** It is known that suramin is an agonist of the ryanodine sensitive  $\text{Ca}^{2+}$ -channels of the endoplasmic reticulum (RyRs). We hypothesized that it may be an agonist of mitochondrial ryanodine sensitive  $\text{Ca}^{2+}$ -channels (mRyRs) too. The effect of suramin on mitochondrial membrane potential of hepatocytes was

investigated for the test of the hypothesis. Suramin (1  $\mu\text{M}$ ) and isolated mitochondria were added one after another and then membrane potential was recorded. Measurement of the membrane potential of mitochondria was carried out using methyltriphenylphosphonium (TPMP<sup>+</sup>) sensitive electrode. Succinate (5 mM), pyruvate (5 mM) or  $\alpha$ -ketoglutarate (5 mM) and ADP (320 nM) were added, respectively, to initiate respiration and to stimulate oxidative phosphorylation. It has been established that the effect of suramin on the mitochondrial membrane potential depends on the presence substrates for oxidation and phosphorylation in the medium of incubation. Under the influence of suramin, the membrane potential of mitochondria during oxidation of exogenous succinate in the state of  $S_4$  by Chance and Williams (1955) decreased for 5.88% relative to control. This is possibly caused by the usage of energy of the membrane potential of mitochondria for the transport of  $\text{Ca}^{2+}$  ions to the mitochondrial matrix. The suramine increased the mitochondrial membrane potential in the state  $S_4$  for 15.2% during oxidation of  $\alpha$ -ketoglutarate, and with oxidation of pyruvate - for 39.1% relative to control. These increases in the mitochondrial membrane potential are possibly associated with activation of  $\alpha$ -ketoglutarate dehydrogenase or pyruvate dehydrogenase complexes, which, in contrast to succinate dehydrogenase, are  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent enzymes. Consequently, suramin at a concentration of 1  $\mu\text{M}$ , activates mitochondrial ryanodine sensitive  $\text{Ca}^{2+}$ -channels of rat hepatocytes and causes an increase in  $\text{Ca}^{2+}$  intake to mitochondrial matrix by activation of  $\text{Ca}^{2+}$ -dependent dehydrogenases, and an increase in the membrane potential of mitochondria.

**Key words:** RyRs, mRyRs, suramin,  $\Delta\psi$ , substrates for oxidation.

## Вступ

Сурамін розроблений у 1916 р. для лікування трипаносомозу [1], а пізніше почав використовуватися як протиопухлинний препарат [2]. Окрім застосування сураміну як лікарського засобу, його використовують у дослідженнях для інгібування або активації G-білків [3], пуринових рецепторів [4] чи RyRs [5]. На різних клітинах показано, що сурамін є антагоністом P2 пуринергічних рецепторів [4, 6, 7], може інгібувати  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазу ендоплазматичного ретикулуку [8] та інозитол-1,4,5-фосфат індуковане вивільнення  $\text{Ca}^{2+}$  з ендоплазматичного ретикулуку й, отже, впливає на  $\text{Ca}^{2+}$ -гомеостаз [9] та має низку інших ефектів [10].

Відомо, що сурамін є агоністом RyRs типу 1 і 2 [4, 11]. Hohenecker et al. [5] показали, що сурамін сприяє зв'язуванню [<sup>3</sup>H]-ріанодину як із білками RyRs у мембранах саркоплазматичного ретикулуку скелетних і серцевих м'язів кролика, так і з окремими очищеними білками [5]. Дослідження ефекту сураміну на очищеному RyRs зі скелетних м'язів кролика, реконструйованому в ліпідний бішар, засвідчило, що сурамін безпосередньо взаємодіє з цим рецептором і дозозалежно його активує

(50–500 мкмоль/л), не змінюючи провідності каналу [5].

RyRs експресуються в різних клітинах [12], зокрема й у гепатоцитах [13]. У гепатоцитах, окрім RyRs, ідентифіковані mRyRs [14], які, на відміну від RyRs інгібуються ріанодинол уже в концентраціях 0,05–1 мкмоль/л. Інгібування mRyRs супроводжується зменшенням внутрішньомітохондріальної концентрації іонізованого  $\text{Ca}^{2+}$ , зниженням мембранного потенціалу, що відображається на енергетичних процесах гепатоцитів. Показано, що ефекти ріанодину залежать від його концентрації та екзогенних субстратів окиснення [14, 15]. Оскільки сурамін є агоністом RyRs і потенційно mRyRs, **мета роботи** – дослідити зміни мембранного потенціалу мітохондрії за його дії.

## Матеріали й методи

Досліди виконані на білих нелінійних щурах-самцях масою 200–250 г. Тварин утримували в стаціонарних умовах віварію за постійної температури на основному раціоні. Їх наркотизували хлороформом, після чого декапітували, робили розтин черевної порожнини й швидко виділяли печінку. Ін'єкцію та декапітацію здійснювали в лабораторії, ізольовано від

інших тварин. Усі маніпуляції з тваринами проводили згідно з вимогами Європейської конвенції про захист хребетних тварин щодо дослідних й інших наукових цілей та Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Мітохондрії печінки щурів виділяли методом диференційного центрифугування [16]. Для цього печінку після виділення зважували та перфузували розчином такого складу (ммоль/л): NaCl – 140, KCl – 4,7, MgCl<sub>2</sub> – 1, CaCl<sub>2</sub> – 0,1, глюкоза – 5, HEPES – 10, EGTA – 1; pH 7,4. Охолоджену й відперфузовану печінку подрібнювали через прес і гомогенізували в гомогенізаторі Поттера-Евельгейма зі швидкістю 800 об./хв за трьох вертикальних ходів тefлонового етовкачика у співвідношенні 1 г тканини до 8 мл середовища гомогенізації. Середовище гомогенізації та виділення містило (ммоль/л): сахарозу – 250, HEPES – 10, EGTA – 1; pH 7,2. Гомогенат центрифугували 3 хв за прискорення 150 g та 5 хв за 300 g без зупинки центрифуги для осадження уламків клітин і ядер. Мітохондріальну фракцію отримували з надосадової рідини центрифугуванням супернатанту впродовж 15 хв за 4500 g і температури 0–2°C. Отриманий осад мітохондрій ресуспензували середовищем виділення у співвідношенні 1 г тканини до 0,1 мл середовища. Отриману суспензію мітохондрій використовували для подальших досліджень. Концентрацію мітохондріального білка вимірювали за методом Лоурі [17].

Визначення мембранного потенціалу мітохондрій здійснювали за методом, описаним Брандом і співавт. [18, 19], із використанням ліполітичного катіона – метилтрифенілфосфоніум броміду (triphenyl-methylphosphonium bromide, TPMP<sup>+</sup>) і чутливого до нього електрода. Мітохондрії інкубували в середовищі, що містило (ммоль/л) сахарозу – 250, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 2, EGTA – 0,1, CaCl<sub>2</sub> – 1, HEPES – 10, 5 % знежиреного БСА; pH 7,2. У герметичну, термостатовану комірку (37°C) із

постійним перемішуванням за допомогою магнітної мішалки, обладнаною TPMP<sup>+</sup>-селективним електродом, вносили мітохондрії з розрахунку 2 мг/мл білка. Для калібрування TPMP<sup>+</sup>-селективного електрода (у кожному вимірюванні) чотириразово додавали TPMP<sup>+</sup>, збільшуючи концентрацію від 10 до 40 мкмоль/л. Для ініціації дихання вносили субстрати окиснення – сукцинат, піруват та α-кетоглутарат – у концентраціях 5 ммоль/л. Дихання стимулювали додаванням 320 нмоль АДФ (кінцева концентрація у комірці 200 мкмоль/л). Споживання кисню суспензією мітохондрій контролювали за допомогою електрода Кларка. Сигнал з електродів передається через потенціометр «Sartorius» (Німеччина) і газоаналізатор BMS 3 Mk 2 Radiometer (Данія) на плату АЦП L-card і реєструється на персональному комп'ютері за допомогою програмного забезпечення. Мембранний потенціал мітохондрій ( $\Delta\psi_m$ ) розраховували в станах  $S_4$  і  $S_3$  (стан  $S_4$  – без АДФ, стан  $S_3$  – наявний екзогенний АДФ для стимуляції окисного фосфорилування) за Чансом та Вільямсом [20] за рівнянням Нернста:

$$\Delta\psi = \frac{RT}{zF} \ln \left( \frac{[TPMP^+]_{in}}{[TPMP^+]_{out}} \right),$$

де  $R$  – універсальна газова стала,  $T$  – абсолютна температура,  $z$  – валентність,  $F$  – число Фарадея,  $[TPMP^+]_{in}$  і  $[TPMP^+]_{out}$  – концентрація катіона TPMP<sup>+</sup> усередині мітохондрій та в середовищі інкубації відповідно.

Математично-статистичне опрацювання даних здійснювали, використовуючи пакет програм Microsoft Excel. Вірогідність різниці між статистичними групами визначали за Ст'юдентом. За статистично достовірні приймали зміни з  $P < 0,05$ .

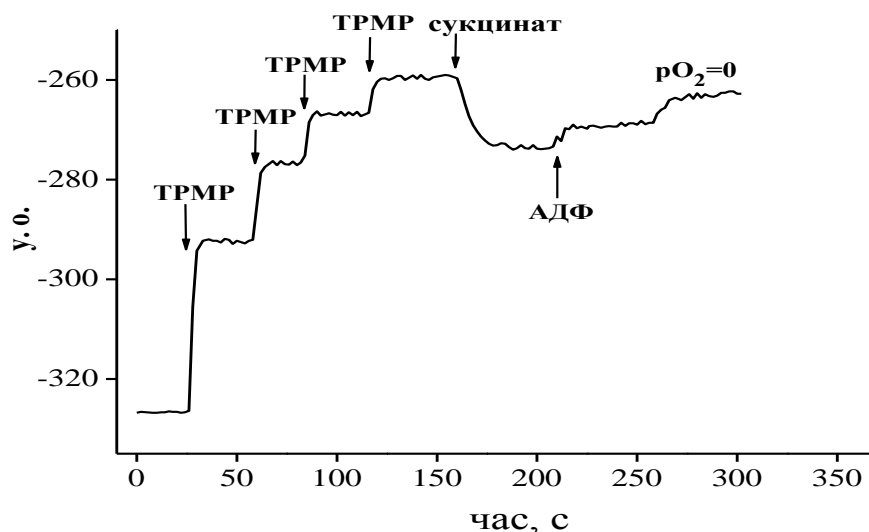
## Результати та їх обговорення

У дослідженні мембранного потенціалу мітохондрій використали як потенційний

агоніст mRyRs сурамін (1 мкмоль/л), який додавали до середовища інкубації, після чого вносили суспензію ізольованих мітохондрій та реєстрували їхній мембранний потенціал.

Як субстрат  $\text{Ca}^{2+}$ -незалежної дегідрогенази використали сукцинат [21, 22], а як субстрати  $\text{Ca}^{2+}$ -залежних ферментів – піруват- та  $\alpha$ -кетоглутарат [23]. Установлено, що значення мембранного потенціалу мітохондрій, які реєстрували за окиснення сукцинату, були вищими, порівняно з його значеннями за окиснення пірувату чи  $\alpha$ -кетоглутарату. Це пов'язано з тим, що за окиснення екзогенного сукцинату немає лімітуючого чинника, яким є ще один субстрат циклу Кребса – малат для окиснення пірувату чи  $\alpha$ -кетоглутарату [22, 24]. На мітохондріях печінки щурів різними іншими дослідниками теж засвідчило, що значення

мембранного потенціалу мітохондрій є вищими за окиснення сукцинату порівняно зі значеннями отриманими за окиснення інших субстратів. Зокрема, методом проточної цитометрії з використанням потенціалчутливого флуоресцентного зонда TMRM<sup>+</sup> встановлено, що мембранний потенціал мітохондрій за окиснення сукцинату був вищий, порівняно з таким за окиснення  $\alpha$ -кетоглутарату на 79,0 %, а за окиснення пірувату – на 41,1 % [14]. Labajova et al. [25] підтвердили, що ротенон спричиняв дисипацію мембранного потенціалу мітохондрій унаслідок інгібування комплексу I дихального ланцюга, але після додавання сукцинату (субстрат комплексу II) мембранний потенціал збільшувався до попередніх значень або навіть вищих за ті, які були отримані за окиснення пірувату та малату.



**Рис. 1.** Приклад реєстрації мембранного потенціалу мітохондрій із TMRM<sup>+</sup>-селективним електродом за послідовного додавання TMRM<sup>+</sup>, сукцинату та АДФ: суспензію ізольованих мітохондрій додавали до середовища інкубації, де був відсутній (контроль) чи наявний (дослід) сурамін (1 мкмоль/л), а потім чотири рази додавали TMRM<sup>+</sup> (для досягнення концентрації 10, 20, 30 і 40 мкмоль/л); як субстрати окиснення використовували сукцинат, 5 ммоль/л; дихання стимулювали додаванням 320 нмоль АДФ (кінцева концентрація в комірці 200 мкмоль/л)

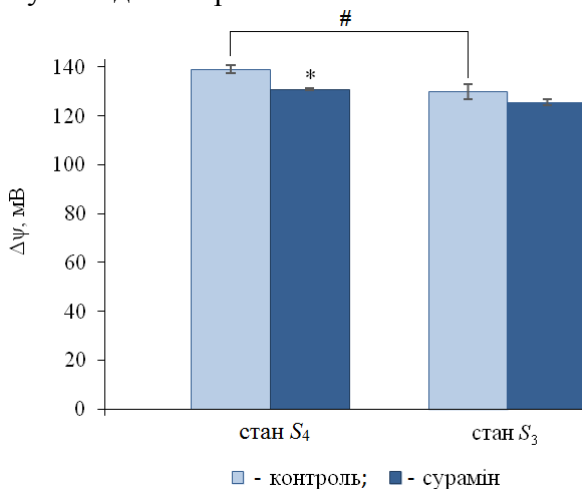
Ефект сураміну на мембранний потенціал мітохондрій залежить від наявності в середовищі інкубації

субстратів окиснення й фосфорилування. За окиснення екзогенного сукцинату сурамін знижує мембранний потенціал



мітохондрій у стані  $S_4$  за Чансом і Вільямсом (1955), – на 5,88 % відносно контролю (рис. 2). Це зниження, на нашу думку, спричинене використанням енергії мембранного потенціалу мітохондрій на транспортування іонів  $Ca^{2+}$  у матрикс мітохондрій проти їх концентраційного градієнта.

Саме по собі додавання екзогенного АДФ до середовища в контролі також призводить до зменшення мембранного потенціалу мітохондрій (приблизно на 6,51 %) – унаслідок, очевидно, активації АТФ-синтази, яка використовує протонний градієнт для синтезу АТФ (рис. 2, стан  $S_3$ ). За наявності АДФ у середовищі зниження мембранного потенціалу мітохондрій під впливом сураміну не досягає першого ступеня достовірності.



**Рис. 2.** Зменшення мембранного потенціалу мітохондрій під впливом сураміну за окиснення **сукцинату**: стан  $S_4$  – без АДФ, стан  $S_3$  – додавали екзогенний АДФ для стимуляції окисного фосфорилування; [сурамін] = 1 мкмоль/л, [сукцинат] = 5 ммоль/л, [АДФ] = 200 мкмоль/л, [ $Ca^{2+}$ ] = 0,1 мкмоль/л; \* – статистично вірогідна різниця відносно контролю з  $P \leq 0,05$ , # – відносно стану  $S_4$  з  $P \leq 0,05$ ,  $n = 3$

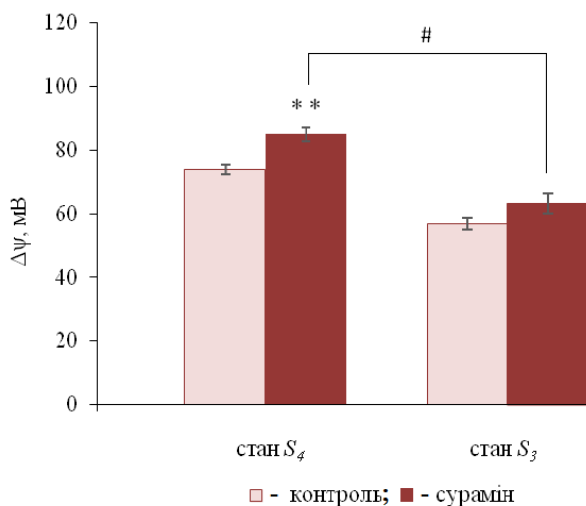
За окиснення екзогенних пірувату та  $\alpha$ -кетоглутарату сурамін спричиняв зростання мембранного потенціалу мітохондрій у стані  $S_4$ . За окиснення

$\alpha$ -кетоглутарату це збільшення становило 15,2 % відносно контролю (рис. 3), а за окиснення пірувату – 39,1 % (рис. 4). Таке збільшення мембранного потенціалу мітохондрій у стані  $S_4$  під впливом сураміну за окиснення  $\alpha$ -кетоглутарату і пірувату пов'язане, мабуть, з активацією  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназного чи піруватдегідрогеназного комплексів, які є  $Ca^{2+}$ -залежними ферментами [23, 26]. Сурамін активує, очевидно, mRyRs, збільшується надходження  $Ca^{2+}$  у матрикс мітохондрій, активуються  $Ca^{2+}$ -залежні дегідрогенази, що й спричиняє збільшення мембранного потенціалу мітохондрій.

Зміни мембранного потенціалу мітохондрій у стані  $S_4$  під впливом сураміну за наявності в середовищі інкубації екзогенного пірувату є більш вираженими. Обидва ферменти (піруватдегідрогеназний та  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназний комплекси) активуються катіонами  $Ca^{2+}$ , але їх чутливість до катіонів  $Ca^{2+}$  та способи активації є різними. Дентон [26] встановив, що активність піруватдегідрогеназного комплексу збільшується в діапазоні концентрацій  $Ca^{2+}$  від 0,01 до 0,1 мкмоль/л; за вищих концентрацій  $Ca^{2+}$  його активність навіть трохи зменшується. Встановлено, що  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназний комплекс зв'язує від 2,5 до 5 іонів  $Ca^{2+}$ /моль комплексу [27], а його активність збільшується, починаючи вже від концентрації  $Ca^{2+}$  0,001 мкмоль/л [23]. Іони  $Ca^{2+}$  активують  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназний комплекс шляхом модуляції афінності ферменту до  $\alpha$ -кетоглутарату [28]. На відміну від  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназного комплексу регулювання активності піруватдегідрогеназного комплексу реалізується на двох основних рівнях: інгібування активної (дефосфорильованої форми) піруватдегідрогенази продуктами її реакції – ацетил-СоА та НАДН; унаслідок взаємоперетворення активної (дефосфорильованої) і неактивної (фосфорильованої) форми піруватдегідрогенази. Ці взаємоперетворення ката-

лізуються алостеричними, регуляторними ферментами: протеїнкіназою піруватдегідрогенази (декарбоксілюючої) та протеїнфосфатазою. Фосфатаза відновлює активність піруватдегідрогеназного комплексу унаслідок його дефосфорилування. Зв'язування фосфатази з дигідроліпоїл-трансацетилазою відбувається за участю іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , коли комплекс фосфорильований, після чого переводить піруватдегідрогеназний комплекс із неактивного в активний стан, тобто  $\text{Ca}^{2+}$  активує фосфатазу, водночас інгібує кіназу, яка інактивує комплекс. Важливо відзначити те, що чутливість  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназного комплексу до іонів  $\text{Ca}^{2+}$  збільшується за рахунок зниження АТФ/АДФ співвідношення, тоді як на чутливість фосфатази піруватдегідрогенази це може не впливати, тому в деяких умовах активація  $\alpha$ -кетоглутаратдегідрогеназного комплексу може спостерігатися за нижчих концентрацій іонів  $\text{Ca}^{2+}$ , ніж у піруватдегідрогеназного [26, 29].

На тлі  $\alpha$ -кетоглутарату і АДФ сурамін не змінював мембранний потенціал мітохондрій у стані  $S_3$  (рис. 3).



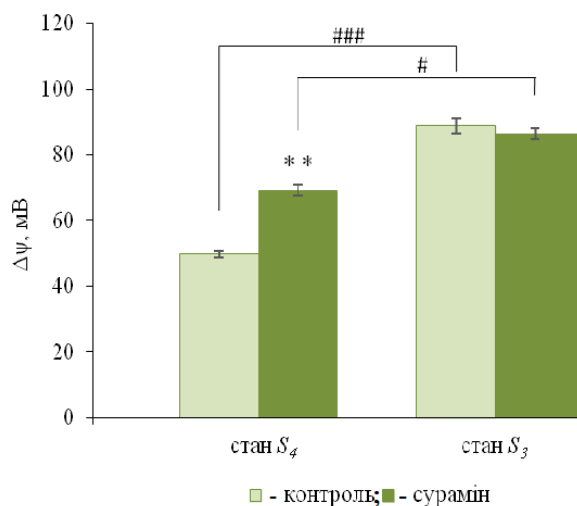
**Рис. 3.** Збільшення мембранного потенціалу мітохондрій під впливом сураміну за окиснення  $\alpha$ -кетоглутарату: стан  $S_4$  – без АДФ, стан  $S_3$  – додавали екзогенний АДФ

для стимуляції окисного фосфорилування; [сурамін] = 1 мкмоль/л, [ $\alpha$ -кетоглутарат] = 5 ммоль/л, [АДФ] = 200 мкмоль/л, [ $\text{Ca}^{2+}$ ] = 0,1 мкмоль/л; \*\* - статистично вірогідна різниця відносно контролю -,  $P \leq 0,01$ ; відносно стану  $S_4$  – #,  $P \leq 0,05$ ;  $n = 3$

За окиснення пірувату додавання АДФ у контролі спричиняє статистично вірогідне збільшення мембранного потенціалу мітохондрій на 78,5 %, а на тлі сураміну – лише на 24,7 % (рис. 4). Сам по собі сурамін не спричиняв змін мембранного потенціалу у стані  $S_3$ . Очевидно, стимуляція піруватдегідрогеназного комплексу внаслідок додавання АДФ маскує потенційну його активацію катіонами  $\text{Ca}^{2+}$ . Відомо, що АДФ інгібує кіназу піруватдегідрогенази, конкуруючи з АТФ [30]. Якщо у внутрішньомітохондріальному просторі концентрація АТФ та АДФ становить від 0,5 до 6 мкмоль/л, а  $K_m$  для кінази піруватдегідрогенази для АТФ – лише 0,02 ммоль/л, то ця кіназа була би завжди насиченою АТФ і не відбувалося б конкурентного гальмування АДФ [31].  $K_i$  кінази піруватдегідрогенази для АДФ становить від 0,03 до 0,1 моль/л і залежить від концентрації калію [31]. Оскільки гальмування АДФ є конкурентно спроможним, а рівні АДФ і АТФ, як правило, змінюються в протилежних напрямках, досить складно сказати, чи зміна у співвідношенні АДФ до АТФ спричинена підвищеним рівнем АДФ чи зниженням АТФ. В обох випадках конкуренція між нуклеотидами є важливим чинником, що визначає активність кінази піруватдегідрогенази в ізольованих мітохондріях печінки, а внутрішньомітохондріальне співвідношення АТФ/АДФ є важливим регулятором кінази піруватдегідрогенази [31]. Окрім співвідношення АТФ/АДФ, на активність кінази піруватдегідрогенази впливають також інші чинники. Зокрема, збільшення мітохондріального рівня  $\text{НАД}^+$  та

CoA стимулює інактивацію цього фермента [32].

У мітохондріях печінки щура ідентифіковані mRyRs [14]. Показано, що mRyRs інгібуються ріанодином у концентраціях 0,05–1 мкмоль/л і це супроводжується зменшення внутрішньомітохондріальної концентрації



**Рис. 4.** Вплив сураміну на мембранний потенціал мітохондрій за окиснення пірувату: стан S<sub>4</sub> – без АДФ, стан S<sub>3</sub> – додавали екзогенний АДФ для стимуляції окисного фосфорилування; [сурамін] = 1 мкмоль/л, [піруват] = 5 ммоль/л, [АДФ] = 200 мкмоль/л, [Ca<sup>2+</sup>] = 0,1 мкмоль/л; статистично вірогідна різниця відносно контролю – \*\*, P ≤ 0,01; відносно стану S<sub>4</sub> – # з P ≤ 0,05; і ### з P ≤ 0,001; n = 3

внутрішньомітохондріальної концентрації іонізованого Ca<sup>2+</sup> [14]. Відтак mRyRs у гепатоцитах є важливою ланкою регуляторного зв'язку між значенням мембранного потенціалу мітохондрій та інтенсивністю їхнього дихання за низьких (фізіологічних) значень позамітохондріальної концентрації Ca<sup>2+</sup>. Коли піруват є основним субстратом окиснення, mRyRs забезпечують надходження в матрикс мітохондрій Ca<sup>2+</sup>, активацію піруватдегідрогеназного комплексу й інтенсифікацію дихання, що запобігає

зменшенню мембранного потенціалу мітохондрій. Якщо ж переважає окиснення α-кетоглутарату, надходження Ca<sup>2+</sup> за допомогою mRyRs, навіть за фізіологічної їх концентрації, то призводить до пригнічення процесів дихання. За вищих концентрацій Ca<sup>2+</sup> їх акумуляція системою mRyRs негативно впливає на дихання за окиснення як пірувату, так і α-кетоглутарату [15].

Сурамін є агоністом RyRs і, mRyRs гепатоцитів. Ефект його на мембранний потенціал мітохондрій залежить від субстратів окиснення й фосфорилування наявних у середовищі інкубації, за окиснення екзогенного сукцинату сурамін знижує мембранний потенціал мітохондрій у стані S<sub>4</sub>, а за окиснення екзогенних пірувату та α-кетоглутарату – навпаки, збільшення. Очевидно, за окиснення сукцинату активація mRyRs призводить до транспортування Ca<sup>2+</sup> у матрикс мітохондрій, водночас сукцинатдегідрогенази не регулюється самими катіонами Ca<sup>2+</sup> [20], тому компенсаторної інтенсифікації дихання не відбувається. За використання α-кетоглутарату чи пірувату надходження Ca<sup>2+</sup> інтенсифікує активність ферментів, що веде до збільшення мембранного потенціалу мітохондрій, але лише в стані S<sub>4</sub>.

## Література

1. Dressel, J. The discovery of germanin by Oskar Dressel and Richard Kothe. *J. Chem. Ed.* 1961, 38 (12), pp 620–621.
2. Stein, C. A.; Larocca, It. V.; Thomas, R.; Mcame, N.; Myzas, C. E. Suramin: An anticancer drug with a unique mechanism of action. *J. Clin. Oncol.* 1989, 7 (4), pp 499–508.
3. Beindl, W.; Mitterauer, T.; Hohenegger, M.; Ijzerman, A. P.; Nanoff, C.; Freissmuth, M. Inhibition of receptor G-protein coupling by suramin analogues. *Molecular Pharmacology.* 1996, 50 (2), pp 415–423.
4. Burnstock, G. Purinergic signalling in the urinary tract in health and disease. *Purinergic Signal.* 2014, 10 (1), pp 103–155.
5. Hohenegger, M.; Mathyash, M.; Poussu, K.; Herrmann-Frank, A.; Sarközi, S.; Lehmann-Horn, F.; Freissmuth, M. Activation of the skeletal muscle

- ryanodine receptor by suramin and suramin analogs. *Mol. Pharmacol.* 1996, 50 (6), pp 1443–1453.
6. Dunn, P. M.; Blakeley, A. G. Suramin: A reversible P<sub>2</sub>-purinoceptor antagonist in the mouse vas deferens. *Br. J. Pharmacol.* 1988, 93 (2), pp 243–245.
7. El-Ajouz, S.; Ray, D.; Allsopp, R. C.; Evans, R. J. Molecular basis of selective antagonism of the P2X1 receptor for ATP by NF449 and suramin: contribution of basic amino acids in the cysteine-rich loop. *Br J Pharmacol.* 2012, 165 (2), pp 390–400.
8. Layton, D.; Azzi, A. Suramin: a potent inhibitor of the calcium transport in sarcoplasmic reticulum. *Biochem Biophys Res Commun.* 1974, 59 (1), pp 322–325.
9. Seewald, M. J.; Olsen, R. A.; Powis, G. Suramin blocks intracellular Ca<sup>2+</sup> release and growth factor-induced increases in cytoplasmic free Ca<sup>2+</sup> concentration. *Cancer Lett.* 1989, 49 (2), pp 107–113.
10. Voogd, T. E.; Vansterkenburg, E. L.; Wilting, J.; Janssen, L. H. Recent research on the biological activity of suramin. *Pharmacol. Rev.* 1993, 45(2), pp 177–203.
11. Sitsapesan, R.; Williams, A. J. Modification of the conductance and gating properties of ryanodine receptors by suramin. *J Membr Biol.* 1996, 153 (2), pp 93–103.
12. Fill, M.; Copello, J. A. Ryanodine receptor calcium release channels. *Physiol Rev.* 2002, 82 (4), pp 893–922.
13. Pierebon, N.; Renard-Rooney, D.; Gaspers, L. Ryanodine receptors in liver. *J. Biol. Chem.* 2006, 45, pp 34086–34095.
14. Купуныак, Н. І.; Іккерт, О. В.; Шлыков, С. Г.; Бабич, Л. Г.; Манко, В. В. Mitochondrial ryanodine-sensitive Ca<sup>2+</sup> channels of rat liver. *Cell Biochemistry and Function.* 2017, 35 (1), pp 42–49.
15. Купиняк, Н. І.; Іккерт, О. В.; Манько, В. В. Роль ріанодинчутливих Ca<sup>2+</sup>-каналів у регуляції дихання мітохондрій печінки щурів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна.* 2017. Вип. 76. с. 193–205.
16. Jonson, D.; Lardy, H. *Methods in Enzymology.* New York. 1967, 10, pp 94–102.
17. Lowry, O.; Rosebrough, N.; Farr, A. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951, 193 (1), pp 265–275.
18. Brand, M. D.; Brown, G. C.; Cooper, C. E. *Bioenergetics: a practical approach;* Oxford. IRL Press, 1995: pp 39–62.
19. Nadtochiy, S. M.; Tompkins, A.; Brookes, P. S. Different mechanisms of mitochondrial proton leak in ischemia/reperfusion injury and precondition: implications for pathology and cardioprotection. *Biochem. J.* 2006, 395 (3), pp. 611–618.
20. Chance, B.; Williams, G. Respiratory enzymes in oxidative phosphorylation. The steady state. *J. Biol. Chem.* 1955, 217, pp. 409–427.
21. Panov, A. V.; Scaduto, R. C. Influence of calcium on NADH and succinate oxidation by rat heart submitochondrial particles. *Archives of Biochemistry and Biophysics.* 1995, 316 (2), pp. 815–820.
22. Rutter, J.; Winge, D. R.; Schiffman, J. D. Succinate Dehydrogenase – Assembly, Regulation and Role in Human Disease Mitochondrion. 2010, 10(4) pp. 393–401.
23. Denton, R. M. Regulation of mitochondrial dehydrogenases by calcium ions. *Biochim Biophys Acta.* 2009, 1787 (11), 1309–1316.
24. Bookelman, H. J.; Trijbels, M. F.; Sengers, R. C.; Janssen, A.J.; Veerkamp, J. H.; Stadholjders, T A. Pyruvate oxidation in rat and human skeletal muscle mitochondria. *Biochemical Medicine.* 1978, 20 (3), pp. 395–403.
25. Labajova, A.; Vojtiskova, A.; Krivakova, P.; Kofranek, J.; Drahotka, Z.; Houstek, J. Evaluation of mitochondrial membrane potential using a computerized device with a tetraphenylphosphonium-selective electrode. *Anal Biochem.* 2006, 353 (1), pp. 37–42.
26. Denton, R. M.; McCormack, J. G.; Rut-I-Er, G. A.; Burnett, P.; Edgell, N. J.; Moule, S. K.; Diggle, T. A. The hormonal regulation of pyruvate dehydrogenase complex. *Adv Enzyme Regul.* 1996, 36, pp. 183–198.
27. Rutter, G. A.; Denton R. M. The binding of Ca<sup>2+</sup> ions to pig-heart NAD<sup>+</sup>-isocitrate dehydrogenase and the 2-oxoglutarate dehydrogenase complex. *Biochem. J.*, 1989, 263 (2), pp. 453–462.
28. Qi, F.; Pradhan, R. K.; Dash, R. K.; Beard, D. A. Detailed kinetics and regulation of mammalian 2-oxoglutarate dehydrogenase. *BMC Biochem.* 2011, 26, pp. 12–53.
29. Wan, B.; Lanoue, K. F.; Cheung, J. Y.; Scaduto, R. C. Regulation of citric-acid cycle by calcium. *J. Biol. Chem.* 1989, 264 (23), pp. 13430–13439.
30. Siess, E. A.; Wieland, O. H. Regulation of pyruvate dehydrogenase interconversion in isolated hepatocytes by the mitochondrial ATP/ADP. ratio. *FEBS Lett.* 1975, 52 (2), pp. 226–30.
31. Taylor, S. I.; Mukherjee, C.; Jungas, R. L. Regulation of pyruvate dehydrogenase in isolated rat liver mitochondria. Effects of octanoate, oxidation-reduction state, and adenosine triphosphate to adenosine diphosphate ratio. *J Biol Chem.* 1975, 250 (6), pp. 2028–2035.
32. Roche, T. E.; Baker, J. C.; Yan, X.; Hiromasa, Y.; Gong, X.; Peng, T.; Dong, J.; Turkan, A.; Kasten, S. A. Distinct regulatory properties of pyruvate dehydrogenase kinase and phosphatase isoforms. *Prog Nucleic Acid Res Mol Biol.* 2001, 70, pp. 33–75.



УДК 612.35 + 612.357.1

## Тканинне дихання в печінці та холесекреція за умов дії L-цистеїну

Юлія Левадянська, Євдокія Решетнік, Станіслав Весельський, Петро Янчук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

Адреса для листування: julia6021@gmail.com

Отримано: 02.02.18; прийнято до друку: 03.04.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Печінка – поліфункціональний орган, більшість синтетичних процесів, у якій відбувається за зростання інтенсивності тканинного дихання. Відомо, що умовно незамінна сірковмісна амінокислота L-цистеїн є попередником газового трансмітера сірководню ( $H_2S$ ), який, за нашими даними, змінює кровопостачання печінки, а отже, здатний впливати на її кисневий гомеостаз. Мета роботи – дослідити вплив L-цистеїну на тканинне дихання в печінці та з'ясувати його зв'язок з динамікою змін концентрацій жовчних кислот і ліпідів у жовчі щурів.

Напруження кисню ( $pO_2$ ) у паренхімі печінки щурів реєстрували полярографічним методом. Коефіцієнт споживання кисню печінкою (К) розраховували за кривою падіння  $pO_2$  у залозі при оклюзії її приносячих судин. Концентрації жовчних кислот і ліпідів жовчі визначали методом тонкошарової хроматографії в півгодинних пробах жовчі.

У результаті нашого дослідження встановлено, що внутрішньопортальне введення L-цистеїну в дозі 20 мг/кг викликає зростання споживання кисню печінкою на 39,6 % ( $p < 0,001$ ) завдяки посиленню ряду кисеньзалежних біосинтетичних процесів у залозі, таких як синтез таурохолевої кислоти та суміші тауродезоксихолевої й таурохенодезоксихолевої кислот з одночасним окисненням окремих фракцій ліпідів жовчі. Так, концентрація таурохолевої кислоти зросла на 7,3% ( $p < 0,05$ ; при вихідному рівні 173,0 [147,9; 181,1] мг%) у четвертій півгодинній пробі з моменту введення L-цистеїну, а суміші тауродезоксихолевої та таурохенодезоксихолевої кислот у третій півгодинній пробі – на 17,9 % ( $p < 0,05$ ); вихідний рівень становив 81,2 [66,9; 92,0] мг%). При цьому вміст фосfolіпідів зменшився у шостій півгодинній пробі на 12,5 % ( $p < 0,05$ ) при вихідному рівні 72,2 [68,7; 77,7] мг%, а вільних жирних кислот та тригліцеридів у п'ятій півгодинній пробі на 12,3 % і 18,5 % ( $p < 0,05$ ) при вихідних рівнях 14,6 [14,6; 15,5] мг% та 2,7 [2,3; 2,9] мг% відповідно. При цьому відбувається падіння рівня напруження  $O_2$  у паренхімі печінки на 46,8 % ( $p < 0,01$ ) відносно вихідного рівня.

Отже, L-цистеїн викликає посилення кисеньзалежних синтетичних процесів у печінці, зокрема, пов'язаного з мітохондріальними поліферментними системами біосинтезу жовчних кислот та окиснення окремих фракцій ліпідів жовчі з одночасною активацією в гепатоцитах тканинного дихання. Рівень напруження кисню в залозі при цьому знижується.

**Ключові слова:** полярографія, напруження кисню, споживання кисню, тонкошарова хроматографія, жовчні кислоти, ліпіди жовчі.

## Tissue Respiration in the Liver and Bile Secretion at the Action of L-cysteine

Yliya Levadianska, Evdokiya Reshetnik, Stanislav Veselsky, Petro Yanchuk

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

Correspondence: julia6021@gmail.com

**Resume.** The specific function of the liver is bile secretion, the synthesis and transport of certain organic components which are directly related to the level of activity of tissue respiration in the gland. Its modulator may be an amino acid L-cysteine, which is a precursor of a gas transmitter of hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), which can affect the supply of oxygen to the liver with blood and metabolic processes in it.

**Purpose.** The aim of the present study was to investigate the effect of L-cysteine on the level of oxygen in the liver tissue and to find out the relation of this indicator with the dynamics of changes in concentrations of bile acids and lipids in bile in rats.

**Methods.** The level of oxygen tension ( $pO_2$ ) in the liver tissue was recorded by the polarographic method. The coefficient of oxygen consumption by the liver ( $K$ ) was calculated by the curve of falling  $pO_2$  in the gland during the occlusion of its blood vessels. Concentrations of bile acids and lipids of bile were determined by thin layer chromatography.

**Results.** Our results indicate that administration of L-cysteine at a dose of 20 mg/kg body weight causes the maximum fall in  $pO_2$  in the liver parenchyma by 46,8 % ( $p < 0,01$ ) from baseline. This may indicate the activation of processes associated with the consumption of oxygen in the gland, which led to the drop of  $pO_2$ . Along with this, there was an increase in the level of tauroconjugates in the bile, in particular, the concentration of taurocholic acid by 7,3 % ( $p < 0,05$ ) and the mixture of taurodeoxychole and taurohenodeoxycholic acids by 17,9 % ( $p < 0,05$ ) relative to the initial equal. At the same time, the content of free fatty acids and triglycerides in the liver secretion decreased by 12,3 % and 18,5 % ( $p < 0,05$ ) respectively in the fifth half-hourly sample relative to the baseline level. The concentration of phospholipids decreased in the sixth half-hourly sample by 12,5 % relative to the baseline level.

**Conclusion.** Thus, L-cysteine causes an increase in oxygen-dependent synthetic processes in the liver, in particular, associated with mitochondrial poly-enzymes bile acid biosynthesis systems and oxidation of some lipid fractions of bile with simultaneous activation in hepatocytes of tissue respiration. The level of oxygen supply in the gland decreases.

**Key words:** polarography, oxygen tension, oxygen consumption, thin-layer chromatography, bile acids, lipid bile.

## Вступ

Печінка є одним із найбільш поліфункціональних та метаболічно-активних органів, більшість синтетичних процесів у якому відбувається за зростання інтенсивності тканинного дихання. Зокрема, така специфічна функція печінки, як утворення й секреція жовчі, безпосередньо залежить від перебігу низки кисеньзалежних процесів [1, 2, 3, 4]. До них належать синтез жовчних кислот і ліпідів, які є основними компонентами жовчі [5, 6], а також транспорт її окремих органічних компонентів [7]. Сучасними дослідженнями показано, що амінокислота L-цистеїн може впливати на кисневий гомеостаз печінки. Основним механізмом впливу цієї амінокислоти на функціонування печінки вважають, передусім, регуляторну дію L-цистеїну як попередника газового трансмітера сірководню ( $H_2S$ ) [8, 9, 10].

Раніше нами показано здатність сірководню підвищувати рівень кровопостачання печінки, а отже, і

збільшувати надходження до неї кисню [11, 12].

**Мета роботи** – дослідити вплив L-цистеїну на тканинне дихання печінки та з'ясувати його зв'язок із динамікою змін концентрацій жовчних кислот і ліпідів у жовчі щурів.

## Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведено *in vivo* в умовах гострого експерименту на 22 лабораторних щурах масою 250–300 г, наркотизованих тіопенталом натрію (70 мг/кг) або уретаном (1 г/кг). Напруження кисню ( $pO_2$ ) в паренхімі печінки щурів реєстрували за допомогою полярографа LP-9 (Чехія) у хроноамперометричному режимі при фіксованій напрузі – 0,6 В, використовуючи 2–3 покриті склом платинові (індикаторні) електроди, розміщені в різних ділянках печінки. Як індіферентний використовували стандартний каломельний електрод від рН-метра. Калібрували електроди за методикою Березовського [13]. Всі показники записували на

реєстраторі Н071.6М. Коефіцієнт споживання кисню печінкою (К) розраховували за кривою падіння  $pO_2$  в залозі при оклюзії її приносячих судин [14].

Концентрації жовчних кислот (таурохолевої кислоти та суміші тауродезоксихолевої й таурохенодесоксихолевої кислот), ліпідів жовчі (фосфоліпідів, вільних жирних кислот та тригліцеридів) визначали методом тонкошарової хроматографії [15, 16]. Після відбору першої півгодинної проби (вихідний рівень) тваринам дослідної групи внутрішньопортально болюсно вводили L-цистеїн (Sigma, USA) у дозі 20 мг/кг, а щурам контрольної групи – фізіологічний розчин (ПАТ Галичфарм, Україна) із розрахунку 1 мл/кг і продовжували збирати наступні 5 півгодинних проб жовчі. Кількісне визначення окремих органічних компонентів жовчі здійснювали за допомогою вітчизняного денситометра ДО-1М ( $\lambda=620$  нм) за калібрувальними кривими. Їх концентрацію в пробах жовчі розраховували в мг%.

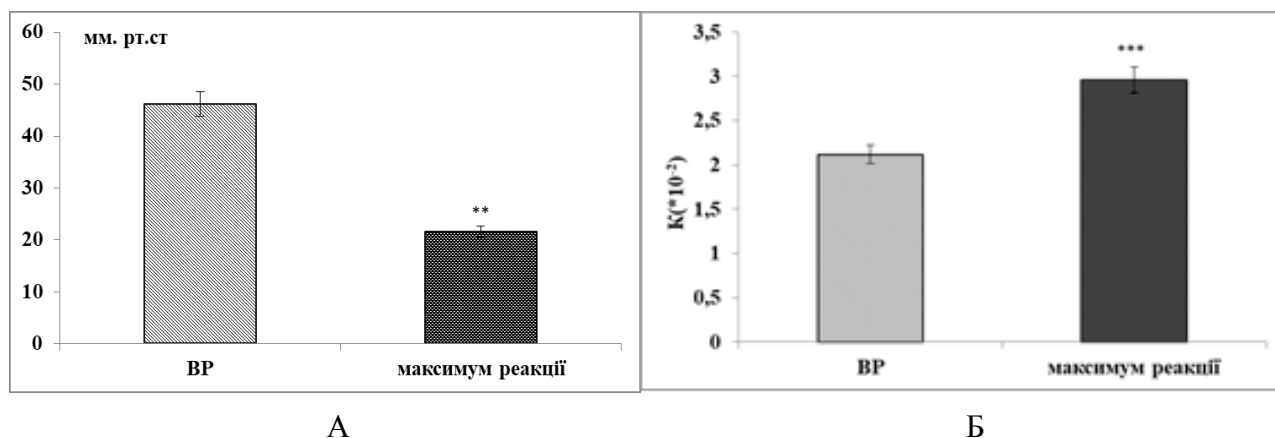
Статистичну обробку результатів проводили за допомогою аналітичного пакету Statistica 8.0, використовуючи t-критерій Стьюдента для результатів, що мали нормальний розподіл, та критерій Вілкоксона, які не мали нормального розподілу. Результати представляли у

вигляді  $M \pm SD$  (середнє значення  $\pm$  середньоквадратичне відхилення) та Me [25 %; 75 %] (медіана [нижній квантиль; верхній квантиль]). Відмінності між групами вважали вірогідними при рівні значущості  $p < 0,05$ .

## Результати та обговорення

Рівень напруження кисню в паренхімі печінки піддослідних щурів становив  $46,2 \pm 2,3$  мм рт. ст. Внутрішньопортальне введення щурам L-цистеїну у дозі 20 мг/кг зумовлювало істотне зниження  $pO_2$  із максимальним його падінням на 46,8 % ( $p < 0,01$ ), порівняно з вихідним рівнем, на 65 хвилині досліду (рис. 1А).

Цікаво, що ці результати, на перший погляд, не узгоджуються з отриманими нами раніше даними про зростання кровопостачання печінки при дії L-цистеїну (Yanchuk & Slobodianyk 2015; Slobodianyk & Yanchuk 2014), що мало б призвести й до підвищення рівня напруження кисню в її паренхімі. Тому варто припустити, що отримані результати можуть свідчити про активацію процесів, пов'язаних з інтенсифікацією споживання кисню залозою, що й призвело до зниження рівня  $pO_2$  в ній. І дійсно, як засвідчили наші подальші дослідження, введення піддослідним тваринам



**Рис. 1.** Вплив внутрішньопортального введення L-цистеїну (20 мг/кг) на напруження кисню ( $pO_2$ ) в паренхімі печінки (мм рт. ст.) (А) та на коефіцієнт споживання кисню (К) залозою (Б);  $M \pm SD$ ,  $n=8$ .

L-цистеїну викликало значне зростання інтенсивності тканинного дихання в печінці. Так, коефіцієнт споживання кисню печінкою (К) збільшувався, порівняно з вихідним рівнем ( $2,12 \pm 0,11 \cdot 10^{-2}$ ), на 39,6 % ( $p < 0,001$ ) на максимумі реакції (60-та хвилина з моменту введення L-цистеїну) і досягав  $2,96 \pm 0,14 \cdot 10^{-2}$  (рис. 1Б).

До того ж на другому етапі дослідження ми перевірили можливість впливу L-цистеїну на активацію кисеньзалежних

процесів утворення компонентів жовчі з використанням тонкошарової хроматографії.

У тварин контрольної групи спостерігали зменшення концентрацій фосфоліпідів на 10,9 % ( $p < 0,05$ ), порівняно з вихідним рівнем ( $68,7 [64,1; 70,1] \text{мг}\%$ ). Концентрації вільних жирних кислот і тригліцеридів статистично достовірно не змінювалися, порівняно з їх вихідними рівнями (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка змін окремих фракцій ліпідів (мг%) у жовчі щурів при внутрішньопортальному введенні L-цистеїну в дозі 20 мг/кг ( $n=14$ ), Me [25 %; 75 %]

№ проби	Окремі фракції ліпідів жовчі щурів		
	фосфоліпіди	вільні жирні кислоти	тригліцериди
<b>Контроль</b>			
1	68,7 [64,1; 70,1]	12,7 [11,6; 12,8]	2,1 [2,0; 2,1]
2	67,8 [64,8; 72,2]	12,8 [11,9; 13,3]	2,2 [1,9; 2,3]
3	65,0 [65,0; 69,6]	12,0 [11,9; 14,1]	2,0 [2,0; 2,1]
4	65,9 [64,1; 66,7]	12,8 [12,6; 12,8]	2,1 [2,1; 2,1]
5	63,2 [63,2; 63,2]#	14,0 [11,9; 14,2]	1,9 [1,8; 1,9]
6	61,2 [60,5; 62,3]#	13,4 [12,4; 14,2]	1,8 [1,8; 1,9]
<b>L-цистеїн</b>			
1	72,2 [67,8; 73,1]	14,6 [14,6; 15,5]	2,7 [2,3; 2,9]
2	72,2 [68,7; 77,7]	15,5 [13,7; 15,5]	2,6 [2,5; 2,9]
3	74,0 [70,4; 80,3]	14,6 [14,2; 15,1]	2,8 [2,7; 2,8]
4	71,3 [70,2; 74,0]	13,7 [13,3; 13,7]	2,5 [2,4; 2,5]
5	65,0 [65,0; 71,3]	12,3 [11,9; 12,4]#	2,2 [2,1; 2,3]#
6	63,2 [61,4; 66,9]#	12,4 [11,1; 12,8]#	2,4 [2,2; 2,4]#

Примітки. \*  $p < 0,05$  відносно контролю; #  $p < 0,05$  відносно вихідного рівня (концентрація ліпідів у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки).



Також спостерігали зменшення концентрацій таурокон'югатів. Максимум реакції виникав в останній півгодинній пробі жовчі, а саме: уміст таурохолевої кислоти знизився на 9,8 % ( $p < 0,05$ ), порівняно з вихідним рівнем (176,6 [171,2; 190,9] мг%), а концентрація суміші тауродезоксихолевої й таурохенодесоксихолевої кислот зменшилася на 16,1 % ( $p < 0,05$ ) відносно вихідного рівня (105,5 [102,8; 108,2] мг%) (табл. 2). Зменшення вмісту жовчних кислот та фосфоліпідів у печінковому секреті щурів контрольної групи впродовж проведення експерименту,

наймовірніше, пов'язане з перериванням ентерогепатичної циркуляції та зменшенням кількості їх надходження з кров'ю до печінки.

При введенні L-цистеїну в жовчі дослідної групи щурів відбувалося найістотніше зменшення вмісту фосфоліпідів у шостій півгодинній пробі на 12,5 % ( $p < 0,05$ ) при вихідному рівні 72,2 [68,7; 77,7] мг%, а вільних жирних кислот та тригліцеридів у п'ятій півгодинній пробі – на 12,3 і 18,5 % ( $p < 0,05$ ) при вихідних рівнях 14,6 [14,6; 15,5] мг% та 2,7 [2,3; 2,9] мг% відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

**Динаміка змін окремих фракцій жовчних кислот (мг%) у жовчі щурів при внутрішньопортальному введенні L-цистеїну в дозі 20 мг/кг (n=14), Me [25 %; 75 %]**

№ проби	Окремі фракції жовчних кислот жовчі щурів	
	таурохолева кислота	тауродезоксихолева й таурохенодесоксихолева кислоти
<b>Контроль</b>		
1	176,6[171,2;190,9]	105,5[102,8;108,2]
2	174,9[170,3;189,3]	106,9[101,9;111,6]
3	172,1[168,6;187,5]#	103,3[95,0;105,5]
4	172,7[164,0;185,7]#	98,0[93,7;101,9]#
5	166,3[161,3;177,6]#	93,4[92,0;99,0]#
6	159,3[151,4;172,1]#	88,5[86,7;92,0]#
<b>L-цистеїн</b>		
1	173,0[147,9;181,1]	81,2[66,9;92,0]**
2	178,5[163,9;191,0]#	92,0[74,0;95,7]*#
3	182,0[171,2;198,3]#	95,7[77,7;108,2]#
4	185,7[169,5;204,5]#	88,5[74,0;110,9]#
5	181,1[164,0;198,5]#	81,2[69,6;107,3]#
6	177,6[161,3;191,0]#	72,2[65,0;103,7]

Примітки. \*  $p < 0,05$  відносно контролю; #  $p < 0,05$  відносно вихідного рівня (концентрація ліпідів у півгодинній пробі жовчі, отриманій до введення досліджуваної сполуки).

Внутрішньопортальне ведення щурам дослідної групи L-цистеїну (20 мг/кг) зумовлювало вірогідне зменшення концентрації суміші тауродезоксихолевої й таурохенодезоксихолевої кислот, порівняно з контролем, лише в першій півгодинній пробі жовчі на 23,0 % ( $p < 0,01$ ) та в другій пробі – на 13,9 % ( $p < 0,05$ ). Зважаючи на те, що контрольна й дослідна групи сформовані окремо, у кожній – по сім щурів, спостережувані зміни можуть бути свідченням варіабельності вихідних значень досліджуваних показників у різних тварин. Тому більш доцільним у цьому випадку було порівнювати значення змін конкретного показника після введення досліджуваної речовини з вихідним його рівнем у цій групі тварин. Таке порівняння проведено на наступному етапі дослідження.

При введенні L-цистеїну в жовчі дослідної групи щурів найбільше відносно вихідного рівня зростав уміст таурококон'югатів, зокрема, концентрації таурохолевої кислоти на 7,3 % ( $p < 0,05$ ) при вихідному рівні 173,0 [147,9; 181,1] мг% у четвертій півгодинній пробі та суміші тауродезоксихолевої й таурохенодезоксихолевої кислот у третій пробі на 17,9 % ( $p < 0,05$ ), порівняно з вихідним рівнем (81,2 [66,9; 92,0] мг%) (табл. 2).

## Висновки

Отже, L-цистеїн викликає посилення кисеньозалежних синтетичних процесів у печінці, зокрема пов'язаного з мітохондріальними поліферментними системами біосинтезу жовчних кислот «кислим шляхом» та окиснення окремих фракцій ліпідів жовчі з одночасною активацією в гепатоцитах тканинного дихання. При цьому спостерігали підвищення рівня концентрації таурохолевої кислоти й суміші тауродезоксихолевої та таурохенодезоксихолевої. Кон'юговані жовчні кислоти є більш

розчинними, ніж вільні, тому зростання вмісту таурококон'югатів у жовчі після введення L-цистеїну сприяє зменшенню літогенності жовчі, стабілізуючи її колоїдний стан. Також спостерігали посилення енергозалежних катаболічних процесів, таких як окиснення вільних жирних кислот і тригліцеридів, про що свідчить зменшення їх умісту в жовчі щурів після введення L-цистеїну. Рівень напруження кисню в залозі при цьому знижується.

## Література

1. Esteller, A. Physiology of bile secretion. *World J Gastroenterol.* 2008, 14 (37), pp 5641–5649.
2. Marschall, H. U.; Matern, H.; Sjovall J. *Conjugation of bile acids.* Dordrecht, Boston: London 1995, pp 155–168.
3. Pellicoro, A.; vanden Heuvel, F. A.; Geuken, M. Human and rat bile acid-CoA:amino acid N-acyltransferase are liver-specific peroxisomal enzymes: implications for intra cellular bile salt transport. *Hepatology* 2007, 45(2), pp 340–348.
4. Hofmann, A. F.; Hagey, L. R. Bile acids: chemistry, pathochemistry, biology, pathobiology, and therapeutics. *Cell Mol Life Sci*; 2008, 65 (16), pp 2461–2483.
5. Lefebvre, P.; Cariou, B.; Lien, F. Role of bile acids and bile acid receptors in metabolic regulation. *Physiol Rev*; 2009, 89(1), pp 147–91.
6. Dikkers, A. Biliary cholesterol secretion: more than a simple ABC. *World J Gastroenterol*; 2010, 16 (47), pp 5936–45.
7. Li, Y.; Wang, X.; Shen, Z. Traditional Chinese medicine for lipid metabolism disorders. *Am J Transl Res*; 2017, 9(5), pp 2038–2049.
8. Haouzi, P.; Sonobe, T. Cardiac shock induced reduction in cellular O<sub>2</sub> delivery as a hallmark of acute H<sub>2</sub>S intoxication. *Clinical toxicology.* Philadelphia, Pa; 2015, 53(4), pp 416–417.
9. Abou-Hamdan, A.; Guedouari-Bounihi, H.; Lenoir, V. Oxidation of H<sub>2</sub>S in mammalian cells and mitochondria. *Methods Enzymol*; 2015, 554, pp 201–28.
10. Norris, E. J.; Culbertson, C. R.; Narasimhan, S. The liver as a central regulator of hydrogen sulfide. *Shock*; 2011, 36 (3), pp 242–50.
11. Янчук, П. І.; Слободяник, Л. О. Роль сірководню у регуляції кровообігу в печінці. *Фізіологічний журнал* 2015, 61(3), с. 28–34.
12. Слободяник, Л. О.; Янчук, П. І. Участь сірководню у регуляції тканинного кровотоку в

печінці щурів. *Вісник Черкаського університету. Сер : Біологічні науки* 2014, 36, с. 103–107.

13. Березовский, В. А.; Еномян, С. Г. *Методы и аппаратура для исследования кислородного обеспечения тканей*. Методические рекомендации. Алма-Ата, 1985, с 26–27.

14. Цибенко, В. А.; Егорова, Л. С.; Михайлова, Н. В.; Жахалова, Л. А.; Дубілей Т. А. Нейрогенний контроль окисного метаболізму в печінці. *Фізіологічний журнал* 1988, 5, с. 737–745.

15. А. с. 4411066/14 СССР, МБИ G 01 N33/50. Способ определения желчных кислот в

биологических жидкостях/С.П. Весельский, П. С. Лященко, И. А. Лукьяненко (СССР). – № 1624322; заявл. 25.01.1988; опубл.30.01.1991, Бюл. №4.

16. Патент України 99031324, МБН А61В5/14. Спосіб підготовки проб біорідин для визначення вмісту речовин ліпідної природи / Весельский С. П., Лященко П. С., Костенко С. І., Горенко З. А., Куровська Л. Ф.; заявник і патентовласник КНУ імені Тараса Шевченка. № 33564 А; заявл. 05.10.1999; опубл. 15.02.2001; Бюл. №1.



УДК 612.82:615.825

## Особливості електроміографічної активності дистальних м'язів кисті в жінок із різною модальною $\alpha$ -частотою

Ольга Коржик, Ольга Павлович, Сергій Бранюк, Алевтина Моренко

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна  
Адреса для листування: Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua

Отримано: 12.05.18; прийнято до друку: 13.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Важливим компонентом узгодженої активності моторних систем головного мозку й діяльності виконавчого апарату є питання взаємозв'язку характеристик певних ритмів електроенцефалограми з особливостями керування дистальними м'язами. Уважається, що характер спонтанної ЕЕГ визначається генетично детермінованими особливостями структурно-функціональної організації мозку й може бути пов'язаний із рівнем психомоторних і когнітивних здібностей. **Мета дослідження** полягає у виявленні особливостей електричної активності поверхневих м'язів пальців кисті як показників їхнього функціонального стану в спокої та під час виконання мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів у жінок із різними характеристиками  $\alpha$ -ритму ЕЕГ. Обстежено 136 респонденток віком 19–21 рік, яких розділено на дві групи – із високими та низькими значеннями індивідуальної модальної альфа-частоти ( $\alpha$ Ч) ЕЕГ, визначеної індивідуально в стані спокою. Електроміограми (ЕМГ) м'яз-згинача (*m. flexor digitorum superficialis*) і розгинача (*m. extensor digitorum*) пальців кисті жінок реєстрували в стані спокою та під час стискання і розтискання пальців кисті правої і лівої рук у відповідь на ритмічні слухові сигнали. Функціональний стан м'язів в спокої оцінювали за середніми амплітудою і частотою фонових осциляцій ЕМГ, стан цих м'язів під час мануальних рухів – за логарифмічними коефіцієнтами змін середніх амплітуди та частоти ЕМГ. У жінок із високою  $\alpha$ Ч у стані спокою встановлено більш значущі латеральні й реципрокні відмінності параметрів електроміограми флексорів та екстензорів пальців кисті руки, порівняно з обстежуваними з низькою індивідуальною  $\alpha$ -частотою. Жінок із високою  $\alpha$ -частотою під час мануальних рухів відзначала менша скорочувальна активність поверхневих м'язів пальців кисті, особливо згиначів правої руки. Для жінок із низькою  $\alpha$ -частотою притаманні менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців. Перспективою подальших досліджень може бути встановлення особливостей електроміографічної активності дистальних м'язів рук за умови ускладнення мануальної моторики.

**Ключові слова:** флексор, екстензор, мануальні рухи, електроміограма, амплітуда.

## Peculiarities of Electromyographic Activity of Hand's Distal Muscles in Women With Different Modal $\alpha$ -Frequency

Olga Korzhyk, Olga Pavlovych, Sergiy Braniuk, Alevtyna Morenko

Lesia Ukrainka Eastern European National University, Lutsk, Ukraine  
Correspondence: Morenko.Alevtyna@eenu.edu.ua

**Resume.** An important component of the coordinated activity of the brain's motor systems and of the executive apparatus is the question of the relationship between the characteristics of the electroencephalogram's specific rhythms and the features of control of distal muscles. It is believed that the EEG modal  $\alpha$ -frequency is determined genetically along with the brain's structural and functional organization and might be related to the

level of psychomotor and cognitive abilities. The purpose of the study is to identify the electrical activity of the surface muscles of the hand's fingers as indicators of their functional state at rest and during the execution of manual movements in response to the action of sensory signals in women with different characteristics of the  $\alpha$ -rhythm of the EEG. The study involved 136 women aged 19–21 years, who were divided into two groups – with high and low values of EEG modal alpha frequency ( $1\alpha F$ ), which was determined individually during rest state. Electromyograms of flexor muscle (*m. Flexor digitorum superficialis*) and extensor (*m. Extensor digitorum*) fingers of women were registered at rest and during manual compression movements and unclashed fingers of right and left hands in response to rhythmic auditory signals. Functional state of the muscles was evaluated at rest by the average amplitude and by the frequency of background oscillations of EMG, condition of these muscle during manual movements – by the amplitude medium logarithmic change factor and EMG frequency. At rest in women with high  $1\alpha F$  was installed more significant lateral and reciprocal differences in the electromyogram parameters of flexor and extensor fingers of the hand compared to the examinees with low individual  $\alpha$ -range. During the manual movements women with high modal  $\alpha$ -frequency were marked with less contractile activity of superficial finger muscles, especially right hand's flexors. Women with low  $\alpha$ -frequency were marked with less specific and differentiated processes of surface muscles fingers activation. The prospect of further research may be to establish the peculiarities of the electromyographic activity of the hand's distal muscle, under conditions of higher manual complexity of manual movements.

**Key words:** flexor, extensor, manual movement, electromyogram, amplitude.

## Вступ

Важливим компонентом узгодженої активності моторних систем головного мозку й діяльності виконавчого апарату є питання взаємозв'язку характеристик певних ритмів електроенцефалограми (ЕЕГ) з особливостями керування дистальними м'язами верхніх кінцівок. Уважається, що характер спонтанної ЕЕГ визначається генетично детермінованими особливостями структурно-функціональної організації мозку [1–3]. Одним із найбільш цінних параметрів мозкових процесів вважається мода частоти  $\alpha$ -ритму [4–8]. Згідно з літературними даними, переважання у фоновій ЕЕГ тієї чи іншої людини низько- або високочастотних діапазонів альфа-ритму може бути пов'язане із рівнем психомоторних і пізнавальних здібностей [9–12]. В осіб із вихідною високою модальною частотою  $\alpha$ -ритму ЕЕГ виявлено вищий рівень вибірковості уваги й локальніші зміни електричної активності кори головного мозку в перебігу сенсорного сприйняття та регуляції мануальної моторики, тоді як в обстежуваних із відносно низькою модою  $\alpha$ -частоти відзначено менш специфічні й диференційовані процеси активації кори [13, 14].

Виходячи з таких результатів, а також ураховуючи структурно-функціональні

особливості пірамідної системи, ми припустили, що характеристики фонові  $\alpha$ -активності, зокрема мода  $\alpha$ -частоти ЕЕГ, можуть мати відображення не лише в особливостях організації мозкової діяльності людини, але й у функціях виконавчого апарату, а саме в активності м'язів кисті. Водночас аналіз літературних джерел виявив недостатність інформації про особливості центрального програмування і низхідної іннервації м'язів дистальних відділів руки в людей із різною індивідуальною  $\alpha$ -частотою під час виконання звичних мануальних рухів.

**Мета дослідження** – виявлення особливостей електричної активності поверхневих м'язів пальців кисті як показників їхнього функціонального стану в спокої й під час виконання мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів у жінок із різними характеристиками  $\alpha$ -ритму ЕЕГ.

## Матеріали й методи дослідження

У тестах узяли участь 136 здорових жінок-добровольців віком 19–21 рік. Визначали профіль мануальної та слухової асиметрії за характером відповідей під час опитування й виконання моторних і психоакустичних проб [15]. У подальших тестах брали участь обстежувані з правим

профілем мануальної та слухової асиметрії (коефіцієнт асиметрії – вище +50 %). Цю групу склали 113 жінок.

Під час ЕЕГ – тестування обстежувані перебували в стані спокою із закритими очима в положенні напівлежачи, кінцівки розслаблені, не перехрещені. Експеримент відбувався у звуко- й світлонепрониклій кімнаті.

Для кожного обстежуваного експериментальна процедура реєстрації ЕМГ уключала такі послідовні етапи: стан функціонального спокою, стискання та розтискання пальців кисті без зусилля (за типом хапальних рухів) у відповідь на звукові стимули.

Як стимули використовували ритмічні акустичні сигнали, що імітували барабанний бій (програмне забезпечення *Finale 2006*; частота  $2 \text{ c}^{-1}$ , загальна кількість стимулів у пробі – 80). Вибір відносно низької частоти фоностимуляції був зумовлений тим, що саме така частота відповідає частотному діапазону виконання мануальних рухів. Такий діапазон принципово зумовлений біомеханічними можливостями реалізації рухів дистальних ланок руки [16]. Слухові сигнали подавали бінаурально за допомогою чотирьох акустичних колонок, які розміщували на відстані 1,2 м від обстежуваного [17]. Тривалість кожного сигналу становила 120 мс, частотний діапазон – 220–235 Гц, гучність на виході колонок не перевищувала 55 дБ над порогом чутності (визначали за допомогою шумоміра DE-3301).

ЕЕГ реєстрували, використовуючи стандартні методичні прийоми, за допомогою апаратно-програмного комплексу «Нейроком» (НТЦ «ХАІ-Медика», свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26.01.2007 р.). Під час монополярного відведення ЕЕГ активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у 19 точках на скальпі голови. Відведення з непарним індексом відповідали лівій півкулі, а з

парним – правій. Референтним електродом слугували об'єднані контакти на мочках вух. Для покращення якості запису використовували додаткові референтні електроди між передньолобовими та латеральнолобовими відведеннями (Ref) та між правим і лівим передніми лобовими відведеннями (N, nasion).

У кожного обстежуваного в кожному відведенні ЕЕГ визначали моду спектральної потужності  $\alpha$ -ритму ЕЕГ. Її значення усереднювали за всіма відведеннями; отриману величину вважали індивідуальною  $\alpha$ -частотою обстежуваного (I $\alpha$ Ч, Гц) [18]. В усіх жінок розраховували середнє значення такого показника. Прийняли умовний розподіл вибірки. Обстежувані, які мали менше значення I $\alpha$ Ч, ніж середнє, увійшли до групи з низькою I $\alpha$ Ч ( $n = 59$ , I $\alpha$ Ч < 10,25 Гц). Обстежувані, які мали більше значення I $\alpha$ Ч, ніж середнє, увійшли до групи з високою I $\alpha$ Ч ( $n = 54$ , I $\alpha$ Ч  $\geq$  10,25 Гц).

Реєстрацію ЕМГ поверхневих м'язів – згинача (*m. flexor digitorum superficialis*) та розгинача (*m. extensor digitorum*) пальців кисті правої й лівої рук, здійснювали із застосуванням двоканальної системи комп'ютерної електроміографії «Нейро-ЕМГ-Мікро» («Нейрософт», Росія, ЄС-сертифікат № RQ093102-V). Використовували біполярне відведення поверхневими електродами, які фіксували на шкірі над ділянкою рухової точки м'яза; електрод заземлення розміщували над ліктьовим суглобом. Сигнали ЕМГ усереднювали за десятьма реалізаціям для кожної експериментальної ситуації. Тривалість кожної ЕМГ-проби становила 40 с.

У стані спокою аналізували середні амплітуду (мкВ) і частоту (Гц) коливань ЕМГ. Під час моторних навантажень розраховували логарифмічні коефіцієнти ( $L = 20 \lg \frac{A(\text{Ч})_{\text{руху}}}{A(\text{Ч})_{\text{спокою}}}$ , дБ) змін середніх амплітуди (А) й частоти (Ч) коливань ЕМГ м'язів, порівняно зі станом спокою [19, 20]. Вибір таких показників зумовлений значними розбіжностями у величині

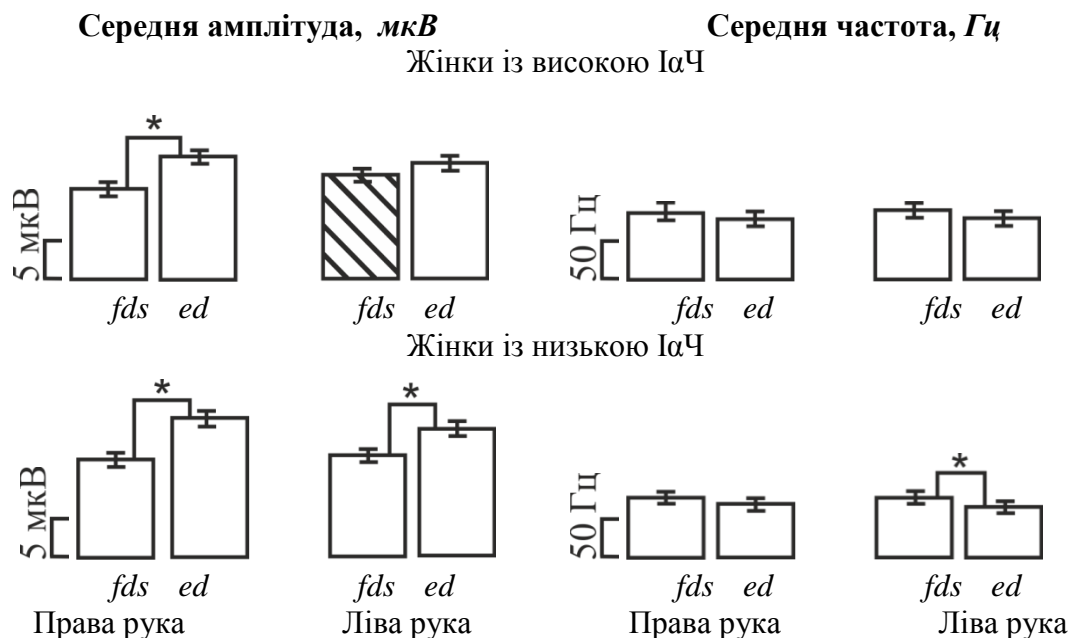
похибки середніх у спокої та під час мануальних рухів в обстежуваних.

Для перевірки на нормальність розподілів числових даних у вибірках застосовано *W*-тест Шапіро-Уїлкоксона (пакет *STATISTICA* 6.0, *Stat-Soft*, 2001). Оскільки розподіли наших даних звичайно були нормальними, розраховували середні значення (*M*), стандартні відхилення ( $\sigma$ ) та величини похибки середнього ( $\pm m$ ). Обчислення значущих відмінностей (від  $p \leq 0,05$  –  $\leq 0,01$ ) здійснювали, використовуючи параметричні тести, зокрема *t*-критерій Стюдента для залежних вибірок (між тестами) й незалежних із рівними вибірками (між групами). Статистичні

розрахунки та побудову графіків і діаграм проводили за допомогою комп'ютера типу *IBM PC Pentium* та програмного пакета *M. Excel Windows Vista*.

### Результати й обговорення

У жінок обох груп встановлено вищу амплітуду коливань ЕМГ м'язів-розгинчів правої й лівої рук ( $p \leq 0,05$ ). Амплітуда м'яза-згинача лівої руки у жінок із високою ІаЧ була більшою, порівняно з правою рукою ( $p \leq 0,05$ ). Відзначали більшу частоту коливань ЕМГ м'яза-згинача лівої руки в жінок із низькою ІаЧ, ніж розгинача ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 1).



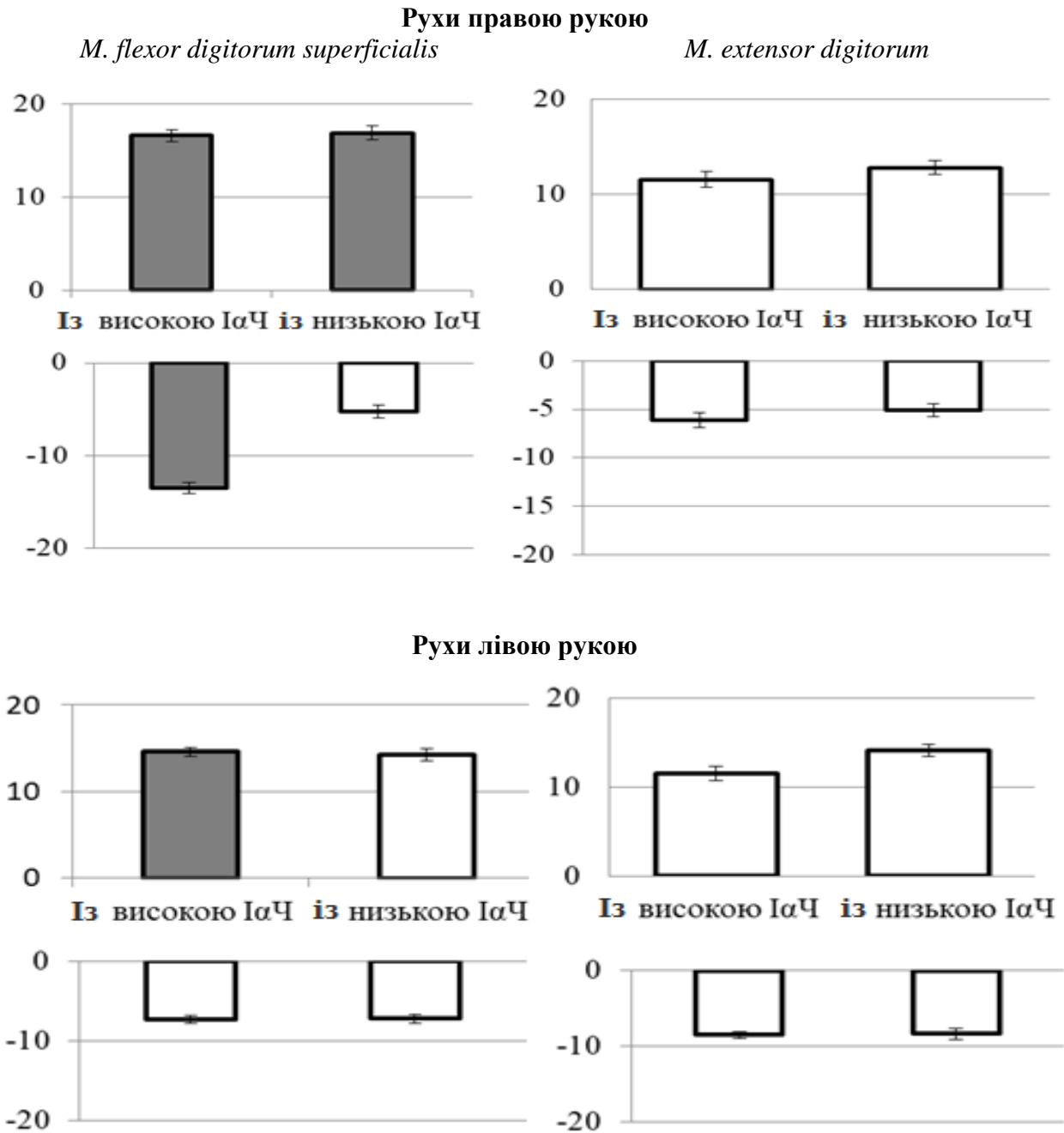
**Рис. 1.** Діаграми середньої амплітуди й середньої частоти коливань ЕМГ (мкВ) поверхневих м'язів-згиначів (*m. flexor digitorum superficialis*, *fds*) і розгиначів (*m. extensor digitorum*, *ed*) пальців кисті правої та лівої рук у групах обстежуваних жінок

Примітки.

- 1) \*, \*\* – значущі відмінності між параметрами ЕМГ антагоністичних м'язів,  $p \leq 0,05$ )  
 ▨ ▬ – значущі відмінності між параметрами ЕМГ м'язів правої та лівої рук,  $p \leq 0,05$ .

Особливості ЕМГ-активності поверхневих дистальних м'язів руки під час виконання мануальних рухів у жінок із високою і низькою ІаЧ. У всіх жінок реєстрували збільшення значень логарифмічного коефіцієнта приросту середньої

амплітуди коливань ЕМГ усіх працюючих м'язів, порівняно зі станом спокою. ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів-згиначів правої та лівої рук ( $p \leq 0,05$ ) був більшим, порівняно з розгиначами ( $p \leq 0,05$ ). Значення ЛКП середньої



**Рис. 2.** Логарифмічні коефіцієнти (дБ) приросту середньої амплітуди й спадання середньої частоти коливань ЕМГ поверхневих м'язів пальців кисті правої та лівої рук у групах жінок із різною частотою  $\alpha$ -ритму ЕЕГ під час виконання мануальних рухів, порівняно зі спокоєм

Примітки до рис. 2:

Сірий стовпчик показує відмінності між м'язами-антагоністами,  $p \leq 0,05$ ;

незафарбований стовпчик – відсутність відмінностей між м'язами-антагоністами.



амплітуди ЕМГ-коливань усіх м'язів правої руки, особливо згиначів, були вищими, ніж лівої (із  $p \leq 0,05$ ) (рис. 2).

В усіх обстежуваних під час виконання мануальних моторних завдань встановили збільшення значень логарифмічного коефіцієнта спаду (ЛКС) середньої частоти ЕМГ-активності (рис. 2). У досліджуваних із високою І $\alpha$ Ч ЛКС середньої частоти ЕМГ-коливань м'яза-згинача правої руки під час рухів пальців вагомо перевищував такий розгинача ( $p \leq 0,05$ ). Робота правою рукою супроводжувалася більшим ЛКС середньої частоти ЕМГ м'яза-згинача ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з лівою рукою.

Жінки із низькою І $\alpha$ Ч відзначалися вищими ЛКС середньої частоти ЕМГ-коливань м'яза-згинача правої руки ( $p \leq 0,05$ ), лівою рукою – ЛКП середньої амплітуди ЕМГ м'яза-розгинача ( $p \leq 0,05$ ), ніж обстежувані з високою І $\alpha$ Ч.

Згідно з даними літератури [19, 21–24], такі зміни можуть указувати на зростання ЕМГ-активності м'язів, передусім згиначів, пов'язане зі збільшенням м'язового зусилля й напруги, підвищенням узгодженості роботи моторних одиниць м'язів. Під час виконання рухів у жінок із високою І $\alpha$ Ч відзначали меншу ЕМГ-активність м'язів правої руки, ніж лівої ( $p \leq 0,05$ ). Такі закономірності можуть засвідчувати більшу «економічність» роботи м'язів правої руки, особливо згиначів, обстежуваних із високою І $\alpha$ Ч. Для жінок із низькою  $\alpha$ -частотою були притаманні менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців.

## Висновки

У стані спокою в жінок, передусім із високою І $\alpha$ Ч, установлені значущі латеральні та реципрокні відмінності параметрів електроміограми флексорів та екстензорів пальців кисті руки, порівняно з обстежуваними з низькою індивідуальною  $\alpha$ -частотою. Під час виконання мануальних рухів жінок із вихідною високою

$\alpha$ -частотою відзначено меншу скорочувальну активність поверхневих м'язів пальців кисті, особливо згиначів правої руки. Для жінок із низькою  $\alpha$ -частотою властиві менш специфічні й диференційовані процеси активації поверхневих м'язів пальців.

Дослідження проведено в рамках наукової теми біологічного факультету Східноєвропейського національного університету імені Лесі України «Нейрофізіологічні механізми сенсомоторної організації людини (віковий та статевий аспекти)», № 0111U002143 (2009–2011 роки).

## Література

1. Базанова О. М.; Афтанас Л. Й. Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность. *Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова* 2007, 93 (1), с 14–26.
2. Иффе М. Е. Мозговые механизмы формирования новых движений при обучении: эволюция классических представлений. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова* 2003, 53 (1), с 5–21.
3. Nikosaka O.; Nakamura K.; Sakai K.; Nakahara H. Central mechanisms of motor skill learning. *Current Opinion in Neurobiol.* 2002, 12 (2), pp 217–222.
4. Умрюхин Е. А.; Коробеникова И. И.; Каратыгин Н.А. Успешность выполнения тестовых заданий студентами с различными спектральными характеристиками  $\alpha$ -ритма фоновой электроэнцефалограммы. *Физиология человека*, 2009, 35 (5), с 33–39.
5. Bazanova O.M. Age related alpha activity change differs for males and females and for low and high alpha frequency EEG patterns. *Revista Española de Neuropsicología* 2008, 10 (1), pp 82–83.
6. Begleiter H.; Porjesz B.. Genetics of human brain oscillations. *International Journal of Psychophysiology* 2006, 60 (2), pp 162–171.
7. Hummel F.; Saur R.; Lasogga S.; Plewnia C.; Erb M.; Wildgruber D.; Grodd W.; Gerloff, C. To act or not to act: neural correlates of executive control of learned motor behavior. *NeuroImage* 2004, 23, pp 1391–1401.
8. Morenko A. G.; Tsjos A V.; Kotsan I. Ya. Features of the cortical activity of men having a high or low alpha-frequency background of the EEG while performing alternate finger movements. *Health Problems of Civilization* 2014, 8(1), pp 24–31.

9. Моренко А. Г.; Павлович О. С.; Коцан И. Я. Кортикальные активационные процессы у мужчин с высокой и низкой исходной индивидуальной частотой альфа-ритма во время сенсомоторной деятельности различной сложности. *Физиологический журнал* 2013, 59 (5), с 41–49.
10. Персон Р. С. *Спинальные механизмы управления мышечным сокращением*. Наука: Москва, 1985; с 184.
11. Булгакова Н. В.; Тальнов А. В.; Мельничук О. П.; Костюков А. И. Систематичні помилки позиціонування та електроміографічна активність м'язів у односуглобових рухах людини. *Фізіологічний журнал* 2008, 54 (1), с 17–26.
12. Anokhin A.; Muller V.; Lindenberger U.; Heath A. C.; Myers E. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations. *Neurosci Letters* 2006, 397 (1–2), pp. 93–98. doi: 10.1016 / j.neulet.2005.12.025
13. Куликов Г.А. Принцип доминанты и кортикальные механизмы слухо-двигательной координации. *Российский физиологический журнал имени И. М. Сеченова*, 2000, 86 (8), с 961–967.
14. Klimesch W.; Sauseng P.; Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis. *Brain Research Reviews*, 2007, 53, pp 63–88.
15. Жаворонкова Л. А. Правши – Левши. Межполушарная асимметрия биопотенциалов мезга человека. *Jekoinvest: Krasnodar*, 2009; с 240.
16. Лапутін А. М. *Біомеханіка спорту*. Олімпійська література: Київ, 2001; с 319.
17. Каплан А. Я.; Борисов С. В. Динамика сегментных характеристик альфа-активности ЭЭГ человека в покое и при когнитивных нагрузках. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова* 2003, 53 (1), сс. 22–32.
18. Angelakis E.; Lubar J. F.; Stathopoulou S.; Kounios J. Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness. *Clinical Neurophysiology* 2004, 115, pp 887–897.
19. Верещака І. В.; Горковенко А. В.. Суперпозиція моторних команд в перебігу створення двосуглобових статистичних зусиль м'язами руки людини. *Фізіологічний журнал* 2012, 58 (1), сс 43–50.
20. Разумникова О. М.; Тарасова И. В.; Вольф Н. В. Особенности активации коры у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью: анализ альфа 1, 2-ритмов. *Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова*, 2009, 59 (5), СС, 581–586.
21. Мейгал А. Ю.; Ивуков А. Ю.; Герасимова Л. И. Влияние общего охлаждения на электромиографические характеристики мышечного утомления, вызванного динамометрической нагрузкой. *Физиология человека*, 2000, 26 (2), сс. 80.
22. Герасимова Л. И.; Варламова Т. В.; Антонен Е. Г. Возрастные особенности турн-амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении. *Физиология человека*, 2004, 30 (3), с 119–125.
23. Гурфинкель В. С.; Левик Ю. С. *Концепция схемы тела и моторный контроль. Интеллектуальные процессы и их моделирование*. Организация движений. Наука: Москва, 1991; с 59–105.
24. Климаш А. В.; Цицерошин М. Н.; Шеповальников А. Н. Нарушения пространственной организации биоэлектрической активности мезга у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой при различной выраженности угнетения сознания. *Физиология человека* 2010, 36 (5), с 49–65.



УДК 612.8

## Methodical Approach to the Study of Intersystem Interaction of Human Cardiovascular System and Brain

Liliia Yukhymenko, Mykola Makarchuk

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine  
Correspondence: liyukhimenko@ukr.net

**Resume.** Our study presents theoretical and methodical aspects of the complex experimental electroencephalographic examination of brain and the electrocardiography of heart, which allow obtaining the results of measurements that can be used to assess the psychophysiological state of a person according to the brain-heart system. The investigation emphasizes on the importance of classifying people according to the level of functional mobility of the nervous processes. This research describes peculiarities and a sequence of realization of the experimental study of brain and heart in the resting state and during the performance of mental activity. Multiple approbation of this methodological approach with the participation of different contingents of surveyed persons suggests that such algorithm of a complex research enables to obtain a broad information basis for the evaluation of psychophysiological functions of a person and build predictions of their variability depending on changes of living conditions.

**Key words:** electroencephalography, cardiography, functional mobility of nervous processes, processing of information, brain and heart interaction.

## Методичний підхід до вивчення міжсистемної взаємодії серцево-судинної системи та мозку людини

Лілія Юхименко, Микола Макарчук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
Адреса для листування: liyukhimenko@ukr.net

Отримано: 12.05.18 ; прийнято до друку: 14.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Подано теоретичні та практичні аспекти комплексного експериментального електроенцефалографічного дослідження головного мозку та електрокардіографічного дослідження серця, що дає змогу отримувати результати вимірювань, які можуть бути використані для оцінювання психофізіологічного стану людини за системою «мозок-серце». Наголошується важливість класифікації людей за рівнем функціональної рухливості нервових процесів. Наведено особливості й послідовність реалізації експериментального дослідження мозку й серця в стані спокою та під час виконання розумової діяльності. Неодноразова апробація цього методичного підходу за участю обстежуваних різного контингенту дає підставу стверджувати, що такий алгоритм комплексних досліджень дає змогу отримувати широкий інформаційний базис для оцінки психофізіологічних функцій людини та будувати прогнози їх варіативності залежно від змін умов життєдіяльності. Застосування цього методичного підходу створює належні умови для проведення детального моніторингу психофізіологічних функцій, оптимізації профвідбору та профорієнтації у багатьох галузях життєдіяльності людини, а також може бути корисним у сфері медицини й реабілітації з метою корекції проявів патології мозку та серця.

**Ключові слова:** електроенцефалографія, кардіографія, функціональна рухливість нервових процесів, переробка інформації, взаємодія мозку і серця.

## Formulation of a Problem and its Value

At the present stage of development of the science and medicine in designs of complex investigation of the human organism the non-invasive tools of registration, monitoring and diagnosing the human functional states continue to be the most priority [1, 2]. Electroencephalography (EEG) and electrocardiography (ECG) relate precisely to such tools that allow us to investigate brain and heart function without resorting radical surgical methods [3]. The results of researches of heart and brain which we obtained with the help of modern EEG and ECG devices, evidence of its reliability because it reflect objectively the qualitative and quantitative characteristics of the functioning of the organism [4, 5].

## Analysis of Researches of this Problem

The study proved that EEG is a reliable method for evaluating biocurrents of brain, which is used to judge both the activity of the cerebral cortex, subcortex and many internal organs [6]. ECG enables to detect rhythm disturbances, monitor the flow of energy changes occurring in the myocardium, monitor the morphological rebuilding of the heart vessels and its walls, and establish changes in impulse conduction that can lead to the cardiovascular pathology [7]. In the first place, central nervous system controls the activity of the heart [8, 9]. Due to the rapid growth of the pace of life, the emergence of new occupations, the deterioration of ecology there is in the world the exponential growth of cardiovascular and neurological morbidity [10, 11]. In our time, scientists consider the diseases of the cardiovascular system as the main cause of cognitive impairment of both vascular and neurodegenerative genesis [12, 13]. They note that the violation of the cognitive functions of the brain is one of the typical concomitant disorders, which accompanies chronic heart failure and manifests by decreasing in memory,

attention, the speed of psycho-motor reactions [14, 15]. There is a point of view that the decreasing of cardiac output and stagnant phenomena of the circulatory system due to the insufficient pumping capacity of the heart cause the structural and functional changes in the brain [16, 17, 18] that greatly affects not only the quality of life, but also reduces its duration [19, 20, 21]. This situation causes the importance of a comprehensive study of functions of brain and heart, which can open up a new level of opportunities for timely diagnosis, rational treatment and rehabilitation of people with psychoneurological and cardiological diseases and also contributes increasing of competence of professional orientation and qualitative selection of personnel [22]. Particular importance for the full account of adaptive human capabilities to changing environment, based on the innate properties of the body is to take into account the typological features of higher human nervous activity [23, 24].

## Selection of Previously Unsettled Parts of the General Problem

Due to the development of views on the genetic determinism of the main nervous processes, particularly the functional mobility (FMNP), and its role in psychophysiological functions of a person [25, 26], the methods of the one-hour diagnosing of brain and heart according to the characteristics of the biosignals obtained during the EEG and ECG of a person, require to follow more precise algorithmic and detailed procedure. We believe that the proposed methodological approach to the complex experimental study of the cardiovascular system of a man and cerebral cortex will allow obtaining objective integral parameters of biosignals, which will make it possible to judge about the peculiarities of psychophysiological states of man, as well as to diagnose and predict their changes.

**Goal:** Considering of the methodical aspect of a complex experimental study.

## Methods and Sequence of the Research

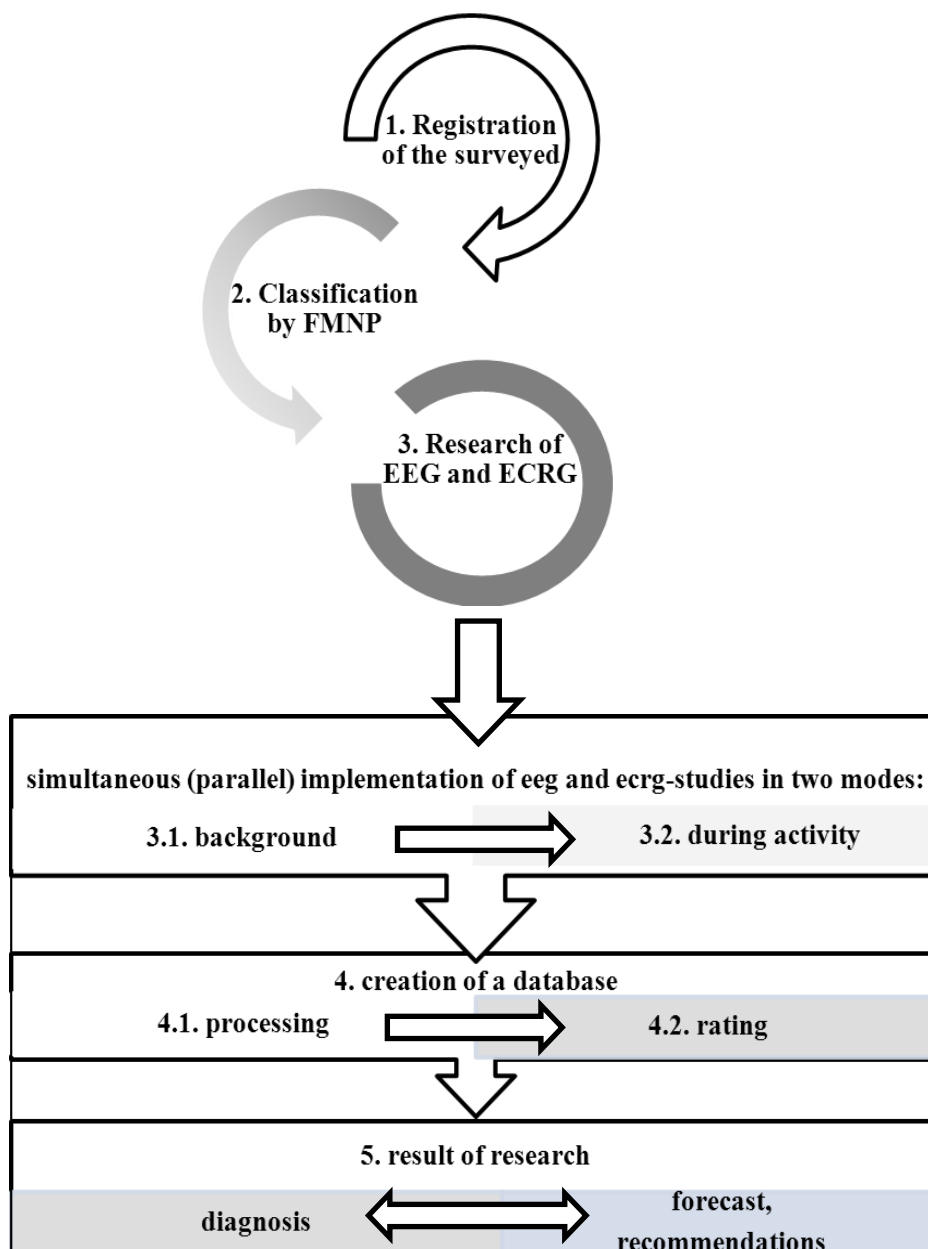
We recorded the biological currents of the brain according to EEG method with the help of the computer electroencephalograph Neurocom of the KhAI Medica. Also we carried out the fixing of biosignals of cardiovascular activity due to ECRG method by the device Cardiolab + (Kharkiv, Ukraine). We performed the establishment of the individual-typological properties of higher nervous activity (HNA) according to FMNP by the device Diahnost 1M according to the original method [27]. The total time of the experimental study was no more than 20 minutes. We carried out the statistical data processing in accordance with software used devices, as well as Excel 2010 packages, STATISTICA 6.0 for Windows, and using correlation, factor and cluster analysis. We examined all persons in accordance with the provisions of the Helsinki Declaration (1975, later editions 1996–2013). The research procedure was experimentally implemented on the basis of the Institute of Physiology named after M. Bосyi and the Department of Anatomy, Physiology and Physical Rehabilitation of the Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi.

### Presentation of the Main Material and Substantiation of the Study Results

We believed that the study of the brain and heart functions should have the several consecutive steps: - registration of passport and anthropometric data of the surveyed persons; - classification of the individuals according to the individual-typological peculiarities of the high nervous activity (according to the level of FMNP); - clarification and observance of conditions for the examination of psychophysiological functions; - parallel registration of EEG and ECRG in two modes: a) record of biosignals in a resting state (background); b) recording the biosignals in conditions of a real activity; - creation of the base of the actual

experimental data and their statistical processing; - analysis, scaling, integration of results, forecast, diagnostics, recommendations. We used the following algorithm of the complex experimental study to obtain the objective characteristics of the interaction of brain and heart (fig. 1). In accordance with the algorithm of the study procedure, in the first stage, we carried out the familiarization with the content, the sequence of planned inspections and their duration, entered the necessary data into a personal card (social, anthropometric data, current health status, chronic pathology, traumas in the past) and carried out the instructions on further participation in the experiment. To determine the maximum possible rate of a movement of the hand (for 30 seconds, the interval divided into 6 periods - 5 seconds each), we determined the profile of manual asymmetry. Also the authors of the article established the auditory asymmetry according to the psychoacoustic test of Movement of clock and determined the individual peculiarities of hearing (leading ear). We selected only those individuals for further research who had the asymmetric coefficients not less than 51 %. The research included the study of the current psychological background according to the test Feeling, activity, mood [28]. Also the study took into account the daily activity of the organism of the examined person. We worked according to the classical type of dynamics of a human work capacity, and our research assumed the observation of the highest level of psychophysiological functions in the time interval from 8 till 12–13 o'clock [29].

We carried out the research in a special sound and light-proof chamber, where we maintained the proper pressure, humidity and comfortable temperature. The examined person was in a comfortable armchair in a semi-lying position. Before conducting the research, he got 2–3 minutes to get accustomed to the electrode located on the head and the body, adjusting to the procedure



**Fig. 1.** Scheme of the Algorithm Realization of the Complex Procedure of the Brain and Heart Experimental Study

of research, which contributed to the reduction of artifacts occurring during EEG and ECRG records.

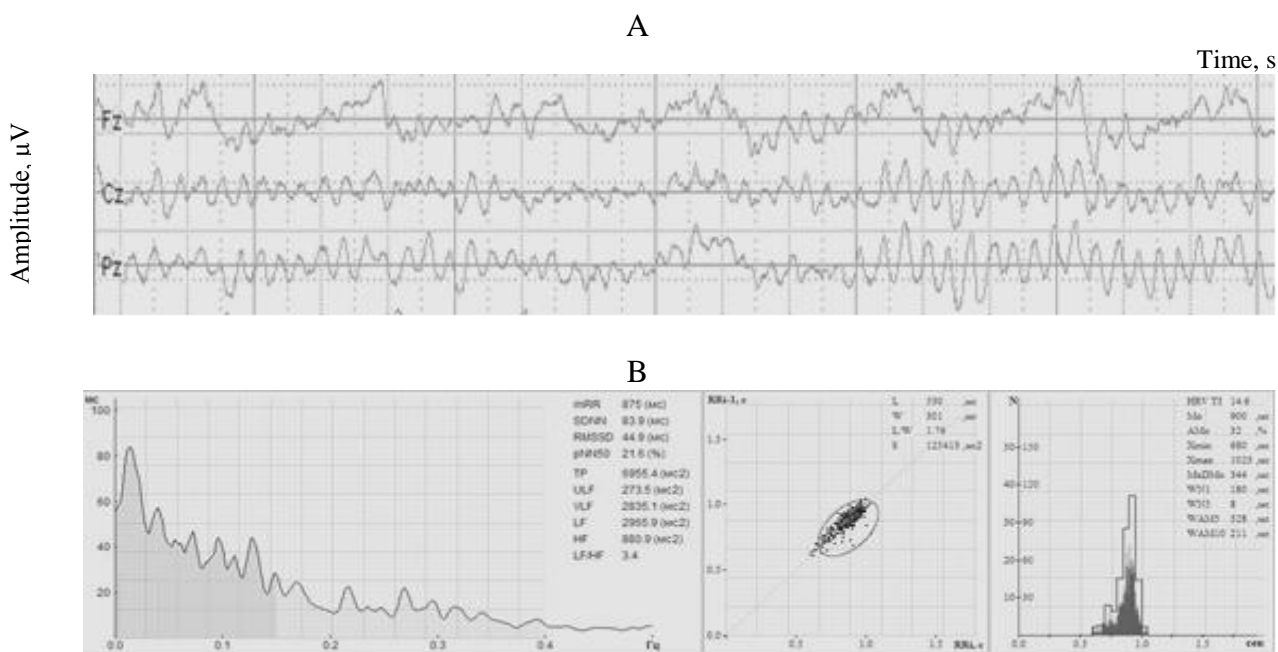
At the second stage of the study procedure, we determined the individual-typological features according to the characteristics of FMNP: - for the understanding of the characteristics of the latent period of perception of the stimulus by the receptors of the corresponding analyzer and carried out the

determination of the simple sensory-motor reactivity on stimuli of different modality (geometrical figures, sound tones); - to find out the associative processes, reactions of choice and differentiation of stimuli after 3-time training and the ability to quickly switch between excitation and inhibition [23]; - the study included the applying of the imposed rhythm mode, which allowed the detecting of the highest speed of the error-free

response of selection and differentiation of the stimulus for a limited amount of time; the research included also the using of the feedback mode as a criterion for the processes of autoregulation during the processing of complex information. We believe that in order to the modeling of the active work of brain and heart, a test of 5-minute processing and differentiation of sensory stimuli of auditory modality by the Diahnost 1M device should be used particularly in the feedback mode, which allows surveyed persons to adjust the pace of work to individual psychophysiological possibilities, which helps them to avoid fatigue [27]. The quantitative and qualitative parameters which were obtained in different test modes allowed us to receive an integral index of the level of FMNP.

We established the level of the investigated individual-typological property after determining of the absolute values of the FMNP. The maximum rate of presentation and processing of signals was considered as the indicator of the level of FMNP in which the surveyed person did not exceed 5,0–5,5 % of errors at the highest speed. Detection of the individual-typological features of HNA

according to FMNP allows taking into account the quantitative and qualitative characteristics of information processing and psychophysiological features of a man [25], manifested in both brain and heart functions [30, 31]. The third phase of the research was to implement the simultaneous fixation of the brain and heart biosignals initially in a resting state (background), and then during the performance of activities for the assessment of stationary and transient processes of the brain-heart system. We placed electrodes in accordance with the generally accepted scheme of 10–20 for unification of the research and possibility of comparing the obtained indicators [5, 32]. We began the recording of the heart biological currents from the first minute of the loading test and fixed them till the end of the 5 minute processing of information with subsequent spectral analysis of the heart rate variability [32, 33]. In our studies, the background record was designed for measurement of EEG and ECRG in the resting state of the examined individual. The recording of transient processes was represented by bioelectric oscillations in the form of a wave or a complex of waves which

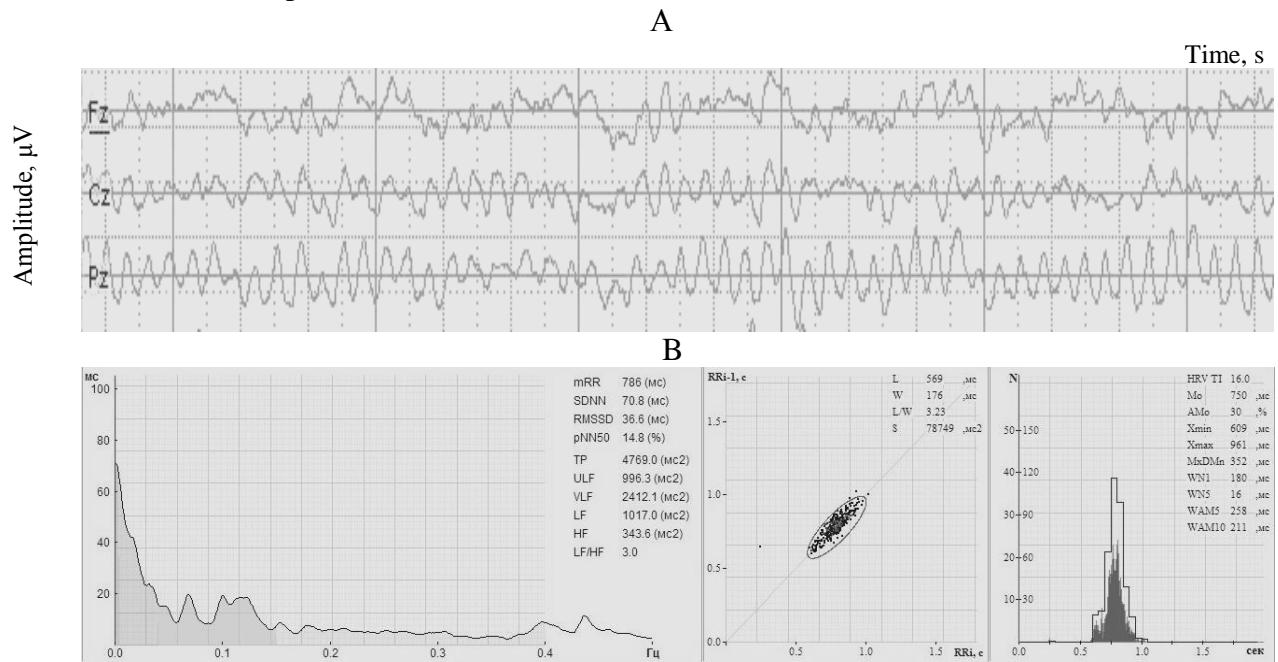


**Fig. 2.** Example of EEG (A) and ECRG (B) Background Recording of Operator With High Level of FMNP

were generating in a response to stimuli during an active work. This article presents the results of the examination of operators of the mobile communication in order to visualize the practical implementation of the research algorithm. We presented the fragments of the complex registration of EEG (in the leads of Fz, Cz, Pz) and ECRG in the background and during the activity (computer processing of information) of two operators with different

level of FMNP. Firstly according to the study scheme we carried out the fixing and analyzing of the one-hour background recording of EEG and ECRG of an operator with a high level of FMNP (fig. 2).

Then we were reordering and analyzing the complete recording of EEG and ECRG of the same operator during the performance of the work (fig. 3).



**Fig. 3.** Example of EEG (A) and ECRG (B) Recording of Operator With High Level of FMNP During the Performance of Work

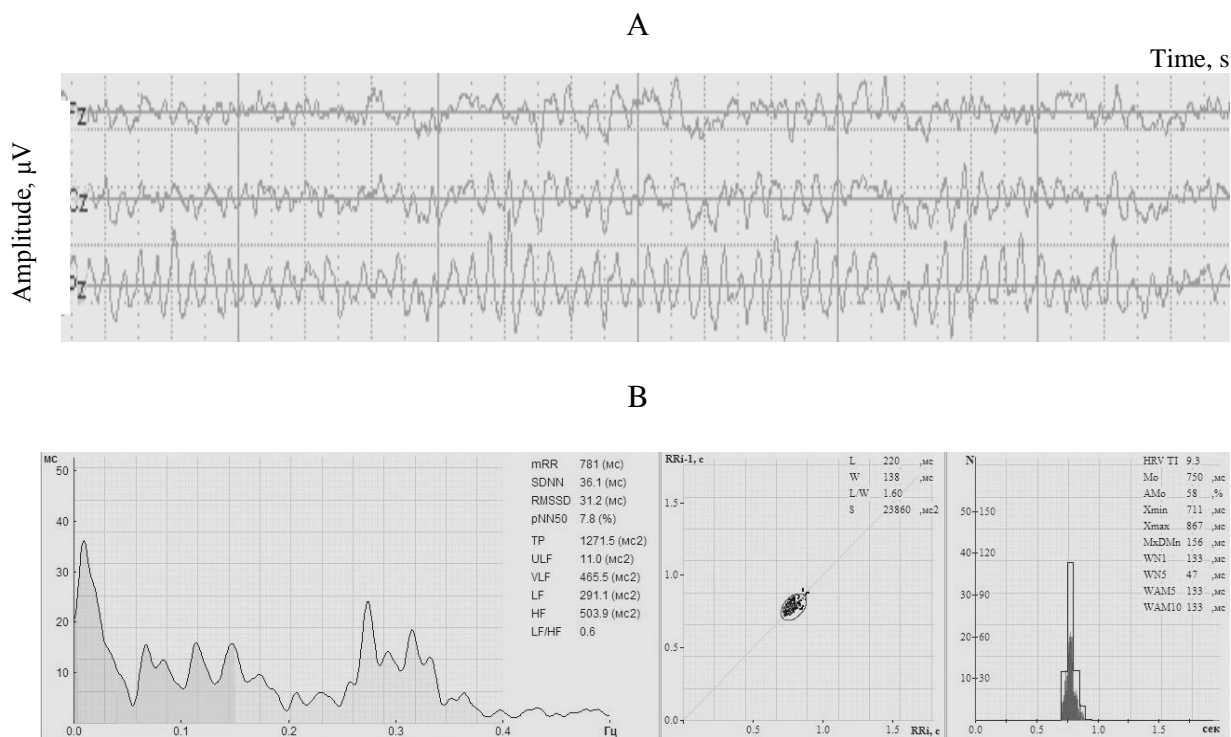
Similarly, we performed the registration and analysis of the biocurrents of the brain and heart of an operator, which had, for example, low FMNP under background conditions (fig. 4) and during the information processing (fig. 5).

Subsequently, we carried out the statistical analysis of the actual data of a complex study of the brain and heart of the surveyed persons with different gradations of the investigated typological properties in the resting state and during the processing of information.

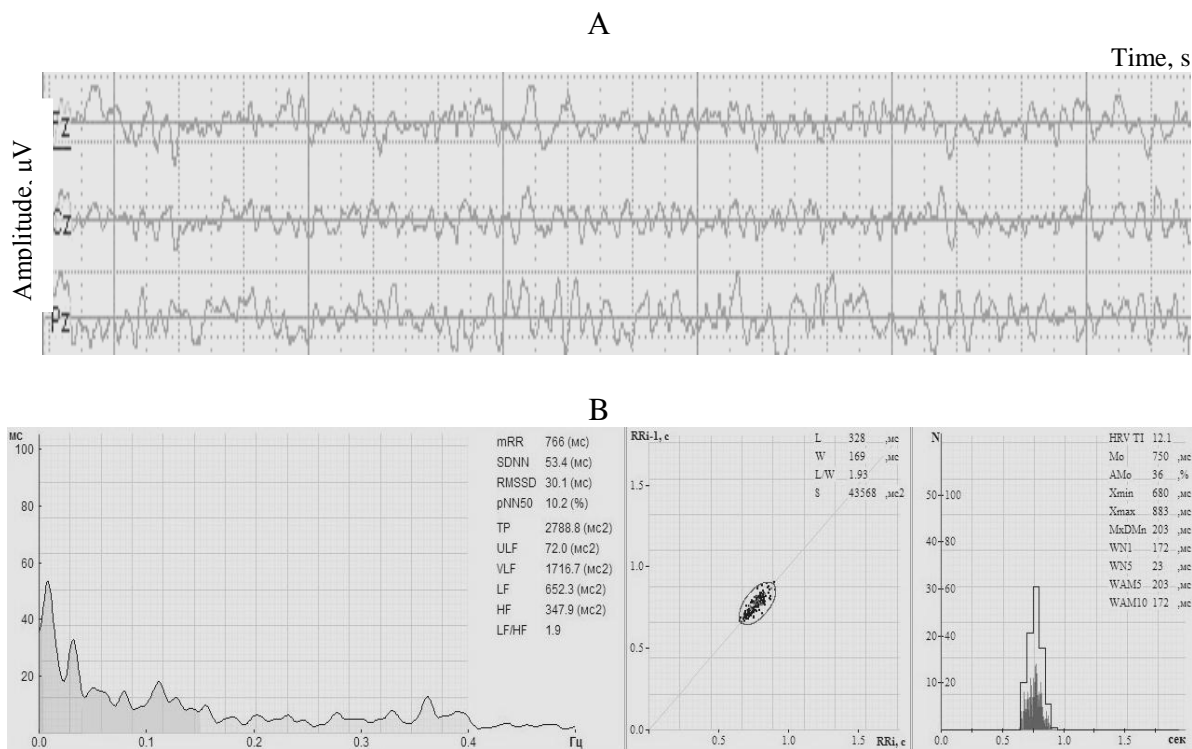
Earlier we carried out the survey of operators and used the same methodological approach which showed that the results of the comparison of EEG and ECRG records

indicated that there were no significant differences between the indices of individuals with different levels of FMNP obtained in the resting state ( $P \geq 0,05$ ). In contrast, the comparative analysis of the brain and heart parameters, which we were recording during the processing of information in individuals with different gradations of the investigated typological properties of HNA, detected differences in the spectral power of the heart rate, activation of the frontal and parietal portions of the cerebral cortex and the power of  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\theta$ -ranges of waves of the frontal, temporal and occipital regions of the cerebral cortex ( $P \leq 0.05-0.01$ ). The authors of the article found out that the operators with a





**Fig. 4.** Example of EEG (A) and ECRG (B) Background Recording of Operator with Low Level of FMNP



**Fig. 5.** Example of EEG (A) and ECRG (B) Recording of an Operator with a Low Level of FMNP During the Performance of Work

high level of FMNP achieved more quantity of the processing of stimuli (which indicated on the higher effectiveness of the performed activity) by increasing the tension of neurodynamic, neurophysiological and autonomic mechanisms of the cardiac regulation [34, 35, 36, 37]. We received the similar data, which were recorded by the same study procedure of the examination of students that confirmed the results that we were getting during the research of the mobile communication operators. Thus elucidation of the neurovisceral features of the processing of the sensory information of students with different levels of FMNP allowed us to identify the individual-typological peculiarities of interactions in the brain-heart system, which pointed on the existence of different strategies for their autoregulation [34, 38, 39].

It is known that parameters of the biosignals of EEG and ECRG which are fixed with the help of an electroencephalograph and an electrocardiogram have the relevant features which reflect a certain physiological meaning [40]. It should be assumed that the actual material, collected during this procedure of the integrated study of human brain and heart, can be the basis for assessing the psycho-physiological functions of people of different functional states (resting state and real activity) and also has the differences of the level of the individual-typological properties of HNA. The results of our studies showed that the signals of biocurrents of brain, in so-called  $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\theta$ -ranges of frequencies in all leads that had the generally recognized characteristics of frequency and power of the rhythm spectra ( $\alpha$ -rhythm of 8–13 Hz, 30–70  $\mu$ V;  $\beta$ -rhythm 14–35 Hz, 5–30  $\mu$ V;  $\theta$ -rhythm 4–7 Hz, 25–35  $\mu$ V), zonal activity (for every rhythm), amplitude and frequency of asymmetry carry an important information and were required for inclusion [5, 8]. Their fixation and analysis makes it possible to judge about the involvement of the cortical and subcortical structures in the creating of an

emotional background and the support of attention due to  $\theta$ -rhythm indices [41], activating memory mechanisms according to the changes of  $\alpha$ -rhythm [42], as well as to take into account the effects of nonspecific systems of the central nervous system according to the activity of the cerebral cortex at  $\beta$ -rhythm fluctuations [43], which lasted directly during the processing of information.

Analysis of biocurrent of the heart due to SDNN and spectral characteristics of the cardiac rhythm (very low frequencies of 0–0,04 Hz (VLF), low frequencies of 0,04–0,15 Hz (LF), high frequencies of 0,15–0,4 Hz (HF), general oscillation power of 0–0,4 Hz (TP), as well as weight-sympathetic balance (LF / HF) [32, 33, 44], allowed us to identify different strategies of adaptive reorganization and differences in the tension of regulatory mechanisms of individuals with different levels of FMNP in conditions of a real activity.

### **Conclusions and Perspectives of the Further Research**

Consequently, the proposed experimental study procedure with the use of the typological approach to the brain-heart system was repeatedly approbated and proved the possibility of the obtaining an objective information about the psychophysiological state of man and the individual characteristics of the interaction of brain and cardiovascular system in real conditions of activity. Due to the subsequent statistical processing of the brain and heart biorhythms with using factor and cluster analysis it becomes possible to realize with certain authenticity the diagnostic and prognosis of the psychophysiological functions of the organism.

The development of the differential scales for assessing the work of the brain-heart system according to the basis of the individual neurodynamic and neurovegetative characteristics, which should be used as a criterion for the diagnostic or prognosis of the

psychophysiological functions of a person, is one of the prospects of our further research. In our opinion, the information, obtained as a result of experimental research, will serve as the basis for an expert assessment that will have a genetically determined basis according to the individual-typological peculiarities of a person and will allow the detailed monitoring of the psychophysiological functions, optimize the professional selection in many areas of the human life and will be useful in the field of medicine and rehabilitation in order to correct the manifestations of the brain and heart pathology.

So we have considered the methodical approach of the complex experimental study of the brain's and heart's interaction for the determining objective quantitative and qualitative characteristics of the biosignals, as well as the necessity of classification of people, according to the level of their individual-typological features (functional mobility of nervous processes). Also we have analyzed the peculiarities of realization of experimental research during background conditions and real activity and have proposed the complex procedure of implementation the integrated experimental research according to the basis of the typological approach which has allowed the creating of a powerful information basis for the evaluation of the psychophysiological functions of a person.

## Literature

1. Панченко, О. А.; Минцер, О. П. *Применение информационных технологий в современной реабилитологии*. КВИЦ: Киев, 2013; с 25–72.
2. Олар, О. І.; Микитюк, О. Ю.; Федів, В. І. Інноваційні технології в медицині: стан і перспективи. *Буковинський медичний бюллетень*, 2013; 17, 2(66), с 155–160.
3. Nelson, M. R.; Stepanek, J.; Cevette, M.; Covalciuc, M.; Hurst, R. T.; Tajik, A. J. Noninvasive Measurement of Central Vascular Pressures With Arterial Tonometry: Clinical Revival of the Pulse Pressure Waveform? *Mayo Clinic Proceedings* 2010; 85(5), 460–472.

4. Макаруч, М. Ю.; Куценко, Т. В.; Кравченко, В. І.; Данилов, С. А. *Психофізіологія: навчальний посібник*. ООО Інтерсервіс: Київ, 2011; с 31–51.
5. Чернинський, А. О.; Крижановський, С. А.; Зима, І. Г. *Електрофізіологія людського мозку: методичні рекомендації до практикуму*. Видавець В. С. Мартинюк: Київ, 2011; с 5–35.
6. Гнездицкий, В. В. *Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга)*. МЕДпресс; информ: Москва, 2004; с 34–47.
7. Greene, S. J.; Vaduganathan, M.; Wilcox, J. E.; Harinstein, M. E.; Maggioni, A. P.; Subacius, H.; Zannad, F.; Konstam, M. A.; Chioncel, O.; Yancy, C. W.; Swedberg, K.; Butler, J.; Bonow, R. O.; Gheorghade, M. The prognostic significance of heart rate in patients hospitalized for heart failure with reduced ejection fraction in sinus rhythm. *European Journal of Heart Failure* 2013; 6, 48–806.
8. Seeley, R. R.; Stephens, T. D.; Tate, P. *Anatomy and physiology* (6th ed). McGraw-Hill (TSDAS Digital Library: QP34.5 See): Boston, 2003.
9. Солодков, А. С.; Сологуб, Е. Б. *Физиология человека. Общая. Виды спорта*. Спорт: Москва: Спорт, 2018; с 123–135.
10. Filippatos, G.; Khan, S. S.; Ambrosy, A. P.; Cleland, J. G.; Collins, S. P.; Lam, C. S.; Angermann, C. E.; Ertl, G.; Dahlstrom, U.; Hu, D.; Dickstein, K.; Perrone, S. V.; Ghadanfar, M.; Bermann, G.; Noe, A.; Schweizer, A.; Maier, T.; Gheorghade, M. REgistry to assess medical Practice with l Ongitudinal obseRvation for Treatment of Heart Failure (REPORT-HF): rationale for and design of a global registry. *European Journal of Heart Failure* 2015; 17, 527–533.
11. Рачин, А. П.; Выговская, С. Н.; Нувахова, М. Б.; Дорогинина, А. Ю. Хроническая церебральная ишемия: от правильного диагноза до адекватной терапии. *Российский медицинский журнал* 2015; 12, с 694–698.
12. Maggioni, A. P.; Dahlstrom, U.; Filippatos, G.; Chioncel, O.; Crespo Leiro, M.; Drozd, J.; Fruhwald, F.; Gullestad, L.; Logeart, D.; Fabbri, G.; Urso, R.; Metra, M.; Parissis, J.; Persson, H.; Ponikowski, P.; Rauchhaus, M.; Voors, A. A.; Wendelboe Nielsen, O.; Zannad, F.; Tavazzi, L. Heart Failure Association of the European Society of Cardiology (HFA). EURO observational Research Programme: regional differences and 1-year follow-up results of the Heart Failure Pilot Survey (ESC-HF Pilot). *European Journal of Heart Failure* 2013; 15, 808–817.
13. Богданов, А. Р.; Богданов, П. П.; Мазо, В. К.; Феофанова, Т. Б. Когнитивные нарушения при дисциркуляторной энцефалопатии и ожирении. *Международный научно-исследовательский журнал* 2015; 15(2), с 46–51.

14. Vogels, R. L.; Scheltens, P.; Schroeder-Tanka, J. M.; Weinstein, H. C. Cognitive impairment in heart failure: a systematic review of the literature. *European Journal of Heart Failure* 2007; 9, 440–449.
15. Mohebbi, M.; Nguyen, V.; McNeil, J. J.; Woods, R. L.; Nelson, M. R.; Shah, R. C.; Storey, E.; Murray, A. M.; Reid, C. M.; Kirpach, B.; Wolfe, R.; Lockery, J. E.; Berk, M. Psychometric properties of a short form of the Center for Epidemiologic Studies Depression (CES-D-10) scale for screening depressive symptoms in healthy community dwelling older adults. *General Hospital Psychiatry* 2018; 51, 118–125.
16. Tavazzi, L.; Senni, M.; Metra, M.; Gorini, M.; Cacciatore, G.; Chinaglia, A.; Di Lenarda, A.; Mortara, A.; Oliva, F.; Maggioni, A. P. Outcome Investigators. Multicenter prospective observational study on acute and chronic heart failure: the one-year follow-up results of IN-HF outcome registry. *Circulation Heart Failure* 2013; 6, 473–481.
17. Ambrosy, A. P.; Fonarow, G. C.; Butler, J.; Chioncel, O.; Greene, S. J.; Vaduganathan, M.; Nodari, S.; Lam, C. S.; Sato, N.; Shah, A. N.; Gheorghiade, M. The global health and economic burden of hospitalizations for heart failure: lessons learned from hospitalized heart failure registries. *Journal of the American College of Cardiology* 2013; 63, 1123–1133.
18. Воронков, Л. Г.; Солонович, А. С. Когнітивна дисфункція при хронічній серцевій недостатності: механізми, наслідки, можливості корекції. *Серцева недостатність та супутні захворювання* 2017; 2, с 39–46.
19. Gaviria, M.; Pliskin, N.; Kneu, A. Cognitive impairment in patients with advanced heart failure and its implication on decision-making capacity. *Congest Heart Fail* 2011; 17, 175-179.
20. Hajduk, A. M. Cognitive impairment and self-care in heart failure. *Clinical Epidemiology* 2013; 5, 405–415.
21. Cook, T. D.; Greene, S. J.; Kalogeropoulos, A. P.; Fonarow, G. C.; Zea, R.; Swedberg, K.; Zannad, F.; Maggioni, A. P.; Konstam, M. A.; Gheorghiade, M.; Butler, J. Temporal Changes in Postdischarge Mortality Risk After Hospitalization for Heart Failure (from the EVEREST Trial), *American Journal of Cardiology* 2016; 117, 4, 611–616.
22. Thayer, J. F.; Ahs, F.; Fredrickson, M.; Sollers III, J. J.; Wager, T. D. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral* 2012; 36(2), 747–756.
23. Макаренко, М. В. Метод проведення обстежень та оцінки окремих нейродинамічних властивостей вищої нервової діяльності людини. *Фізіологічний журнал* 1999; 45(4), с 125-131.
24. Моренко, А. Г. *Особенности мозговых процессов под час выполнения мануальных рухів у відповідь на сенсорні сигнали осіб з високою та низькою альфа-частотою*. Східноєвропейський національний ун-т ім. Л. Українки: Луцьк 2014; с 7–8, с 151–182.
25. Makarenko, M. V. *Sensomotor reactivity and the success of flight training*. *Military medicine of Ukraine* 2016; 16, 52–57.
26. Поручинська, Т. Ф.; Шевчук, Т. Я.; Романюк, А. П.; Дмитроца, О. Р. Особенности тета-активности ЕЕГ мозга осіб з різною силою нервових процесів при вербальній та невербальній активності. *Біологічні системи* 2016; 8(1), с 138-142.
27. Макаренко, М. В.; Лизогуб, В. С.; Галка, М. С.; Юхименко, Л. І.; Хоменко, С. М. *Метод оцінки психофізіологічного стану слухового аналізатора*. Патент на винахід 96496 ІРС А 61В5 / 16, UA pub. 10.11.2011. Бюл 21.
28. Миронова, Е. Е. *Сборник психологических тестов*. Женский институт ENVILA: Минск 2005; с 15–82.
29. Голінько, В. І.; Клочков, В. Г.; Чеберячко, С. І. *Аналіз умов праці операторів*. НГУ: Донецк 2010; с 24-78.
30. Макаренко, М. В.; Лизогуб, В. С.; Юхименко, Л. І. Реакции автономной нервной системы студентов с различными свойствами высшей нервной деятельности в ситуации экзаменационного стресса. *Физиология человека* 2006; 32(3), с 136–138.
31. Макаренко, М. В.; Лизогуб, В. С.; Юхименко, Л. І.; Хоменко, С. М. Серцевий ритм у людей з різними рівнями обробки слухової інформації. *Фізіологічний журнал* 2011; 57(3), с 33–39.
32. Anonymous. *Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use*. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology 1996; 1, 93(5), 1043–65.
33. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. *Ультразвуковая и функциональная диагностика* 2001; 3, с 106–127.
34. Макаренко, Н. В.; Лизогуб, В. С.; Юхименко, Л. І.; Хоменко, С. Н. Технология анализа индивидуально-типологических особенностей высшей нервной деятельности на базе комплекса «Диагност-2». Материалы XVI Международной Конференции по нейрокибернетике Ростов-на-Дону, Россия, сентябрь 24-28, 2012; Кирой В. Н., Шапошников Г. Д., Петровский В. В., Бутенко В. С., Подладчикова Л. Н., Самарин А. И., Сухов А. Г., Федоренко Г. М., Узденский А. Б., Хренкова В. В., Фокин В. Ф. Ред.; НИИ СФУ, 2012; с 196–199.

35. Макаренко, Н. В.; Лизогуб, В. С.; Юхименко, Л. И.; Хоменко, С. Н. Регуляция работы сердца во время слухомоторной деятельности операторов мобильной связи с разным уровнем функциональной подвижности нервных процессов. *Актуальные проблемы транспортной медицины* 2013; 2(32), с 78-84.
36. Лизогуб, В. С.; Макаренко, Н. В.; Юхименко, Л. И.; Хоменко, С. Н.; Кожемяко, Т. В. Роль свойств основных нервных процессов и психофизиологических функций в обеспечении деятельности операторов мобильной связи. *Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences* 2013; 1, 2(15), с 7-13.
37. Юхименко, Л. И.; Макаруч, М. Ю.; Хоменко, С. М. З'ясування нейродинамічних та нейровегетативних критеріїв успішності праці операторів мобільного зв'язку. Тези Доповідей VI Всеукраїнської Науково-практичної Конференції, Черкаси, Україна, Вересень 20-22, 2017; ЧНУ: Черкаси, 2017; с 87.
38. Yukhymenko, L.; Khomenko, S. Structural organization of psychophysiological functions of human in conditions of real activity. *Scientific journal Fundamentalism scientiam* 2017; 10(10), 10-15.
39. Yukhymenko, L. Individual features of heart rhythm and electrical resistance of the skin in conditions of sensory-motor reaction in people with different level of functional mobility of nervous processes. *Colloquium-journal* 2018; 2(13), 4-7.
40. Shyh-Yueh, Cheng. *Mental Fatigue Measurement Using EEG*, Hong-Te Hsu Risk Management Trends, Ed. By Giancarlo Nota 2011; 56-64.
41. Павленко, В. Б. Нейробиологические факторы психической индивидуальности и их электрофизиологические корреляты. В кн.: Системные реакции в биопотенциалах головного мозга человека и животных (коллективная монография) 2001; Симферополь с 276-336. [http://pfl.crimea.edu/art\\_9.pdf](http://pfl.crimea.edu/art_9.pdf).
42. Klimesch, W.; Sauseng, P.; Hanslmayr, S. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis. *Brain Research Reviews* 2007; 53, 63-88.
43. Тебенова, К. С. Изучение биоэлектрической активности мозга операторов телефонной станции. *Современные проблемы науки и образования* 2009; 4, с 138-141.
44. Wrisswalter, J.; Collardeau, M.; Arcelin, R. Effects of the exercise on cognitive performance. *J Sports Medicine* 2002; 32, 555-566.



УДК: 612.886

## Метод створення вестибулярного навантаження та його вплив на серцево-судинну систему фехтувальників

Назарій Андрейук

Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, Україна  
Адреса для листування: andreynkazariy@gmail.com

Отримано: 22.05.18; прийнято до друку: 22.06.18; опубліковано: 25.06.18

**Резюме.** Розглянуто вплив вестибулярного навантаження на серцево-судинну систему спортсменів-фехтувальників.

**Мета статті** – дослідження впливу вестибулярного навантаження на серцево-судинну систему, обґрунтування специфічної методики створення вестибулярного навантаження для спортсменів-фехтувальників.

Класичні обертальні проби створюють неспецифічне вестибулярне навантаження для спортсменів-фехтувальників. Тому запропоновано створювати вестибулярне навантаження за допомогою лінійного прискорення. При з'ясуванні впливу на серцево-судинну систему вестибулярного навантаження, що створювалося лінійними й кутовими прискореннями, визначалися показники роботи серцево-судинної системи кожного спортсмена до та після вестибулярного навантаження за змінами ЧСС, артеріального та пульсового тиску. Для створення лінійного прискорення спроектовано спеціальну платформу.

За результатами досліджень спортсменів розподілено на дві групи – залежно від реакції на вестибулярне навантаження активацією симпатичного або парасимпатичного відділу ВНС. Вплив вестибулярного навантаження на серцево-судинну систему спортсменів кожної групи був протилежним. Якщо в одній групі підвищується ЧСС і знижується АТ, то в іншій – навпаки. Після лінійних прискорень всі показники діяльності ССС у спортсменів обох груп змінилися так, як і після кутових. Проте величина змін була дещо меншою, тому що лінійні прискорення є звичними для фехтувальників.

Результати дослідження показали, що можливо й доцільно використовувати лінійне різноспрямоване вестибулярне навантаження для фехтувальників, тому що це пов'язано зі специфікою цього виду спорту.

**Ключові слова:** вестибулярне навантаження, серцево-судинна система, артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, пульсовий тиск, фехтувальники.

## Method of Creation of a Vestibular Load and its Influence on Cardiovascular System of Fencers

Nazariy Andreyuk

National University of Physical Education and Sports of Ukraine, Kiev, Ukraine  
Correspondence: andreynkazariy@gmail.com

**Resume.** In the article the effect of vestibular loading on the cardiovascular system of fencers. The purpose of the article is to investigate the effect of vestibular loading on the cardiovascular system, and to substantiate the specific method of creating a vestibular load for fencers. Classic rotary tests create a non-specific vestibular load for fencers. Therefore, it is proposed to create a vestibular load with the help of linear acceleration. In

determining the effect on the cardiovascular system of the vestibular load generated by linear and angular accelerations, the performance of the cardiovascular system of each athlete were determined before and after the vestibular loading after changes in heart rate, arterial pressure and pulse pressure. To create a linear acceleration, a special platform was designed. According to the results of the research, athletes were divided into two groups – depending on the reaction to the vestibular load by activating the sympathetic or parasympathetic department of the VNS. The influence of the vestibular load on the cardiovascular system of the athletes of each group was the opposite. If in one group increases heart rate and decreases blood pressure, then in the other, on the contrary. After linear acceleration, all performance indicators of the cardiovascular system athletes of both groups changed as well as after the angular accelerations. However, the magnitude of the changes was lower, because linear acceleration is commonplace for fencer. The results of the study showed that it is possible and appropriate to use a linear multi-directional vestibular load for fencers, because this is due to the specifics of this sport.

**Key words:** vestibular load, cardiovascular system, arterial pressure, heart rate, pulse pressure, fencers.

## **Вступ**

Зацікавленість фізіологів у вивченні проблем вестибулярної стійкості залишається досить високою, адже висока вестибулярна стійкість сприяє підтриманню стійкої рівноваги організму людини під час спокою й руху. Вона дає змогу виробляти й підтримувати різні рухові навички, є показником резервних можливостей людини. Умови виконання професійної діяльності працівників певних сфер вимагають від них, крім відмінного володіння професійними навичками, високого рівня розвитку фізичних якостей і координації рухів. Важливо мати хорошу тренованість вестибулярного апарату, який допомагає протидіяти такому негативному явищу, як захитування. Особливо це стосується військових, моряків, пілотів та спортсменів. Зниження вестибулярної стійкості призводить до погіршення функціонального стану й порушення працездатності.

Дослідження впливу вестибулярних подразників на організм людини розкриває значна кількість робіт. Існують праці, які спрямовані на вияв професійних [1] або вікових особливостей функціонування вестибулярного апарату [2, 3].

У деяких роботах аналізується вплив окремих видів спорту на становлення вестибулярної функції та зворотний вплив функціонального стану вестибулярної системи на прояв рухових можливостей спортсменів [4]. Вивчення функції

вестибулярного апарату в клініці та в умовах лабораторних дослідів показало, що не всі спортсмени володіють однаковою вегетативною реакцією на вестибулярні подразнення [5, 6]. Установлено, що ступінь вираженості соматичних рефлексів залежить від сили сенсорної реакції. Специфічні соматосенсорні реакції при подразненні вестибулярного апарату супроводжуються підвищенням тону вегетативної нервової системи, що пізніше викликає прояв вегетативних реакцій [7, 8].

На сьогодні все більш важливим стає дослідження вестибулярної функції спортсменів-єдиноборців [9], адже під час сутички із супротивником ключову роль відіграють рухи, ефективність яких визначається точністю просторового орієнтування, яка, зі свого боку, залежить від функціонування вестибулярного апарату. Особливо це стосується фехтувальників, адже вони під час бою постійно піддаються вестибулярним навантаженням внаслідок швидких змін напряму пересувань, ухилів і різких поворотів, а точність рухів спортсмена є однією з найважливіших умов для отримання результату.

Виходячи з вищевикладеного, вивчення впливу вестибулярного навантаження, зокрема на серцево-судинну систему фехтувальників, видається актуальним завданням спортивної фізіології. **Мета статті** – дослідження впливу вестибулярного навантаження на серцево-судинну систему фехтувальників різного рівня

підготовки. Досягнення мети передбачає обґрунтування специфічної методики створення вестибулярного навантаження для спортсменів-фехтувальників.

## Матеріали та методи

Під час підготовки до проведення основних досліджень ми зіткнулися з тим, що класичні обертальні проби [10, 11] створюють неспецифічне вестибулярне навантаження для спортсменів-фехтувальників, і тому використання таких проб буде некоректним. Адже, хоч фехтувальники й виконують обертальні рухи під час бою, проте їх частка досить невелика. Бій фехтувальника, навпаки, складається в основному з постійних лінійних прискорень і гальмувань, що, як відомо, також створює вестибулярне навантаження, але воно має дещо інший механізм впливу на вестибулярний апарат.

Згідно із сучасними даними, вестибулярний апарат складається з отолітового апарату й півколових каналів. Саме півколові канали відповідають за збереження рівноваги під час кутових прискорень. Початковий кінець півколових каналів має розширення – ампули. На внутрішній поверхні ампул розміщені гребінці, на вершині яких згруповані волоскові клітини, над якими – драглиста маса. Волоски цих клітин занурені в драглисту масу й збуджуються від рухів ендолімфи, що виникають при обертанні голови в просторі. При цьому простежуємо різницю потенціалів, у результаті якої виділяється регулятор, що стимулює закінчення волокон вестибулярного нерва.

Ортогональне розміщення ампул півколових каналів призводить до того, що подразником є прискорення або вповільнення обертання в певних площинах. Оскільки ендолімфа півколових каналів має таку саму щільність, що й драглиста маса ампул, прямолінійні прискорення не впливають на стан волосків. При обертанні голови або тіла в

цілому з'являються кутові прискорення. Тоді драглиста маса починає рухатися, збуджуючи рецепторні клітини.

З іншого боку, отолітовий апарат реагує саме на лінійні прискорення. Він має два перетинчасті мішечки, на внутрішній поверхні яких розміщені рецептори отолітового апарату. Це рецепторні волоскові клітини, які мають волоски двох типів: багато тонких і коротких та по одному більш товстому й довгому волоску, зануреному в драглисту масу розміщеної над ними отолітової мембрани. Мембрана містить безліч дрібних кристалів фосфату та карбонату кальцію, так званих отолітів (вушне каміння). Завдяки вушному камінню, щільність отолітової мембрани більша за густину навколишнього середовища. При зміні сили тяжіння, або лінійному прискоренні, отолітова мембрана зміщується щодо рецепторних клітин, волоски їх згинаються, і в них виникає збудження. Отже, отолітовий апарат реагує як на горизонтальне, так і на вертикальне лінійне прискорення.

Ураховуючи ці дані, ми почали пошук методик, які б дали нам змогу створити дозоване вестибулярне навантаження лінійними прискореннями. Проте в доступній нам літературі не знайдено таких методик, які б описували проведення подібних досліджень.

Ураховуючи вказані особливості будови й функціонування вестибулярного апарату, ми припустили, що дія вестибулярного навантаження, створеного як лінійним, так і кутовим прискоренням, на ВНС фехтувальників має бути, якщо не однаковою, то дуже подібною за своїм ефектом.

Для підтвердження цієї гіпотези нами проведено дослідження на базі кафедри медико-біологічних дисциплін Національного університету фізичного виховання і спорту України. У дослідженнях брали участь 19 фехтувальників із різними спортивними результатами, що не мали проблем зі



здоров'ям і були віднесені до основної медичної групи. Усі обстежувані поінформовані стосовно схеми проведення обстежень і надали письмову згоду відповідно до Гельсинської етичної декларації.

Суть дослідження полягала у визначенні спільних або відмінних рис впливу на серцево-судинну систему вестибулярного навантаження, що створювалося лінійними й кутовими прискореннями. Визначали показники роботи серцево-судинної системи кожного спортсмена до та після вестибулярного навантаження.

Вплив на серцево-судинну систему визначався змінами:

– частоти серцевих скорочень (ЧСС) – вимірювався за допомогою пульсометра Polar;

– артеріального тиску (АТ) – вимірювався тонометром A&D Medical, за методом Короткова;

– пульсового тиску – розраховувався на основі показників систолічного та діастолічного артеріального тиску.

Кутові прискорення створені при обертанні учасників на кріслі Барані, сидячи з опущеною головою й заплющеними очима ліворуч упродовж 20 секунд зі швидкістю один повний оберт за 2 секунди.

Для створення лінійного прискорення нами спроектовано та зібрано спеціальну платформу, яка давала змогу піддавати учасників лінійним прискоренням і швидко змінювати напрямок руху. Ця платформа складалася з чотирьох необертових коліс, що витримували навантаження в 50 кг кожне, спеціального щільного піддона розміром 1 м x 1 м та крісла, на якому міг із певною комфортністю перебувати будь-який учасник досліджень незалежно від його ваги чи зросту. Платформу рухало фізичне зусилля, створене лаборантом.

Таблиця 1

**Вплив кутових та лінійних прискорень на серцево-судинну систему спортсменів першої групи**

	Кутове навантаження								Лінійне							
	ЧСС		АТ				ПТ		ЧСС		АТ				ПТ	
	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	систолічне		діастолічне		до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	систолічне		діастолічне		до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження
			до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження					до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження				
1	68	75	120	109	63	59	50	57	66	70	114	110	63	61	49	51
2	67	71	139	131	93	80	51	46	64	67	134	129	86	83	46	48
3	65	71	108	103	70	66	37	38	63	66	112	105	67	65	40	45
4	52	65	119	121	75	70	51	44	54	61	125	123	80	74	49	45
5	68	75	117	111	61	56	55	56	63	67	112	107	59	55	52	53
6	65	73	120	112	76	70	42	44	60	65	115	109	70	68	41	45

Платформа рухалася протягом 20 секунд зі швидкістю 3 м за секунду, змінюючи напрям на протилежний кожні 2 секунди. Тривалість проведення проби була обрана не випадково. Саме

така тривалість часу в середньому потрібна для нанесення уколу під час фехтувального бою. Тому, враховуючи, що нами створювався специфічний метод вестибулярного навантаження саме

для фехтувальників, вважаємо, що такий вибір є доцільним.

Усі отримані дані піддавалися статистичній обробці за допомогою непараметричного критерію Вілкоксона [12].

### Результати та обговорення

Під час проведення досліджень й аналізу отриманих даних нами з'ясовано, що не всі спортсмени однаково реагують на вестибулярне навантаження. За результатами досліджень їх розподілено на дві групи:

1) спортсмени, які відповідають на вестибулярне навантаження активацією

симпатичного відділу ВНС (6 осіб);

2) спортсмени, які відповідають на вестибулярне навантаження активацією парасимпатичного відділу ВНС (13 осіб).

Як видно з наведеної таблиці, вплив вестибулярного навантаження на серцево-судинну систему спортсменів цієї групи був різним, проте характер цих змін схожий. Так, ЧСС у середньому збільшилася на 7,5 уд/хв, систолічний тиск зменшився в середньому на 6 мм рт. ст., а діастолічний – на 6,16 мм рт. ст. Водночас середня зміна пульсового тиску дорівнювала 5,66 мм рт. ст

Таблиця 2

### Вплив кутових та лінійних прискорень на серцево-судинну систему спортсменів другої групи

	Кутове навантаження								Лінійне							
	ЧСС		АТ				ПТ		ЧСС		АТ				ПТ	
	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	систолічне		діастолічне		до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	систолічне		діастолічне		до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження
			до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження	до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження					до вестибулярного навантаження	після вестибулярного навантаження				
1	68	64	110	115	70	78	40	37	68	64	115	126	78	80	37	46
2	83	76	109	118	67	77	42	41	80	78	118	122	77	79	41	43
3	67	58	115	121	73	80	42	41	65	63	131	135	80	86	51	49
4	71	62	128	133	81	86	47	47	70	68	133	142	75	81	58	61
5	73	69	130	135	78	88	52	47	71	68	133	138	82	85	51	53
6	75	75	144	130	73	70	71	60	75	73	130	144	70	73	60	71
7	55	50	105	107	70	74	35	33	57	54	107	109	74	75	33	34
8	81	73	130	134	86	90	44	44	77	74	134	138	75	85	59	53
9	79	70	110	116	67	70	43	46	74	69	116	130	70	89	46	41
10	81	73	107	109	75	78	32	31	75	71	109	122	78	81	31	41
11	60	58	110	110	60	60	50	50	63	60	110	141	60	65	50	76
12	64	59	120	123	71	72	49	51	61	58	123	130	72	78	51	52
13	71	66	112	116	70	70	42	46	73	69	116	138	70	89	46	49

Після проведення розробленої нами проби, при якій вестибулярне навантаження створювалося завдяки лінійним прискоренням, ми отримали схожі зміни в показниках серцево-

судинної системи цієї групи спортсменів. Усі показники діяльності серцево-судинної системи в спортсменів після лінійних прискорень змінилися так само, як і після кутових. Проте величина

змін була дещо меншою: ЧСС у середньому збільшилася на 4,3 уд/хв, а показники артеріального тиску зменшилися: ДАТ – на 3,16 мм рт. ст., а САТ – на 4,83 мм рт. ст. Пульсовий тиск при цьому збільшився на 3 мм рт. ст.

Схожі за величиною зміни отримані й після проведення проби спортсменам другої групи, проте їх характер був протилежним.

Як бачимо, у спортсменів другої групи знижувалася ЧСС та зростав артеріальний тиск. У середньому зміна ЧСС дорівнює 5,76 уд/хв, САТ – 2,84 мм рт. ст., а ДАТ – 4 мм рт. ст. Проте пульсовий тиск у середньому трохи збільшився – на 2,38 мм рт. ст. Однотипність реакцій на лінійні прискорення, порівнянно з кутовими, відзначена і в другої групи спортсменів. ЧСС спортсменів у середньому зменшилася на 3,07 уд/хв. Показники артеріального тиску, навпаки, збільшилися: САТ – на 10,76 мм рт. ст., а ДАТ – на 6,53 мм рт. ст.

Як бачимо, реакція спортсменів на вестибулярне навантаження була неоднаковою. Окрім ступеня виразності реакції на вестибулярне навантаження, відрізняється також і характер змін показників серцево-судинної системи учасників досліджень. У певних спортсменів підвищується ЧСС і знижується АТ, а в інших, навпаки, знижується ЧСС і підвищується АТ. Це підтверджує дані вчених про те, що вегетативні реакції, викликані подразненням вестибулярного апарату людини, не у всіх однакові й залежать від особливостей діяльності ВНС.

## Висновки

Отримані під час дослідження спортсменів-фехтувальників результати свідчать про те, що вестибулярне навантаження впливає на роботу серцево-судинної системи. Цей вплив не однаковий на всіх спортсменів і залежить від

особливостей діяльності їх ВНС. Під час проведення проби з лінійними прискореннями отримано дані, які свідчать, що ці прискорення мали майже такий самий характер впливу, як і кутові прискорення.

Визначено, що в конкретного учасника досліджень ЧСС й АТ при лінійних прискорюваннях змінюються у тому ж напрямку (підвищення або зниження), що й при кутових прискореннях, проте ступінь вегетативних зрушень є трохи нижчим.

Спираючись на доведені дані, що вестибулярне навантаження є специфічним, а вестибулярний апарат піддається тренуванню, ми можемо стверджувати, що таке відхилення реакції на лінійні прискорення від реакції на кутові прискорення є наслідком того, що лінійні прискорення є звичними для фехтувальників. Саме тому їхня реакція на лінійні прискорення менш виражена, ніж на кутові.

Однак, зважаючи на те, що реакції серцево-судинної системи фехтувальників на ці два види прискорення все ж подібні, ми дійшли висновку, що для них можливо й доцільно використовувати все ж лінійне різноспрямоване вестибулярне навантаження, позаяк це пов'язано зі специфікою цього виду спорту.

## Література

1. Афонін, В. М. Спеціальна (вестибулярна) підготовка військовослужбовців. *Проблеми фізичного виховання і спорту*, 2011, 2, с. 7–9.
2. Моїсеєнко, О. К.; Горчанюк, Ю. А.; Горчанюк, В. А. Визначення функціонального стану вестибулярного аналізатора волейболістів 14–15 років під впливом спеціально-спрямованих вправ. *Слобожанський науково-спортивний вісник*, 2015, 2(46), с. 133–137.
3. Масляк, И. П. Влияние показателей вестибулярной устойчивости на проявление быстроты у младших школьников. *Научовий часопис НІТУ імені М. П. Драгоманова*, 2015, 10 (65), с. 101–105.
4. Ровний, А. С.; Ільїн, В. М.; Лізогуб, В. С.; Ровна, О. О. *Фізіологія спортивної діяльності*; ХНАДУ: Харків, 2015, 556 с.

5. Сышко, Д. В., Савина, К. Д. Особенности регуляции сердечного ритма у спортсменов с различной продолжительностью вестибулярных образований. *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*, 2010, 23 (3), с. 154–158.

6. Назаренко, А. С. Сердечно-сосудистые, двигательные и сенсорные реакции спортсменов разных специализаций на вестибулярное раздражение. *Физиология человека* 2011, 37 (6), с. 98–105.

7. Сышко, Д. В.; Савина, К. Д. Механіка роботи серця в умовах втрати рівноваги. *Проблеми фізичного виховання і спорту*, 2011, 5, с. 83–85.

8. Тарабрина, Н. Ю. Роль активной тракционноротационной миорелаксации в коррекции реакций сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом на действие вестибулярной нагрузки. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Біологія* 2012, 15 (1008), с. 217–225.

9. Тарабрина, Н. Ю.; Грабовская, Е. Ю. Миовисцеральные реакции на вестибулярные нагрузки у спортсменов-единоборцев; РУСАЙНС: Москва, 2018, с. 176.

10. Полещук, Н. К.; Зайцев, А. А.; Макаревский, А. Б. Вестибулярные нагрузки и их мультимодальное моделирование на специальных тренажерах. *Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота*, 2015, 2 (32), с. 111–115.

11. Назаренко, А. С.; Чинкин, А. С. Сердечно-сосудистые реакции на вестибулярное раздражение в разных видах спорта. *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта* 2013, 2 (96), с. 106–111.

12. Денисова, Л. В.; Хмельницкая, И. В.; Харченко, Л. А. *Измерение и методы математической статистики в физическом воспитании и спорте*; Олимп. лит.: Киев, 2008, с. 127.