

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Odesa National University Herald

•  
Вестник Одесского  
национального университета

•  
**ВІСНИК  
ОДЕСЬКОГО  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ**

Серія: *Біологія*

Науковий журнал  
Виходить 4 рази на рік  
Серія заснована у липні 2007 р.

**Том 23, випуск 2(43) 2018**

Одеса  
ОНУ  
2018

**Засновник та видавець:**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

**Редакційна рада:**

І. М. Коваль, д-р політ. наук (голова ред. ради); В. О. Іваниця, д-р біол. наук (заступник голови ред. ради); С. М. Андрієвський, д-р фіз.-мат. наук; В. В. Глебов, канд. іст. наук; Л. М. Голубенко, канд. філол. наук; Л. М. Дунаєва, д-р політ. наук; В. В. Заморов, канд. біол. наук; О. В. Запорожченко, канд. біол. наук; О. А. Іванова, д-р наук із соц. комунікацій; В. Є. Круглов, канд. фіз.-мат. наук; В. Г. Кушнір, д-р іст. наук; В. В. Менчук, канд. хім. наук; М. О. Подрезова, директор Наукової бібліотеки; Л. М. Солдаткіна, канд. хім. наук; В. І. Труба, канд. юрид. наук; В. М. Хмарський, д-р іст. наук; Є. А. Черкез, д-р геол.-мінерал. наук; Є. М. Черноіваненко, д-р філол. наук.

**Редакційна колегія журналу:**

Б. Г. Александров, д.б.н., професор (Україна); О. В. Жук, д.б.н., професор (Польща); В. В. Заморов, к.б.н., доцент (Україна); В. О. Іваниця, д.б.н., професор (Україна); С. Н. Оленін, професор (Литва); С. А. Петров, д.б.н., професор (Україна); М. Ю. Русакова, к.б.н., доцент (Україна); В. А. Трач, к.б.н., доцент (Україна); Г. Федак, професор (Канада); П. М. Царенко, д.б.н., професор (Україна); С. В. Чеботар, д.б.н., член-кор. НАНУ (Україна) – *науковий редактор*; Г. В. Майкова, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар*.

Відповідно до постанови Президії ВАК України № 1021 від 07.10.2015 р. науковий журнал «Вісник Одеського національного університету. Біологія» входить до Переліку наукових фахових видань України

Українською, російською та англійською мовами

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу інформації  
Серія КВ № 11455-328Р від 7.07.2006 р.

Затверджено до друку Вченою радою  
Одеського національного університету  
імені І. І. Мечникова. Протокол № 2 від 30.10.2018 р.

**Адреса редакції:** 65082, м. Одеса, вул. Дворянська, 2  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
Тел: (+380-48) 68-79-32  
E-mail: gerald.biology.onu@gmail.ru

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2018

## ЗМІСТ

### БОТАНІКА ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

- Боднар О. І.**  
ВПЛИВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ЛІПІДНИЙ МЕТАБОЛІЗМ У *CHLORELLA VULGARIS*  
Beijer. .... 11
- Савосько В. М., Товстоляк Н. В., Домшина К. М.**  
СУЧАСНИЙ СТАН ВІКОВИХ ЕКЗЕМПЛЯРІВ ДУБУ ЗВИЧАЙНОГО ПАРКУ  
ІМ. ФЕДОРА МЕРШАВЦЕВА (М. КРИВИЙ РІГ) ..... 23
- Терлига Н. С., Данильчук Н. М., Юхименко Ю. С.**  
СТРУКТУРА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ ІМ. БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО  
ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ (М. КРИВИЙ РІГ, ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛ.) ... 38
- Шейко О. А., Ситніков Д. М.**  
ВНУТРІШНЬОПОПУЛЯЦІЙНА ГЕТЕРОСПЕРМІЯ ОКРЕМИХ ВИДІВ ОРХІДНИХ ..... 54

### ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

- Топтиков В. А., Жарікова Д. А., Чеботар Г. А., Темченко І. В., Чеботар С. В.**  
ГЕНЕТИКО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МУТАНТНИХ ЛІНІЙ СОІ ..... 73

### ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

- Наум Є. О.**  
ЗАЛЕЖНІСТЬ ФЕНОТИПІВ МІДІЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819)  
ВІД ГЛИБИНИ ТА ҐРУНТУ В ОДЕСЬКІЙ ЗАТОЦІ ЧОРНОГО МОРЯ ..... 97

### ЗООЛОГІЯ

- Підгорна С. Я., Ківганов Д. А., Черничко Є. Й., Делі О. Ф.**  
ДИНАМІКА ЗАРАЖЕНОСТІ ПІР'ЯНИМИ КЛІЩАМИ (ACARI: ASTIGMATA)  
КРОПИВ'ЯНКИ ЧОРНОГОЛОВОЇ ТА ВІЛЬШАНКИ ЗВИЧАЙНОЇ, ЩО МІГРУЮТЬ  
ЧЕРЕЗ ОСТРІВ ЗМІЇНИЙ (ЧОРНЕ МОРЕ, УКРАЇНА) ..... 109

### ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

- Колосова О. В., Халявка Т. О.**  
КОРЕЛЯЦІЯ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОНЕЙРОМІОГРАФІЧНИХ  
ПОКАЗНИКІВ У ОСІБ, ТРЕНОВАНИХ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ..... 125
- Коробейніков Г. В., Коробейнікова Л. Г., Міщенко В. С., Харковлюк-Балакіна Н. В.,  
Іващенко О. О., Дудник О. К.**  
ОЦІНКА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ У БОРЦІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ  
В УМОВАХ ТРЕНУВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА НЕЙРОДИНАМІЧНИМИ  
ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ..... 139

<b>Михалюк Є. Л.</b> СТАН БІОЕЛЕКТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ МІОКАРДА У БІГУНІВ НА 400 МЕТРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАТІ .....	149
<b>Чорна І. В., Дроник Г. В., Давиденко І. С.</b> ГІСТОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ, ЩО ВЖИВАЛИ ГЕННОМОДИФІКОВАНУ СОЮ, ОБРОБЛЕНУ ГЕРБИЦИДОМ «ROUNDUP» .....	158
<b>НАШІ ЮВІЛЯРИ</b>	
ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ЛІДІЇ ІВАНОВНИ СЬОМІК .....	167
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ</b> .....	169

## СОДЕРЖАНИЕ

### БОТАНИКА И ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

- Боднар О. И.**  
ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЛИПИДНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ В *CHLORELLA VULGARIS* Beijer. .... 11
- Савосько В. Н., Товстоляк Н. В., Домшина К. М.**  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕКОВЫХ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО ПАРКА ИМ. ФЕДОРА МЕРШАВЦЕВА (Г. КРИВОЙ РОГ) ..... 23
- Шейко Е. А., Сытник Д. М.**  
ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕТЕРОСПЕРМИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ОРХИДНЫХ ..... 38
- Терлыга Н. С., Данильчук Н. М., Юхименко Ю. С.**  
СТРУКТУРА ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПАРКА ИМ. БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦКОГО И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ (Г. КРИВОЙ РОГ, ДНЕПРОПЕТРОВСКАЯ ОБЛ.) ..... 54

### ГЕНЕТИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

- Топтиков В. А., Жарикова Д. А., Чеботарь Г. А., Темченко И. В., Чеботарь С. В.**  
ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МУТАНТНЫХ ЛИНИЙ СОИ 73

### ГИДРОБИОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Наум Е. А.**  
ЗАВИСИМОСТЬ ФЕНОТИПОВ МІДІЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ОТ ГЛУБИНЫ ТА ГРУНТА В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ ЧЕРНОГО МОРЯ ..... 97

### ЗООЛОГИЯ

- Подгорная С. Я., Кивганов Д. А., Черничко Е. И., Дели О. Ф.**  
ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ПЕРЬЕВЫМИ КЛЕЩАМИ (ACARI: ASTIGMATA) СЛАВКИ ЧЕРНОГОЛОВОЙ И ЗАРЯНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ, МИГРИРУЮЩИХ ЧЕРЕЗ ОСТРОВ ЗМЕИНЫЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ, УКРАИНА) ..... 109

### ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

- Колосова Е. В., Халявка Т. А.**  
КОРРЕЛЯЦИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЛЮДЕЙ, ТРЕНИРОВАННЫХ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ ..... 125
- Коробейников Г. В., Коробейникова Л. Г., Мищенко В. С., Харковлюк-Балакина Н. В., Иващенко А. А., Дудник А. К.**  
ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ У БОРЦОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК ЗА НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ..... 139

<b>Михалюк Е. Л.</b> СОСТОЯНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИОКАРДА У БЕГУНОВ НА 400 МЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА .....	149
<b>Черная И. В., Дроньк Г. В., Давыденко И. С.</b> ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЧЕНИ КРЫС, УПОТРЕБЛЯВШИХ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННУЮ СОЮ, ОБРАБОТАННУЮ ГЕРБИЦИДОМ «ROUNDUP» .....	158
<b>НАШИ ЮБИЛЯРЫ</b>	
К 80-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ЛИДИИ ИВАНОВНЫ СЕМИК .....	167
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ</b> .....	169

## CONTENTS

### BOTANY AND PLANT PHYSIOLOGY

**Bodnar O. I.**

THE EFFECT OF MICROELEMENTS ON LIPID METABOLISM IN *CHLORELLA VULGARIS* Beijer. .... 11

**Savosko V. M., Tovstolyak N. V., Domshuna K. M.**

THE CURRENT STATE OF AGE-OLD EXAMPLES ENGLISH OAK TREES AT FEDOR MERSHAVTSEV PARK (KRYVYI RIH CITY) ..... 23

**Terlyga N. S., Danylchuk N. M., Yukhimenko Yu. S.**

THE STRUCTURE OF THE GREEN PLANTATIONS IN BOGDAN KHMELNITSKYPARK AND PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT (KRYVYI RIH, DNIPROPETROVSK REGION) ..... 38

**Sheyko E. A., Sytnikov D. M.**

THE INTRAPOPULATION HETEROSPERMIA OF SOME ORCHID SPECIES ..... 54

### GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY

**Toptikov V. A., Zharikova D. A., Chebotar H. A., Temchenko I. V., Chebotar S. V.**

GENETIC AND BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF SOYA MUTANT LINES ..... 73

### HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

**Naum E. A.**

DEPENDENCE OF THE PHENOTYPES OF THE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ON THE DEPTH OF GROUND IN THE ODESA BAY OF THE BLACK SEA ..... 97

### ZOOLOGY

**Pidhorna S. Ya., Kivganov D. A., Chernychko K. J., Deli O. F.**

DYNAMICS OF THE CONTAMINATIONS WITH FEATHER MITES (ACARI: ASTIGMATA) OF BLACKCAP AND ROBIN MIGRATING THROUGH ZMIINYI ISLAND (THE BLACK SEA, UKRAINE) ..... 109

### PHYSIOLOGY HUMAN AND ANIMALS

**Kolosova E. V., Khalyavka T. A.**

CORRELATION BETWEEN ANTHROPOMETRIC AND ELECTROMYOGRAPHIC INDICES IN PHYSICALLY TRAINED PEOPLE ..... 125

**Korobeinikov G. V., Korobeinikova L. G., Mishchenko V. S., Kharkovliuk-Balakina N.V., Ivaschenko O. O., Dudnik O. K.**

DETERMINATION OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF ELITE WRESTLERS UNDER CONDITIONS OF TRAINING LOADS ACCORDING TO NEYRODYNAMIC CHARACTERISTICS ..... 139

<b>Mikhalyuk E. L.</b> STATUS OF BIOELECTIC MYOCARDIAL ACTIVITY IN 400 M DISTANCE RUNNERS DEPENDING ON THE SEX .....	149
<b>Chorna I. V., Dronik G. V., Davydenko I. S.</b> HISTOLOGICAL STUDY OF THE LIVER OF RATS CONSUMING GENETICALLY MODIFIED SOYBEAN, PROCESSED WITH HERBICIDE "ROUNDUP" .....	158
<b>OUR ANNIVERSARIES</b>	
THE 80TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF SEMIK LIDII IVANIVNI .....	167
<b>RULES FOR THE AUTHORS</b> .....	169



# **БОТАНІКА ТА ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН**





**О. І. Боднар**, к.б.н., докторант

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, 46027, Тернопіль, Україна, тел.: (0352) 43-59-01,  
e-mail: bodnar@chem-bio.com.ua

### **ВПЛИВ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА ЛІПІДНИЙ МЕТАБОЛІЗМ У *CHLORELLA VULGARIS* Beijer.**

Досліджували відносний вміст ліпідів окремих класів, жирнокислотний склад, накопичення селену, цинку і хрому у ліпідах клітин *Chlorella vulgaris* за дії натрію селеніту (10,0 мг Se (IV)/дм<sup>3</sup>) окремо та спільно з Zn<sup>2+</sup> (5,0 мг Zn<sup>2+</sup>/дм<sup>3</sup>) і Cr<sup>3+</sup> (5,0 мг Cr (III)/дм<sup>3</sup>) упродовж 7-ми діб. Встановлено, що співвідношення ліпідів окремих класів за дії досліджуваних чинників практично не змінилося щодо контрольних значень. Виявлено переважання відносного вмісту ненасичених над насиченими жирними кислотами, як за дії селеніту окремо, так і спільно з Zn<sup>2+</sup> та Cr<sup>3+</sup>. Вміст Se (IV) у ліпідах клітин водорості збільшився у 2 рази, Zn<sup>2+</sup> – у 10 разів, а Cr<sup>3+</sup> – у 15 разів, також збільшився вміст мікроелементів у ліпідах різних класів у всіх варіантах досліду порівняно з контрольними значеннями.

**Ключові слова:** мікрводорості; селен; цинк; хром; ліпіди; жирні кислоти.

Ліпіди у водоростей відіграють важливу роль у забезпеченні росту і розмноження, виконують енергетичну функцію [14]. Роль ліпідів значно посилюється на підтримку життєдіяльності за дії екстремальних чинників середовища, а їх кількість і якісний склад у клітинах, насамперед у мембранах, віддзеркалює здатність до адаптації [19]. Фосфоліпіди – основний компонент клітинних мембран – посередники транспортування фізіологічно необхідних речовин, окремі з яких можуть здійснювати трансмембранне перенесення катіонів: поліфосфатидил-інозитиди – Na<sup>+</sup> і Mg<sup>+</sup>, фосфатидилсерин – Ca<sup>2+</sup>, фосфатидна кислота – Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> та Ca<sup>2+</sup> [20]. Деякі ліпіди беруть участь у реакціях біосинтезу – фосфатидилгліцерол поставляє гліцерофосфатний фрагмент при біосинтезі периплазматичних олігосахаридів [20]. Триацилгліцероли мікрводоростей є резервом енергії та характеризуються вмістом насичених і мононенасичених жирних кислот, а деякі види водоростей здатні накопичувати і довголанцюгові поліненасичені жирні кислоти [12]. Вільні жирні кислоти є одним з найбільш лабільних компонентів клітин гідробіонтів, метаболізм яких забезпечує первинну відповідь та адаптивні реакції організму на дію чинників. Зростання кількості цих кислот свідчить про посилення катаболічних процесів в організмі та мобілізації жирнокислотних резервів як джерела енергії, або ж вони використовуються в адаптивних перебудовах метаболізму чи біосинтезі інших адаптивних жирних кислот [17, 23].

Слід зазначити, що компенсаторна реакція всіх водних організмів на рівні ліпідного складу у відповідь на стресові умови існування має схожий характер і проявляється, в основному, у зміні вмісту структурних, запасних, регуляторних ліпідів та відповідних жирних кислот, оскільки структурні ліпіди впливають на фазовий стан мембран. Вважається, що коливання у мікрор'язкості ліпідного бішару є достатніми для активації та розвитку регуляторних реакцій, які надалі приводять до адаптивних змін організму [16].

*Chlorella vulgaris* відома як традиційний модельний об'єкт вивчення одноклітинних зелених водоростей та класичний об'єкт біотехнології отримання корисних продуктів: білків, ліпідів, каротиноїдів, вітамінів, тощо [3]. Високу біоаккумуляцію неорганічних солей та утворення їх біокомплексів з макромолекулами клітин водоростей *in vitro* можна використати для одержання біологічно активних добавок, які містять необхідні для організму мікроелементи, наприклад селен та іони біогенних металів [3, 7, 8].

Селен і хром є важливими мікроелементами для обміну речовин тварин і людини за комплексного вживання, бо беруть участь у захисті від вільнорадикальних процесів, в окисно-відновних реакціях, а також знижують рівень глюкози в крові та покращують метаболічні процеси при цукровому діабеті. Додаткове використання цих мікроелементів може слугувати профілактичним засобом при багатьох захворюваннях [11, 22]. Щодо цинку, то це важливий біогенний елемент, який входить до складу ензимів енергетичного та протеїнового метаболізму, фотосинтезу і здійснює регуляцію окисно-відновних процесів у клітинах [17, 23].

Оптимальне співвідношення мікроелементів, які вносяться у середовище культивування, визначає спрямування біохімічних реакцій та перебудову ліпідного метаболізму, що дає змогу ефективно та безпечно включати метали та неметали у ліпіди з метою отримання біотехнологічно корисних продуктів для косметологічних та лікувально-профілактичних цілей.

З огляду на зазначене, досліджували відносний вміст ліпідів окремих класів, жирнокислотний склад та особливості накопичення селену, цинку і хрому ліпідами різних класів у *Chlorella vulgaris* за дії натрій селеніту ( $10,0 \text{ мг/дм}^3$ ) окремо та спільно з  $\text{Zn}^{2+}$  ( $5,0 \text{ мг/дм}^3$ ) і  $\text{Cr}^{3+}$  ( $5,0 \text{ мг/дм}^3$ ) упродовж 7-ми діб їх дії.

### Матеріали та методи досліджень

Об'єктом лабораторного дослідження була альгологічно чиста культура зеленої водорості *Chlorella vulgaris* Beijer CСAP-211/11в, отримана із колекцій Інституту гідробіології НАН України. Водорість культивували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера і Горхема № 11, за температури  $22\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$  та освітленні лампами денного світла (інтенсивність  $2500 \text{ лк}$ ) протягом 16 годин на добу [6].

В експериментальних умовах у культуральне середовище додавали водні розчини солей  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  у розрахунку на кількість  $\text{Se (IV)}$  –  $10,0 \text{ мг/дм}^3$ ,

$ZnSO_4 \times 7H_2O - 5,0$  мг  $Zn^{2+}/дм^3$  та  $CrCl_3 \times 6H_2O - 5,0$  мг  $Cr^{3+}/дм^3$ . Біомасу живих клітин відбирали на 7-у добу експерименту. Контролем була культура водоростей, яку вирощували без додаткового внесення сполук селену, цинку та хрому.

Вміст селену визначали спектрофотометрично на СФ-46 з о'-фенілендіаміном за довжини хвилі 335 нм [2]. Вміст  $Zn^{2+}$  у клітинах хлорели визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі Selmi C-115 M [1]. Вміст  $Cr^{3+}$  визначали за допомогою хромазурулу  $S$  за  $\lambda = 556$  нм [10].

Для біохімічного дослідження ліпіди екстрагували хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1 за методом Фолча [15]. Кількість загальних ліпідів визначали ваговим методом після відгонки екстрагуючої суміші, висушували та зважували, після чого визначали вміст селену, цинку та хрому. Розділення ліпідів на окремі фракції проводили методом висхідної одновірної тонкошарової хроматографії в герметичних камерах на пластинках із сумішшю силікагелів ЛС 5/40  $\mu$  і Л 5/40  $\mu$  на скляній основі [9]. Рухомою фазою була суміш гексану, діетилового ефіру і льодяної оцтової кислоти у співвідношенні 70:30:1. Одержані хроматограми проявляли у камері, насиченій парами йоду, для ідентифікації окремих фракцій ліпідів використовували специфічні реагенти і очищені стандарти. При цьому виявились: фосfolіпіди (ФЛ), диацилгліцероли (ДАГ), триацилгліцероли (ТАГ) та неетерифіковані жирні кислоти (НЕЖК), в яких визначали вміст мікроелементів [5]. Кількість неполярних ліпідів визначали за допомогою біхроматного методу на спектрофотометрі СФ-46 при довжині хвилі 615 нм. Визначення вмісту окремих класів ліпідів проводили за калібрувальною кривою [5]. Вміст фосfolіпідів визначали за методом Васьковського [24]. За температури 180 °С концентрованою хлорною кислотою проводили мінералізацію фосfolіпідів, а оптичну густину розчину визначали за допомогою спектрофотометра [9].

Для визначення жирнокислотного (ЖК) складу проводили попередню екстракцію ліпідів, користуючись методами, описаними вище. Після промивки осадів проводили метилювання та розділення метилових ефірів жирних кислот на газорідному хроматографі «ЦВЕТ-500» [9]. Співвідношення жирних кислот виражали як частку від їх загальної кількості.

Статистичне опрацювання даних здійснювали за допомогою пакету прикладних програм Statistica 5.5 та Microsoft Office Excel 2010.

### Результати досліджень та їх аналіз

Згідно з дослідженнями [4, 16], іони металів та неметалів змінюють кількісний та якісний склад ліпідів у водних рослин шляхом структурно-функціональних перебудов у їхніх клітинах, насамперед, мембранах, що є основою спрямованого отримання корисних продуктів в альгокультури [13, 19, 20, 21]. Проте, невивченим є питання щодо впливу на ліпідний метаболізм у водоростей біологічно адекватних концентрацій різних за хімічною природою та токсичністю іонів металів та неметалів упродовж біотехнологічно раціональних

термінів їх дії. Тому, нами було досліджено відносний вміст окремих класів ліпідів клітин *Ch. vulgaris* за дії селеніту окремо та спільно з  $Zn^{2+}$  і  $Cr^{3+}$ .

Показано (рис. 1), що за дії натрію селеніту окремо та спільно з  $Zn^{2+}$  і  $Cr^{3+}$  у співвідношенні окремих класів ліпідів клітин *Ch. vulgaris* не відбулось значних змін щодо контролю.

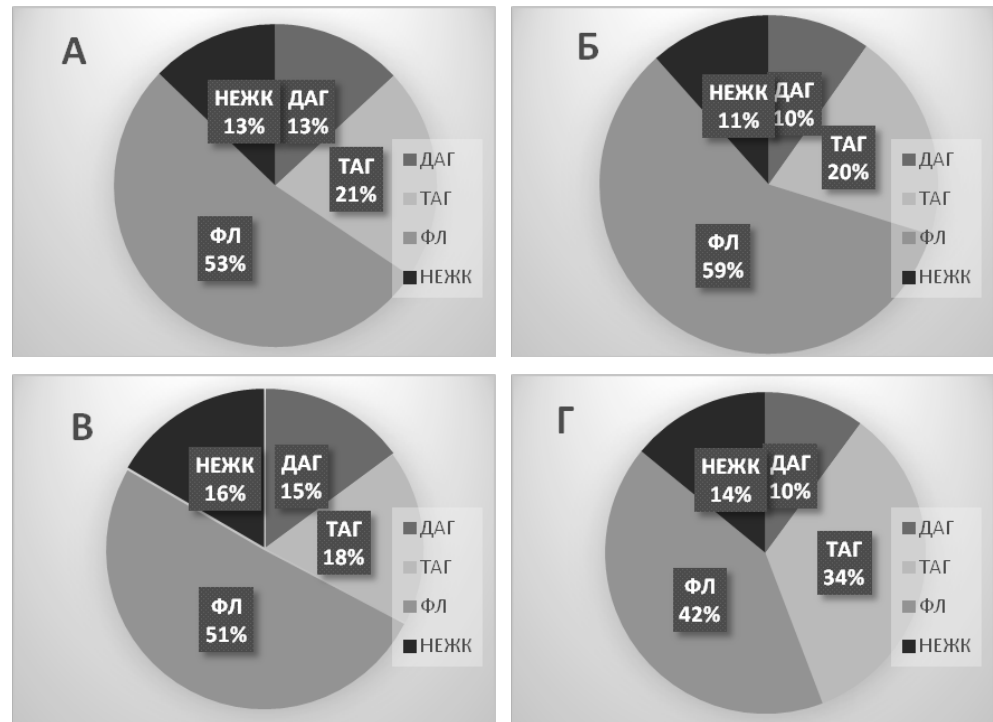


Рис. 1. Відносний вміст ліпідів окремих класів (%) у *Ch. vulgaris* за дії мікроелементів: А – контроль, Б – Se (IV) (10,0 мг Se (IV)/дм³), В – Se (IV) (10,0 мг/дм³) + Zn<sup>2+</sup> (5,0 мг/дм³), Г – Se (IV) (10,0/дм³) + Cr<sup>3+</sup> (5,0 мг/дм³), 7 діб, n=5

Спостерігали лише збільшення відносної кількості ФЛ (на 6 %) за дії селеніту окремо та ТАГ (на 13 %) за спільної дії селеніту з  $Cr^{3+}$ , а також зменшення кількості ФЛ (на 11 %) за спільної дії селеніту з  $Cr^{3+}$  порівняно з контролем.

Очевидно, збільшення частки ТАГ за спільної дії Se (IV) з  $Cr^{3+}$  забезпечує ущільнення клітинних мембран та є захисним механізмом на токсичну дію, передусім хрому. Зростання вмісту ТАГ – один із чинників стабілізації мембран, оскільки вони є попередниками утворення DAG і НЕЖК [14, 23].

Найбільш лабільним компонентом ліпідів, як відомо, є вищі жирні кислоти. Оскільки важливою адаптивною властивістю метаболізму загалом, а у водних рослин, зокрема [14], за дії сполук як металів, так і неметалів, є здатність до зміни складу ЖК. Тому досліджені зміни жирнокислотного складу клітин

*Ch. vulgaris* за дії натрій селеніту (10,0 мг Se (IV)/дм<sup>3</sup>) окремо та спільно з Zn<sup>2+</sup> та Cr<sup>3+</sup> (7 діб).

Встановлено (табл. 1), що внесення у середовище культивування хлорели натрій селеніту окремо зумовило збільшення вмісту ЖК 18:0 на 15,3 %, ЖК 18:1 – на 82,0 %, однак мало місце зменшення кількості ЖК 16:0 на 29,7 % порівняно з контролем, також виявили сліди жирних кислот 12:0, 14:0 та 18:2. За спільної дії селеніту та Zn<sup>2+</sup> відмічене збільшення вмісту ЖК 18:1 на 85,3 % та зменшення кількості ЖК 16:0 – на 24,5 % і 18:0 – на 10,5 %, а також виявили сліди ЖК 12:0, 14:0 та 18:2. Одночасний вплив натрій селеніту та Cr<sup>3+</sup> зумовив щодо контролю збільшення вмісту жирних кислот 14:0, 18:0, 18:1 та 18:2 на 6,3 %, 20,7 %, 73,6 % і 47 % відповідно. Окрім цього, мало місце зменшення кількості ЖК 16:0 на 31,4 % та виявлено сліди ЖК 12:0.

Таблиця 1

**Співвідношення вмісту 12:0/14:0/16:0/18:0/18:1/18:2 жирних кислот у *Ch. vulgaris* за дії натрій селеніту (10,0 мг/дм<sup>3</sup>) окремо та спільно з Zn<sup>2+</sup> (5,0 мг/дм<sup>3</sup>) і Cr<sup>3+</sup> (5,0 мг/дм<sup>3</sup>), 7 діб, %**

Умови досліджу	12:0, % лауринова	14:0, % міристинова	16:0, % пальмітинова	18:0, % стеаринова	18:1, % олеїнова	18:2, % лінолева	Насичені (12:0, 14:0, 16:0, 18:0)/ ненасичені (18:1, 18:2)
контроль	0,96	0,80	60,21	15,00	22,18	0,85	3,34
Se (IV)	сл.	сл.	42,30	17,30	40,40	сл.	1,48
Se (IV)+Zn <sup>2+</sup>	сл.	сл.	45,47	13,43	41,10	сл.	1,43
Se (IV)+Cr <sup>3+</sup>	сл.	0,85	41,30	18,10	38,50	1,25	1,52

Примітка: сл. – слідові кількості.

Необхідно відмітити, що як за дії селеніту окремо, так і спільно з Zn<sup>2+</sup> та Cr<sup>3+</sup> у клітинах *Ch. vulgaris* виявлено переважання відносного вмісту ненасичених жирних кислот над насиченими.

Згідно з отриманими даними, зміни жирнокислотного складу клітин хлорели віддзеркалюють загальні тенденції метаболізму за дії досліджуваних мікроелементів. Значне збільшення кількості ЖК свідчить про посилення катаболічних процесів в організмі та мобілізацію жирнокислотних резервів як джерела енергії або для адаптивних перебудов структурних компонентів клітин [4, 16, 17].

Відомо, що клітинами активніше поглинаються та накопичуються метали та неметали, які здатні реагувати з макромолекулами їх мембран та транспортними білками, і легко та швидко залучаються водними організмами у метаболічні процеси [18].

Проведені нами дослідження показали, що при культивуванні хлорели у середовищі з натрій селенітом окремо та спільно з  $Zn^{2+}$  і  $Cr^{3+}$  мало місце значне збільшення кількості досліджуваних мікроелементів у ліпідах клітин водорості (рис. 2). Так, вміст Se (IV) збільшився в 2,1 рази,  $Zn^{2+}$  – в 10,0 разів, тоді як  $Cr^{3+}$  – в 15,2 разів щодо контрольних значень.

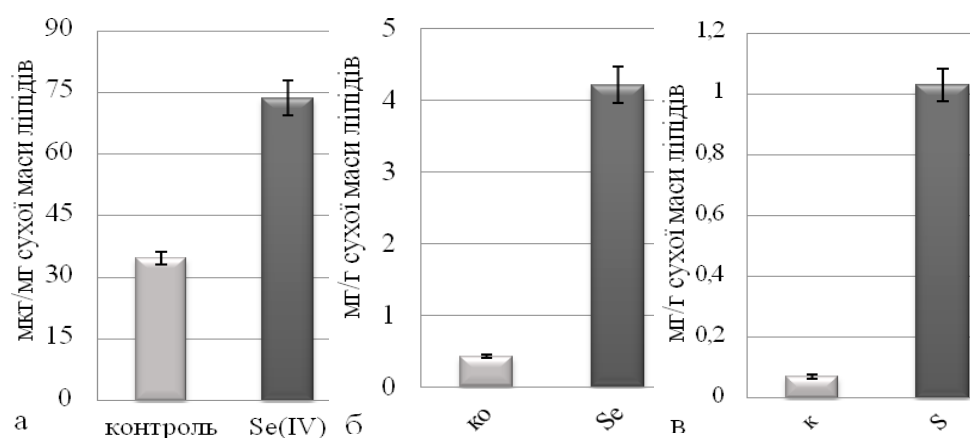


Рис. 2. Вміст селену (а), цинку (б) та хрому (в) у ліпідах клітин *Ch. vulgaris* за їх спільної дії з натрій селенітом ( $10,0 \text{ mg Se (IV)/dm}^3$ ), 7 діб,  $n=5$

Оскільки ліпіди акумулювали значну кількість досліджуваних мікроелементів за їх спільної дії з селенітом (рис. 2), було досліджено особливості включення іонів селену, цинку та хрому до складу ліпідів різних класів за їх спільної дії з натрій селенітом. Встановлено, що вміст досліджуваних мікроелементів у ліпідах різних класів за їх спільної дії з натрій селенітом збільшився у всіх варіантах досліду (табл. 2).

Так, у ФЛ кількість Se(IV),  $Zn^{2+}$  і  $Cr^{3+}$  збільшилася на 125 %, 432 % та 125 %, відповідно щодо контролю. ДАГ теж накопичували значну кількість мікроелементів порівняно з контролем: вміст Se (IV) збільшився на 112 %,  $Zn^{2+}$  – на 180 % та  $Cr^{3+}$  – на 720 %. У складі НЕЖК кількість Se (IV) збільшилася на 10 %,  $Zn^{2+}$  – на 70 % і  $Cr^{3+}$  – на 28 % щодо контрольних значень. Вміст Se (IV),  $Zn^{2+}$  та  $Cr^{3+}$  у ТАГ збільшився відповідно на 116 %, 39 % і 536 % порівняно з значеннями у контролі.

Результати досліджень показали значне збільшення вмісту мікроелементів у ліпідах різних класів щодо контрольних значень у всіх варіантах досліду, що може бути пов'язано з біологічною роллю досліджуваних мікроелементів,



Таблиця 2

Вміст мікроелементів у ліпідах різних класів клітин *Ch. vulgaris* за їх спільної дії з натрій селенітом, 7 діб, n=5

Умови дослідю	Se (IV), мг/г сух. маси ліпідів	Zn <sup>2+</sup> , мг/г сух. маси ліпідів за спільної дії Se (IV)+Zn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup> , мг/г сух. маси ліпідів за спільної дії Se (IV)+Cr <sup>3+</sup>
ФЛ			
контроль	4,11±0,89	4,27±0,87	0,04±0,001
мікроелемент	9,26±1,99	22,73±2,95*	0,09±0,005
ДАГ			
контроль	6,44±1,08	7,53±0,99	0,05±0,002
мікроелемент	13,64±1,67*	21,10±3,10*	0,41±0,02*
НЕЖК			
контроль	4,07±0,22	8,48±0,42	0,32±0,013
мікроелемент	4,45±0,33	14,44±2,06	0,41±0,039
ТАГ			
контроль	20,11±0,59	11,15±1,16	0,11±0,004
мікроелемент	43,41±3,15*	15,45±1,38*	0,70±0,02*

Примітка.\* –  $p < 0,05$  за t-критерієм Стьюдента (щодо контролю).

а також фізіолого-біохімічними властивостями ліпідів, які формують високу спорідненість до досліджуваних іонів.

Хроматографічний аналіз селенвмісних ліпідів з одноклітинних зелених та червоних водоростей *Chlorella vulgaris*, *Dunaliella primolecta* Butcher та *Porphyridium purpureum* (Bory) Drew & Ross (= *P. cruentum* (S.F. Gray) Nägeli) [22], які зростали за високих концентрацій Se (IV), показав, що селен присутній в усіх фракціях ліпідів, проте механізм включення елемента в усі класи ліпідів поки що незрозумілий. Однак, відмітимо, що включені в ліпіди і в окремі класи ліпідів селен, цинк та хром (рис. 2, табл. 2) зв'язуються з ними міцно, оскільки в результаті процедури виділення в їх складі залишається достатньо велика кількість цих мікроелементів, які піддаються кількісному та якісному визначенню. Можливо, що цей зв'язок є не тільки результатом адсорбції мікроелементів, а й їх включенням до складу молекул ліпідів, насамперед полярних фосфоліпідів, та за місцем подвійного зв'язку в ненасичених жирних кислотах за допомогою ковалентного чи координаційного хімічного зв'язку [7, 8]. Біологічна роль такого включення може бути пов'язана з фізіологічною роллю селену в ліпідах як стабілізаційного чинника стереоструктури макромолекули чи антиоксиданту.

### Висновки

1. Результати досліджень показали, що відносний вміст окремих класів ліпідів клітин *Chlorella vulgaris* як за дії натрій селеніту (Se (IV) 10,0 мг/дм<sup>3</sup>) окремо, так і спільно з Zn<sup>2+</sup> (5,0 мг/дм<sup>3</sup>) і Cr<sup>3+</sup> (5,0 мг/дм<sup>3</sup>) упродовж 7-ми діб їх дії практично не змінився щодо значень у контролі. Виявлено переважання відносного вмісту ненасичених над насиченими жирними кислотами за дії усіх досліджуваних мікроелементів.

2. Встановлено, що за культивування хлорели у середовищі з натрій селенітом окремо та спільно з Zn<sup>2+</sup> і Cr<sup>3+</sup> мало місце значне збільшення кількості досліджуваних металів і неметалів у ліпідах клітин водорості: вміст Se (IV) збільшився в 2 рази, Zn<sup>2+</sup> – в 10 разів, тоді як Cr<sup>3+</sup> – в 15 разів щодо контрольних значень. Вміст досліджуваних мікроелементів у ліпідах різних класів за їх спільної дії з натрій селенітом також збільшувався у всіх варіантах досліду порівняно з показниками у контролі.

3. Спрямування та регуляція ліпідного метаболізму у *Ch. vulgaris* у напрямку збільшення кількості та накопичення ліпідів та їх окремих класів за допомогою натрій селеніту спільно з Zn<sup>2+</sup> та Cr<sup>3+</sup> з метою утворення селенметалліпідних комплексів можна використати для одержання ліпідних біологічно активних препаратів, збагачених есенційними мікроелементами.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2018

### Список використаної літератури

1. Атомно-абсорбционный анализ. Учебное пособие / под ред. С. З. Яковлевой. – Л.: Химия, 1983. – 144 с.
2. Дедков Ю. М. Селен: биологическая роль, формы существования и методы определения / Ю. М. Дедков, А. В. Мусатов // Экология промышленного производства. – 2004. – № 3. – С. 19–23.
3. Золотарьова О. К. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології / О. К. Золотарьова, Є. І. Шнюкова, та ін. – Київ : Альтерпрес, 2008. – 234 с.
4. Луців А. І. Регуляція біосинтезу ліпідів у *Chlorella vulgaris* Beij. іонами металів та нафтопродуктами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, канд. біол. наук: 03.00.04 «Біохімія» / А. І. Луців. – Тернопіль, 2015. – 24 с.
5. Методы биохимических исследований (липидный и энергетический обмен) : учебное пособие / под ред. М. И. Прохоровой. – Л.: ЛГУ, 1982. – 273 с.
6. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / под ред. А. В. Топачевского. – К.: Наукова думка, 1975. – 247 с.
7. Патент України А61К36/05. Спосіб отримання біологічно активного селен-цинк-ліпідного комплексу з хлорели / Боднар О. І., Вінярська Г. Б., Грубінко В. В., Лихацький П. Г., Фіра Л. С. – № 114650; заявл. 12.10.2016; опубл. 10.03.2017; Бюл. № 5 – 3 с.
8. Патент України А61К 33/04, А61К 33/30, А61К 36/05. Спосіб отримання біологічно активного селен-хром-ліпідного комплексу з хлорели / Лукашів О. Я., Боднар О. І., Вінярська Г. Б., Грубінко В. В. – № 122227; заявл. 17.07.2017; опубл. 26.12.2017; Бюл. № 24. – 3 с.
9. Стефанік М. Б. Тонкослойная и газожидкостная хроматография липидов / М. Б. Стефанік, В. И. Скорохид, О. П. Елисеєва. – Львов, 1985. – 27 с.
10. Яцків О. С. Спектрофотометричне визначення Cr (III) з допомогою хромазурулу S в присут-

- ності Cr(VI) / О. С. Яцків, І. О. Пацай // Методи і об'єкти хімічного аналізу. – 2009. – № 4(1). – С. 43–47.
11. Abd El. B. Healthy benefit of microalgal bioactive substances / El. B. Abd, G. S. El-Baroty // Journal of Aquatic Science. – 2013. – Vol. 1(1) – P. 11–23.
  12. Bigogno C. Accumulation of arachidonic acid – rich triacylglycerols in the microalga *Parietochloris incisa* (Trebuxiophyceae, Chlorophyta) / C. Bigogno, I. Khozin-Goldberg, Z. Cohen // Phytochemistry. – 2002. – Vol. 60. – P. 135–143.
  13. Foulkes E. C. Transport of toxic heavy metals across cell membranes / E. C. Foulkes // Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. – 2000. – Vol. 223(3). – P. 234–240.
  14. Harwood J. L. The versatility of algae and their lipid metabolism / J. L. Harwood, I. A. Guschina // Biochimie. – 2009. – Vol. 91, N 6. – P. 679–684.
  15. Hokin L. E. Studies on the characterization of the sodium-potassium transport adenosine triphosphatase: IX. On the role of phospholipids in the enzyme / L. E. Hokin, T. D. Hexum // Arch. Biochem. and Biophys. – 1992. – Vol. 151, N 2 – P. 453–463.
  16. Kostiuk K. V. Change of composition of the cellular membranes of the aquatic plants under the impact of toxic substances / K. V. Kostiuk, V. V. Grubinko // Hydrobiol. J. – 2012. – Vol. 48, N 4. – P. 75–92.
  17. Metzler D. Biochemistry: The chemical reactions of living cells / D. Metzler. – New York-London : Academic Press, 2003. – 1973 p.
  18. Molnar S. Comparative studies on accumulation of selected microelements by *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* with the prospects of functional food development / S. Molnar, A. Kiss, D. Virag, P. Forgo // J. Chem. Eng. Process. Technol. – 2013. – Vol. 4, Issue 7 – P. 172.
  19. Morsy A. Effect of heavy metals on plasma membrane lipids and antioxidant enzymes of *Zygothymum* species / A. Morsy, K. Ali Salama, H. Kamel, A. Mansour // EurAsian Journal of BioSciences. – 2012. – N 6. – P. 1–10.
  20. Reid S. P. Phospholipid metabolism and transport across the cell membrane / S. P. Reid // Form and function of phospholipids. – Amsterdam, London, New York: Elsevier, 1993. – P. 423–440.
  21. Rozentsvet O. A. Effect of heavy metals upon lipid metabolism on *P. perfoliatus* / O. A. Rozentsvet, E. S. Bosenko, I. A. Guschina // 16-th Intern. Plant Lipid Symposium. Budapest, Hungary, 1–4 June 2004.: Oral and poster presentations. – Budapest, 2004. – P. 202–204.
  22. Selenium // Alternative Medicine Review. – 2003. – Vol. 8, N. 1. – P. 63–71.
  23. Taiz L. Plant Physiology / L. Taiz, E. Zeiger. – 4-th ed. – Sinauer Associates : Sunderland, 2006. – 764 p.
  24. Vaskovsky V. E. A universal reagent for phospholipids analysis / V. E. Vaskovsky, E. V. Kastetsky // J. Chromatogr. – 1985. – Vol. 114, N 1. – P. 129–141.

**О. И. Боднар**

Тернопольский национальный педагогический университет им. В. Гнатюка  
ул. М. Кривоноса, 2, Тернополь, 46027, Украина, тел.: (0352) 43-59-01,  
e-mail: bodnar@chem-bio.com.ua

**ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЛИПИДНЫЙ  
МЕТАБОЛИЗМ В *CHLORELLA VULGARIS* Beijer.**

**Резюме**

**Целью** исследования было определение интенсивности биосинтеза липидов в одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* при действии ионов цинка (II) и хрома (III) в присутствии селенита натрия.

**Результаты.** Содержание ТАГ при действии селенита и селенита с цинком изменялось незначительно по отношению к контролю. При добавлении селенита и хрома количество ТАГ в клетках водоросли существенно увеличивалось – на 76 %. Количество ДАГ при действии селенита отдельно и совместно с ионами хрома значительно уменьшалось (соответственно на 18 % и 15 % относительно контроля), а селенит с ионами цинка увеличивал их содержание на 31 %. Количество фосфолипидов также изменялось: когда действие селенита осуществлялось отдельно или с ионами цинка, их содержание соответственно увеличивалось на 20 % и 10 % по сравнению с контролем, а в сочетании с селенитом и хромом (III) – уменьшалось на 15 %. Согласно выявленным закономерностям, содержание незэстерифицированных жирных кислот изменялось следующим образом: после добавления селенита с ионами цинка и хрома (III) их содержание увеличивалось соответственно на 48 % и 20 % по отношению к контролю. Было обнаружено преобладание относительного содержания ненасыщенных жирных кислот над насыщенными, как в результате активности селенита по отдельности, так и в сочетании с  $Zn^{2+}$  и  $Cr^{3+}$ .

Также показано, что при действии исследуемых микроэлементов содержание Se (IV) в липидах клеток водорослей увеличилось в 2,1 раза,  $Zn^{2+}$  – в 10,0 раз и  $Cr^{3+}$  – в 15,2 раз.

**Выводы.** Таким образом, индивидуальные реакции клеток хлореллы на влияние различных комбинаций солей являются примером адаптации, как на уровне общего метаболизма, так и на уровне липидного обмена.

**Ключевые слова:** микроводоросли, селен, цинк, хром, липиды, жирные кислоты.

**O. I. Bodnar**

V. Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University  
TNPU, 2, M. Kryvonosa str., Ternopil, 46027, Ukraine,  
e-mail: bodnar@chem-bio.com.ua

**THE EFFECT OF MICROELEMENTS ON LIPID METABOLISM IN  
*CHLORELLA VULGARIS* Beijer.**

**Abstract**

The **aim** of the study was to determine the intensity of lipid biosynthesis in unicellular alga *Chlorella vulgaris* under the action of zinc and chromium (III) ions in the presence of sodium selenite.

The **results**. The content of TAG under the action of selenite and selenite with zinc varied insignificantly in comparison with the control. After adding selenite and chromium the amount of TAG in the alga cells increased by 76%. The amount of DAG under the action of selenite separately and with chromium ions significantly decreased (by 18% and 15%, respectively), and selenite with zinc ions increased their content by 31%. The content of PL also changed: under the action of selenite only and with zinc ions their content respectively increased by 20% and 10% relative to the control, and when combined with selenite and chromium (III) - decreased by 15%. According to the revealed regularities, the content of non-etherified FA varied in the following way: after adding selenite with zinc and chromium (III) ions, their content increased by 48% and 20%, respectively, in comparison with the control. The predominance of relative content of unsaturated over saturated fatty acids was found both in the result of selenite activity separately and in combination with  $Zn^{2+}$  and  $Cr^{3+}$ . It was also found that the content of Se (IV) in lipids in the alga cells increased 2.1 times,  $Zn^{2+}$  – 10.0 times, and  $Cr^{3+}$  – 15.2 times.

**Conclusion**. Therefore it can be concluded that individual reactions of chlorella cells to the influence of various combinations of salts are an example of adaptation both at the level of general metabolism and at the level of lipid metabolism.

**Keywords:** microalgae, selenium, zinc, chromium, lipids, fatty acids.

**References**

1. Atomic absorption analysis: a textbook. In editor S. Z. Yakovleva. (1983) [Atomno-absorbtsionnyy analiz], Leningrad, Chemistry, 144 p.
2. Dedkov Yu. M., Musatov A. V. (2004) Selenium: biological role, forms of being and methods of determination [Selen: biologicheskaya rol', formy sushchestvovaniya i metody opredeleniya], Ecology of industrial production, V. 3, pp. 19-23.
3. Zolotarova O. K., Shniukova E. I. et. al. (2008) Prospects of the use of microalgae in biotechnology [Perspektyvy vykorystannia mikrovodorostei u biotekhnologii], Kyiv: Alterpres, 234 p.
4. Lutsiv A.I. (2015) Regulation of lipid biosynthesis in *Chlorella vulgaris* Beij. by ions of metals and oil products [Rehulatsiia biosyntezy lipidiv u *Chlorella vulgaris* Beij. ionamy metaliv ta naftoproduktamy. Absrtract dis... kand. biol. nauk], Ternopil, 24 p.
5. Prohorova M. P. (1982) Methods of biochemical research: lipid and energy metabolism. In editor: Prohorova M. P. [Metody biochimicheskikh issledovaniiji (lipidnyji i energeticheskiji obmen)], Leningrad, LGU, 273 p.

6. Topachevskiy A.V. (1975) Methods of physiological and biochemical studies of algae in hydrobiological practice. In editor: Topachevskiy A. V. [Metody fiziologo-biohimicheskikh issledovaniji vodorosley v gidrobiologicheskoy praktike], Kiev: Naukova Dumka, 247 p.
7. Bodnar O. I., Viniarska H. B., Grubinko V. V., Lychatskyi P. H., Fira L. S. (2017) Patent A61K36/05. Method for producing a biologically active selenium-zinc-lipid complex from chlorella [Metod otrymannia biolohichno aktyvnoho selen-tsink-lipidnoho kompleksu z chlorelly], № 114650, publ. 10.03.2017, bullet. № 5, 3 p.
8. Lukashiv O. Ya., Bodnar O. I., Viniarska H. B., Grubinko V. V. (2017) Patent A61K 33/04, A61K 33/30, A61K 36/05. Method for producing a biologically active selenium-chromium-lipid complex from chlorella [Metod otrymannia biolohichno aktyvnoho selen-chrom-lipidnoho kompleksu z chlorelly], № 122227; publ. 26.12.2017, bullet. № 24, 3 p.
9. Stefanik M. B., Skorokhid V. I., Eliseeva O. P. (1985) Thin-layer and gas-liquid chromatography of lipids [Tonkoslojinaya i gazozhydkostnaya chromatografiya lipidov], Lvov, 27 p.
10. Yatskiv O. S., Patsay I. O. (2009) Spectrophotometric determination of Cr (III) with the chromazurol S in the presence of Cr (VI) [Spektrofotometrychne vyznachennia Cr (III) z dopomohoiu chromazyrolu S u prysutnosti Cr (IV)], Methods and objects of chemical analysis, No 4 (1), pp. 43-47.
11. Abd El. B., El-Baroty G. S. (2013) Healthy benefit of microalgal bioactive substances, Journal of Aquatic Science, Vol. 1 (1), pp. 11–23.
12. Bigogno C., Khozin-Goldberg I., Cohen Z. (2002) Accumulation of arachidonic acid – rich triacylglycerols in the microalga *Parietochloris incisa* (Trebuxiophyceae, Chlorophyta), Phytochemistry, Vol. 60, pp. 135–143.
13. Foulkes E. C. (2000) Transport of toxic heavy metals across cell membranes, Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, Vol. 223 (3), pp. 234–240.
14. Harwood J. L., Guschina I. A. (2009) The versatility of algae and their lipid metabolism, Biochimie, Vol. 91, No 6, pp. 679–684.
15. Hokin L. E., Hexum T. D. (1992) Studies on the characterization of the sodium-potassium transport adenosinetriphosphatase: IX. On the role of phospholipids in the enzyme, Arch. Biochem. and Biophys., Vol. 151, No 2, pp. 453–463.
16. Kostiuk K. V., Grubinko V. V. (2012) Change of composition of the cellular membranes of the aquatic plants under the impact of toxic substances, Hydrobiol. J., Vol. 48, No 4, pp. 75–92.
17. Metzler D. (2003) Biochemistry: The chemical reactions of living cells, New York-London: Academic Press, 1973 p.
18. Molnar S., Kiss A., Virag D., Forgo P. (2013) Comparative studies on accumulation of selected microelements by *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* with the prospects of functional food development, J. Chem. Eng. Process. Technol., Vol. 4, Issue 7 : 172.
19. Morsy A., Salama K. Ali, Kamel H., Mansour A. (2012) Effect of heavy metals on plasma membrane lipids and antioxidant enzymes of *Zygophyllum* species, EurAsian Journal of BioSciences, No 6, pp. 1–10.
20. Reid S. P. (1993) Phospholipid metabolism and transport across the cell membrane, In Form and function of phospholipids, Amsterdam, London, New York: Elsevier, pp. 423–440.
21. Rozentsvet O. A., Bosenko E. S., Guschina I. A. (2004) “Effect of heavy metals upon lipid metabolism on *P. perfoliatus*”, 16-th Intern. Plant Lipid symposium, Budapest, Hungary, 1-4 June 2004. : oral and poster presentations, Budapest, pp. 202–204.
22. Selenium (2003), Alternative Medicine Review. Vol. 8, No 1. pp. 63–71.
23. Taiz L., Zeiger E. (2006) Plant Physiology ( 4-th ed.), Sinauer Associates : Sunderland, 764 p.
24. Vaskovsky V. E., Kastetsky E. V. A universal reagent for phospholipids analysis, J. Chromatogr., Vol. 114, No 1, pp. 129–141.

УДК 502.1+712.41+582.632.2+(477.63) DOI 10.18524/2077-1746.2018.2(43).146956

**В. М. Савосько**<sup>1</sup>, к.б.н., доцент

**Н. В. Товстоляк**<sup>1</sup>, здобувач

**К. М. Домшина**<sup>2</sup>, викладач

<sup>1</sup>Криворізький державний педагогічний університет, кафедра ботаніки та екології, пр. Гагаріна, 54, Кривий Ріг, 50086, Україна, savosko1970@gmail.com

<sup>2</sup>Криворізький обласний ліцей-інтернат для сільської молоді, вул. Шкапенка, 1, Кривий Ріг, 50029, Україна

## СУЧАСНИЙ СТАН ВІКОВИХ ЕКЗЕМПЛЯРІВ ДУБУ ЗВИЧАЙНОГО ПАРКУ ІМ. ФЕДОРА МЕРШАВЦЕВА (М. КРИВИЙ РІГ)

За дендрометричними і санітарними характеристиками та показниками декоративності з'ясували сучасний стан вікових екземплярів дубу звичайного на території парку культури та відпочинку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг). В межах території парку виявлено 64 екземпляри вікових дерев дубу звичайного. Вони згруповані у чотири локації: Фундатори Криворіжжя (чотири дерева), Криворізька діброва (46 дерев), Криворізький квартет (п'ять дерев), Гданцівські дуби (дев'ять дерев). Вікові дерева парку характеризуються: 1) унікальними дендрометричними показниками висоти дерева (від 14 м до 38 м, в середньому 25 м) та діаметру стовбуру (від 37 см до 102 см, в середньому 62 см); 2) задовільним санітарним станом та високою естетичністю; 3) наявністю вікових (100–200 років) та багатовікових (200–1000 років) екземплярів (вік двох дерев перевищує 300 р., вік восьми дерев перевищує офіційний вік нашого міста – 245 р.).

Рекомендовано створення ботанічної пам'ятки природи «Вікові дерева дубу звичайного парку імені Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг)».

**Ключові слова:** вікові дуби; дендрометричні характеристики; декоративність; ботанічна пам'ятка природи; Криворіжжя.

Сучасним міським садам та паркам особливої виразності надають екземпляри деревних рослин, вік яких перевищує 100 років. За що вони мають назву «Вікові», «Стародавні», «Багатовікові» або «Великовікові» [4, 8, 19, 21]. В англійській літературі їх називають «Large Trees (Великі Деревя)», «Oldest Trees (Найстарші Деревя)», «Veteran Trees (Деревя-Ветерани)» [23–25].

Вікові дерева завжди декоративні і тому дуже привабливі впродовж всього року в будь-яких садово-паркових композиціях, де вони закономірно є провідними елементами. Окрім екземплярів вікових дерев пов'язані з певними істо-



ричними подіями або видатними особистостями, за що отримують індивідуальні імена: Дуб Максима Залізняка, дуби Тараса Шевченка – Україна; Дерево Гіппократа – Греція, Дуб Робіна Гуда – Велика Британія. Тому вони заслужено вважаються «патріархами», «видатними деревами», або такими, що формують «історичні насадження». У зв'язку з цим, у світі та й в Україні набули значного поширення наукові роботи з виявлення вікових дерев та встановлення їх сучасного стану [1, 3, 11, 14].

Дослідження вікових дерев є дуже важливим для великих міст у степовій зоні, де вони зростають за умов негативного впливу: дефіциту вологи, забруднення довкілля, рекреаційного навантаження та наслідків глобальних змін клімату [14, 16, 17]. У зв'язку з цим вікові дерева потребують надзвичайно дбайливого ставлення до себе, особливо у промислових регіонах, зокрема на Криворіжжі. Також слід зазначити, що покоління людей, мешканців сучасних великих міст, фактично втрачають можливість доступного і регулярного спілкування безпосередньо з природою. Ось чому так актуально для сьогодення виявлення, встановлення сучасного стану та заповідання визначних екземплярів вікових дерев всіх видів, зокрема дубу звичайного – багатовікового символу незламного духу нашого народу.

Мета роботи – з'ясувати за дендрометричними (висоти дерева, діаметру стовбура) і санітарними характеристиками та показниками декоративності сучасний стан всіх потенційно вікових екземплярів дубу звичайного (*Quercus robur* L.) на території парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Пір).

### **Матеріали та методи досліджень**

Матеріалами роботи були результати оригінальних досліджень, виконаних протягом 2012–2017 рр. шляхом маршрутно-польового обстеження території парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Пір).

Під час польових досліджень: 1) виявляли всі екземпляри потенційно вікових дерев дубу звичайного (*Quercus robur*); 2) за класичними методиками [10] вимірювали їх дендрометричні ознаки (висота рослин, діаметр стовбура на відстані 1,3 м від землі); 3) окомірно встановлювали показники їх санітарного стану (згідно з Санітарними правилами в лісах України [18]) та естетичності (за шкалою декоративності О. А. Калініченко [9] з урахуванням доповнень та уточнень В. П. Шлапака [19]).

В камеральних умовах розраховували прогностичний вік дерев дубу звичайного за рекомендаціями В. Е. Борейка (Київський еколого-натуралістичний центр [1] та Forestry Commission (Great Britain) [22]). Розподіл екземплярів дерев за віковими категоріями здійснювали за шкалою В. П. Шлапака [20].

### **Результати досліджень та їх обговорення**

#### ***Сучасний стан та насадження Парку***

Парк ім. Федора Мершавцева розташований в історичному центрі м. Кривий



Ріг – місці впадіння р. Саксагань до р. Інгулець (рис. 1). Структурно складається з двох частин, які знаходяться відповідно на лівому та правому берегах р. Інгулець. Лівобережна частина парку є його історичним ядром, була закладена у 1926–1929 роках на місці приватного міського саду та садиби Ф. М. Мершавцева. Правобережна – створювалася пізніше, у 1935–1937 роках, як окремий об’єкт озеленення під назвою парк «Комсомольський». Таким він залишався до 1961 р., коли був приєднаний до лівобережної частини. У 1971 р. об’єднаний парк набув статусу «Пам’ятка садово–паркового мистецтва» [16].



Рис. 1. Місцезнаходження парку ім. Федора Мершавцева на мапі м. Кривий Ріг

У наш час парк ім. Федора Мершавцева – це класичний парк культури та відпочинку, що є визначним осередком для проведення культурно-освітніх заходів і оздоровчої роботи серед мешканців Центрально-Міського району та м. Кривий Ріг. Розташування цього парку у заплаві річок зумовлює формування екологічних умов дуже сприятливих для деревно-чагарникових культурфітоценозів [15]. Крім того, територія парку віддалена на достатню відстань від потужних гірничо-металургійних підприємств, що також є позитивним явищем для росту та розвитку цих видів рослин.

За результатами наших попередніх досліджень [16], у парку ім. Федора Мершавцева виявлено 62 види дерев та чагарників. Серед них незначною кількістю видів представлений відділ голонасінні (Pinophyta) (10 видів) і достатньо великим різноманіттям – відділ покритонасінні (Magnoliophyta) (52 види). Провідними родинами є розові (Rosaceae), вербові (Salicaceae), бобові (Fabaceae), соснові (Pinaceae).

Загалом, парк культури та відпочинку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) характеризується: 1) розміщенням в історичному центрі міста; 2) високим попитом у численних відвідувачів; 3) сприятливими екологічними умовами для росту та розвитку деревних рослин; 4) сформованими різноманітними деревно-чагарниковими насадженнями.

#### *Характеристика вікових дерев дубу звичайного*

У межах парку ім. Ф. Мершавцева виявлено місцезнаходження 64 екземплярів потенційно вікових дерев дубу звичайного. Дерева згруповані у чотири локації: 1) Фундатори Криворіжжя – чотири екз.; 2) Криворізька діброва – 46 екз.; 3) Криворізький квартет – п'ять екз.; 4) Гданцівські дуби – дев'ять екз. Також слід зазначити, що три локації вікових дерев дубу звичайного (Фундатори Криворіжжя, Криворізька діброва, Криворізький квартет) знаходяться на лівому березі Парку (в межах історичного центру парку ім. Газети «Правда»), одна локація (Гданцівські дуби) розташована на правому – на території колишнього парку «Комсомольський» (рис. 2).

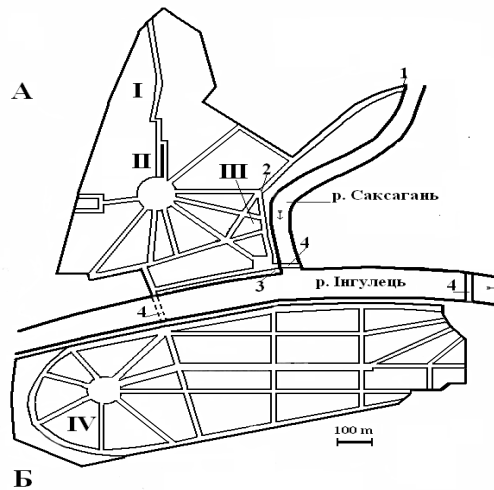


Рис. 2. Поширення вікових дерев дубу звичайного в межах парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг)

Примітка: А – лівий берег Парку, Б – правий берег Парку;  
1 – Центральний вхід, 2 – Колонада, 3 – Човнова станція, 4 – Пішохідний міст.  
Локації вікових дерев дубу звичайного: I – Фундатори Криворіжжя,  
II – Криворізька діброва, III – Криворізький квартет, IV – Гданцівські дуби

Локація «Фундатори Криворіжжя» знаходиться в північно-західній частині Парку, поруч з колишнім спортивно-оздоровчим комплексом «Каскад». Три дерева формують одну біогрупу, яка розташована в лінію у напрямку північ-південь, а одне дерево росте окремо, на межі Парку. Вікові дерева цієї локації отримали персональні імена на честь піонерів гірничорудної та гірничо-металургійної справи Криворіжжя: Сергія Колачевського, Мартіна Шимановського, Олександра Поля та Едуарда Фукса (табл.).

Встановлено, що орієнтовний вік дерев дубу звичайного локації «Фундатори Криворіжжя» становить 210–310 років. Особливо слід зазначити, що два дерева з локації мають найбільший вік серед дубів Парку – понад 300 років. За нашими дослідженнями всі дерева цієї локації характеризуються цілком задовільним санітарним станом: чотири екземпляри оцінені найвищою категорією стану дерев «без ознак ослаблення» (табл.). Лише одне дерево (Дуб Едуарда Фукса) має незначні ушкодження антропогенного походження і тому віднесено до категорії «ослаблені». Не зважаючи на це, усі екземпляри вікових дерев цієї локації мають найвищий бал естетичності – «високодекоративні».

Локація «Криворізька діброва» розташована в північно-центральної частині парку, у районі дислокації Мотузкового парку. Важливо зазначити, що ця біогрупа – остання природна діброва на Криворіжжі, яка нараховує найбільшу серед локації кількість потенційно вікових дерев – 46 екз. Розрахунками встановлено, що три дерева цієї локації (6,5 % від загальної кількості) відносяться до категорії «потенційно вікові» (вік біля 100 років), 38 дерев (82,6 %) – «вікові» (100–200 років), п'ять дерев (10,9 %) – «багатовікові» (понад 200 років).

Можливо, що ущільненість та антропогенний вплив зумовили сучасний стан дерев локації «Криворізька діброва» (табл.). Так, у 26 екз. (або 56,5 % від загальної кількості дерев локації) була виявлена найвища категорія стану – «без ознак ослаблення», у 15 екз. (32,6 %) – «ослаблені», а у п'яти екз. (10,9 %) – «дуже ослаблені».

Аналіз отриманих результаті показав, що серед потенційно вікових дерев локації «Криворізька діброва» у 19 екз. (або 41,3 % від загальної кількості дерев) декоративність оцінена найвищим балом – «високодекоративні». В той час, як у 17 екз. (37,0 %) виявлена «достатня декоративність», у дев'яти екз. (19,6 %) – «незначна декоративність».

Третя локація вікових дерев парку ім. Федора Мершавцева знаходиться на правому березі р. Саксагань неподалік від Човнової станції та Другої колони. Чотири дерева цієї локації розташовані прямою лінією (напрямо північний схід-південний захід), одне дерево зростає осторонь. Чітке геометричне упорядкування дерев та сусідство з Криворізьким музичним училищем підказало нам назву локації – Криворізький квартет. Дереву цієї локації отримали відповідні персональні імена: Дуб-Primo, Дуб-Secondo, Дуб-Terzo, Дуб-Quarto, Дуб-Диригент (табл.).

**Сучасний стан вікових екземплярів дерев дубу звичайного  
парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг)**

№	Ім'я дерева	Н, м	D, см	Вік, роки			Санітарний стан	Декоративність
				КЕНЦ		FC		
				Min	Max			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Локація «Фундатори Криворіжжя»								
1	Дуб Сергія Колачевського	28	86	232	259	248	I	5
2	Дуб Мартіна Шимановського	33	100	270	301	301	I	5
3	Дуб Олександра Поля	30	102	275	307	312	I	5
4	Дуб Едуарда Фукса	35	78	211	235	210	II	5
Локація «Криворізька діброва»								
5	1-й дуб	30	73	197	220	188	I	5
6	2-й дуб	22	53	143	160	149	I	4
7	3-й дуб	28	70	189	211	188	II	4
8	4-й дуб	23	57	154	172	155	II	4
9	5-й дуб	24	54	146	163	154	I	5
10	6-й дуб	28	67	181	202	187	I	4
11	7-й дуб	31	86	232	259	248	II	4
12	8-й дуб	23	57	154	172	167	I	5
13	9-й дуб	20	48	130	145	129	I	5
14	10-й дуб	23	51	138	154	141	II	4
15	11-й дуб	18	45	122	136	126	III	3
16	12-й дуб	19	46	124	139	130	II	4
17	13-й дуб	14	38	103	115	107	I	5
18	14-й дуб	32	78	211	235	225	I	5
19	15-й дуб	38	92	248	277	278	I	5
20	16-й дуб	23	56	151	169	163	III	3
21	17-й дуб	24	59	159	178	177	III	3
22	18-й дуб	25	62	167	187	178	II	4
23	19-й дуб	23	56	151	169	163	I	5
24	20-й дуб	20	57	154	172	167	III	3
25	21-й дуб	25	61	165	184	173	I	5
26	22-й дуб	31	75	203	226	210	I	4

## Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
27	23-й дуб	15	38	103	115	107	I	5
28	24-й дуб	20	48	130	145	138	I	5
29	25-й дуб	27	67	181	202	202	II	4
30	26-й дуб	18	43	116	130	118	II	3
31	27-й дуб	22	54	146	163	166	I	5
32	28-й дуб	25	61	165	184	173	I	5
33	29-й дуб	22	54	146	163	166	I	5
34	30-й дуб	28	68	184	205	192	II	3
34	31-й дуб	27	67	181	202	187	II	4
36	32-й дуб	27	65	176	196	178	III	3
37	33-й дуб	20	49	132	148	143	II	4
38	34-й дуб	31	75	203	226	226	I	5
39	35-й дуб	20	49	132	148	143	I	4
40	36-й дуб	20	48	130	145	138	I	4
41	37-й дуб	20	48	130	145	138	II	4
42	38-й дуб	19	45	122	136	126	I	5
43	39-й дуб	17	42	113	127	114	II	4
44	40-й дуб	29	70	189	211	201	II	3
45	41-й дуб	19	46	124	139	130	I	5
46	42-й дуб	20	49	132	148	143	I	4
47	43-й дуб	22	54	146	163	166	I	5
48	44-й дуб	25	61	165	184	173	II	3
49	45-й дуб	19	46	124	139	130	I	5
50	46-й дуб	20	48	130	145	138	I	5
Локація «Криворізький Квартет»								
51	Дуб-Primo	30	69	186	208	197	I	5
52	Дуб-Secondo	27	37	100	112	96	I	4
53	Дуб-Terzo	28	48	130	145	138	I	4
54	Дуб-Quarto	33	72	194	217	211	I	5
55	Дуб-Диригент	29	67	181	202	187	I	5
Локація «Гданцівські дуби»								
56	Роздвоєний дуб	27	83	224	250	233	I	5
57	Придорожній дуб	30	86	232	259	248	I	4
58	Стрункий дуб	32	71	192	214	206	I	5
59	Пригнічений дуб	26	57	154	172	155	II	4

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9
60	Південний дуб	29	80	216	241	219	I	5
61	Дуб «Перший товариш»	28	64	173	193	187	I	5
62	Дуб «Другий товариш»	30	92	248	277	278	I	5
63	Гданцівський дуб	25	75	203	226	197	II	4
64	Західний дуб	27	89	240	268	263	II	5

*Примітка:* Н – висота дерева, D – діаметр стовбуру. Методики розрахунку орієнтовного віку дерев за рекомендаціями: КЕНЦ – Київського еколого-натуралістичного центру [1], FC – Forestry Commission (Great Britain) [22]. Категорії санітарного стану дерев: I – без ознак ослаблення, II – ослаблені, III – дуже ослаблені, IV – відмираючі, V – свіжий сухостій, VI – старий сухостій. Шкала декоративності: 1 – негативна, 2 – нульова, 3 – незначна, 4 – достатня, 5 – висока.

Проведені розрахунки показали, що вік дерев дубу звичайного локації «Криворізький квартет» знаходиться в діапазоні 96–208 років (табл.). Найстаршими деревами є Дуб-Primo, Дуб-Quarto та Дуб-Диригент (понад 200 років). Тому ми припускаємо, що вони мають природне походження. Натомість Дуб-Secondo та Дуб-Terzo, ймовірно, були висаджені штучно на початку ХХ ст. для завершення створення композиції ландшафтної архітектури. Також слід зазначити, що всі екземпляри вікових дерев дубу звичайного цієї локації мають найвищу категорію санітарного стану дерев – «без ознак ослаблення», а їх декоративність була оцінена як «висока» та «достатня» (табл.).

У межах правобережної частини парку ім. Федора Мершавцева виявлена лише одна локація вікових дерев дубу звичайного, яка розташована на південно-західних його теренах. Усі екземпляри потенційно вікових дерев цієї локації розміщені фактично поодинокі – не утворюючи єдиної біогрупи. Проте вони знаходяться в одному полі зору, тому, як на нашу думку, не доцільно їх відокремлювати. Зважаючи на історичну назву житлового масиву, що знаходиться поруч з лівобережною частиною Парку, локація отримала назву «Гданцівські дуби». Всі дерева дубу звичайного локації отримали відповідні персональні імена: Роздвоєний дуб, Придорожній дуб, Стрункий дуб, Пригнічений дуб, Південний дуб, Дуб «Перший товариш», Дуб «Другий товариш», Гданцівський дуб, Західний дуб.

Встановлено, що в межах локації «Гданцівські дуби» найбільш численними є категорія «багатовікові дерева» (200–1000 років) – сім екз. (або 77,8 % від загальної кількості дерев локації), вік двох дерев (21,2 %) можна віднести до категорії «вікові» (100–200 років). Також слід зазначити, що шість дерев цієї локації (66,7 %) мають найвищу категорію санітарного стану дерев – «без ознак ослаблення», три дерева (32,3 %) – «ослаблені» (табл.). Спостереженнями встановлено, що у шести дерев (або 66,7 %) декоративність була оцінена найвищим балом – «високодекоративні», у трьох дерев (33,3 %) виявлена «достат-

ня декоративність».

### *Заповідання вікових дерев дубу звичайного*

Оцінка перспективності заповідання вікових дерев дубу звичайного парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) була виконана відповідно до чинного законодавства, зокрема, Законів України «Про природно-заповідний фонд України» [7], «Про екологічну мережу України» [5] та «Про охорону навколишнього природного середовища» [6], а також окремих науково-методичних рекомендацій [2, 12, 13].

В межах парку імені Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) виявлено місцезнаходження 64 екземплярів вікових дерев дубу звичайного. Аналіз результатів розрахунків орієнтовного віку дерев дубу звичайного парку ім. Ф. Мершавцева показав наступне (рис. 3). До категорії «Потенційно вікові» (вік на

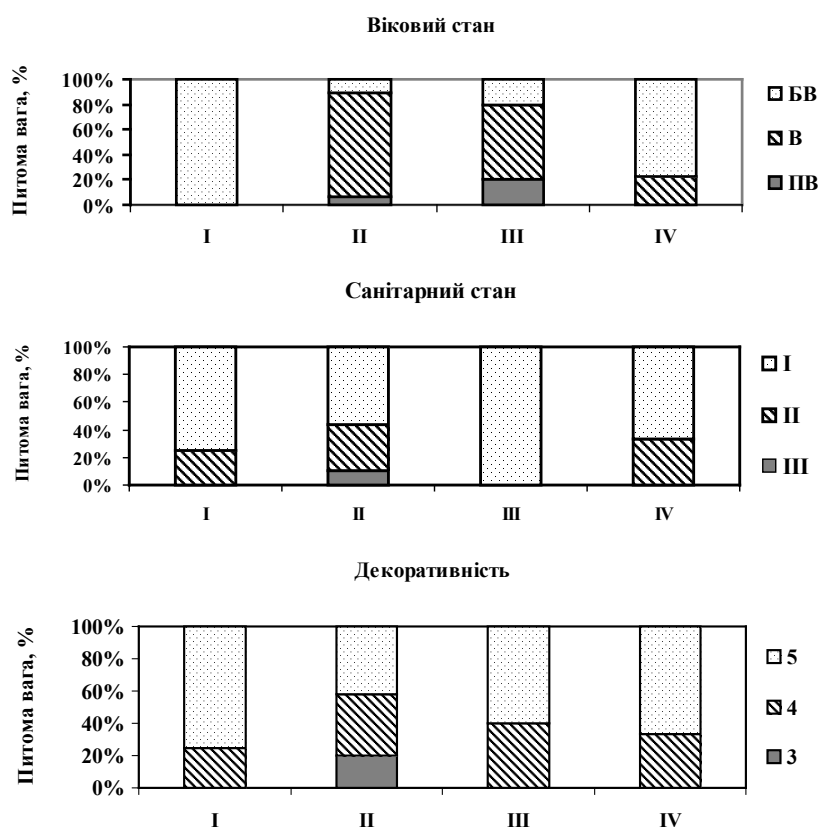


Рис. 3. Розподіл дерев вікових екземплярів дерев дубу звичайного парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) за категоріями стану

Локації вікових дерев дубу звичайного: I – Фундатори Криворіжжя, II – Криворізька діброва, III – Криворізький квартал, IV – Гданцівські дуби. Віковий стан: БВ – багатовікові, В – вікові, ПВ – потенційно вікові. Санітарний стан: I – без ознак ослаблення, II – ослаблені, III – дуже ослаблені. Декоративність: 5 – висока, 4 – достатня, 3 – незначна

межі 100 років) віднесені 4 екз. (6,3 % від загальної їх кількості), до категорії «Вікові дерева» (вік 100–200 років) – 43 екз. (67,26 %), до категорії «Багато-вікові» (вік понад 200 років) – 17 екз. (26,6 %). Особливо слід зазначити, що вік двох дерев (Дуб Мартіна Шимановського, Дуб Олександра Поля з локації «Фундатори Криворіжжя») знаходиться на межі трьохсот років. При цьому вік восьми дерев перевищує офіційний вік м. Кривий Ріг (245 років): Роздвоєний дуб, Придорожній дуб, Південний дуб, Дуб «Другий товариш», Західний дуб (локація «Гданцівські дуби»), дуб Сергія Колачевського (локація «Фундатори Криворіжжя»), дуби № 7 та № 15 (локація «Криворізька діброва»).

Встановлено, що у 40 екз. дерев (або 62,5 % від їх загальної кількості) санітарний стан оцінений як найвищий (категорія – Без ознак ослаблення), у 19 (29,7 %) – ослаблений, у 5 (7,8 %) – дуже ослаблений. При цьому, у 31 екз. дерев (48,4 %) декоративність була оцінена найвищим балом – висока декоративність, у 23 екз. (35,930 %) – достатня декоративність, у 9 екз. (14,1 %) – незначна.

Загалом, усі екземпляри вікових дерев дубу звичайного в межах досліджених територій парку мають беззаперечну природоохоронну, наукову, історичну, рекреаційну та освітньо-виховну цінність. У зв'язку з цим, ми вважаємо науково-обґрунтованим оголосити всі зазначені 64 екземпляри вікових дерев дубу звичайного парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) ботанічною пам'яткою природи.

### Висновки

1. В межах території парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) виявлено 64 екземпляри вікових дерев дубу звичайного, які згруповані у чотири локації: Фундатори Криворіжжя (чотири екз.), Криворізька діброва (46 екз.), Криворізький квартет (п'ять екз.), Гданцівські дуби (дев'ять екз.).

2. Сучасний стан вікових екземплярів дубу звичайного парку ім. Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг) характеризується: 1) унікальними дендрометричними показниками висоти дерева (від 14 м до 38 м, в середньому – 25 м) та діаметру стовбуру (від 37 см до 102 см, в середньому – 62 см); 2) задовільним санітарним станом та високою естетичністю; 3) наявністю вікових (100–200 років) та багатовікових (200–1000 років) екземплярів (вік двох дерев перевищує 300 р., вік восьми дерев перевищує офіційний вік нашого міста – 245 р.).

3. Вважаємо доцільним створення ботанічної пам'ятки природи «Вікові дерева дубу звичайного парку імені Федора Мершавцева (м. Кривий Ріг)».

Стаття надійшла до редакції 13.04.2018



**Список використаної літератури**

1. Борейко В. Е. Охрана вековых деревьев / В. Е. Борейко // Гуманитарный экологический журнал. – 2010. – N 3. – С. 1–48.
2. Василюк О. Виявлення територій, придатних для оголошення об'єктами природно-заповідного фонду / О. Василюк, А. Драпалюк, Г. Парчук, Д. Ширяєва, за заг. ред. О. Кравченко – Львів, 2015. – 80 с.
3. Галкін С. І. Досвід збереження вікових дерев та історичних насаджень у дендрологічному парку «Олександрія» НАН України / С. І. Галкін, Н. В. Драган, Н. М. Дойко // Інтродукція рослин. – 2013. – № 4. – С. 42–50.
4. Дудин Р. Б. Деревя-довгожителі – величні символи природи / Р. Б. Дудин // Науковий вісник НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.4. – С. 62–65.
5. Закон України «Про екологічну мережу України»: прийнятий 24 червня 2004 року № 1864-IV XII // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2004. – № 45. – С. 502.
6. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»: прийнятий 25 червня 1991 року № 1264-XII // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1991. – № 41. – С. 546.
7. Закон України «Про природно-заповідний фонд України»: прийнятий 16 червня 1992 року № 2456-XII // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 1992. – № 34. – С. 502.
8. Івченко А. І. Великовікові дерева інтродукованих та рідкісних таксонів Підгірцівського парку / А. І. Івченко, І. М. Пацура, А. С. Мельник, О. С. Панасюк // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008, вип. 18.5. – С. 19–24.
9. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія / О. А. Калініченко. – Київ: Вища школа, 2003. – 199 с.
10. Лісотаксаційний довідник / [за ред. С. М. Кашпора, А. А. Сорочинського]. – Київ: Видавничий дім Вінченка, 2013. – 496 с.
11. Матяшук Р. К. Вікові дуби «Феофанії» – пам'ятки живої природи краю / Р. К. Матяшук, В. Б. Небесний, С. М. Конякін, І. В. Ткаченко // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2014. – № 6. – С. 1–15.
12. Методичні рекомендації по формуванню мережі природно-заповідних територій в областях УРСР. – Київ: Державний комітет УРСР по охороні природи, 1990. – 13 с.
13. Природно-заповідний фонд: земельні питання (посібник) / [За заг. ред. О. Кравченко]. – Львів: Видавництво «Компанія «Манускрипт», 2017. – 104 с.
14. Савосько В. М. Біометричні показники та екологічний стан вікових дерев дубу черешчатого парку «Веселі Терни» / В. М. Савосько, Л. В. Глинська // Питання біоіндикації та екології. – 2013. – Вип. 18. – № 1. – С. 125–132.
15. Савосько В. М. Ґрунтовий покрив Криворіжжя / В. М. Савосько // Фізична географія Криворіжжя: монографічна навчальна книга. – Кривий Ріг: Видавець Роман Козлов, 2015. – С. 133–150.
16. Савосько В. М. Еколого-ботанічна зумовленість поширеності деревно-чагарникових видів у визначних парках та скверах історичного центру Криворіжжя / В. М. Савосько, Н. В. Товстоляк // Інтродукція рослин. – 2016. – № 3. – С. 85–95.
17. Савосько В. М. Екологічні умови територій садів та парків колишніх залізних рудників (Криворізький басейн, Україна) / В. М. Савосько, Н. В. Товстоляк // Український екологічний журнал. – 2017. – Т 7 (14). – С. 12–17.
18. Санітарні правила в лісах України (затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 27.07.1995 р., № 555). [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.zakon.rada>.
19. Шлапак В. П. Методи оцінки естетичного стану вікових деревних насаджень історичної частини національного дендропарку «Софіївка» НАН України / В. П. Шлапак, Г. І. Музика, В. А. Вітенко, Л. І. Марно, Н. О. Гончар // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.5. – С. 8–15.
20. Шлапак В. П. Біометричні показники вікових деревних рослин дендропарку «Софіївка» та

- їх розподіл за віковими категоріям / В. П. Шлапак, Г. І. Музика, В. А. Вітенко, Л. І. Марно // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.5. – С. 8–15.
21. Шнайдер С. Л. Видатні дерева Київської області / С. Л. Шнайдер, В. Є. Борейко. – Київ: Логос, 2017. – 40 с.
  22. Estimating the Age of Large and Veteran Trees in Britain. – Forestry Commision, 1998. – <https://www.forestry.gov.uk/england>.
  23. Gotmark F. Size of nature reserves: densities of large trees and dead wood indicate high value of small conservation forests in southern Sweden / F. Gotmark, M. Thorell // Biodiversity and Conservation. – 2003. – № 12. – P. 1271–1285.
  24. Kauppi P. E. Effects of land management on large trees and carbon stocks / P. E. Kauppi, R. A. Birdsey, Y. Pan, A. Ihalainen, P. Nöjd, A. Lehtonen // Biogeosciences. – 2015. – № 12. – P. 855–862. doi:10.5194/bg-12-855-2015.
  25. Lonsdale D. Ancient and other veteran trees: further guidance on management / D. Lonsdale. London: The Tree Council, 2013. – 212 p.

**В. Н. Савосько<sup>1</sup>, Н. В. Товстоляк<sup>1</sup>, К. М. Домшина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Криворожский государственный педагогический университет, кафедра ботаники и экологии,  
пр. Гагарина, 54, Кривой Рог, 50086, Украина, savosko1970@gmail.com

<sup>2</sup> Криворожский областной лицей-интернат для сельской молодежи,  
ул. Шапенко, 1, Кривой Рог, 50029, Украина

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕКОВЫХ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ДУБА ОБЫКНОВЕННОГО ПАРКА ИМ. ФЕДОРА МЕРШАВЦЕВА (Г. КРИВОЙ РОГ)**

### **Резюме**

**Введение.** Исследования вековых деревьев очень актуальны для городов в степной зоне. В этих городах такие деревья находятся под многогранным негативным воздействием: дефицита влаги, загрязнения окружающей среды, рекреационной нагрузки и последствий глобального изменения климата.

Цель работы – по дендрометрическим (высота дерева, диаметр ствола) и санитарным характеристикам, а также по показателям декоративности установить современное состояние всех потенциально вековых экземпляров дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.) в парке им. Федора Мершавцева (г. Кривой Рог, Днепропетровская обл., Центральная Украина).

**Материалы и методы.** В течение 2012–2017 гг. на территории этого парка: 1) выявлены все экземпляры потенциально вековых деревьев дуба обыкновенного; 2) установлены дендрометрические показатели деревьев; 3) оценено санитарное состояние, жизнеспособность и декоративность деревьев. Прогнозируемый возраст деревьев рассчитывался по рекомендациям В. Е. Борейко (Киевский экологонатуралистический центр) и Лесной комиссии (Великобритания).

**Результаты и выводы.** Парк культуры и отдыха им. Федора Мершавцева характеризуется: 1) расположением в историческом центре г. Кривой Рог; 2) высоким спросом у посетителей; 3) благоприятными экологическими условиями для дре-

весных растений; 4) наличием разнообразных насаждений.

На территории этого парка выявлено 64 экземпляра вековых деревьев дуба обыкновенного. Эти деревья сгруппированы в четыре локации: Фундатори Криворіжжя (Основатели Криворожжя) – 4 дерева, Криворізька діброва (Криворожская дубрава) – 46 деревьев, Криворізький квартет (Криворожский квартет) – 5 деревьев, Гданцівські дуби (Гданцевские дубы) – 9 деревьев. Эти вековые деревья характеризуются: 1) уникальными дендрометрическими показателями высоты деревьев (от 14 м до 38 м, в среднем 25 м) и диаметра стволов (от 37 см до 102 см, в среднем 62 см); 2) удовлетворительным санитарным состоянием и высокой эстетичностью; 3) наличием возрастных (100–200 лет) и многовековых (200–1000 лет) экземпляров (возраст двух деревьев превышает 300 лет, возраст восьми деревьев превышает официальный возраст города – 245 лет).

Рекомендуется создание ботанического памятника природы «Вековые деревья дуба обыкновенного парка имени Федора Мершавцева (г. Кривой Рог)».

**Ключевые слова:** вековые дубы, дендрометрические характеристики, декоративность, ботанический памятник природы, Криворожье.

V. M. Savosko<sup>1</sup>, N. V. Tovstolyak<sup>1</sup>, K. M. Domshuna<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kryvyi Rih State Pedagogical University, department of Botany and Ecology, 54, Gagarin ave., Kryvyi Rih, Ukraine, 50086 savosko1970@gmail.com

<sup>2</sup> Kryvyi Rih Regional Boarding School for Rural Youth, 1, Shkapenka Str., Kryvyi Rih, Ukraine, 50029

## THE CURRENT STATE OF AGE-OLD SPECIMENS OF ENGLISH OAK TREES AT FEDOR MERSHAVTSEV PARK (KRYVYI RIH CITY)

### Abstract

**Introduction.** The researches of age-old trees are very important for industrial cities located in the steppe zone. In these cities, the Veteran trees grow under multi-faceted negative impacts: moisture deficit, environmental pollution, recreational load and the effects of global climate change.

The **aim** of this article is to identify the current state of English oak (*Quercus robur* L.) oldest trees at Fedor Mershavtsev park (Kryvyi Rih city, Central Ukraine) in accordance with dendrometric characteristics (tree height, trunk diameter) and indicators of vitality and decorativeness according.

**Materials and Methods.** In the period of 2012-2017 on the territory of the Park: 1) all specimens of potential English oak age-old trees were detected; 2) dendrometric indices of age-old trees were established; 3) vitality and aesthetics of age-old trees were estimated. The predicted age of age-old trees was calculated by recommendations of V. E. Boreyko (Kyiv Ecological and Naturalistic Center) and Forestry Commission (Great Britain).

**Results and conclusions.** Fedor Mershavtsev Culture and Recreation Park is

characterized by: 1) accommodation in Kryvyi Rih city historical center; 2) high demand for many visitors; 3) favorable ecological conditions for the growth and development of woody plants; 4) being formed by various tree-shrub plantations.

Within the territory of the Park, 64 examples of English oak age-old trees were found. These trees are grouped into four locations: “Fundatory Kryvorizhzhia” (Founders of Kryvorizhzhia) – 4 trees, “Kryvorizka dibrova” (Oak Grove of Kryvorizhzhia) – 46 trees, “Kryvorizkyi kvartet” (Quartet of Kryvorizhzhia) – 5 trees, “Gdantsivski duby” (Gdantsivska Oak) – 9 trees. These age-old trees are characterized by: 1) impressive dendrometric tree height (from 14 m to 38 m, the average – 25 m) and trunk diameter (from 37 cm to 102 cm, the average – 62 cm); 2) a satisfactory sanitary condition and astonishing aesthetics; 3) availability of age (100-200 years) and centuries-old (200-1000 years) specimens (the age of two trees exceeds 300 years, the age of eight trees exceeds the official age of Kryvyi Rih city – 245 years).

It is recommended to create the Botanical Nature Monument «ENGLISH OAK AGE-OLD TREES AT FEDOR MERSHAVTSEV PARK (KRYVYI RIH CITY)».

**Keywords:** age-old trees, dendrometric characteristics, vitality, decorative, botanical memorial of nature, Kryvorizhzhia.

## References

1. Boreyko V.E. (2010) Security centuries-old trees [Ohrana vekovyih derev], Humanitarian ecological journal, 3, pp. 1-48.
2. Vasyliuk O., Drapaliuk A., Parchuk H., Shyriaieva D. (2015) Identification of territories suitable for the announcement of the nature reserve fund objects [Vyiavlennia terytorii, prydatnykh dlia oholoshennia ob'ektamy pryrodno-zapovidnoho fondu], Lviv, 80 pp.
3. Halkyn S.I., Drahan N.V., Doiko N.M. (2013) Experience the conservation of ancient trees and historical compositions in Arboretum Olexandria of the NAS of Ukraine [Dosvid zberezhenia vikovykh derev ta istorychnykh nasadzhennia u dendrolohichnomu parku «Oleksandriia» NAN Ukrainy], Plant introduction, 4, pp. 42-50.
4. Dudyn R.B. (2006) Trees-long-livers – majestic symbols of nature [Dereva-dovhozhyteli – velychni symvoly pryrody], Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 16.4, pp. 62-65.
5. Law of Ukraine «On the Environmental Network of Ukraine» (2004) adopted on June 24, 2004, No. 1864-IV XII [Zakon Ukrainy «Pro ekolohichnu merezhu Ukrainy»: pryiniaty 24 chervnia 2004 roku № 1864-IV XII], Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, 45, p. 502.
6. Law of Ukraine «On Environmental Protection» (1991) adopted on June 25, 1991 No. 1264-XII [Zakon Ukrainy «Pro ekolohichnu merezhu Ukrainy»: pryiniaty 24 chervnia 2004 roku № 1864-IV XII], Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, 41, p. 546.
7. Law of Ukraine «On the Nature Reserve Fund of Ukraine» (1992) adopted on June 16, 1992, No. 2456-XII [Zakon Ukrainy «Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy»: pryiniaty 16 chervnia 1992 roku № 2456-XII], Information from the Verkhovna Rada of Ukraine, 34, p. 502.
8. Ivchenko A.I., Patsura I.M., Melnyk A.S., Panasiuk O.S. (2008) Old trees of rare species in the park of Pidgirtsy village, which were introduction [Velykovikovyi dereva introdukovanykh ta ridkisnykh taksoniv Pidhirsivskoho parku], Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 18.5, pp. 19-24.
9. Kalinichenko O.A. (2003) Decorative dendrology [Dekoratyvna dendrologiia], Vyscha shkola, Kyiv, 199 p.
10. Kashpora S.M., Strohynskoho A.A. ed (2013) Lisotaksatsiinyi dovidnyk Forest Tactical Directory [Lisotaksatsiinyi dovidnyk], Vinichenko Publishing House, Kyiv, 496 p.
11. Matiashuk R.K., Nebesnyi V.B., Konyakin S.M., Tkachenko I.V. (2014) Senturies-old «Feofaniya» oaks – region wildlife monuments [Vikovi duby «Feofanii» – pamiatky zhyvoi pryrody kraiu],

- Scientific reports of the National University of Bioresources and Natural Resources of Ukraine, 6, pp. 1-15.
12. Methodical recommendations on the formation of a network of nature-protected areas in the regions of the Ukrainian SSR (1990) [Metodychni rekomendatsii po formuvanniu merezhi pryrodno-zapovidnykh terytorii v oblastiakh URSR], State Committee of the Ukrainian SSR on Nature Conservation, Kyiv, 13 p.
  13. Natural Reserve Fund: Land Issues (2017) [Pryrodno-zapovidnyi fond: zemelni pytannia], Manuscript Company Publishing House, Lviv, 104 p.
  14. Savosko V.M., Hlynska L.V. (2013) Biometrical indexes and ecological state of age-old trees of European oak in «Veseli Terny» park [Biometrychni pokaznyky ta ekolohichni stan vikovykh derev dubu chereschatoho parku «Veseli Terny»], Bioindication and ecology questions, 18, 1, pp. 125-132.
  15. Savosko V.M. (2015) Soil covered at Kryvorizhya [Gruntovy pokryv Kryvorizhzhia], Physical geography of Kryvorizhya monographic educational book, Publisher Roman Kozlov, Kryvyi Rih, pp. 133-150.
  16. Savosko V.M., Tovstoliak N.V. (2016) The ecological and botanical dependence of the tree and shrub species occurrence in outstanding parks and the square at Kryvorizhzhya historical center [Ekoloho-botanichna obumovlenist poshyrenosti derevno-chaharnykovykh vydiv u vyznachnykh parkakh ta skverakh istorychnoho tsentru Kryvorizhzhia], Plant introduction, 3, pp. 85-95.
  17. Savosko V.M., Tovstoliak N.V. (2017). Ecological conditions of garden and park territories of former iron mines (Kryvyi Rih Basin, Ukraine) [Ekolohichni umovy terytorii sadiv ta parkiv kolyshnykh zaliznykh rudnykiv (Kryvorizkyi basein, Ukraina)], Ukrainian Journal of Ecology, 7(4), pp. 12–17.
  18. Sanitary rules in the forests of Ukraine (1995) [Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy], Approved by the decision of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 27.07.1995, № 555. <http://www.zakon.rada>.
  19. Shlapak V.P., Myzuka G.I., Vitenko V.A., Marno L.I., Gonchar N.O. (2011) The evaluation methods of aesthetic conditions of the age-old plantations of trees in the national dendrological park «Sofiivka» NAS of Ukraine [Metody otsinky estetychnoho stanu vikovykh derevnykh nasadzen istorychnoi chastyny natsionalnoho dendroparku «Sofiivka» NAN Ukrainy], Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 21.5, pp. 8-15.
  20. Shlapak V.P., Muzyka G.I., Vitenko V.A., Marno L.I. (2011) The biometric characteristics of fage-long woody plants in the Dendrological Park «Sofiivka» end category distribution of them [Biometrychni pokaznyky vikovykh derevnykh roslyn dendroparku «Sofiivka» ta yikh rozpodil za vikovymy katehoriiam], Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine, 21.5, pp. C. 8-15.
  21. Shnaider S.L., Boreiko V.Ye. (2017) Outstanding trees of the Kiev region [Vydatni dereva Kyivskoi oblast], Lohos, Kyiv, 40 p.
  22. Estimating the Age of Large and Veteran Trees in Britain (1998) Forestry Commision, <https://www.forestry.gov.uk/england>
  23. Gotmark F., Thorell M. (2003) Size of nature reserves: densities of large trees and dead wood indicate high value of small conservation forests in southern, Biodiversity and Conservation, 12, pp. 1271-1285.
  24. Kauppi P.E., Birdsey R.A., Pan Y., Ihalainen A., Nöjd P., Lehtonen A. (2015) Effects of land management on large trees and carbon stocks, Biogeosciences, 12, pp. 855–862, doi:10.5194/bg-12-855-2015.
  25. Lonsdale D. (2013) Ancient and other veteran trees: further guidance on management, The Tree Council, London, 212 p.

**Н. С. Терлига**, к.б.н., старший науковий співробітник  
**Н. М. Данильчук**, молодший науковий співробітник  
**Ю. С. Юхименко**, молодший науковий співробітник  
Криворізький ботанічний сад НАН України,  
вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, 50089, Україна, e-mail: yukhimenkoj@ukr.net

### **СТРУКТУРА ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ ІМ. БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦЬКОГО ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ (М. КРИВИЙ РІГ, ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛ.)**

Досліджено таксономічний склад культивованої дендрофлори міського парку ім. Богдана Хмельницького м. Кривий Ріг (Дніпропетровська область). Здійснено систематичний, біоморфологічний, географічний аналіз культивованої дендрофлори парку. Визначено, що в зелених насадженнях парку зростають 63 види, 2 гібриди та 10 культиварів листяних та хвойних порід, які належать до 46 родів, 26 родин та 2 відділів. Найбільш чисельно за кількістю видів і культиварів представлені родини Rosaceae Juss. – 21,3 %, Salicaceae Mirb. – 12 % та Aceraceae Juss. – 10,6 %. Запропоновані заходи оптимізації зелених насаджень об'єктів загального користування Кривого Рогу.

**Ключові слова:** парк, культивована дендрофлора; Кривий Ріг; різноманіття; систематична і вікова структура; життєвий стан.

Кривий Ріг розташований в степовій зоні України, на злитті річок Інгулець та Саксагань і відноситься до помірно-континентальної семіаридної кліматичної підзони [14, 19]. Сума опадів за вегетаційний період складає близько 240 мм, а за рік – 400–459 мм; сумарний річний дефіцит зволоження – 481 мм. За адміністративним розподілом Кривий Ріг охоплює територію площею 4,75 тис. км<sup>2</sup>, з якої 4,51 тис. км<sup>2</sup> (94,9 %) віднесено до антропогенно трансформованої [6]. У місті діє 104 промислових підприємства і п'ять гірничо-збагачувальних комбінатів з видобутку та переробки залізорудної сировини, діяльність яких призводить до забруднення атмосферного повітря та ґрунту, порушення гідродинамічного режиму підземних вод та ін. [25].

Найактивніша робота зі створення насаджень різного функціонального призначення на Криворіжжі проводилась у два періоди – 30–40-х і 50–60-х рр. ХХ ст. [1]. Втім, вже на сьогодні, в умовах постійних кліматичних змін та значного техногенного навантаження, відбувається прискорене «старіння» деревних та чагарникових рослин, які є найуразливішими об'єктами озеленення.

Парк ім. Б. Хмельницького є одним з найбільших за площею (42 га) та типовим в архітектурно-планувальному аспекті у системі озеленення серед об'єктів загального користування Кривого Рогу. Південна частина парку заснована у



1935 р., а подальше його будівництво було продовжено лише у 1956 р. (північна частина). Він розташований біля найпотужнішого у місті металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг», на перехресті автомобільних доріг з інтенсивним рухом автотранспорту. Відомості про таксономічне різноманіття дендрофлори парку вперше наводить І. І. Добровольський у 1966 році, який зафіксував у ньому 53 види деревних рослин [5]. На теперешній час значна частка деревно-чагарникових насаджень досягла вікової межі і поступово втрачає свої функції у структурі зелених насаджень парку.

Соціально-економічні зміни у суспільстві, характерні для останніх десятиліть, поставили низку нових проблем, пов'язаних з відсутністю комплексного підходу до вирішення загальних питань щодо збереження існуючих насаджень у великих промислових містах. У зв'язку з цим метою роботи було дослідження структури і динаміки таксономічного складу дендрофлори парку ім. Б. Хмельницького, визначення стану деревно-чагарникових насаджень і розробка пропозицій щодо оптимізації насаджень в умовах техногенного та рекреаційного навантаження.

### **Матеріали та методи досліджень**

Таксономічний склад культивованої дендрофлори визначали в польових умовах і за зібраним гербарним матеріалом, використовуючи довідники [3, 4]. Назви рослин наведені згідно з Міжнародним кодексом ботанічної номенклатури і представлені у таблиці 1 [16]. Термін «культivar» застосований як для рослин, що введені з дикої природи до культури, так і для рослин, що сформовані у культурі [16]. Життєвий стан листяних дерев оцінювали за шкалою, розробленою Л. С. Савельєвою (VIII балів – період найбільшого росту, VII балів – послаблення росту, VI балів – відсутність верхівкового приросту, V балів – приріст на бічних гілках, IV балів – приріст на нижніх гілках, III бали – приріст за рахунок «вовчків», II бали – приріст лише за рахунок вертикальних пагонів стовбуру зі сплячих бруньок, I бал – приріст порослі) [22], листяних чагарників – за шкалою З. І. Лучник (1 бал – високий, 2 бали – помірний, 3 бали – слабкий, 4 бали – низький, 5 балів – дуже низький) [15], хвойних рослин – за шкалою В. Т. Ярмішко (1 – здорове дерево, 2 – пошкоджене, 3 – сильно пошкоджене, 4 – відмираюче, 5а – свіжий сухостій, 5б – старий сухостій) [26]. Географічний аналіз проведено на основі флористичного районування Земної кулі А. Л. Тахтаджяна [24]. Біоморфологічний аналіз культивованої дендрофлори проводили за І. Г. Серебряковим [23], розподіл дерев та чагарників за класами висоти – за шкалою О. І. Колєснікова (для дерев: I – 20 м, II – 10–20 м, III – 5–10 м; для чагарників: I – 2–5 м, II – 1–2 м, III – 0,5–1 м) [8]. За віком дерева були розподілені за наступними групами: I – 0–20 років; II – 21–40, III – 41–60, IV – 61–80, V – 81–100; чагарники: I – 0–10 років; II – 11–20, III – 21–30, IV – 31–40 [17]. Вік дерев та чагарників визначали непрямим методом, враховуючи видову приналежність, діаметр стовбуру дерев, їх загальний стан, умови місцезростання та ін. [17].

### Результати дослідження та їх обговорення

Сучасна дендрофлора парку представлена 63 видами, 2 гібридами та 10 культиварами, які належать до 46 родів, 26 родин та 2 відділів. Основу насаджень парку складають покритонасінні (Magnoliophyta) – 59 видів, 2 гібриди і 8 культиварів (92 %). Голонасінні (Pinophyta) представлені обмежено – лише 4 види та 2 культивари (8 %). Найбільше таксономічне різноманіття характерно для родин Rosaceae Juss. – 15 видів та 1 гібрид (21,3 %), Salicaceae Mirb. – 6 видів, 2 гібриди та 1 культивар (12 %) і Aceraceae Juss. – 6 видів та 2 культивари (10,6 %) (табл. 1). За таксономічним складом найбагатшими родами є *Acer* L. – 6 видів та 2 культивари (10,6 %), *Populus* L. – 4 види та 1 гібрид (6,6 %), *Salix* Mirb. – 2 види та 2 культивари (5,3 %), *Ulmus* L. – 3 види (4 %), *Fraxinus* L. – 2 види та 1 культивар (4 %), *Picea* A. Dietr. – 2 види та 2 культивари (5,3 %) (табл. 1). Більшість родин (19) представлено 1–2 видами. Слід відмітити, що за структурою і таксономічним складом дендрофлора парку ім. Б. Хмельницького подібна до інших 22 досліджених нами парків Кривого Рогу [13, 18], а родини Rosaceae і Salicaceae є найпоширенішими в міських парках інших регіонів України [10, 11, 12].

Порівняння сучасного таксономічного складу дендрофлори парку зі списком, який наводить І. І. Добровольський [5], дозволили виявити деякі зміни. Із 17 доміантних видів, що зростали у 1966 р., на сьогодні залишилося лише 8 видів деревно-чагарникових рослин – *Acer negundo*, *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *Swida alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Aesculus hippocastanum*, *Populus bolleana*, *Populus italica*.

За життєвими формами доміантними групами в дендрофлорі парку є дерева – 53 види та культивари, меншою кількістю представлені кущі – 22 видами. Втім, станом на 1966 р. у дендрофлорі парку зросло 29 видів дерев та 24 – чагарників [5]. Зі складу культивованої дендрофлори парку зникло 6 видів дерев і чагарників – *Amorpha fruticosa* L., *Ulmus foliacea* Gilib., *Populus balsamifera* L., *Populus alba* L., *Fraxinus viridis* Michx., які І. І. Добровольським [5] були визначені доміантними.

За флористичним розподілом культивована дендрофлора парку ім. Б. Хмельницького, як і інших досліджених нами об'єктів озеленення Кривого Рогу [1], представляє шість флористичних областей помірної зони [24]. Географічний аналіз свідчить про значне переважання видів із Циркумбореальної області (57 %), далі йдуть Атлантико-Північноамериканська (16 %), Східноазійська (13 %), Ірано-Туранська (11 %), Середземноморська (1,5 %) та область Скелястих гір (1,5 %).

В насадженнях парку за класами висоти переважають дерева першої величини – 56,7 % від загальної їх чисельності (30 видів та культиварів), в меншій кількості представлені дерева другої – 24,5 % (13 видів і культиварів) та третьої величини – 18,8 % (10 видів і культиварів) (табл. 1).



Таблиця 1

**Біометрична характеристика видів і культиварів деревних рослин,  
що зростають у парку ім. Богдана Хмельницького**

Назва родини, виду, культивуру	Висота, м		Діаметр*		Життєва форма	Життєвий стан, бали	Вікова група
	M±m	Cv,%	M±m	Cv,%			
1	2	3	4	5	6	7	8
ACERACEAE JUSS.							
<i>Acer campestre</i> L.	15,0**	-	40,0	-	Д	V-VII	III
<i>Acer negundo</i> L.	15,1±0,5	6,5	41,6±3,4	26,2	Д	III-VII	III
	17,0	-	72,0	-	Д	III-IV	IV
<i>Acer platanoides</i> L.	9,4±1,7	56,4	19,0±4,4	73,0	Д	VII	I
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	15,3±0,8	18,4	36,5±3,6	37,3	Д	V-VII	III
<i>Acer platanoides</i> L. 'Globosum'	4,0±0,2	18,6	18,5±1,0	20,0	Д	VII	II
<i>Acer pseudoplatanus</i> L. 'Purpureum'	14,3±0,24	4,2	38,8±0,6	3,8	Д	VII	III
<i>Acer saccharinum</i> L.	13,9±0,42	6,1	50,1±1,2	4,1	Д	V	III
	17,0	-	83,0	-	Д	V	IV
<i>Acer tataricum</i> L.	3,0±0,7	49,0	16,5±4,4	53,6	Д	VII	II
ANACARDIACEAE R. BR.							
<i>Cotinus coggygria</i> Scop.	3,4±0,2	7,5	3,0±0,16	10,7	К	II	III
BERBERIDACEAE JUSS.							
<i>Berberis vulgaris</i> L.	1,9±0,4	8,3	1,5±0,1	6,2	К	II	III
BETULACEAE GRAY							
<i>Betula pendula</i> Roth	9,4±0,4	15,8	20,3±1,0	17,0	Д	VII	II
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	11,6±0,8	31,0	27,2±2,2	36,0	Д	VII	II
BUXACEAE DUMORT.							
<i>Buxus sempervirens</i> L.	0,5±0,06	2,2	0,4±0,02	11,2	К	II-III	II
BIGNONIACEAE JUSS.							
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	5,6±0,4	13,3	15,0±0,6	5,9	Д	VII	II
CAESALPINIACEAE R. BR.							
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	15,2±0,7	8,5	27,5±1,8	26,0	Д	III-VII	III

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
CAPRIFOLIACEAE JUSS.							
<i>Lonicera tatarica</i> L.	1,5±0,2	23,2	1,3±0,1	12,3	К	II	II
<i>Weigela florida</i> (Bunge) A. DC.	1,6±0,2	-	1,4±0,3	-	К	II	II
CORNACEAE BERCHT. ET J. PRESL							
<i>Swida alba</i> Opiz	1,9±0,2	19,5	1,8±0,3	15,2	К	II	II
FABACEAE LINDL.							
<i>Caragana arborescens</i> Lam. 'Pendula'	1,8	-	1,6	-	К	II	II
<i>Laburnum anagyroides</i> Medic.	4,0	-	3,2	-	К	VII	II
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	15,2±1,1	30,6	37,2±4,4	39,7	Д	VI-VII	III
	20,0±1,3	10,2	70,0±2,5	11,3	Д	III-V	IV
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 'Umbraculifera'	4,2±0,4	19,9	28,6±1,0	8,1	Д	VI-VII	III
<i>Styphnolobium japonica</i> (L.) Schott.	11,1±1,6	17,9	39,7±3,6	33,8	Д	V-VII	III
	17,0±3,3	20,3	68,0±3,1	18,5	Д	III-V	IV
FAGACEAE DUMORT.							
<i>Quercus iberica</i> M. Bieb.	8,0	-	18,0	-	Д	VII	II
<i>Quercus robur</i> L.	15,6±0,6	17,8	37,2±2,8	33,6	Д	VI-VII	III
HIPPOCASTANACEAE TORR. ET GRAY							
<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	8,6±0,6	26,0	23,4±2,1	34,9	Д	VII	II
HYDRANGEACEAE DUMORT							
<i>Philadelphus latifolius</i> Schrad. et DC.	2,6±0,2	19,2	2,1±0,8	21,3	К	II	II
JUGLANDACEAE A. RICH. EX KUNTH							
<i>Juglans regia</i> L.	5,9±0,8	30,8	19,8±2,6	29,8	Д	VIII	I
MORACEAE GAUDICH.							
<i>Morus alba</i> L.	9,6±1,6	66,0	22,2±3,3	57,7	Д	VI-VII	II
	20,0±2,3	24,2	50,0±3,5	35,6	Д	V-VI	III

## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Morus alba</i> L. 'Pendula'	1,8±0,1	20,3	11,1±0,9	22,2	Д	VII	I
OLEACEAE HOFFMANNS. ET LINK							
<i>Fraxinus excelsior</i> Boiss.	13,7±1,7	27,3	30,4±2,8	20,9	Д	V-VII	III
<i>Fraxinus excelsior</i> Boiss. 'Diversifolia'	14,8±1,1	16,3	37,2±2,7	16,3	Д	VI	III
<i>Fraxinus lanseolata</i> Borkh.	15,1±0,8	18,7	36,7±3,4	33,4	Д	VI-VII	III
	18,0±0,9	8,2	56,0±1,2	9,1	Д	III-V	IV
<i>Forsythia europaea</i> Degen et Bald.	1,9±0,3	39,8	1,7±0,5	27,8	Д	II	III
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	1,8±0,1	11,8	1,6±0,8	19,5	К	II	III
<i>Syringa vulgaris</i> L.	2,6±0,3	24,0	2,3±0,5	34,3	К	II	III
ROSACEAE JUSS.							
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	8,9±0,5	17,0	27,2±4,1	33,4	Д	VII	II
	13,5±0,7	18,2	50,0±0,5	15,2	Д	VII	IV
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench.	10,0	-	64,0	-	Д	VII	IV
<i>Cerasus tomentosa</i> (Thunb.) Yas. Endo	1,9±0,5	10,5	1,6±1,2	12,3	К	VII	III
<i>Chaenomeles maulei</i> (Mast.) C. K. Schneid.	0,5±0,03	13,5	0,4±0,03	11,4	К	II	III
<i>Crataegus fallacina</i> Klokov	1,7±0,2	9,6	1,5±0,3	7,8	К	VII	III
<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	3,2±0,4	9,6	2,8±0,3	11,9	К	II	III
<i>Malus domestica</i> Borkh.	4,2±0,4	19,9	12,6±1,0	18,3	Д	VII	II
<i>Padellus mahaleb</i> (L.) Vassilcz.	2,9±0,2	12,9	10,2±0,5	10,4	Д	VII	I
<i>Physocarpus intermedius</i> (Rydb.) C.K. Schneid.	1,7±0,3	12,3	1,5±0,8	11,3	К	II	III
<i>Physocarpus opulifolia</i> Raf.	1,7 ±0,4	8,5	1,5 ±0,2	10,2	К	II	III
<i>Prunus domestica</i> Thunb.	3,6±0,6	30,6	10,5±0,6	19,9	Д	VII	I
<i>Prunus pissardi</i> Carrière	5,0±0,3	14,1	13,2±1,1	18,1	Д	VII	II
<i>Pyrus communis</i> L.	5,0	-	15,0	-	Д	VII	II
<i>Rosa canina</i> L.	1,7±0,2	30,0	1,8 ±0,3	25,3	К	II	II
<i>Rubus caesius</i> L.	1,5 ±0,7	18,5	1,9±0,4	18,5	К	VII	III

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	4,5±0,6	39,8	11,7±1,0	27,0	Д	VII	I
<i>Spiraea x vanhouttei</i> (Briot.) Zabel	1,6±0,2	28,1	1,4 ±0,6	24,3	К	II	III
RUTACEAE JUSS.							
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	4,0	-	2,5	-	К	VII	I
SALICACEAE MIRB.							
<i>Populus bolleana</i> Mast.	17,9±0,8	20,0	86,6±9,4	48,7	Д	VI-VII	IV
	24,0	-	120,0	-	Д	V	V
<i>Populus x berolinensis</i> K. Koch.	17,1±0,7	7,2	38,6±2,6	14,8	Д	VII	III
<i>Populus italica</i> Du Roi	21,5±0,6	7,7	58,7±1,5	8,2	Д	V-VII	IV
	25,0	-	72,0	-	Д	V	V
<i>Populus nigra</i> L.	25,0	-	112,0	-	Д	VII	V
<i>Populus simonii</i> Carrière	18,0	-	90,0	-	Д	VI	V
<i>Salix alba</i> L.	10,0	-	45,0	-	Д	VII	II
	24,0	-	120,0	-	Д	V	V
<i>Salix alba</i> L. 'Vitellina pendula'	14,7±1,6	27,2	80,0±7,8	24,0	Д	VI-VII	IV
<i>Salix fragilis</i> Host	10,5±0,5	10,6	40,6±2,8	15,3	К	VII	II
<i>Salix matsudana</i> Koidz. 'Tortuosa'	7,0	-	21,0	-	Д	VII	II
SIMAROUBACEAE DC.							
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	4,3±0,3	14,4	6,2±0,9	37,2	Д	V-VII	I
TILIACEAE JUSS.							
<i>Tilia cordata</i> Mill.	11,36±0,6	22,4	28,8±1,9	29,0	Д	VII	II
	20,0	-	115,0	-	Д	VII	V
<i>Tilia tomentosa</i> Moench.	7,0	-	20,0	-	Д	VII	I
ULMACEAE MIRB.							
<i>Ulmus campestris</i> L.	16,5±0,4	7,0	46,9±3,1	20,7	Д	III-VII	III
<i>Ulmus glabra</i> Huds.	17,0±0,4	6,3	49,9±6,5	36,8	Д	VII	III
	18,0	-	67,0	-	Д	V-VI	IV
<i>Ulmus laevis</i> Pall.	16,8±0,3	4,7	47,2±5,3	35,3	Д	VII	III
	18,0	-	72,0	-	Д	V-VI	IV
VITACEAE JUSS.							
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch.	7,8±1,05	35,5	1,1±0,06	17,2	К	II	II

## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
CUPRESSACEAE GRAY							
<i>Juniperus sabina</i> L.	0,5	-	0,8	-	К	II	III
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	2,8±0,4	55,3	1,7±0,3	35,2	К	III	III
PINACEAE SPRENG. EX RUDOLPHI							
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	13,7±0,4	10,8	20,5±1,3	20,6	Д	II-III	III
<i>Picea pungens</i> Engelm.	11,3±0,5	8,5	29,0±1,5	10,4	Д	II-IV	III
<i>Picea pungens</i> 'Coerulea'	8,5±0,3	21,4	28,3±3,1	30,2	Д	II-IV	III
<i>Picea pungens</i> 'Glauca'	8,3±0,6	25,6	27,1±2,8	29,8	Д	II-IV	III

Примітка: \*для дерев вказаний діаметр стовбура (см), для чагарників – діаметр крони (м), \*\*рослина відмічена в одному екземплярі.

Серед чагарників найчисельнішою є група високорослих чагарників – 81,8 % від загальної їх кількості (18 видів та культиварів), низькорослі – представлені 3 видами (13,5 %), середньорослі – одним видом (0,7 %) (табл. 1). Середньо- і низькорослі чагарники надають особливої декоративності парковим композиціям, втім нечисельне їх представництво (2–20 %) відмічене у більшості досліджених нами об'єктів озеленення Кривого Рогу [13, 18]. Тому в закритих просторах можна рекомендувати створювати другий і частково третій яруси за рахунок довговічних тінювотривалих чагарників.

Вікова структура насаджень парку ім. Б. Хмельницького формувалась за рахунок висаджування нових рослин у різні періоди. В них виявлені дерева віком від 5 до 90 років. За результатами аналізу вікової структури деревних насаджень парку виділено п'ять груп (табл. 1). У південній його частині дерева віком 71–90 р. становлять 30 % від загальної їх кількості, 51–70 р. – 40 %, 31–50 р. – 20 %, 10–30 р. – 10 %. Чисельність найстаріших дерев віком понад 80 р. становить 10 %, більшість з яких мають задовільні показники життєвого стану (табл. 1). У північній частині парку значну частку насаджень складають дерева віком 51–70 р. (55 %); чисельною є і вікова група 31–50 р. (30 %); частка особин віком 10–30 р. найменша і становить 15 %.

Деревні насадження парку за типом посадок репрезентована алейними, рядовими і груповими насадженнями. Понад 60 % дендрофлори парку представлено груповими насадженнями (моновидові або змішані). За класифікацією типів садово-паркових ландшафтів Л. І. Рубцова [21] 65 % його території від-

повідас парковому типу ландшафтів, 30 % – лісовому, 10 % – регулярному, 5 % – лучному. На багатьох ділянках відмічені процеси ландшафтної деградації з перетворенням регулярного типу на парковий, паркового – на лісовий.

Зімкненість крон у групових насадженнях на різних ділянках парку варіює від 0,7 до 0,9. В насадженнях на ділянках, де зімкнутість крон становить 0,9 (30 % від загальної площі таких насаджень), під пологом дерев трав'янистий покрив відсутній; на ділянках із зімкнутістю крон 0,8 (20 %) вже з'являється розріджений травостій, а при – 0,7 (50 %) – відмічений як трав'янистий покрив, так і щільний самосів інших деревних видів.

Різна щільність посадок призводить до значних коливань показників життєвого стану рослин – від задовільного до незадовільного. У групових насадженнях, де зімкнутість крон найвища (0,8–0,9), такі види, як *Robinia pseudoacacia*, *Salix alba* 'Vitellina pendula', *Acer platanoides* 'Globosa', *Acer negundo*, *Acer saccharinum*, *Gleditsia triacanthos*, *Ulmus campestris*, *Fraxinus lanceolata* Borkh, *Quercus robur*, *Morus alba*, *Populus italica*, *Populus x berolinensis*, *Populus simonii*, *Prunus pissardii*, *Styphnolobium japonica*, характеризуються незадовільними показниками життєвого стану (II–VI), їх крони мають до 80 % сухих гілок або розпадаються. Лише 60 % листяних дерев та чагарників на усіх ділянках парку мають задовільні або добрі показники життєвого стану (табл. 1). Разом з цим, серед хвойних рослин 10 % становлять категорію «здорові», 50 % віднесені до категорії пошкоджених, 30 % – сильно пошкоджених, 10 % – відмираючих. Відзначена тенденція до зниження життєвого стану деревних та чагарникових рослин у насадженнях Кривого Рогу пов'язана не тільки з впливом техногенного та рекреаційного навантаження [2, 9], але й є наслідком порушення технології посадок, обмеження площі живлення рослин, ушкоджень механічного та біологічного характеру тощо.

В зелених насадженнях Кривого Рогу в основних паркоутворювальних дерев вже у віці 30–40 р. спостерігаємо уповільнення ростових процесів, збільшення ступеня усихання гілок, дефоліації і дехромації [13]. Втім, в південній частині парку ім. Б. Хмельницького окремі дерева (*Acer saccharinum*, *Robinia pseudoacacia*, *Styphnolobium japonica*, *Populus bolleana*, *Populus nigra*, *Salix alba* 'Vitellina pendula', *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*) віком 71–90 р. мають найвищі ростові показники у поєднанні із задовільним життєвим станом (табл. 1). Наразі, в степових умовах Кривого Рогу лише 10 деревних видів – *Acer saccharinum*, *Acer pseudoplatanus*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Quercus robur*, *Morus alba*, *Fraxinus excelsior*, *Padellus mahaleb*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis* зберігають декоративні якості у віці 50 і більше років. Відмічені вище особини представляють цінність для визначення декоративної довговічності насаджень в урбанотехногенному середовищі великого промислового міста степової зони України і тому потребують особливого підходу щодо їх збереження. Слід відзначити, що тривала декоративність таких чагарників, як *Lonicera tatarica*, *Swida alba*, *Philadelphus latifolius*, *Ligustrum vulgare*, *Forsythia*

*europaea*, *Spiraea x vanhouttei*, *Physocarpus opulifolia*, *Physocarpus intermedius* можлива за умов періодичної їх обрізки з видаленням сухою.

На теперішній час в дендрофлорі парку 62 % видів та культиварів зустрічаються на його території зрідка, серед яких перспективними для масового впровадження є *Acer pseudoplatanus* 'Purpureum', *A. platanoides* 'Globosa', *Catalpa bignonioides*, *Robinia pseudoacacia* 'Umbraculifera', *Quercus iberica*, *Morus alba* 'Pendula', *Prunus pissardii*, *Ptelea trifoliata*, *Populus simonii*, *Salix matsudana* Koidz. 'Tortuosa', *Tilia tomentosa*.

З огляду на наведені в таблиці дані, можна сказати, що серед чагарників найадаптованішими до умов Кривого Рогу є *Cydonia oblonga*, *Swida alba*, *Philadelphus latifolius*, *Physocarpus intermedius*, *Physocarpus opulifolia*, *Weigela florida*, *Berberis vulgaris*, *Cotinus coggygria*, *Caragana arborescens* 'Pendula', *Laburnum anagyroides*, *Forsythia europaea*.

На території парку виявлено насіннєве самовідновлення 23 видів листяних порід, що належать до 15 родів та 13 родин. Висока конкурентоспроможність таких видів, як *Acer negundo*, *Acer platanoides*, *Ailanthus altissima*, *Fraxinus lanceolata*, *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia triacanthos*, *Swida alba*, *Ulmus campestris*, *Ulmus laevis*, *Ulmus glabra*, дозволила їм значно розширити площу місцезростань за рахунок притаманних їм біоекологічних властивостей. Вегетативне самовідновлення кореневими паростками відмічено у *Cotinus coggygria*, *Lonicera tatarica*, *Ligustrum vulgare*, *Crataegus fallacina*, *Rosa canina*, що утворюють щільні зарості навколо материнських рослин. Неконтрольоване насіннєве та вегетативне самовідновлення зазначених видів може стати передумовою зміни існуючого таксономічного складу дендрофлори парку природним шляхом.

В останні п'ять років на території парку були насаджені групи молодих рослин *Catalpa bignonioides*, *Aesculus hippocastanum*, *Forsythia europaea*, *Sorbus aucuparia*, *Acer platanoides*, *Malus domestica*, *Padellus mahaleb*, *Betula pubescens*, *Armeniaca vulgaris*. Втім, істотними недоліками композицій парку залишаються низька різноманітність типів насаджень і їх структурна спрощеність, зокрема, відсутність акцентних рослин в групах, низька чисельність красивоквітучих чагарників і хвойних рослин. До того ж, систематичні заходи по догляду за середньовіковими рослинами і молодими посадками проводяться лише на окремих центральних ділянках парку.

Суттєву роль у підвищенні життєвого стану насаджень відіграє проведення комплексних агротехнічних заходів з утримання зелених насаджень, виконання яких передбачене чинними в Україні нормативними документами [7, 20]. Проте така робота у міських парках проводиться фрагментарно і нерегулярно, що призводить до збіднення видового складу насаджень, зниження показників життєздатності і декоративної довговічності деревно-чагарникових рослин.

В системі заходів з оптимізації зелених насаджень найважливішими складовими, на нашу думку, є їх реконструкція з відновленням ландшафтної ін-

дивідуальності; оновлення наявного таксономічного складу з більш широким використанням культиварів та вічнозелених хвойних рослин; охорона особин з унікальними таксаційними параметрами; систематичне проведення регламентованих агротехнічних робіт. Оптимізацію структури насаджень бажано робити в напрямку вертикальної і горизонтальної зімкненості та урізноманітнення типів посадок; ярусність насаджень збільшувати за рахунок довговічних декоративних чагарників. Оновлення асортименту зелених насаджень доцільно здійснювати поетапно, за рахунок вже адаптованих до умов регіону видів, використовуючи ботаніко-географічний підхід.

### Висновки

1. На сучасному етапі культивована дендрофлора парку ім. Богдана Хмельницького представлена 63 видами, 2 гібридами та 10 культиварами, які належать до 46 родів і 26 родин.

2. Провідними родинами за кількістю видів, культиварів і гібридів є Rosaceae (21,3 %), Salicaceae (12 %) і Aceraceae (10,6 %). Серед родів найбільш чисельно представлені *Acer* (10,6 %), *Populus* (6,6 %), *Salix* (5,3 %), *Picea* (5,3 %), *Ulmus* (4 %), *Fraxinus* (4 %).

3. За класами висоти в насадженнях парку переважають дерева першої величини – 58 % від загальної кількості дерев (30 видів та культиварів).

4. Найбільша кількість видів деревних і чагарникових рослин парку походить із Циркумбореальної (57 %) і Атлантико-Північноамериканської (16 %) областей.

5. Наявний асортимент культивованої дендрофлори парку характеризується низьким внутрішньовидовим, біоморфологічним і типологічним різноманіттям.

6. Перспективними за еколого-біологічними показниками для регіональної культури серед вже випробуваних на Криворіжжі є родини Aceraceae, Betulaceae Gray, Berberidaceae Purch, Fabaceae Lindl, Tiliaceae Juss., Oleaceae Hoffmanns et Link, Rosaceae. Серед хвойних рослин можна рекомендувати збільшити використання видів *Thuja Tourn.*, *Juniperus L.*, *Taxus L.*

Стаття надійшла до редакції 06.05.2018

### Список використаної літератури

1. Ботаніко-географічний аналіз і частота трапляння видів деревно-чагарникової рослинності зелених насаджень Кривого Рогу / Н. С. Терлига, В. Д. Федоровський, Ю. С. Юхименко [та ін.] // Вісник Запорізького національного університету: збірник наукових праць. Біологічні науки. – 2014. – № 1. – С. 200–210.
2. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека / [В. М. Гришко, Д. В. Сищиків, О. М. Піскова, О. В. Данильчук, Н. В. Машталер]. – Донецьк: Донбас, 2012. – 304 с.
3. *Дендрофлора* України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина I: довідник. / М. А. Кохно, Л. І. Пархоменко, А. У. Зарубенко та ін.; за ред. М. А. Кохна. – К: Фітосоціоцентр, 2002. – 448 с.



4. *Дендрофлора України*. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. Частина II: довідник / М. А. Кохно, Н. М. Трофименко, Л. І. Пархоменко та ін.; за ред. М. А. Кохна та Н. М. Трофименко. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 716 с.
5. Добровольский И. А. Озеленение Криворожского железорудного бассейна / И. А. Добровольский // Бюл. ГБС. – 1967. – № 6. – С. 42–46.
6. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська / [І. Д. Багрій, А. М. Білоус, Ю. Г. Вілкул та ін.]; відпов. ред. В. М. Палій. Інститут геологічних наук НАН України. – К.: Фенікс, 2000. – 110 с.
7. Закон України «Про благоустрій населених пунктів» № 2807-IV від 06.09.2005 // Відомості Верховної Ради України. – 2005. – № 49. – С. 517.
8. Колесников А. И. Декоративная дендрология / А. И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.
9. Коршиков И. И. Популяционно-генетические проблемы дендро-техногенной интродукции (на примере сосны крымской) / И. И. Коршиков, Н. С. Терлыга, С. А. Бычков. – Донецьк: ООО «Лебедь». – 2002. – 328 с.
10. Кохно М. А. Деревя і кущі міських декоративних насаджень Прикарпаття та Закарпаття / М. А. Кохно, А. О. Пасічний, П. Я. Чуприна, Г. П. Цикалюк // Укр. ботан. журнал. – 1980. – № 37 (2). – С. 27–31.
11. Кохно М. А. Дендрофлора міст півдня України / М. А. Кохно, С. І. Кузнецов, О. К. Дорошенко, П. Я. Чуприна, А. О. Пасічний // Укр. ботан. журнал. – 1983. – № 40 (5). – С. 12–14.
12. Крамарець В. О. Паркова та лісопаркова рослинність міст Заходу України / В. О. Крамарець, В. О. Кучерявий, В. А. Соломаха // Укр. ботан. журнал. – 1992. – № 49 (3). – С. 12–20.
13. Культивована дендрофлора парків і скверів Кривого Рогу: історичні аспекти формування та сучасний стан / Н. С. Терлига, О. В. Данильчук, Ю. С. Юхименко [та ін.] // Вісник Харківського національного університету. Серія біологія. – 2015. – № 2. – С. 93–101.
14. Ліпінський В. М. Клімат України / [В. А. Дячук, В. М. Бабіченко, З. С. Бондаренко, С. Ф. Рудішина]; під. ред. В. М. Ліпінського. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 342 с.
15. Лучник З. И. Декоративная долговечность кустарников в культуре / З. И. Лучник – Новосибирск: Наука, 1988. – 104 с.
16. Международный кодекс ботанической номенклатуры (Венский кодекс). [Перевод с английского]. – М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 282 с.
17. Методические рекомендации для оценки восстановительной (балансовой) стоимости зелёных насаждений населённых пунктов Украины. – К.: НИИ УПЖКХ, 1996. – 24 с.
18. Парк ім. газети «Правда» м. Кривий Ріг: історія створення, сучасний стан насаджень, перспективи розвитку / Ю. С. Юхименко, Н. С. Терлига, В. Д. Федоровський // Інтродукція рослин. – 2016. – № 2 (70). – С. 66–76.
19. Природнича географія Кривбасу / [В. Л. Козаков, І. С. Паранько, М. Г. Сметана та ін.]. – Кривий Ріг: КДПУ, 2005. – 156 с.
20. Про затвердження Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України. – Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 10.04.2006 р., № 105.
21. Рубцов Л. И. Проектирование садов и парков / Л. И. Рубцов. – М.: Стройиздат, 1979. – 183 с.
22. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях / Л. С. Савельева. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 271 с.
23. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И. Г. Серебряков. – М.: Высшая школа, 1962. – 379 с.
24. Тахтаджян А. Л. Флористические области Земли / А. Л. Тахтаджян. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.
25. Экологические и социально-гигиенические проблемы и пути оздоровления крупного промышленного региона / [А. Е. Лысый, С. А. Рыженко, И. П. Козырин и др.]. – Кривой Рог, 2007. – С. 46–91.

26. Ярмишко В. Т. Диагностика повреждений и оценка жизненного состояния деревьев и древостоев в условиях промышленного атмосферного загрязнения // Методы изучения лесных сообществ / В.Т. Ярмишко. – СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. – С. 154–165.

**Н. С. Терлыга, Н. М. Данильчук, Ю. С. Юхименко**

Криворожский ботанический сад НАН Украины,

ул. Маршака, 50, Кривой Рог, 50089, Украина, e-mail: yukhimenkoj@ukr.net

### **СТРУКТУРА ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПАРКА ИМ. БОГДАНА ХМЕЛЬНИЦКОГО И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ (Г. КРИВОЙ РОГ, ДНЕПРОПЕТРОВСКАЯ ОБЛ.)**

#### **Резюме**

**Проблема.** Кривой Рог расположен в степной зоне Украины и охватывает территорию площадью 4,75 тыс. км<sup>2</sup>, из которой 94,9 % отнесены к антропогенно трансформированной. В условиях засушливости климата и значительной техногенной нагрузки важным аспектом является изучение путей оптимизации городских насаждений.

**Цель.** Поэтому целью работы было изучение древесных насаждений в парке им. Богдана Хмельницкого, который основан в 1935 году и является одним из крупнейших по площади (42 га) в системе озеленения Кривого Рога.

**Методика.** Жизненное состояние лиственных деревьев определяли согласно методикам Л. С. Савельевой, З. И. Лучник, В. Т. Ярмишко. Биоморфологический анализ проводили по И. Г. Серебрякову, распределение по классам высоты – по шкале А. И. Колесникова.

**Основные результаты.** Современная дендрофлора парка представлена 63 видами, 2 гибридами и 10 культиварами, относящихся к 46 родам, 26 семействам и 2 отделам. Основу насаждений парка (92 %) составляют покрытосеменные (Magnoliophyta), голосеменные (Pinophyta) представлены ограниченно (8 %). Наибольшее таксономическое разнообразие характерно для семейств Rosaceae Juss. (21,3 %), Salicaceae Mirb. (12 %) и Aceraceae Juss. (10,6 %). Большинство видов происходит из Циркумбореальной (33,2 %) и Атлантико-Североамериканской (20,0 %) областей. По классам высоты преобладают деревья первой величины (56,7 %). Среди кустарников многочисленной является группа высокорослых кустарников (81,8 %). По возрастной структуре выделено пять групп. Численность старых деревьев старше 80 лет составляет 10 %. Большинство деревьев и кустарников имеют удовлетворительное жизненное состояние.

**Выводы.** Перспективными по эколого-биологическим показателям для региональной культуры среди уже испытанных на Криворожье оказались представители семейств Aceraceae, Betulaceae Gray, Berberidaceae Purch, Fabaceae Lindl, Tiliaceae Juss., Oleaceae Hoffmanns et Link, Rosaceae. Среди хвойных растений можно рекомендовать увеличить использование растений из родов *Thuja* Tournef., *Juniperus* L., *Taxus* L.

**Ключевые слова:** парк, культивируемая дендрофлора; Кривой Рог; разнообразие; систематическая и возрастная структура; жизненное состояние.

**N. S. Terlyga, N. M. Danylchuk, Yu. S. Yukhimenko**

Kryvyi Rih Botanical Garden NAS of the Ukraine

50, Marshak str., Kryvyi Rih 50089, Ukraine, e-mail: yukhimenkoj@ukr.net

## **THE STRUCTURE OF THE GREEN PLANTATIONS IN BOGDAN KHMELNITSKY PARK AND PROSPECTS OF THEIR DEVELOPMENT (KRYVYI RIH, DNIPROPETROVSK REGION)**

### **Abstract**

**Introduction.** Kryvyi Rih is located in the steppe zone of Ukraine and covers the area of 4.75 thousand km<sup>2</sup>; 94.9 % of this area being classified as anthropogenically transformed territories. In conditions of arid climate and significant technological pressure, very important aspect is to study the ways for optimization of urban plantations.

**Purpose.** The aim of our work was to study tree plantations in the park named after B. Khmelnitsky (founded in 1935), which is one of the largest objects (42 hectares) in the landscaping system of Kryvyi Rih.

**Methods.** Vital state of tree plants was defined according to the methods of L. S. Savelyeva, Z. I. Luchnik, V. T. Yarmishko. Biomorphological analysis was conducted according to I. G. Serebryakov, and the distribution among the height classes was performed according to the methods of A. I. Kolesnikov. During the research, such features of tree plants as taxonomic composition, vital state, botanical and geographical as well as biomorphological analysis, distribution according to height classes and age structure were determined.

**Results.** The modern dendroflora of the park is represented by 63 species, 2 hybrids and 10 cultivars, which belong to 46 genera, 26 families and 2 phylogenic groups (phyla). Among the the park plantations, the angiosperms (Magnoliophyta) prevail (92 %), representation of gymnosperms (Pinophyta) is limited (8 %). The largest taxonomic variety is typical of the families Rosaceae Juss. (21.3 %), Salicaceae Mirb. (12 %) and Aceraceae Juss. (10.6 %). Most species came from Circumboreal (33.2 %) and the Atlantic-North American (20.0 %) floristic regions. Prevailing height class is formed by trees of the first magnitude (56.7 %). Among the bushes, the most numerous group is the one of tall shrubs (81.8 %). According to the age structure, five groups were determined. The number of the oldest trees (over 80 years old) is 10 %. Most trees and shrubs have satisfactory vital state.

**Conclusion.** Among the cultures already tested in Kryvyi Rih area, the representatives of families Aceraceae, Betulaceae Gray, Berberidaceae Purch, Fabaceae Lindl, Tiliaceae Juss., Oleaceae Hoffmanns et Link, Rosaceae are considered to be promising due to their ecological and biological characteristics. As to the coniferous plants, it can be recommended to update the range of green plantations of Kryvyi Rih at the expense of plants from genera *Thuja* Tourn., *Juniperus* L., *Taxus* L.

**Keywords:** park, cultivated dendroflora, diversity, Kryvyi Rih, systematic and age structure, vital state.

## References

1. Terlyga N. S., Fedorovskiy V. D., Yukhimenko Yu. S., Danylchuk O. V., Danylchuk N. M., Lapyteva O. V. (2014) Botanical and geographical analysis and occurrence frequency of species of arboreal and shrubby green plantations of Kryvyi Rig [Botaniko-geografichnyi analiz i chastota traplyannya vydiv derevno-chagarnykovoyi roslinnosti zelenih nasadzen Kruvogo Rogu], Bulletin of the Zaporozhye National University. Biology, 1., pp. 200-210.
2. Hryshko V. M., Syshchikov D. V., Piskova O. M., Danylchuk O. V., Mashtaler N. V. (2012) Heavy metals: input into soils, translocation in plants and environmental hazards [Vazhki metaly: nadkhodzhenia v grunty, translotsiia u roslynakh ta ekolohichna nebezpeka], Donetsk: «Donbas», 304 p.
3. Kohno M. A., Parhomenko L. I., Zarubenko A. U., Vakhnovs'ka N. H., Horelov O. M. et al. (2002) Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms [Dendroflora Ukrainy. Dykorosli i kultyvovani dereva i kuschi], K.: Fitosociocentr, 1, 448 p.
4. Kohno M. A., Trofimenko N. M., Parhomenko L. I., Sobko V. H., Horb V. K., Klymenko S. V. etc. (2005) Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms [Dendroflora Ukrainy. Dykorosli i kultyvovani dereva i kuschi. Pokrytonasinni Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms], K.: Fitosociocentr, 2, 716 p.
5. Dobrovolskii I. A. (1967) Greening of Kryvyi Rig iron ore basin [Ozelenenie Krivorozhskogo zhelezorudnogo baseina], Bulletin of the Main botanical garden, 66, pp. 42-46.
6. Bahrii I. D., Bilous A. M., Vilkul Iu. H. etc. (2000) Experience in integrated assessment and mapping of the factors of technogenic influence on the natural environment of the cities of Kryvyi Rih and Dneprodzerzhinsk [Dosvid kompleksnoi otsinky ta kartohrafuvannya faktoriv tekhnogennoho vplyvu na pryrodne seredovysheche mist Kryvoho Rohu ta Dniprodzerzhynska], K.: Feniks, 110 p.
7. The Law of Ukraine about improvement of human settlements from 06.09.2005 № 2807-IV [Zakon Ukrainy pro blagoustriy naselenih punktiv vid 06.09.2005 № 2807-IV].
8. Kolesnikov A. I. (1974). Dekorativnaya dendrologiya [Decorative dendrology], M.: Lesnaja promyshlennost', 704 p.
9. Korshikov I. I., Terlyga N. S., Byichkov S. A. (2002) Population and genetic problems of dendro-technogenic introduction (on the example of the Crimean pine) [Populyatsionno-geneticheskie problemy dendro-tehnogennoy introduktsii (na primere sosny krymskoy)], Donetsk: «Lebed», 328 p.
10. Kohno M. A., Pasichniy A. O., Chuprina P. Ya., Tsykalyuk G. P. (1980) Trees and shrubs of urban decorative plantings of Prykarpattia and Transcarpathia [Dereva i kushchi miskyh dekoratyvnyh nasadzen Prykarpattya ta Zakarpattya], Ukrainian Botanical Journal, 37 (2), pp. 27-31.
11. Kohno M. A., Kuznetsov S. I., Doroshenko O. K., Chuprina P., Pasichniy A. O. (1983) Dendroflora cities in the south of Ukraine [Dendroflora mist pivdnya Ukrainy], Ukrainian Botanical Journal, 40 (5), pp.12-14.
12. Kramarets V. O., Kucheryaviy V. O., Solomaha V. A. (1992) Park forest and park vegetation of cities of Western Ukraine [Parkova ta lisoparkova roslynnist mist Zahodu Ukrainy], Ukrainian Botanical Journal, 49 (3), pp. 12-20.
13. Terlyga N. S., Danylchuk O. V., Yukhimenko Yu. S., Fedorovskyy V. D., Danylchuk N. M. (2015) Kryvyi Rig parks and squares cultivated dendroflora: historical aspects of formation and current state [Kultivovana dendroflora parkiv i skveriv Kryvogo Rogu: istorychni aspekty formuvannya ta suchasny stan], Bulletin of Kharkiv National University. Biology, 2, pp. 93-101.
14. Lipinskyi V. M., Diachuk V. A., Babichenko V. M., Bondarenko Z. S., Rudishyna S. F. in editop VM Lipinskyi (2003) The climate of Ukraine [Klimat Ukrainy], K.: Raevsky Publishing House, 342 p.
15. Luchnik Z. I. Ornamental shrubs longevity in culture (1988) [Dekorativnaya dolgovechnost kustarnikov v kulture], Novosibirsk: Nauka, 104 p.
16. .Mezhdunarodnyy kodeks botanicheskoy nomenklatury (Venskiy kodeks) (2009) [International

code of botanical nomenclature (Vienna Code)], *Perevod s angliyskogo*. M.; SPb.: *Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK*, 282 p.

17. Methodical Instructions evaluation of regenerative (balance) cost green planting settlements in Ukraine [Metodicheskie rekomendacii dlja ocenki vostanovitelnoi (balansovoi) stoimosti zelyonyh nasazhdenij naselyonnykh punktov Ukrainy] (1996), Scientific research Institute of Housing and Communal Services Management, Kiev, 24 p.
18. Yukhymenko Y. S., Terlyha N. S., Fedorovsky V. D. (2016) Park named after Newspaper «Pravda» (Kryvyi Rih): history, modern state of plantations, prospects of development [Park im. hazety «Pravda» m. Kryvyi Rih: istoriia stvorennia, suchasnyi stan nasadzhen, perspektyvy rozvytku], *Introduction of plants*, 2 (70), pp. 66-76.
19. Kozakov V. L., Paranko I. S., Smetana M. H. etc. (2005) *Natural geography of Kryvbas [Pryrodnycha heohrafiia Kryvbasu]*, Kryvyi Rih, 156 p.
20. On Approval of the Rules for the Maintenance of Green Plants in the Settlements of Ukraine. Order of the Ministry of Construction, Architecture and Housing and Communal Services of Ukraine (2006) [Pro zatverdzhennia Pravyi utrymannia zelenykh nasadzhen u naselynykh punktakh Ukrainy. Nakaz Ministerstva budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy vid 10.04.2006 r., № 105].
21. Rubtsov L. I. (1979) *Designing gardens and parks [Proektirovanie sadov i parkov]*, M.: Stroyizdat, 183 p.
22. Savel'eva L. S. (1975) *Stability of trees and shrubs in protective forest plantings [Ustojchivost' derev'ev i kustarnikov v zaschitnykh lesnykh nasazhdenijah]*, M.: Lesnaja promyshlennost', 271 p.
23. Serebrjakov I. G. (1962) *Ecological plant morphology. Life forms of angiosperms and conifers [Ekologicheskaja morfologija rastenii. Zhiznennyye formy pokrytosemnykh i hvoinykh]*, M.: Vysshaja shkola, 379 p.
24. Tahtadzhan A. L. (1978) *Floristic areas of Earth [Floristicheskie oblasti Zemli]*, Leningrad, Nauka, 248 p.
25. Lyisyiy A. E., Ryizhenko S. A., Kozyarin I. P. etc. (2007) *Ecological and social-hygienic problems and ways of improving a large industrial region [Ekologicheskie i sotsialno-gigienicheskie problemy i puti ozdorovleniya krupnogo promyshlennogo regiona]*, Krivoy Rog, pp. 46-91.
26. Jarmishko V. T. (2002) *Damage diagnosis and vital state assessment of trees and tree stands in industrial air pollution conditions. Methods of study of forest communities [Diagnosticska povrezhdeniy i ocnka zhiznennogo sostojaniya derev'ev i drevostoev v uslovijah promyshlennogo atmosfernogo zagrjaznenija. Metody izuchenija lesnykh soobschestv]*, St. Petersburg, Scientific Research Institute of Chemistry of St. Petersburg State University, pp.154-165.

Е. А. Шейко<sup>1</sup>, к.б.н., доцент

Д. М. Сытник<sup>2</sup>, к.б.н., старший научный сотрудник

<sup>1</sup>Медицинская академия имени С. И. Георгиевского, кафедра микробиологии, вирусологии и иммунологии,

бул. Ленина, 5/7, Симферополь, 295051, Республика Крым

<sup>2</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, Биотехнологический научно-учебный центр,

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, sytnikov@list.ru

### ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕТЕРОСПЕРМИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ОРХИДНЫХ

Представлены результаты сравнительного исследования особенностей строения семян орхидей (семейство *Orchidaceae*) отечественной флоры: *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo. s.l., *Anacamptis coriophora* (L.) R. M. Bateman. Выявлена значительная гетерогенность семян изученных видов. Морфологический анализ установил, что на момент диссеминации большая часть изученных семян орхидей была нежизнеспособной. Виды орхидей с наибольшей долей жизнеспособных семян с крупными зародышами (*D. incarnata* и *C. longifolia*) рассматриваются как перспективные реинтродуценты. Результаты исследований могут послужить вкладом в научно-практические разработки, направленные на создание резервных генетических коллекций в ботанических садах и на заповедных территориях, а также на восстановление численности естественных популяций редких и исчезающих видов.

**Ключевые слова:** *Orchidaceae*; гетероспермия; семенное размножение; жизнеспособность семян; реинтродукция.

Семейство Орхидные или Ятрышниковые (*Orchidaceae* Juss.) является одной из крупнейших групп однодольных растений на Земле. Его представители распространены на всех континентах, за исключением Антарктики [6; 27]. Наибольшее разнообразие орхидных представлено в тропической и субтропической зонах Восточной Азии, а также Центральной и Южной Америки. Именно эти регионы по праву считаются родиной большинства видов орхидей [9]. Представители семейства *Orchidaceae* включены в Красную книгу Украины (68 видов из 29 родов) [17] и Крыма (45 видов из 20 родов) [13].

Семейство *Orchidaceae* имеет множество особенностей, отличающих его от других групп покрытосеменных. Одной из них является способность к образованию большого количества мелких семян с редуцированным зародышем [7; 20]. Типичное семя орхидных состоит из яйцевидного или эллипсоидно-



го зародыша, окруженного плёнчатой, зачастую почти прозрачной, семенной оболочкой или тестой, образуемой тонкостенными клетками эпидермы [5; 6; 23–26]. Наиболее обстоятельное исследование структуры семенной оболочки орхидных было предпринято немецким ботаником В. Ziegler в конце 70-х – в начале 80-х годов XX века, однако результаты диссертационных исследований этого учёного остались неопубликованными. R. Dressler в своей работе «Phylogeny and classification of the orchid family» [27], обобщив данные исследований В. Ziegler и W. Barthlott [21; 22], предложил выделить 21 тип и 3 варианта семян орхидных. При этом в основу определения типов были положены размер семени, его окраска, форма клеток и характер их расположения, наличие утолщений на периклинальных и антиклинальных стенках [4; 5].

Целью настоящей работы явилось сравнительно-морфологическое исследование особенностей строения семян отдельных видов *Orchidaceae* из различных подсемейств, произрастающих на территории материковой Украины и Крыма.

Особенности строения семенной оболочки, как и поверхность любого органа, который непосредственно контактирует с окружающей средой, может содержать информацию о характере морфологической адаптации вида к конкретным условиям. В свою очередь, это может непосредственно свидетельствовать об экологических особенностях мест естественного произрастания того или иного вида орхидных и о его принадлежности к определенному экологическому типу [4; 19; 28].

Существующая классификация типов семян орхидей (Dressler, 1993) не всегда дает возможность однозначно отнести семена к конкретному типу, что свидетельствует о необходимости дальнейшего исследования микроморфологических особенностей семенной оболочки, а также их критического анализа. Данное направление исследований также важно для создания резервных генетических коллекций в ботанических садах, на заповедных территориях и для восстановления численности естественных популяций редких или исчезающих видов.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследовали следующие виды семейства *Orchidaceae*: короткокорневищные – *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, вегетативные однолетники с пальчато-раздельным стеблекорневым тубероидом – *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo. s.l., и сферическим стеблекорневым тубероидом на укороченном столоне – *Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman (рис. 1) [13; 17].

*Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman (ятрышник клопоносный) – геофит. Многолетнее травянистое растение высотой 15–35 см. Клубни шарообразные или продолговатые. Стебель цилиндрический или несколько гранёный, покрыт листьями почти до соцветия. Листья линейные или линейно-ланцетные, зао-

стрённые, направлены вверх. Соцветия колосообразные, многоцветные, достаточно густые. Цветки мелкие, коричневато-пурпурные, с неприятным запахом клопов. Губа трехлопастная, средняя лопасть вытянута, боковые – закруглены. Цветение в мае–июле, плодоношение – в июле–августе. Размножается семенами. Степень естественного возобновления неизвестна.



Рис. 1. Внешний вид орхидей: А – *Anacamptis coriophora*; Б – *Cephalanthera longifolia*; В – *Dactylorhiza incarnata*; Г – *Epipactis palustris*

Нуждается в режиме абсолютной заповедности и заказности. Внесён в перечень CITES. Охраняется в Карпатском и Черноморском биосферных заповедниках, Днепровско-Орельском, Каневском и Ялтинском горно-лесном природных заповедниках, а также в природном заповеднике «Мыс Мартьян» и в национальном природном парке «Святые горы». Запрещена заготовка растений и нарушение условий мест их произрастания [15–17].

*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch. (пыльцеголовник длиннолистный) – геофит. Многолетнее травянистое растение высотой 15–60 см. Корневище короткое. Стебель прямой или несколько извитой. Листья линейно-ланцетные, заостренные, длиной 7–16 см. Соцветия не густые, из 3–10 (20) крупных белых цветков. Прицветники короткие, нижние из которых длиннее завязи. Внешние листки околоцветника ланцетовидные (12–16 мм), внутренние – продольно-эллиптические, короче внешних. Губа почти вдвое короче внешних листков околоцветника. Завязь скрученная, сидячая, длиной до 1 см. Цветение в мае–июне, плодоношение – в июле–августе. Размножается семенами и вегетативно. Охраняется в Карпатском биосферном заповеднике; Каневском, Карадагском, Крымском, Ровненском и Ялтинском горно-лесном природных заповедниках, а также в природных заповедниках «Мыс Мартьян» и «Расточье». Кроме того, охраняется в Выжницком, Карпатском, Ужанском, Шацком и Яворовском национальных природных парках, а также в аналогичных природных парках – «Подольские Товтры», «Святые горы», «Синеvir» и «Сколеvские Бескиды».



Контроль по состоянию популяций. Запрещена заготовка растений и сплошная рубка лесов [15–17].

*Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo. s.l. (пальчатокоренник мясо-красный) – геофит. Многолетнее травянистое растение, 20–60 см высотой. Клубни 2–4-раздельные. Стебель толстый, покрытый листьями до соцветия. Листья (4–6) ланцетные, длиной 15–20 см. Соцветие – густой колос. Прицветники ланцетные, пурпурные. Цветки сиренево-розовые или красные (реже – почти белые), листочки околоцветника яйцевидно-удлиненные, 5–8 мм; средний листочек внешнего круга с капюшоновидно-изогнутой верхушкой. Губа ромбообразная, неотчётливо трилопастная с пурпурно-фиолетовым рисунком, по краям мелкозубчатая. Цветение в мае–июле, плодоношение – в августе–октябре. Размножается семенами или ризореституционным путём. Внесён в Приложение II СИТЕС. Охраняется в Дунайском и Карпатском биосферных заповедниках; Крымском, Ровненском, Черемском и Ялтинском горно-лесном природных заповедниках, а также в природных заповедниках «Мыс Мартьян» и «Расточье». Кроме того, охраняется в Деснянско-Старогутском, Карпатском, Мезинском и Шацком национальных природных парках, а также в аналогичных природных парках – «Гомольшанские леса», «Подольские Товтры», «Синеvir» и «Сколевские Бескиды». Контроль по состоянию популяций. Запрещены мелиоративные работы, выпас скота и заготовка растений [15–17].

*Epipactis palustris* (L.) Crantz (дремлик болотный) – гемикриптофит. Многолетнее травянистое растение, высота от 30 см до одного метра. Корневище короткое. Листья (4–10) от яйцевидных до ланцетовидных. Цветки (12–50) зеленовато-пурпурные, в густой кисти. Прицветники ланцетовидные. Внешние листочки околоцветника яйцевидно-ланцетовидные, 10–13 мм, внутренние – короче и шире. Губа короче других листочков околоцветника. Завязь слабо опушена. Цветение в июне–сентябре. Плодоношение – июль–октябрь. Размножается семенами и корневищем. Внесён в Приложение II СИТЕС. Охраняется в Карпатском биосферном заповеднике; Каневском, Карадагском, Крымском, Полесском, Ровненском, Черемском и Ялтинском горно-лесном природных заповедниках, а также в природных заповедниках – «Медоборы», «Мыс Мартьян» и «Расточье». Кроме того, охраняется в Вижницком, Деснянско-Старогутском, Карпатском, Мезинском, Ужанском и Шацком национальных природных парках, а также в аналогичных природных парках – «Гомольшанские леса», «Подольские Товтры», «Святые горы», «Синеvir», «Сколевские Бескиды» и на других природно-заповедных территориях. Ведётся контроль за популяциями. Запрещена заготовка растений и нарушение экотипов [15–17].

Исследования проводились в популяциях *Anacamptis coriophora*, *Epipactis palustris* в предгорной части лесного пояса Карпат, а также в популяциях *Dactylorhiza incarnata*, *Cephalanthera longifolia* в предгорной лесостепи Крыма. Коробочки собирали из средней части соцветия до вскрытия, чтобы избежать потерь семян. Исследования проводили на пяти–десяти коробочках,

изолированных из средней части соцветия, семи–десяти отдельных растений в пределах популяции каждого из исследуемых видов. Материал хранили в бумажных пакетах в течение одного месяца при температуре +5 °С.

Для проведения *морфологического анализа* семена при помощи двусторонней клейкой ленты размещали на металлических предметных столиках, затем покрывали слоем золота в ионном напылителе ION Sputer JFC-1100 (JEOL, Япония) для придания образцам проводимости и изучали на сканирующем электронном микроскопе JSM-6060 LA (JEOL, Япония).

*Размеры структур* на полученных микрофотографиях определяли с помощью программы UTHSCSA Image Tool 3.0, используя заданную прибором на изображении линейку-шкалу. В выборке каждого образца исследовали 50–200 семян.

*Морфометрические параметры* семян определяли в соответствии со среднестатистическими размерами жизнеспособных семян для определенного вида орхидей. Анализировали длину и ширину семян и зародышей, соотношение длины и ширины семян и зародышей (*индекс семян* – ИС и *индекс зародыша* – ИЗ), а также *относительный размер зародыша* (ОРЗ), определяемый путём деления длины семян на длину зародыша.

В понятие гетерогенности семян включали следующие параметры: тип семян (по размеру и форме семян, по форме клеток и характеру их расположения, по наличию утолщений на периклинальных и антиклинальных стенках); индекс семян; индекс зародыша; относительный размер зародыша; количество семян с зародышем от общего числа семян.

*Статистическую обработку* проводили при помощи программ Excel пакета Microsoft Office 2007 и Statistica 7. Достоверность разницы размера зародышей и семян оценивали по критерию Стьюдента, используя 5 % уровень значимости ( $P \leq 0,05$ ).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Во всех исследованных популяциях орхидей отмечена высокая степень варьирования показателей репродуктивных органов (табл. 1). Так, у *D. incarnata* соцветие в среднем состоит из 25 цветков, тогда как у *C. longifolia* – из 9. Известно, что представителей семейства *Orchidaceae* Juss. отличает большое разнообразие строения генеративных органов. По мнению многих исследователей, орхидные находятся на стадии активной эволюции [8; 12; 18]. В основном это касается генеративной сферы растений. Вариации в строении генеративных органов часто наблюдаются даже среди особей одного вида и рода. Вегетативные же органы отличаются большей стабильностью, сложившейся генетически в процессе эволюции.

Интенсивность плодообразования у исследованных видов орхидей неодинакова и зависит от климатических условий в период цветения, численности насекомых-опылителей и т.д. Эффективность плодообразования у всех видов

орхидных достаточно высока, особенно у видов, способных к самоопылению, а также у высокоспециализированных энтомофилов. Аллогамная система скрещивания и обманная аттракция опылителей обуславливают зависимость успешной репродукции от многих факторов, которые влияют на активность опылителей (погодные условия, наличие поблизости популяции орхидеи кормового растения и т.д.) и от степени морфологического соответствия опылителей цветку [10; 11].

Таблица 1

**Количество цветков и процент плодообразования у некоторых представителей орхидных**

Вид	Год изучения	Среднее количество цветков	Среднее количество плодов	Средний процент завязывания плодов
<i>Anacamptis coriophora</i>	2014	20,76±2,00	9,45±0,03	45,52±2,23
	2015	18,00±1,39	10,94±0,07*	60,78±1,09*
	2016	23,41±1,09	15,39±1,12*	65,74±2,20*
<i>Cephalanthera longifolia</i>	2014	9,22±0,06	4,78±0,01	51,84±1,57
	2015	8,48±1,01	5,67±0,08*	66,86±4,12*
	2016	10,12±0,09*	7,22±0,01*	71,34±3,78*
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	2014	27,13±1,67	12,00±0,07	44,23±2,94
	2015	19,74±2,39*	16,58±1,10*	83,99±3,93*
	2016	28,11±1,38	18,93±1,42*	67,34±3,10*
<i>Epipactis palustris</i>	2014	30,44±2,55	18,65±1,99	61,27±3,22
	2015	22,39±1,99*	10,11±2,2*	45,15±4,00*
	2016	24,61±0,98*	13,99±0,06*	56,85±1,95

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$  – отличия достоверны в сравнении с данными за 2014 год изучения.

Более активно посещаются орхидеи, у которых соцветие сформировалось до момента появления компетентных опылителей, что подтверждается наличием большего количества плодов в нижней части соцветия. Растения с более поздними сроками цветения посещаются реже, поэтому коэффициент плодообразования (отношение количества плодов к количеству цветков растения) в популяциях варьирует от 54,4 % (*E. palustris*) до 65,2 % (*D. incarnata*).

Анализ коэффициентов плодообразования в различные годы исследования (2014–2016 гг.) демонстрирует зависимость значений этого показателя от погодных условий. Минимальное количество плодов сформировалось в 2015 году, что в значительной степени обусловлено неблагоприятными усло-

виями для опылителей в период цветения исследуемых видов. Общие показатели плодообразования для всех видов в 2014 и в 2016 гг. почти не отличались, что, вероятно, связано с высокой чувствительностью насекомых-опылителей к неблагоприятным климатическим условиям, которые сложились во время цветения растений. Виды орхидей *C. longifolia* и *A. coriophora* характеризовались незначительным варьированием коэффициента плодообразования на протяжении всех трёх лет.

Микрофотографии семян и отдельных клеток семенной оболочки представлены на рис. 2–5. Морфологические исследования показали, что форма семян исследуемых видов орхидей преимущественно веретенообразная. Клетки семенной оболочки в значительной степени вытянуты, своими длинными краями они почти смыкаются. Периклиальные утолщения у клеточных стенок отсутствуют. Антиклиальные клеточные стенки толстые, плотные и гладкие, с утолщениями в местах смыкания клеток. Семенная оболочка бесцветна или с коричневым оттенком различной интенсивности. Зародыш бурого или коричневого цвета. Установлено [27], что ультраструктура семян орхидных является чрезвычайно разнообразной, вследствие чего их относят к трём типам по классификации типов семян: *Limodorum*, *Orchis* (с *Dactylorhiza*- и *Habenaria*-вариантами) и *Epidendrum* (рис. 2–5).

#### **I. *Limodorum*-тип.**

Данный тип семян характерен для изученного нами вида орхидеи *E. palustris* (рис. 2). Семена имеют веретенообразную или почти цилиндрическую форму, как правило, бесцветные или светло-коричневые. Длина семян варьирует в достаточно значительных пределах – от 400 до 1750 мкм. Продольные антиклиальные стенки прямые и высокие. Эпикуткулярные отложения на периклиальных стенках отсутствуют. Клетки спермодермы в средней части семени вытянуты, на концах они значительно короче. Количество клеток вдоль длинной оси значительно варьирует.

#### **II. *Orchis*-тип.**

Семена имеют веретенообразную форму; окраска – от светло- до тёмно-коричневого, клетки средней части семенной оболочки вытянуты, на микропиллярном и халазальном концах они короче. Особенностью этого типа семян является наличие параллельных или сетчатых утолщений на антиклиальных стенках.

1. *Dactylorhiza*-вариант *Orchis*-типа. Без утолщений на стенках; клетки тесты мелкие. К этому варианту *Orchis*-типа можно отнести семена *D. incarnata* (рис. 3).

2. *Habenaria*-вариант *Orchis*-типа. Строение семян схоже с *Orchis*-типом. *Habenaria*-вариант *Orchis*-типа семян был выявлен нами у вида *A. coriophora* (рис. 4).

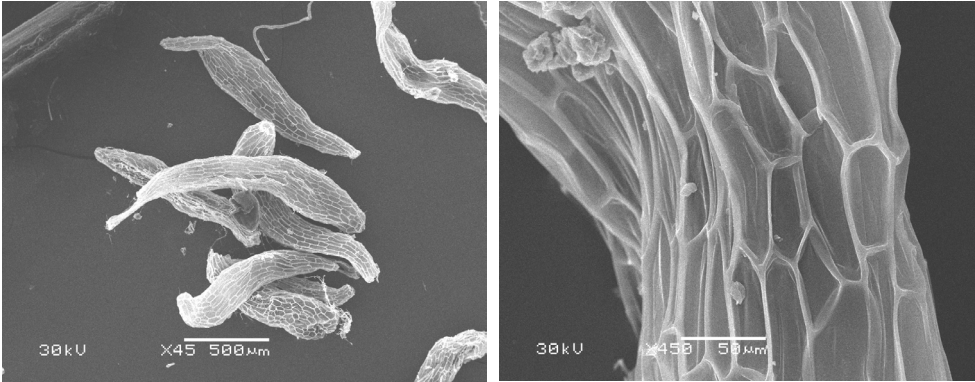


Рис. 2. Микрофотографії семян *Eriactis palustris*: А – общий вид семян; Б – отдельные клетки семенной оболочки

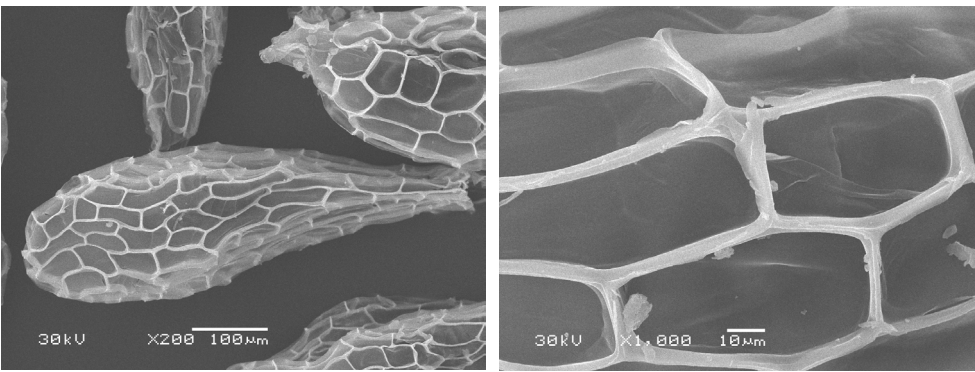


Рис. 3. Микрофотографії семян *Dactylorhiza incarnata*: А – общий вид семян; Б – отдельные клетки семенной оболочки

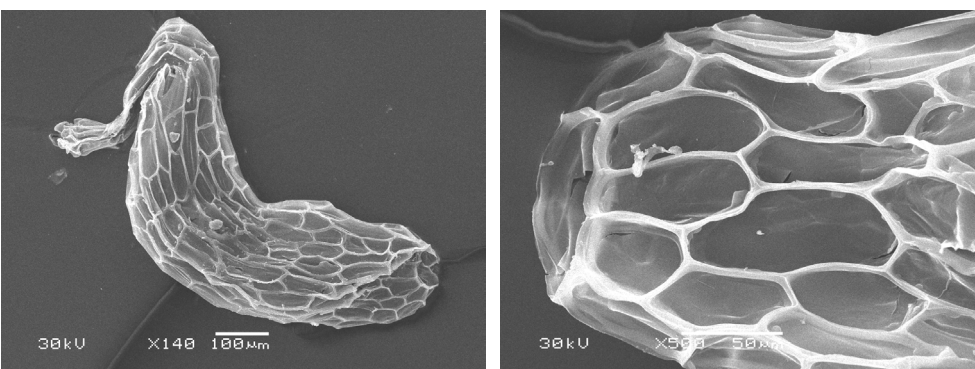


Рис. 4. Микрофотографії семян *Anacamptis coriophora*: А – общий вид семени; Б – отдельные клетки семенной оболочки



### III. Epidendrum-тип.

У *C. longifolia* были выявлены семена, относящиеся к *Epidendrum*-типу (рис. 5). Семена имеют вытянутую форму и золотисто-коричневую окраску; их длина – 500–600 мкм. Наиболее характерным признаком этого типа семян является наличие дугообразно выгнутых поперечных антиклинальных стенок семенной оболочки.

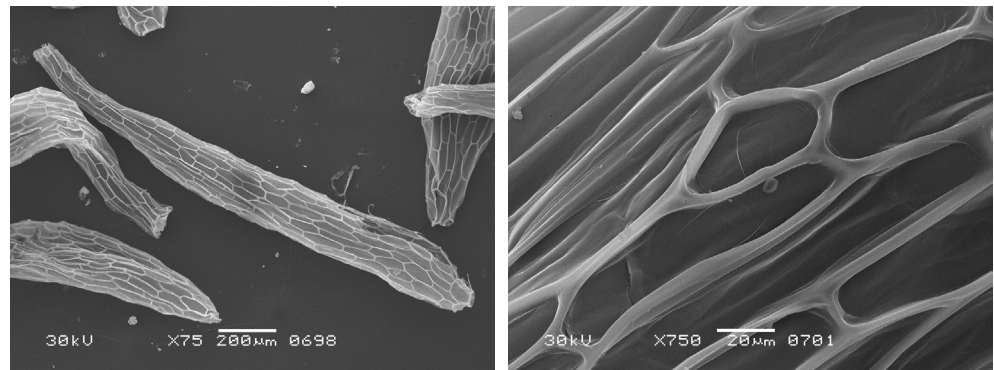


Рис. 5. Микрофотографии семян *Cephalanthera longifolia*: А – общий вид семян; Б – отдельные клетки семенной оболочки

Семена всех исследуемых видов орхидей очень мелкие, однако, морфометрические параметры семян различных видов варьируют в довольно широких пределах (табл. 2).

Таблица 2

Морфометрические параметры семян отдельных видов орхидных (2016 г.)

Вид	Размер семян				
	с зародышами		Доля семян с зародышем от общего числа семян в коробочке, %	без зародышей	
	Длина, мкм	Ширина, мкм		Длина, мкм	Ширина, мкм
<i>Epipactis palustris</i>	1328,51±4,77	231,98±4,67	65,34	1233,27±2,55*	200,63±3,47*
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	512,75±4,62	199,29±3,81	39,29	501,30±4,32*	180,15±3,61*
<i>Anacamptis coriophora</i>	933,59±3,17	218,33±2,63	51,09	885,24±2,01*	203,13±1,99*
<i>Cephalanthera longifolia</i>	936,77±8,53	188,06±4,19	49,02	906,12±3,43*	168,94±3,88*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$  – отличия достоверны в сравнении с данными размера семян с зародышами.

Наиболее мелкие семена у *D. incarnata* (длина семени –  $512,7 \pm 4,6$  мкм, ширина –  $199,3 \pm 3,8$  мкм), наиболее крупные – у *E. palustris* (длина семени –  $1328,5 \pm 4,8$  мкм, ширина –  $232,0 \pm 4,7$  мкм). У короткокорневищных видов семена обычно крупнее, чем у видов со стеблекорневыми тубероидами. Исключение составляет вид *A. coriophora*, семена которого имеют относительно большой размер – с длиной  $933,6 \pm 3,2$  мкм и шириной  $218,3 \pm 2,6$  мкм. Форма семян орхидей вытянутая, а значения индекса семян варьируют от  $2,6 \pm 0,1$  у *D. incarnata* до  $5,7 \pm 0,3$  у *E. palustris* (рис. 6).

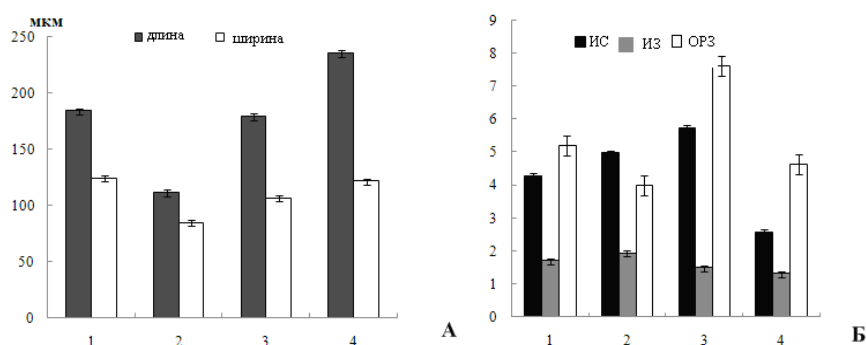


Рис. 6. Параметры зародышей (А) и индексы семян и зародышей (Б) отдельных видов орхидей: 1 – *Anacamptis coriophora*; 2 – *Cephalanthera longifolia*; 3 – *Epipactis palustris*; 4 – *Dactylorhiza incarnata*.

ИС – индекс семени (длина семени/ширина семени), ИЗ – индекс зародыша (длина зародыша/ширина зародыша), ОРЗ – относительный размер зародыша (длина семени/длина зародыша).

Таким образом, орхидные со стеблекорневыми тубероидами характеризуются более низкими значениями индекса семян ( $2,6 \pm 0,1$ ), тогда как семена у короткокорневищных орхидей имеют более вытянутую форму, а величина индекса семян составляет до  $5,7 \pm 0,3$  у *E. palustris*. Относительный размер зародыша семян стеблекорневых орхидей достоверно ниже общего размера зародыша короткокорневищных орхидных.

Зародыши исследуемых видов орхидей имеют округлую или вытянутую форму (рис. 7), значение индекса зародыша варьирует от  $1,3 \pm 0,1$  у *D. incarnata* до  $1,9 \pm 0,01$  у *C. longifolia*. Форма у зародышей стеблекорневой орхидеи *D. incarnata* менее вытянутая. Все виды характеризуются высокими показателями относительного размера зародыша, которые составляют от  $4,0 \pm 0,1$  у *C. longifolia* до  $7,2 \pm 0,1$  у *E. palustris*. Относительно крупными зародышами характеризовались семена *C. longifolia*, далее следовали семена *E. palustris* и *A. coriophora* (рис. 6). Виды орхидей с крупными семенами являются наиболее успешными для семенного размножения в культуре *ex situ* с дальнейшей их реинтродукцией в естественные условия произрастания [11; 27; 29]. Самые мелкие зародыши были выявлены у семян *D. incarnata*.

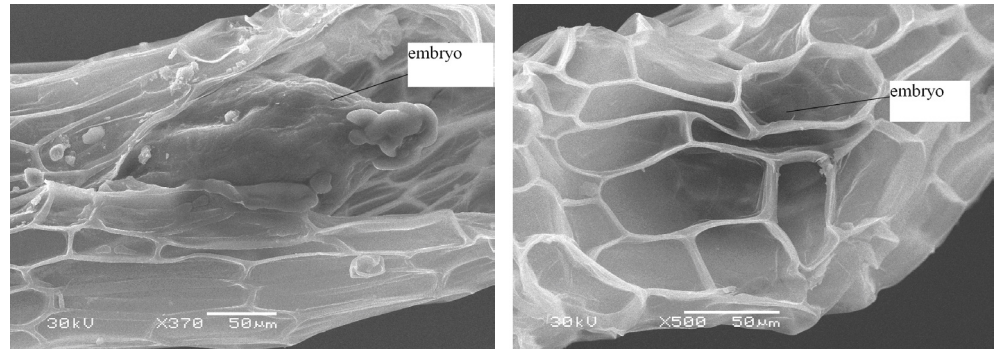


Рис. 7. Зародкиши семян *Anacamptis coriophora* и *Dactylorhiza incarnata*

Морфологический анализ показал, что на момент диссеминации от 34,7 % до 60,7 % семян исследуемых видов орхидей не имели зародыша. Признаки неоднородности семян по наличию зародыша и морфологическим параметрам были выявлены в пределах одного плода, одной особи и различных особей в популяции. Чаще всего качество семян определяют по разнице размеров (длина, ширина) и по структурным особенностям (варьирование размеров зародышей), а также по наличию или отсутствию зародыша [3; 26]. У исследуемых видов орхидей была установлена значительная гетерогенность семян в пределах одного плода.

Принято считать, что мелкие семена являются недоразвитыми и нежизнеспособными [1–3; 14; 29–32]. У орхидеи *D. incarnata* нами были выявлены мелкие семена, имеющие зародыши нормальных размеров. При этом, доля таких семян не превышала 5 %. Мелкие семена с зародышем были также обнаружены и у орхидеи *E. palustris*. Морфологический анализ семян одной из особей *E. palustris*, отобранные в разные годы из плодов в момент диссеминации, показал, что показатель соотношения количества крупных и мелких семян не является постоянным. Так, в 2014 г. он составлял 5:3, в 2015 г. – 3:6, а в 2016 г. – 4:2. Таким образом, в разные годы соотношение между количеством крупных и мелких семян варьировало, при этом преобладали либо мелкие фракции семян, либо фракции семян нормального размера. Величина средней доли семян с зародышем также варьировала в различные годы исследований. В 2014 г. она была самой низкой и составляла от 8 % у *E. palustris* до 18 % у *D. incarnata*. В 2015 г. все семена мелкой фракции орхидей *E. palustris* и *C. longifolia* были без зародышей, а у орхидей *A. coriophora* и *D. incarnata* количество таких семян не превышало 3 %. В 2016 г. доля мелких семян с зародышем составляла у *A. coriophora* – 2 %, у *C. longifolia* – 4 %, у *D. incarnata* – 5 % и у *E. palustris* – 3 %.

Орхидеи реализуют вегетативный и семенной способы размножения, в связи с чем нами была предпринята попытка установить зависимость между морфологией, морфометрическими показателями диаспор, а также их жизненными формами, способом размножения и таксономическим статусом.



В результате проведённых исследований была установлена значительная внутривидовая гетерогенность семян изученных орхидей – *A. coriophora*, *C. longifolia*, *D. incarnata*, *E. palustris*. Определены морфометрические показатели семян короткокорневищных и стеблекорневых видов, при этом показано, что короткокорневищные виды обладают семенами относительно крупного размера с маленькими зародышами, в то время как у стеблекорневых видов, наоборот, семена относительно мелкие с крупными зародышами. Морфологический анализ семян обнаружил, что у исследуемых видов орхидей на момент диссеминации большая часть семян была нежизнеспособной. Признаки гетероспермии установлены в пределах одного плода, одной особи, а также различных особей в популяции. Данные, полученные в ходе экологических исследований популяций орхидей, в частности об особенностях строения их семян, позволяют предположить, что наиболее успешными видами в реинтродукции могут стать *D. incarnata* (стеблекорневой вид) и *C. longifolia* (короткокорневищный вид), поскольку именно они характеризовались наиболее высокой долей жизнеспособных семян с относительно большими размерами зародышей

#### Выводы

1. Признаки гетероспермии установлены в пределах одного плода, одной особи, а также различных особей в популяции орхидей – *Anacamptis coriophora*, *Cephalanthera longifolia*, *Epipactis palustris* и *Dactylorhiza incarnata*.

2. Выявлено, что изученные короткокорневищные виды орхидей обладают семенами относительно крупного размера с маленькими зародышами, в то время как у изученных стеблекорневых видов, наоборот, семена относительно мелкие, но с крупными зародышами.

3. Полученные результаты позволяют предположить, что среди изученных видов орхидей в качестве перспективных реинтродуцентов можно рассматривать *D. incarnata* и *C. longifolia*.

Стаття надійшла до редакції 2018

#### Список использованной литературы

1. Андропова Е. В. Гетерогенность семян и семенного потомства у некоторых видов орхидных в экспериментах *in vitro* и в природных условиях / Е. В. Андропова // Фундаментальні та прикладні аспекти сучасної орхідології. – 2014. – Вип. 1. – С. 9–19.
2. Андропова Е. В. К вопросу о причинах формирования некачественных семян у некоторых орхидных умеренных широт / Е. В. Андропова // Материалы IX Междунар. конференции «Охрана и культивирование орхидей» (26–30 сентября 2011 г., С.-Петербург). – 2011. – С. 16–26.
3. Андропова Е. В. Жизнеспособность и темпы развития сеянцев *Dactylorhiza maculata* L. в культуре *in vitro* / Е. В. Андропова, Ж. В. Ивасенко, Н. А. Федорова // Бот. журн. – 2007. – Т. 92, № 7. – С. 1035–1048.
4. Буюн Л. И. Морфометрия семян некоторых видов рода *Cattleya* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.) /

- Л. И. Буюн, И. В. Гурненко // Биол. вест. Харьков. нац. ун-та. – 2004. – 8, № 1. – С. 25–27.
5. Буюн Л. И. Особливості будови насінної оболонки тропічних орхідних (*Orchidaceae* Juss.) / Л. И. Буюн // Інтродукція рослин. – 2009. – № 2. – С. 40–49.
  6. Буюн Л. И. Особливості будови насінної оболонки видів *Calanthe* R. Вг. (*Orchidaceae* Juss.) / Л. И. Буюн, І. В. Гурненко // Інтродукція рослин. – 2006. – № 3. – С. 53–59.
  7. Буюн Л. И. Морфометрія насіння *Cattleya vestita* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.) / Л. И. Буюн, Л. А. Ковальська // Науковий Вісник Чернівецького ун-у. Серія Біологія. – 2002. – Вип. 144. – С. 38–42.
  8. Вахрамеева М. Г. Основные направления изучения дикорастущих орхидных (*Orchidaceae* Juss.) на территории России и сопредельных государств / М. Г. Вахрамеева, И. В. Татаренко, Т. И. Варлыгина // Бюл. МОИП. Отд. Биол. – 2004. – Т. 109, Вып. 2. – С. 37–56.
  9. Горовой П. Г. Орхидные (*Orchidaceae*) Дальнего Востока: таксономия, химический состав, возможности охраны и использования / П. Г. Горовой, А. В. Салохин, Р. В. Дудкин // Turcaninowia. – 2010. – Т. 13, № 4. – С. 32–44.
  10. Ефимов П. Г. Сохранение орхидных (*Orchidaceae* Juss.) как одна из задач охраны биоразнообразия / П. Г. Ефимов // Биосфера. – 2010. – Т. 2, № 1. – С. 50–58.
  11. Иванов С. П. Орхидеи Крыма: состав опылителей, разнообразие систем и способов опыления и их эффективность / С. П. Иванов, В. В. Холодов, А. В. Фатерыга // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 1. – С. 24–34.
  12. Коломийцева Г. Л. Особенности диаспорологии орхидей / Г. Л. Коломийцева // Фундаментальні та прикладні аспекти сучасної орхідології. – 2014. – Вып. 1. – С. 101–109.
  13. Красная книга Республики Крым. Растения, водоросли и грибы / Отв. ред. А. В. Ена, А. В. Фатерыга. – Симферополь: ООО «ИТ «АРИАЛ», 2015. – 480 с.
  14. Культивирование орхидей европейской России / А. И. Широков, Г. Л. Коломийцева, А. В. Буров [и др.]. – Н. Новгород: Нижегородский ун-т, 2005. – 64 с.
  15. Маракаев О. А. Эколого-физиологические исследования орхидных умеренного климата северного полушария / О. А. Маракаев // Фундаментальні та прикладні аспекти сучасної орхідології. – 2014. – Вып. 1. – С. 111–117.
  16. Татаренко И. В. Орхидные России: жизненные формы, биология, вопросы охраны / И. В. Татаренко. – Москва, 1996. – 207 с.
  17. Червона книга України. Рослинний світ / За ред. Я. П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
  18. Шейко О. А. Оцінка властивостей особин рослин як основа прогнозування стану популяцій рідкісних та зникаючих видів / О. А. Шейко, Л. І. Мусатенко // Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – № 8. – С. 150–154.
  19. Шейко О. А. Особливості морфології насіння орхідних України / О. А. Шейко, М. М. Щербатюк // Збірка тез доповідей VI відкритого з'їзду фітобіологів Причорномор'я (19 травня 2015 р., Херсон–Лазурне). – 2015. – С. 110–113.
  20. Arditti J. Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications / J. Arditti, A. K. A. Ghani // New Phytology. – 2000. – 145. – P. 367–421.
  21. Barthlott W. Epidermal and seed surface characters of plant: systematic applicability and some evolutionary aspects / W. Barthlott // Nordic J. Bot. – 1981. – Vol. 1, N 3. – P. 345–355.
  22. Barthlott W. Uber ausziehbare helicale Zellwandverdickungen als HaftApparat der Samenschalen von *Chiloschista lunifera* (*Orchidaceae*) / W. Barthlott, B. Ziegler // Ber. Deutsch. Bot. Ges. – 1980. – V. 93. – P. 391–403.
  23. Cameron K. V. Seed morphology of Vanilloid Orchids (*Vanilloideae: Orchidaceae*) / K. V. Cameron, M. W. Chase // Lindleyana. – 1998. – Vol. 13, N 3. – P. 148–169.
  24. Chase M. W. Seed morphology and phylogeny in subtribe *Catasetinae* (*Orchidaceae*) / M. W. Chase, J. S. Pippen // Lindleyana. – 1990. – 5, N 2. – P. 126–133.
  25. Chase M. W. Seed morphology in the *Oncidiinae* and related subtribes (*Orchidaceae*) /

- M. W. Chase, J. S. Pippen // Syst. Bot. – 1988. – 13, N 3. – P. 313–323.
26. Clifford H. T. Seed morphology and classification of *Orchidaceae* / H. T. Clifford, W. K. Smith // Phytomorphology. – 1969. – 19, N 1. – P. 133–139.
27. Dressler R. L. Phylogeny and classification of the orchid family / R. L. Dressler. – Portland, Oregon: Dioscorides Press, 1993. – 278 p.
28. Seed micromorphology in the genus *Neotinea* Rchb.f. (*Orchidaceae*, *Orchidinae*) / R. Gamarra, E. Dorda, A. Scrugli [et al.] // Bot. J. Lin. Society. – 2007. – 153. – P. 133–140.
29. Prutsch J. Adaptations of an orchid seed to water uptake and storage / J. Prutsch, A. Schardt, R. Schill // Plant Systematics and Evolution. – 2005. – Vol. 220, N 1–2. – P. 69–75.
30. Studies on seed morphometry of epiphytes orchids from Western Ghats of Karnataka / Swamy K. Krishna, H. N. Kumar, T.M. Ramakrishna [et al.] // Taiwan. – 2004. – 49, N 2. – P. 124–140.
31. Thompson D. E. In vitro germination of several South African summer rainfall Disa (*Orchidaceae*) species: is seed testa structure a function of habitat and a determinant of germinability? / D. E. Thompson, T. J. Edwards, J. van Staden // Syst. Geogr. – 2001. – N. 71. – P. 597–606.
32. Toscano de Brito A. L.V. Seed morphology of subtribes *Ornithocephalinae* and *Telepogoninae* (*Maxillarieae: Orchidaceae*) / A. L. V. Toscano de Brito // Lindleyana. – 1999. – Vol. 14, N 1. – P. 27–37.

**О. А. Шейко<sup>1</sup>, Д. М. Ситніков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Медична академія імені С. І. Георгієвського, кафедра мікробіології, вірусології і імунології,

вул. Леніна, 5/7, Сімферополь, 295051, Республіка Крим

<sup>2</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Біотехнологічний науково-навчальний центр,

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, sytnikov@list.ru

## **ВНУТРІШНЬОПОПУЛЯЦІЙНА ГЕТЕРОСПЕРМІЯ ОКРЕМИХ ВИДІВ ОРХІДНИХ**

### **Резюме**

**Метою** даної роботи стало порівняльно-морфологічне дослідження особливостей будови насіння окремих видів *Orchidaceae* з різних підродин, що зустрічаються на території материкової України та Криму.

**Методика.** Для проведення *морфологічного аналізу* насіння вивчали на сканувальному електронному мікроскопі JSM-6060 LA (JEOL, Японія). *Розміри структур* на отриманих мікрофотографіях визначали за допомогою програми UTHSCSA Image Tool 3.0. *Морфометричні параметри* насіння визначали у відповідності до середньостатистичних розмірів життєздатного насіння для конкретного виду орхідей. Аналізували *індекс насіння*, *індекс зародка*, а також *відносний розмір зародка*.

**Результати.** У роботі наведено результати порівняльного вивчення особливостей будови насіння орхідей (родина *Orchidaceae*) вітчизняної флори: *Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo. s.l., *Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman. Виявлено значну гетерогенність насіння досліджених видів. За результатами морфологічного аналізу встановлено, що на момент дисемінації більша частина дослідженого насіння орхі-

дей була нежиттєздатною. Види орхідей з найбільшою часткою життєздатного насіння з крупними зародками (*D. incarnata* и *C. longifolia*) розглядаються як перспективні реінтродуценти.

**Висновки.** Результати досліджень можуть сприяти науково-практичним розробкам, що спрямовані на створення резервних генетичних колекцій у ботанічних садах і на заповідних територіях, а також на відтворення чисельності природних популяцій рідкісних та зникаючих видів.

**Ключові слова:** *Orchidaceae*; гетероспермія; насіннєве розмноження; життєздатність насіння; реінтродукція.

**E. A. Sheyko<sup>1</sup>, D. M. Sytnikov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>S. I. Georgievskiy Medical Academy, Department of Microbiology, Virology and Immunology,

Lenin bul., 5/7, Simferopol, 295051, Republic of Crimea

<sup>2</sup>Odesa I. I. Mechnykov National University, Biotechnological scientific and educational center

Dvoryanska Str., 2, Odesa, 65082, Ukraine, sytnikov@list.ru

## THE INTRAPOPULATION HETEROSPERMIA OF SOME ORCHID SPECIES

### Abstract

The **aim** of the work was a comparative morphological study of the peculiarities of the structure of seeds of certain *Orchidaceae* species from various subfamilies growing on the territory of the mainland Ukraine and Crimea.

**Methods.** In order to carry out the *morphological analysis*, the seeds were examined on a scanning electron microscope JSM-6060 LA (JEOL, Japan). The *size of the structures* on the obtained microphotographs was determined using the UTHSCSA Image Tool 3.0 program. The *morphometric parameters* of the seeds were determined in accordance with the average size of viable seeds for a particular species of orchids. The *seed index*, the *embryo index* and the *relative size of the embryo* were analyzed.

**The results** of the comparative study of features of the structure of seeds of orchids (*Orchidaceae* family) of domestic flora: (*Cephalanthera longifolia* (L.) Fritsch., *Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soo. s.l., *Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman) are presented. The significant heterogeneity of seeds of the studied species is revealed. The morphological analysis established that at the time of dissemination the major part of the studied seeds of orchids were nonviable. Species of orchids with the greatest part of viable seeds with large embryos (*D. incarnata* and *C. longifolia*) are considered as perspective reintroducers.

**Conclusion.** The results of the research can contribute to the scientific and practical developments aimed at creation of reserve genetic collections in botanical gardens and in reserved areas and also at restitution of a number of natural populations of rare and endangered species.

**Keywords:** *Orchidaceae*; heterospermia; seed multiplication; viability of seeds; reintroduction.

## References

1. Andronova E. V. (2014) "Heterogeneity of seeds and seed progeny in some orchid species in experiments *in vitro* and in natural conditions" ["'Geterogenost' semyan i semennogo potomstva u nekotorykh vidov orkhidnykh v eksperimentakh *in vitro* i v prirodnykh usloviyakh"], *Fundamentalni ta prykladni aspekty suchasnoyi orkhidologiyi*, No 1, pp. 9–19.
2. Andronova E. V. (2011) "On the causes of the formation of substandard seeds in some orchid temperate latitudes", Protection and cultivation of orchid, Abstracts of IX International conference [«K voprosu o prichinakh formirovaniya nekachestvennykh semyan u nekotorykh orkhidnykh umerennykh shyrot»], 26–30 September 2011: proc. of conf., S.-Petersburg, pp. 16–26.
3. Andronova E. V. (2007) "Viability and rate of development of seedlings of *Dactylorhiza maculata* L. in culture *in vitro*" ["'Zhyznesposobnost' i tempy razvitiya seyantsev *Dactylorhiza maculata* L. v kulture *in vitro*"], *Bot. zhurn.*, V. 92, No 7, pp. 1035–1048.
4. Buyun L. I. (2004) «Morphometry of seeds of some species of the genus *Cattleya* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.)» [«Morfometriya semyan nekotorykh vidov roda *Cattleya* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.)»], *Biol. vest. Khar'kov. nats. un-ta.*, V. 8, No 1, pp. 25–27.
5. Buyun L. I. (2009) «Features of the structure of the tropical orchid seed shell (*Orchidaceae* Juss.)» [«Osoblyvosti struktury nasinnoyi obolonky tropichnykh orkhidej»], *Introduktsiya roslyn*, No 2, pp. 40–49.
6. Buyun L. I., Gurnenko I.V. (2006) «Features of the seed shell structure of the species *Calanthe* R. Br. (*Orchidaceae* Juss.)» [«Osoblyvosti budovy nasinnoyi obolonky vydiv *Calanthe* R. Br. (*Orchidaceae* Juss.)»], *Introduktsiya roslyn*, No 3, pp. 53–59.
7. Buyun L. I., Koval's'ka L. A. (2002) «Morphometry of seeds of *Cattleya vestita* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.)» [«Morfometriya nasinnyia *Cattleya vestita* Lindl. (*Orchidaceae* Juss.)»], *Naukovyj Visnyk Chernivets'kogo un-tu. Seriya Biologiya*, No 144, pp. 38–42.
8. Vakhrameeva M. G., Tatarenko I. V., Varlygina T. I. (2004) «The main directions of studying wild orchids (*Orchidaceae* Juss.) in the territory of Russia and neighboring countries» [«Osnovnye napravleniya izucheniya dikorastushikh orkhidnykh (*Orchidaceae* Juss.) na territorii Rossii i sopredelnykh gosudarstv»], *Byul. MOIP. Otd. Biol.*, V. 109, No. 2, pp. 37–56.
9. Gorovoj P. G., Salokhin A. V., Dudkin R. V. (2010) «Orchids (*Orchidaceae*) of the Far East: taxonomy, chemical composition, protection and use» [«Orkhidnye (*Orchidaceae*) Dal'nego Vostoka: taksonomiya, khimicheskij sostav, vozmozhnosti okhrany i ispol'zovaniya»], *Turcaninowia*. V. 13, No 4, pp. 32–44.
10. Efimov P. G. (2010) «Preservation of orchids (*Orchidaceae* Juss.) as one of the tasks of biodiversity conservation» [«Sokhranenie orkhidnykh (*Orchidaceae* Juss.) kak odna iz zadach okhrany bioraznoobraziya»], *Biosfera*, V. 2, No 1, pp. 50–58.
11. Ivanov S. P., Kholodov V. V., Fateryga A. V. (2009) «Orchids of Crimea: the composition of pollinators, the variety of systems and methods of pollination and their effectiveness» [«Orkhidei Kryma: sostav opyliteley, raznobrazie sistem i sposobov opyleniya i ikh effektivnost'»], *Uchyonye zapiski Tavricheskogo natsyonal'nogo universiteta im. V.I. Vernadskogo. Seriya «Biologiya, khimiya»*, V. 22 (61), No 1, pp. 24–34.
12. Kolomijtseva G. L. (2014) «Features of orchids diasparology» [«Osobnosti diasparalogii orkhidej»], *Fundamental'ni ta prykladni aspekty suchasnoyi orkhidologiyi*, No 1, pp. 101–109.
13. Red Book of the Republic of Crimea. Plants, algae and fungus (2015). In editors: Ena A.V., Fateryga A.V. [«Krasnaya kniga Respubliki Krym. Rasteniya, vodorosli, griby»], Simferopol: OOO «IT «ARIAL», 480 p.
14. Shyrov A. I., Kolomijtseva G. L., Burov A. V. (2005) «Cultivation of orchids of European Russia» [«Kul'tivirovanie orkhidej evropejskoj Rossii»], N. Novgorod: Nizhegorodskij un-t, 64 p.
15. Marakaev O. A. (2014) «Ecological and physiological studies of temperate orchids in the northern hemisphere» [«Ekologo-fiziologicheskie issledovaniya orkhidnykh umerenogo klimata severnogo polushariya»], *Fundamentalni ta prykladni aspekty suchasnoyi orkhidologiyi*, No 1, pp. 111–117.
16. Tatarenko I. V. (1996) «Orchids of Russia: life forms, biology, protection issues» [«Orkhidnye Rossii: zhyznennye formy, biologiya, voprosy okhrany»], Moskva, 207 p.

17. Red Book of Ukraine. Plant world (2009) In editor: Didukh Ya. P. [«Chervona knyga Ukrayiny. Roslynnij svit»], Kiev: Globalkonsalting, 900 p.
18. Shejko E. A., Musatenko L. I. (2011) «Estimation of the properties of plant species as the basis for forecasting the state of the populations of rare and endangered species» [«Otsinka vlastyvostej osobyn roslyn yak osnova prognozuvannya stanu populyatsiy ridkisnykh ta znykhayuchikh vydiv»], Dopovidi NANU, No 8, pp.150–154.
19. Shejko E. A., Sherbatyuk M. M. (2015) «Features of morphology of orchid seeds of Ukraine» [«Osoblyvosti morfologiyi nasinnya orkhidnykh Ukrayiny»], Abstracts of the VI Open congress of phytobiologists of the Black Sea region, 19 May 2015: proc. of conf., Kherson–Lazurnoe, pp. 110–113.
20. Arditti J. (2000) Numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications, *New Phytology*, 145. – pp. 367–421.
21. Barthlott W. (1981) Epidermal and seed surface characters of plant: systematic applicability and some evolutionary aspects, *Nordic J. Bot.*, V. 1, No 3, pp. 345–355.
22. Barthlott W., Ziegler B. (1980) Uber ausziehbare helicale Zellwandverdickungen als HaftApparat der Samenschalen von *Chiloschista lunifera* (*Orchidaceae*), *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, V. 93, pp. 391–403.
23. Cameron K. V., Chase M. W. (1998) Seed morphology of Vanilloid Orchids (*Vanilloideae: Orchidaceae*), *Lindleyana*, V. 13, No 3, pp. 148–169.
24. Chase M. W. Phippen J. S. (1990) Seed morphology and phylogeny in subtribe *Catasetinae* (*Orchidaceae*), *Lindleyana*, 5, No 2, pp. 126–133.
25. Chase M. W. Phippen J. S. (1988) Seed morphology in the *Oncidiinae* and related subtribes (*Orchidaceae*), *Syst. Bot.*, 13, No 3, pp. 313–323.
26. Clifford H. T., Smith W. K. (1969) Seed morphology and classification of *Orchidaceae*, *Phytomorphology*, 19, No 1. – pp. 133–139.
27. Dressler R. L. (1990) Phylogeny and classification of the orchid family, Portland, Oregon: Dioscorides Press, 278 p.
28. Gamarra R., Dorda E., Scrugli A. [et al.] (2007) Seed micromorphology in the genus *Neotinea* Rchb.f. (*Orchidaceae, Orchidinae*), *Bot. J. Lin. Society*, 153, pp. 133–140.
29. Prutsch J., Schardt A., Schill R. (2005) Adaptations of an orchid seed to water uptake and storage, *Plant Systematics and Evolution*, V. 220, No 1–2, pp. 69–75.
30. Swamy K. Krishna, Kumar H. N. Krishna, Ramakrishna T. M. [et al.] (2004) Studies on seed morphometry of epiphytes orchids from Western Ghats of Karnataka, *Taiwania*, 49, No 2, pp. 124–140.
31. Thompson D. E., Edwards T. J., Staden J. (2001) *In vitro* germination of several South African summer rainfall Disa (*Orchidaceae*) species: is seed testa structure a function of habitat and a determinant of germinability?, *Syst. Geogr.*, No 71, pp. 597–606.
32. Toscano de Brito A. L.V. (1999) Seed morphology of subtribes *Ornithocephalinae* and *Telepogoninae* (*Maxillarieae: Orchidaceae*), *Lindleyana*, V. 14, No 1, pp. 27–37.

# **ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ**







**В. А. Топтиков**<sup>1</sup>, к.б.н., доцент,

**Д. А. Жарикова**<sup>1</sup>, аспирант

**Г. А. Чеботарь**<sup>1</sup>, к.б.н., доцент

**И. В. Темченко**<sup>2</sup>, ст.научн.сотр.,

**С. В. Чеботарь**<sup>1,3</sup>, д.б.н., профессор

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, кафедра генетики и молекулярной биологии, ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

<sup>2</sup>Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН Украины, проспект Юности, 16, Винница, 21100, Украина

<sup>3</sup>Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и сортоизучения НААН Украины, Овидиопольская дор., 3, Одесса, 65036, Украина, e-mail: v.a.toptikov@gmail.com

## ГЕНЕТИКО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МУТАНТНЫХ ЛИНИЙ СОИ

С помощью аллозимного анализа проведен сравнительный популяционно-генетический анализ мутантных линий сои, полученных в результате химического мутагенеза сорта Фемида, а также сортов Фемида и Корада. В качестве белковых маркеров использовали ферменты обмена активных форм кислорода: НАДФ•Н-оксидазу, пероксидазу и супероксиддисмутазу. Установлена значительная генетическая гетерогенность исследуемых образцов. Показано, что генетические дистанции между разными группами сои, несмотря на высокий уровень гетерогенности, находятся в рамках внутривидовых границ. Выявлены достоверные корреляционные отношения между некоторыми локусами изоцистов и рядом хозяйственно ценных признаков сои, а также геном фотопериодической чувствительности  $E_7$ .

**Ключевые слова:** *Glycine max* (L.); аллозимы; генетическая структура; генетическая дистанция; корреляция; ген  $E_7$ ; фотопериодическая чувствительность.

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является ценной сельскохозяйственной культурой, благодаря богатому биохимическому составу ее семян и зеленой массы в целом, а также способности растений обогащать почву усвояемым азотом за счет симбиоза с клубеньковыми микроорганизмами. Однако ее распространение в средних и высоких географических широтах ограничивается особенностями биологии этого вида. Соя относится к тепло- и влаголюбивым, чувствительным к фотопериоду короткодневным растениям, требовательным к плодородию почвы с довольно длинным вегетационным периодом в средних географических широтах [15]. В связи с этим, в условиях Украины для стабильного получения урожая этой культуры необходим продуманный подбор сортов сои со свойствами, адекватными конкретному региону выращивания [10].

Одним из свойств, влияющих на продуктивность сои, является начало и продолжительность репродуктивного периода в цикле развития растений [37]. Это определяет важность одного из приоритетных направлений в селекции сои: изучение генетических факторов, ответственных за реакцию растений к продолжительности светового периода [10].

Успешная селекция любой культуры зависит от разнообразия исходного материала. Одним из источников необходимого разнообразия является гибридизация. Однако для сои этот подход крайне трудоемок и дает низкий выход гибридных семян [13]. Дополнительным источником повышения разнообразия селекционного материала сои выступает искусственный мутагенез [4]. В Институте кормов и сельского хозяйства Подолья НААН Украины (КСГП, г. Винница) путем химического мутагенеза получены мутантные линии сои, различающиеся по морфологическим, физиологическим показателям, а также по чувствительности к фотопериоду.

Ранее мы определяли полиморфизм мутантных форм сои по микросателлитным локусам *Satt 100* и *Satt 319* [8; 42]. Целью данной работы было изучение генетико-биохимических особенностей линий сои, полученных после обработки семян химическими мутагенами. Для достижения этой цели ставились следующие задачи: 1) определить популяционно-генетические показатели образцов сои; 2) установить генетические дистанции между линиями и родительским материалом; 3) выявить возможные коррелятивные отношения между локусами исследуемых энзимов и другими генетическими системами, а также морфофизиологическими параметрами.

#### **Материалы и методы исследования**

Исследовали две мутантные линии сои, полученные на основе сорта Фемида: Фемида М29 (n=9), Фемида М32 (n=12), а также сорта Фемида (n=10) и Корада (n=9).

Гомогенаты получали из недельных этиолированных проростков, выращенных в чашках Петри при температуре +26–27 °С. Для получения экстрактов ткани гомогенизировали в буфере для следующего состава: 0,05 М Трис-*HCl* (pH 6,8), 0,01 % дитиотреитол, 0,01 % аскорбиновая кислота, 0,01 % натриевая соль ЭДТА, 1 % тритон X-100, 15 % сахароза. Соотношение ткань : буфер (масса в мг : объем в мкл) составляло 1 : 1. Пробы растирали непосредственно в центрифужных пробирках, 3 раза подвергали замораживанию-оттаиванию, после чего центрифугировали 20 мин при 10000 g при температуре +4 °С. Электрофоретическое разделение белков проводили в системе Дэвиса [21] в 10 % ПААГ в аппарате VE-4М («Хеликон», Россия) в пластинах 130×110×1 мм. Энзимы в гелях детектировали в соответствии с рекомендациями [31]. Пероксидазу (РОХ, КФ. 1.11.1.7) выявляли с использованием бензидина в качестве субстрата энзима, НАДФ-Н-оксидазу (NPOX, КФ 1.6.2.4) и супероксиддисмутазу (SOD, КФ 1.15.1.1) проявляли по восстановлению красителя нитротетразо-

лиевого синего.

Анализ популяционно-генетических показателей исследуемых групп сои (линия или сорт) проводили согласно общепринятым подходам и формулам [1-3, 16, 22, 30, 32, 35, 39, 40]. Рассчитывали частоту аллелей и их ошибку, эффективное число аллелей  $n_e$ , наблюдаемую гетерозиготность по отдельным локусам  $H_O$ , среднюю наблюдаемую гетерозиготность по всем локусам  $H_O^{av}$  и их стандартную ошибку, ожидаемую гетерозиготность по каждому отдельному локусу  $H_E$ , среднюю ожидаемую гетерозиготность по исследуемым локусам  $H_E^{av}$  и ее стандартную ошибку, полокусный и средний дефицит гетерозиготности по всем исследуемым локусам ( $D_H$  и  $D_H^{av}$ ), их ошибку и достоверность. Соответствие фактических частот генотипов теоретически ожидаемым частотам согласно уравнению Харди-Вайнберга оценивали с помощью критерия  $\chi^2$  при 5 % уровне значимости.

Коэффициент инбридинга для каждой исследуемой группы  $F$  рассчитывали через отношение наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности

$$F' = 1 - \frac{H_O}{H_E},$$

где  $H_O$  и  $H_E$  – наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность в отдельной группе.

Количественную оценку степени близкородственного скрещивания осуществляли с помощью коэффициентов инбридинга Райта:  $F_{IS}$  (коэффициент инбридинга особи конкретной группы, к которой она относится, показатель дефицита гетерозиготности в отдельной группе или гетерогенность отдельной группы),  $F_{IT}$  (коэффициент инбридинга особи относительно всей совокупности групп или гетерогенность в целом всех исследуемых образцов сои) и  $F_{ST}$  (коэффициент инбридинга исследуемой группы относительно всех исследуемых образцов, показатель дифференциации между исследуемыми группами).

Оценку генного разнообразия проводили также с помощью  $G_{ST}$ -статистики согласно протоколу [22]. Определяли  $H_T$  – общее для всех образцов генное разнообразие,  $H_S$  – внутрисортное (внутрилинейное) генное разнообразие,  $D_{ST}$  – межгрупповое разнообразие,  $G_{ST}$  – межгрупповую дифференциацию, трактуемую как долю генного разнообразия, распределенное между группами.

Степень генетического подобия  $I$  и отдаленности  $D$  рассчитывали по Нею (анализ по частотам аллелей) и по индексу генетического подобия Джеффриса-Матуситы (анализ по частотам генотипов) ( $GSI$ ).

Все расчеты популяционно-генетических показателей осуществляли с помощью матриц, созданных в пакете *Microsoft Excel*.

Уровень связи между разными параметрами растений оценивали по коэффициенту корреляции Пирсона в программе *Microsoft Excel*. Для вычисления коэффициентов корреляции качественные показатели (аллели, генотипы) оцифровывали, количественные данные (продолжительность вегетационного периода, высота растения высота формирования нижних бобов) ранжировали,

придавая им значения 0, 1 и т.д. в зависимости от количества показателей и рангов.

### Результаты исследования и их обсуждение

Электрофоретические спектры исследуемых энзимов – НАДФ·Н-оксидазы (NPOX), пероксидазы (POX) и супероксиддисмутазы (SOD) – показаны на рис. 1. Выбор энзимов обусловлен их ключевой ролью в регуляции содержания и соотношения в клетках активных форм кислорода (АФК). Последние, как известно, выполняют функцию посредников, сигнальных молекул в ответной реакции организмов на разные биотические и абиотические воздействия со стороны окружающей среды, фотопериод в том числе [7; 14; 19; 20; 23–29; 34; 36; 41].

При генетической трактовке электрофоретических спектров НАДФ·Н-оксидазы и пероксидазы исходили из известных данных о мономерной организации этих энзимов [31]. Спектры супероксиддисмутазы также адекватно описывались такой моделью. Всего выявлено семь локусов POX и по шесть локусов NPOX и SOD. Причем в зависимости от генотипа некоторые локусы проявляли себя по-разному. У сорта Фемида и производных от него мутантных линий локус NPOX-1 был мономорфным по изоформе с электрофоретической *Rf* 0,33 подвижностью.

Однако у некоторых растений сорта Корада не обнаруживалось этой формы энзима, что позволяло трактовать локус NPOX-1 как полиморфный с нуль-аллелем. Подобная ситуация была с локусами POX-1, POX-2, POX-4 и SOD-4 (табл. 1).

Всего из 19 локусов исследуемых энзимов 15 были полиморфными с двумя выявляемыми аллелями. Таким образом, по исследуемым ген-энзимным системам соя характеризовалась значительной полиморфностью (0,79).

Результаты расчета популяционно-генетических показателей исследуемых образцов сои представлены в табл. 2–5.

Как видно из табл. 2, по ряду локусов наблюдались особенности в частоте встречаемости аллелей в исследуемых выборках сои. Сорт Корада отличался от остальных образцов в большей степени. Всего с учетом только полиморфных локусов Корада разнился по частоте встречаемости аллелей от остальных образцов почти по половине локусов: семи из 15 (в табл. 2 помечено полужирным шрифтом).

Мутантные линии по сравнению с родительской формой также имели отличия по частоте встречаемости аллелей: линия M29 – по трем локусам (20 %), M32 – по четырем (27 %).

Из общих закономерностей относительно изменений частоты встречаемости аллелей следует отметить следующее. Наиболее стабильными из полиморфных локусов являлись локусы НАДФ·Н-оксидазы, наибольшим изменениям подвергался аллельный состав локусов пероксидазы и полиморфных локусов

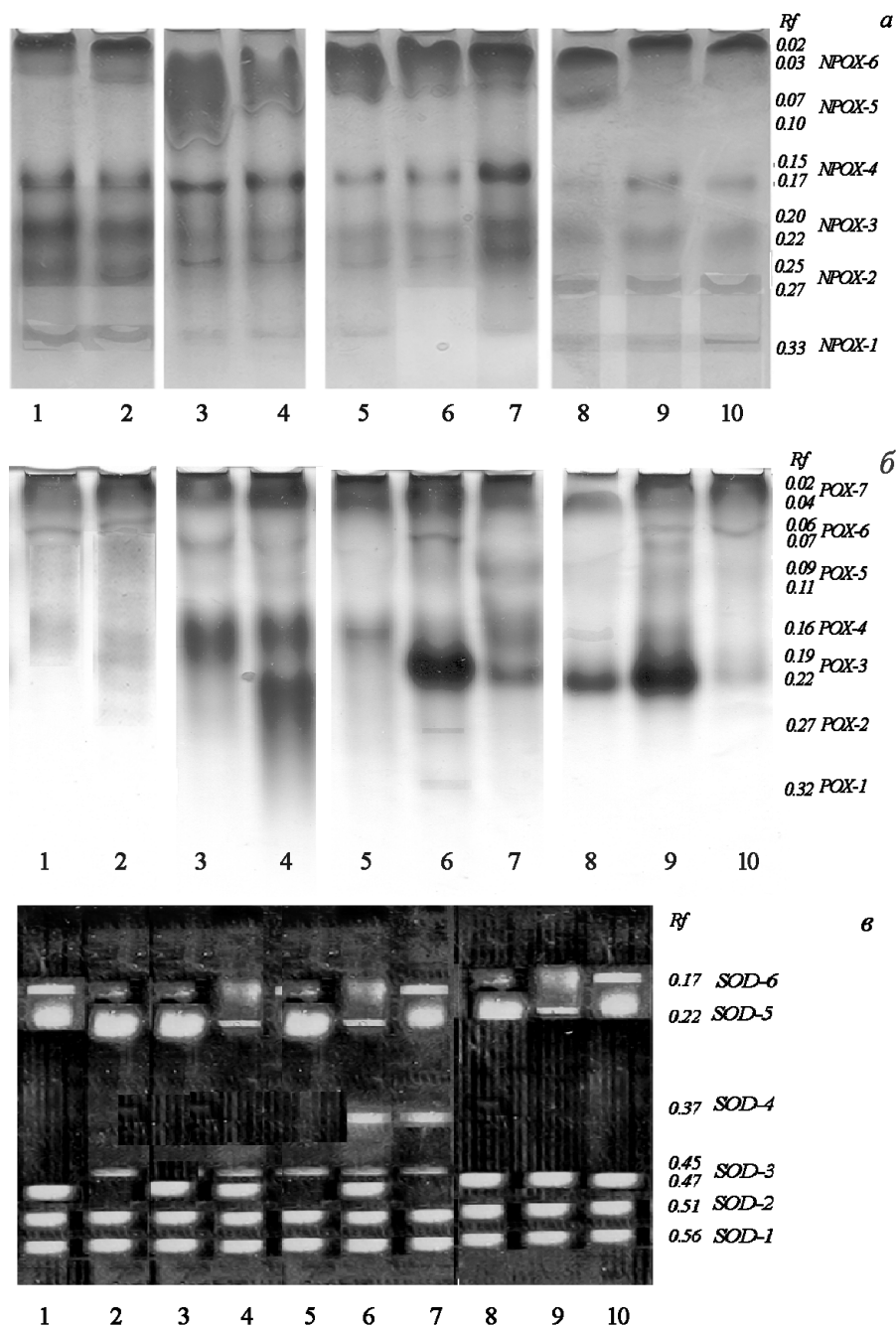


Рис. 1. Электрофореграммы молекулярных форм НАДФ•Н-оксидазы (а), пероксидазы (б) и супероксиддисмутазы (в) исследуемых образцов сои: 1–10 – номера треков; 1, 2 – линия Фемиди М32, 3, 4 – линия Фемиди М29, 5–7 – сорт Корда, 8–10 – сорт Фемиди; Rf – относительная электрофоретическая подвижность молекулярных форм ферментов.

Таблиця 1

## Проявление аллелей в локусах исследуемых энзимов в разных образцах сои

Локус	Аллели	Rf	Сорт (линия)				Характеристика локуса
			Фемида	Фемида М32	Фемида М29	Корада	
NPOX-1	A	0,33	+	+	+	+	Полиморфный с 0-аллелем
	a	-				0-аллель	
NPOX-2	A	0,27	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,25	+	+	+	+	
NPOX-3	A	0,22	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,20	+	+	+	+	
NPOX-4	A	0,17	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,15	+	+	+	+	
NPOX-5	A	0,10	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,07	+	+	+	+	
NPOX-6	A	0,03	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,02	+	+	+	+	
POX-1	A	0,32	+	-	-	+	Полиморфный с 0-аллелем
	a	-	0-аллель	0-аллель	0-аллель	0-аллель	
POX-2	A	0,27	+	-	-	+	Полиморфный с 0-аллелем
	a	-	+	0-аллель	0-аллель	+	
POX-3	A	0,22	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,19	+	+	+	+	
POX-4	A	0,16	+	+	+	+	Полиморфный с 0-аллелем
	a	-	+	0-аллель	0-аллель	+	
POX-5	A	0,11	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,09	+	+	+	+	
POX-6	A	0,07	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,06	+	+	+	+	
POX-7	A	0,04	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,02	+	+	+	+	
SOD-1	A	0,56	+	+	+	+	Мономорфный
SOD-2	A	0,51	+	+	+	+	Мономорфный
SOD-3	A	0,47	+	+	+	+	Полиморфный
	a	0,45	+	+	+	+	
SOD-4	A	0,37	-	-	-	+	Полиморфный с 0-аллелем
	a	-	0-аллель	0-аллель	0-аллель	0-аллель	
SOD-5	A	0,22	+	+	+	+	Мономорфный
SOD-6	A	0,17	+	+	+	+	Мономорфный

Примечание: Rf – относительная электрофоретическая подвижность аллозима; +, – – присутствие, отсутствие аллозима в исследуемой группе растений; сочетание «+» и «0-аллель» означает присутствие аллозима у части растений исследуемой группы; сочетание «-» и «0-аллель» означает отсутствие аллозима у всех растений исследуемой группы.

Таблиця 2

## Встречаемость аллелей в разных группах сои

Локус	Аллель	Генотипы					
		Фемида	Фемида М32	Фемида М29	Группа генотипов Фемида	Корада	Все генотипы
NPOX-1	A	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,78</b>	0,95
	a	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,22</b>	0,05
NPOX-2	A	0,00	0,04	0,00	0,02	0,06	0,02
	a	1,00	0,96	1,00	0,98	0,94	0,98
NPOX-3	A	0,10	0,00	0,11	0,06	0,00	0,05
	a	0,90	1,00	0,89	0,94	1,00	0,95
NPOX-4	A	0,00	0,00	0,22	0,06	0,11	0,08
	a	1,00	1,00	0,78	0,94	0,89	0,92
NPOX-5	A	0,30	0,08	0,17	0,18	0,06	0,15
	a	0,70	0,92	0,83	0,82	0,94	0,85
NPOX-6	A	0,30	0,08	0,33	0,23	0,00	0,18
	a	0,70	0,92	0,87	0,77	1,00	0,82
POX-1	A	0,10	0,00	0,00	0,03	<b>0,44</b>	0,12
	a	0,90	1,00	1,00	0,97	<b>0,56</b>	0,88
POX-2	A	1,00	0,00	0,78	0,55	1,00	0,65
	a	0,00	1,00	0,22	0,45	0,00	0,35
POX-3	A	0,50	0,38	0,56	0,47	0,78	0,54
	a	0,50	0,62	0,44	0,53	0,22	0,56
POX-4	A	1,00	0,92	1,00	0,97	<b>0,78</b>	0,92
	a	0,00	0,08	0,00	0,03	<b>0,22</b>	0,08
POX-5	A	0,00	0,04	0,33	0,11	0,00	0,09
	a	1,00	0,96	0,67	0,89	1,00	0,91
POX-6	A	0,20	0,62	1,00	0,60	0,72	0,62
	a	0,80	0,38	0,00	0,40	0,28	0,38
POX-7	A	0,85	0,75	1,00	0,86	<b>0,22</b>	0,71
	a	0,15	0,25	0,00	0,14	<b>0,78</b>	0,29
SOD-3	A	1,00	0,83	0,56	0,81	<b>0,06</b>	0,64
	a	0,00	0,17	0,44	0,19	<b>0,94</b>	0,36
SOD-4	A	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,67</b>	0,15
	a	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,33</b>	0,85

Примечание: локусы SOD-1, -2 -5, -6 как мономорфные в таблицу не включены, полужирным шрифтом отмечены частоты аллелей, специфичные для сорта Корада, курсивом – встречаемость аллелей, характерная для данной исследуемой группы.



супероксиддисмутазы. Это можно связать с особенностями регуляции баланса разных АФК: первичная продукция АФК производится НАДФ•Н-оксидазой, а контроль над их содержанием обеспечивается супероксиддисмутазой и пероксидазой.

По частоте встречаемости генотипов исследуемые группы сои различались еще в большей степени (табл. 3): линия М32 отличалась от сорта Фемида по 5 локусам (33 %), линия М29 – по 9 (60 %). Сорта Фемида и Корада несхожи между собой по 10 из 15 полиморфных локусов (67 %). Кроме количественного изменения частот генотипов, наблюдались другие формы трансформации генотипического состава. Так, у мутантных линий по сравнению с родительской формой повышалась доля гетерозиготных генотипов по локусам NPOX-3, -4, -5, а также локусу SOD-3. В локусах POX-3 и POX-6, наоборот, частота гетерозигот снижалась. В локусе POX-6 у мутантных форм, по сравнению с исходным сортом, наблюдалась инверсия частот гомозигот по альтернативным аллелям. Описанные изменения генотипического состава наблюдались и при сравнении исследуемых сортов – Фемида и Корада (табл. 3).

Таблица 3

## Распределение генотипов в исследуемых образцах сои

Локус	Генотип	Генотипы					
		Фемида	Фемида М32	Фемида М29	Группа генотипов Фемида	Корада	Все генотипы
1	2	3	4	5	6	7	8
NPOX-1	AA	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78**	0,95**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	aa	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,12</b>	0,05
NPOX-2	AA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aa	0,00	0,08	0,00	0,03	0,11	0,05
	aa	1,00	0,92	1,00	0,97	0,89	0,95
NPOX-3	AA	0,10	0,00	0,00	0,03*	0,00	0,03*
	Aa	0,00	0,00	<b>0,22</b>	0,07	0,00	0,05
	aa	0,90	1,00	0,78	0,90	1,00	0,92
NPOX-4	AA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Aa	0,00	0,00	<b>0,44</b>	0,13	0,22	0,15
	aa	1,00	1,00	0,56	0,87	0,78	0,85
NPOX-5	AA	0,30**	<b>0,00</b>	0,00	0,10*	<b>0,00</b>	0,08*
	Aa	0,00	<b>0,17</b>	0,33	0,16	0,11	0,15
	aa	0,70	0,83	0,67	0,74	0,89	0,77
NPOX-6	AA	0,30**	<b>0,08**</b>	0,33**	0,23**	0,00	0,17**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00
	aa	0,70	<b>0,92</b>	0,67	0,77	1,00	0,83



Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
POX-1	AA	0,10**	0,00	0,00	0,03**	<b>0,44**</b>	0,12**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	aa	0,90	1,00	1,00	0,97	<b>0,56</b>	0,88
POX-2	AA	1,00	0,00	0,78**	0,55**	1,00	0,65**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	aa	0,00	1,00	<b>0,22</b>	0,45	0,00	0,35
POX-3	AA	0,00	<b>0,33*</b>	<b>0,44</b>	0,26	<b>0,67</b>	0,35
	Aa	1,00	<b>0,08</b>	<b>0,22</b>	0,42	0,22	0,38
	aa	0,00	<b>0,59</b>	<b>0,34</b>	0,32	<b>0,11</b>	0,27
POX-4	AA	1,00	0,92**	1,00	0,97**	0,78	0,92**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	aa	0,00	0,08	0,00	0,03	<b>0,22</b>	0,08
POX-5	AA	0,00	0,00	<b>0,33*</b>	0,10**	0,00	0,08**
	Aa	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,02
	aa	1,00	0,92	0,67	0,87	1,00	0,90
POX-6	AA	0,00	<b>0,58*</b>	<b>1,00</b>	0,52**	<b>0,56*</b>	0,52**
	Aa	0,40	<b>0,08</b>	<b>0,00</b>	0,16	0,33	0,20
	aa	0,60	0,34	<b>0,00</b>	0,32	0,11	0,28
POX-7	AA	0,70	0,58	1,00	0,74	<b>0,00**</b>	0,62**
	Aa	0,30	0,33	<b>0,00</b>	0,23	0,78	0,18
	aa	0,00	0,08	0,00	0,03	<b>0,60</b>	0,20
SOD-3	AA	1,00	0,83**	0,33	0,74**	<b>0,00</b>	0,58**
	Aa	0,00	0,00	<b>0,44</b>	0,13	0,11	0,12
	aa	0,00	<b>0,17</b>	<b>0,23</b>	0,13	<b>0,89</b>	0,30
SOD-4	AA	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,67**</b>	0,15**
	Aa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	aa	1,00	1,00	1,00	1,00	<b>0,33</b>	0,85

Примечание: \*, \*\* – отклонение частот генотипов от равновесного достоверно при уровне значимости нулевой гипотезы  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$  соответственно; курсивом обозначены локусы, ведущие себя в своей группе как мономорфные; полужирным шрифтом отмечены частоты генотипов, характерные для данной исследуемой группы.

Как и следовало ожидать для самоопылителей с незначительной вероятностью образования гибридного потомства, исследуемые генотипы сои характеризовались невысоким уровнем гетерозиготности (табл. 4). В среднем, в зависимости от исследуемых генотипов, доля гетерозигот составляла от 4 до 9 процентов. Для всей совокупности исследуемых образцов сои средние наблюдаемая, ожидаемая гетерозиготность и дефицит гетерозигот составляли  $H_o^{av} = 0,07 \pm 0,02$ ,  $H_E^{av} = 0,22 \pm 0,04$  и  $D_H^{av} = 0,15 \pm 0,03$ .

При этом достоверных значений дефицита гетерозигот обнаружено не было. Закономерно, что при такой незначительной гетерозиготности исследуе-

мые образцы сои характеризовались большими положительными величинами коэффициента инбридинга  $F$  (50–70 %).

Таблица 4

## Гетерозиготность исследуемых образцов сои

Локус	Исследуемые генотипы											
	Фемида			Фемида М32			Фемида М29			Корада		
	$H_O$	$H_E$	$D$	$H_O$	$H_E$	$D$	$H_O$	$H_E$	$D$	$H_O$	$H_E$	$D$
NPOX-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39
NPOX-2	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,11	0,12	0,01
NPOX-3	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
NPOX-4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,39	-0,05	0,22	0,22	0,00
NPOX-5	0,00	0,47	0,47	0,17	0,17	0,00	0,33	0,31	-0,02	0,11	0,12	0,01
NPOX-6	0,00	0,47	0,47	0,00	0,17	0,17	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00
POX-1	0,00	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,56
POX-2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,56	0,34	0,00	0,00	0,00
POX-3	1,00	0,56	-0,44	0,08	0,52	0,44	0,00	0,00	0,00	0,22	0,39	0,17
POX-4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,17	0,00	0,50	0,50	0,00	0,39	0,39
POX-5	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POX-6	0,40	0,36	-0,04	0,08	0,52	0,44	0,00	0,00	0,00	0,33	0,45	0,12
POX-7	0,30	0,28	-0,02	0,34	0,42	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39
SOD-1	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOD-2	0,00	0,00	0,00	0,08	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOD-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,31	0,44	0,55	0,11	0,11	0,12	0,01
SOD-4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50
SOD-5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOD-6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Среднее ± ошибка	0,09± 0,06	0,27± 0,05	0,04± 0,06	0,04± 0,02	0,13± 0,04	0,17± 0,03	0,09± 0,04	0,18± 0,05	0,30± 0,04	0,06± 0,02	0,19± 0,05	0,16± 0,05
F	0,66*			0,66*			0,51			0,70*		
F	0,68**											

Примечание:  $H_O$  и  $H_E$  – наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность,  $D$  – дефицит гетерозигот,  $F$  – коэффициент инбридинга, \*, \*\* – достоверность коэффициента при уровне значимости нулевой гипотезы  $p < 0,05$  и  $p < 0,01$  соответственно.

Статистика Райта и  $G_{ST}$ -статистика дает возможность оценить генетическое разнообразие на разных уровнях, в данном случае – на индивидуальном, внутри сорта (линии) и вида сои в целом. Низкие значения коэффициента  $F_{ST}$  свидетельствуют о высокой индивидуальной изменчивости в линии Фемида М29 и, особенно, у сорта Корада. В остальных образцах индивидуальная, внутригрупповая и межгрупповая изменчивости вносят примерно равный вклад в общую генетическую гетерогенность. Об этом говорят сопоставимые значения всех показателей статистики Райта. Общую картину значительной гетерогенности исследуемых образцов сои подтверждает и  $G_{ST}$ -статистика (табл. 5). Данный вывод согласуется с мнением исследователей, говорящих о высоком адаптивном потенциале сои, основанном на значительном генетическом разнообразии вида [5; 6; 9; 11; 12].

Таблица 5

## Внутри- и межпопуляционное разнообразие исследуемых образцов сои

Сорт, линия	Расчеты	Статистика Райта			$G_{ST}$ -статистика							
		$F_{IS}$	$F_{IT}$	$F_{ST}$	$H_T$	$H_S$	$D_{ST}$	$G_{ST}$				
Фемида	по всей выборке	0,31	0,68	0,38****	0,68	0,34	0,34	0,50				
	по всем генотипам сорта Фемида	0,46	0,60	0,25****								
Фемида М32	по всей выборке	0,31	0,68	0,28****								
	по всем генотипам сорта Фемида	0,45	0,60	0,28****								
Фемида М29	по всей выборке	0,47	0,68	0,16***								
	по всем генотипам сорта Фемида	0,60	0,60	0,00*								
Корада	по всей выборке	0,64	0,68	0,11**								
	по всем генотипам сорта Фемида	0,63	0,60	-0,08*								
Вся выборка												

*Примечание:*  $F_{IS}$  – мера отклонения фактических и ожидаемых частот генотипов внутри отдельных выборок;  $F_{IT}$  – мера отклонения фактических и ожидаемых частот генотипов отдельной выборки в сравнении с обобщенной выборкой;  $F_{ST}$  – мера генной дифференциации исследуемых выборок;  $G_{ST}$  – относительная генная дифференциация между исследуемыми выборками (генное разнообразие совокупной выборки);  $D_{ST}$  – межвыборочное генетическое разнообразие;  $H_T$  – общее генное разнообразие,  $H_S$  – внутригрупповое разнообразие; \*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\* – генетическая дифференциация малая, средняя, большая, очень большая соответственно [39].

Высокая межгрупповая гетерогенность исследуемых образцов сои определяет необходимость установления степени их родства. Результаты анализа по Нею и Джеффрису-Матисите представлены в табл. 6.

Таблица 6

## Генетическое родство исследуемых образцов сои

	Фемида	Фемида М32	Фемида М29	Корада
Фемида		0,91 (0,10)	0,93 (0,08)	0,84 (0,17)
Фемида М32	0,91*		0,93 (0,08)	0,82 (0,19)
Фемида М29	0,91*	0,92 <sup>0</sup>		0,88 (0,13)
Корада	0,91*	0,91*	0,91*	

*Примечание:* над диагональю указано показатель родства по Нею ( $I$ ), в скобках – дистанция по Нею ( $D$ ), под диагональю индекс подобия Джеффриса-Матиситы ( $GSI$ ), \* – различие между образцами достоверно при уровне значимости  $p < 0,05$ , <sup>0</sup> – достоверного различия между образцами нет, формы достоверно подобны.

По данным, которые приводят для растений Ф. Айала и Дж. Кайгер [2], для разных видов показатель  $I$  составляет 0,51 и  $D$  – 0,81, а для локальных популяций – 0,97 и 0,04 соответственно. Как видно, по индексу генетической схожести Нея различия между разными группами сои находились на внутривидовом уровне. Однако, по некоторым локусам наблюдалась дистанция, характерная для разных видов или даже для очень отдаленных таксономических групп (табл. 7). Индекс Джеффриса-Матиситы подтвердил достоверность выявляемых дистанций. Сорт Корада генетически более отдален от остальных образцов сои. Из мутантных линий, производных сорта Фемида, ближе к родительской форме оказалась линия М29.

Вероятно, что все вышеуказанные в данной работе различия между сортами и линиями сои по энзимным локусам не случайны, а имеют закономерную связь с генеалогией материала и морфофизиологическими особенностями растений. Так, сорт Корада канадского происхождения, Фемида – украинского. Кроме того, сорт Корада отличается нечувствительностью к фотопериоду, раннеспелостью и другими важными морфофизиологическими признаками (высотой закладки нижних бобов, содержанием белка, жиров и др. качествами). Различаются также между собой и от родительской формы сестринские мутантные линии. Так, сорт Фемида является среднеспелой формой, линия М29 относится к группе раннеспелых. У линии М32 в среднем вегетационный период на 10 суток продолжительнее, чем у сорта Фемида, нижние генератив-

ные органы закладываются на 7 см выше, она более высокоросла и т.д. [4]. В связи со сказанным был проведен корреляционный анализ для выявления возможных связей между локусами исследуемых энзимов и некоторыми морфофизиологическими показателями образцов сои, а также аллельным составом одного из генов, ответственных за реакцию растений на фотопериод – гена  $E_7$ . Полученные результаты показаны в табл. 8.

Таблица 7

**Генетические расстояния между исследуемыми образцами сои по некоторым локусам энзимов**

	Фемида	Фемида М32	Фемида М29	Корада
Фемида		POX-2 – -ln(0)	POX-7 – 1,42	SOD-3 – 2,83 SOD-4 – 0,80 POX-6 – 0,55 POX-7 – 0,83
Фемида М32			POX-2 – 1,29	SOD-3 – 1,37 SOD-4 – 0,80 POX-2 – -ln(0) POX-7 – 0,57
Фемида М29				SOD-3 – 0,40 SOD-4 – 0,80 POX-7 – 1,29

*Примечание:* указаны названия локусов и дистанция между образцами по этим локусам.

Наиболее сильная связь с аллелем  $e_7$  обнаружена для локусов POX-7 и SOD-4 (коэффициенты корреляции  $r = -0,80$  и  $0,71$  соответственно). С продолжительностью вегетационного периода сильнее всего коррелирован локус SOD-3 ( $r = 0,71$ ). С высотой расположения нижних генеративных органов наиболее тесно связанными оказались локусы POX-2 и SOD-3 ( $r = 0,82$  и  $0,71$  соответственно). По другим комбинациям взаимодействие было более слабым (табл. 8).

Таким образом, изменения аллельного состава восьми из 19 исследуемых локусов статистически достоверно коррелировали с некоторыми селекционно-ценными показателями растений (*QTL*-признаками), а также с аллельным состоянием одного из генов фотопериодической чувствительности. Разумеется, что обнаруженная связь требует подтверждения с большим количеством вариантов образцов сои и большим объемом выборок в каждом варианте.

Следует обратить внимание на то, что для маркирования образцов растений были выбраны энзимы, контролирующие обмен активных форм кислорода. Последние, как было отмечено ранее, являются сигнальными, медиаторными молекулами, регулирующими активность генов. Выявленная в работе тесная связь локусов этих генов с *QTL*-признаками хорошо согласуется с регуляторной ролью исследуемых энзимов.

Таблиця 8

## Корреляції локусів досліджуваних ензимів з некоторими ознаками сортів і ліній сои

Локус	Признак			Пояснення
	Ген $E_7$ , n=18	Довжина вегетації, сутки n=40	Висота розташування нижніх бобів, см n=40	
NPOX-1	–	-0,35*	–	0-аллелі локусу відповідають більш ранній зрілості
POX-1	0,53**	-0,43**	-0,42**	Наявність аллеля POX-1 пов'язано з рецесивним алелем $e_7$ , більш низьким прикріпленням нижніх бобів і більш короткою вегетацією
POX-2	–	-0,64**	-0,82***	0-аллелі локусу позитивно корелюють з пізнізрілістю і більш високим прикріпленням нижніх бобів
POX-3	–	-0,35*	-0,35*	Гомозиготне стан гену по алелю «А» характеризує більш коротку вегетацію і низьке прикріплення нижніх бобів
POX-6	-0,53**	-0,35*	–	Аллелі «а» і особливо гомозиготи по «а» обох локусів характеризують пізнізрілість і більш високе прикріплення нижніх бобів
POX-7	-0,80***	0,34*	–	Гомозиготи «аа» пов'язані з рецесивним алелем гену $e_7$ і більш коротким вегетаційним періодом
SOD-3	-0,66**	0,71***	0,71***	Гомозиготи «аа» пов'язані з рецесивним алелем гену $e_7$ , більш коротким вегетаційним періодом і низьким прикріпленням нижніх бобів
SOD-4	0,71***	-0,65**	-0,57***	Наявність аллеля SOD-4 характеризує наявність рецесивного аллеля гену $e_7$ , а 0-аллель пов'язаний з пізнізрілістю і більш високим прикріпленням нижніх бобів

Примечание: \*, \*\*, \*\*\* – значення коефіцієнта кореляції достовірно при рівнях значимості  $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ,  $p < 0,001$  відповідно, «–» – значення коефіцієнта не достовірно.

Як видно з табл. 8, найбільш сильні взаємозв'язки були виявлені для пероксидази і супероксиддисмутази, що може свідчити про важливу роль цих ензимів у регуляції процесів розвитку рослин. Це припущення знаходить згоду з результатами, отриманими на інших рослинних об'єктах [17; 18; 38].

Выявление казуальных генов является одной из важных проблем современной генетики [5]. Это важно как для маркировки искомого гена, так и для выяснения механизма его функционирования. Возможно, что какой-то из исследуемых изозимов является продуктом гена, казуального локусу  $E_7$  или другому локусу, ответственному за фотопериодическую чувствительность.

### Заключение

Несмотря на то, что соя является строгим самоопылителем с крайне низкой частотой формирования гибридных потомков, исследуемые образцы характеризовались высокой генетической гетерогенностью по локусам НАДФ•Н-оксидазы, пероксидазы и супероксиддисмутазы. Статистика Райта и *Gst*-статистика показали, что генетическая гетерогенность связана как с индивидуальной, так и с внутри- и межгрупповой изменчивостью. Вклад разных видов изменчивости в общую генетическую дифференциацию был примерно равнозначным. Линия М29 оказалась более гетерогенной с существенным вкладом в общую дифференциацию индивидуальной изменчивости. Межгрупповая изменчивость проявлялась в виде неодинаковой встречаемости разных аллелей энзимных локусов и разной частотой альтернативных генотипов. При существенной генетической гетерогенности средняя гетерозиготность по исследуемым локусам для всей совокупности образцов была незначительной и составляла 7 %.

Анализ генетической дистанции между исследуемыми группами сои показал высокую степень их родства. Различия между ними находились в пределах внутривидовых. По показателю родства Нея линия М32 более отдаленна от родительской формы, чем сестринская линия М29.

Выявлены статистически достоверные взаимосвязи восьми из 19 исследуемых энзимных локусов с некоторыми морфофизиологическими показателями образцов и аллельным составом гена  $E_7$ . При этом, наиболее сильные корреляции обнаружены для локусов супероксиддисмутазы и пероксидазы. На этом основании можно предположить, что эти энзимы играют важную роль в регуляции индивидуального развития растений сои.

Статья поступила в редакцию 26.09.2018

### Список использованной литературы

1. Айала Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику / Ф. Айала. – М.: Мир, 1984. – 232 с.
2. Айала Ф. Современная генетика / Ф. Айала, Дж. Кайгер, пер. с англ. А. Д. Базыкина. – М.: Мир, 1987. – 337 с. (Т. 3).
3. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях / Ю. П. Алтухов. – М.: ИКЦ «Академ-книга», 2003. – 431 с.
4. Бабич А. О. Вплив хімічних мутагенів на мінливість ознак рослин сої / А. О. Бабич, С. В. Иванюк, М. В. Вильгота, П. Г. Дульнев // Корми і кормовиробництво. – 2011. – Вип. 69. – С. 55–59.

5. Вишнякова М. А. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий / М. А. Вишнякова, И. В. Сеферова, М. Г. Самсонова // *Сельскохозяйственная биология*. – 2017. – Т. 52, № 5. – С. 905–916.
6. Дзюбенко Н. И. Коллекция сои ВИР в начале XXI-го века: состав и потенциал селекционного использования / Н. И. Дзюбенко, И. В. Сеферова // *Корми і кормовиробництво*. – 2011. – Вип. 69. – С. 20–25.
7. Ершова А. Н. Роль ферментов СОД и липоксигеназы в процессах накопления АФК в клетках растений в условиях кратковременной гипоксии и CO<sub>2</sub>- среды / А. Н. Ершова, О. С. Бердникова // *Вестник ВГУ, Серия Химия, Биология, Фармация*. – 2013. – № 1. – С. 132–136.
8. Жарікова Д. О. Характеристика мутантних ліній сої за локусами Satt100 та Satt319, зчеплених з геном E7 / Д. О. Жарікова, Г. О. Чеботар, М. В. Вільгота и др. // *Фактори експериментальної еволюції організмів*. – 2018. – Том 23. – С. 52–56.
9. Микус В. Е. Создание исходного материала для селекции сортов сои с повышенной адаптивной способностью / В. Е. Микус // *Корми і кормовиробництво*. – 2011. – Вип. 69. – С. 85–90.
10. Петриченко В. Ф. Наукові основи сталого соєсіяння в Україні / В. Ф. Петриченко // *Корми і кормовиробництво*. – 2011. – вип. 69. – С. 3–10.
11. Синеговская В. Т. Итоги координации научно-исследовательских работ по сое зоны Дальнего Востока и Сибири / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко // *Корми і кормовиробництво*. – 2011. – Вип. 69. – С. 32–36.
12. Сичкарь В. И. Методы создания сортов сои с улучшенным биохимическим составом семян / В. И. Сичкарь // *Корми і кормовиробництво*. – 2011. – Вип. 69. – С. 37–44.
13. Січкач В. І. Особливості створення вихідного матеріалу сої за умов південного степу України / В. І. Січкач, Г. Д. Лаврова, О. І. Ганжело // *Селекція і насінництво*. – 2016. – Вип. 110. – С. 123–131.
14. Ткачук В. А. Пероксид водорода как новый вторичный посредник / В. А. Ткачук, П. А. Тюрин-Кузьмин, В. В. Белоусов, А. В. Воротников // *Биологические мембраны*. – 2012. – Т. 29, № 1–2. – С. 21–37.
15. Толмачева А. В. Влияние агрометеорологических условий на произрастание культуры сои / А. В. Толмачева // *Вісник Одеського державного екологічного університету*. – 2013. – вип. 15. – С. 89–94.
16. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна / *Методическое руководство*. – Ростов-на-Дону: Эверест. – 2005. – 105 с.
17. Baek K.-H. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near isogenic wheat lines / K.-H. Baek, D. Z. Skinner // *Plant Sci*. – 2003. – 165, No 6. – P. 1221–1227.
18. Baek K.-H. Differential expression of manganese superoxide dismutase sequence variants in near isogenic lines of wheat during cold acclimation / K.-H. Baek, D. Z. Skinner // *Plant Cell Rep*. – 2006. – 25, No 2. – P. 223–230.
19. Boss P. K. Multiple Pathways in the Decision to Flower: Enabling, Promoting, and Resetting / P. K. Boss, R. M. Bastow, J. S. Mylne, C. Dean // *The Plant Cell*. – 2004. – Vol. 16. – P. 18–31.
20. Conside M. J. Redox regulation of plant development / M. J. Conside, C. H. Foyer // *Antioxidants and redox signaling*. – 2014. – Vol. 21, No 9. – P. 1305–1326.
21. Davis B. I. Disc elektrophoresis. 2. Method and application to human serum proteins / B. I. Davis // *Ann. N.Y. Acad. Sci*. – 1964. – V. 121, N 2. – P. 404–427.
22. De Vicente M. C. Genetic diversity analysis with molecular marker data: learning module, / M. C. De Vicente, C. López, T. Fulton. – International Plant Genetic Resources Institute (Ipgr), Rome, 2004. – 126 p.
23. Deng W. Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops / W. Deng, M. C. Casao, P. Wang // *Nature communications*. – 2015. – P. 1–8.
24. Filek M. Changes of Redox Activity during the Development of Rape / M. Filek, M. Mirek, M. Długolecka // *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen*. – 2006. – P. 548–552.



25. Hatano-Iwasaki A. Redox metabolism in response to environmental stimuli for flowering / A. Hatano-Iwasaki, K. Ogawa // *Functional plant science and biotechnology*. – 2007. – Vol. 1, No 2. – P. 246–253.
26. Ishibashi Y. NADPH Oxidases Act as Key Enzyme on Germination and Seedling Growth in Barley (*Hordeum vulgare* L.) / Y. Ishibashi, T. Tawaratsumida, S.-H. Zheng et al. // *Plant Prod. Sci.* – 2010. – Vol. 13, No 1. – P. 45–52.
27. Janmohammadi M. Proteomic analysis of cold acclimation in winter wheat under field conditions / M. Janmohammadi, H.-P. Mock, A. Matros // *Icel. Agric. Sci.* – 2014. – No 27. – P. 3–15.
28. Jiménez-Quesada M. J. NADPH Oxidase-Dependent Superoxide Production in Plant Reproductive Tissues / M. J. Jiménez-Quesada, J. Á. Traverso, J. Dios Alché de // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – Vol. 7. – Article 359 doi: 10.3389/fpls.2016.00359.
29. Kim D.-H. Genetic and Epigenetic Mechanisms Underlying Vernalization / D.-H. Kim, S. Sung // *The Arabidopsis Book*. – 2014. – P. 1–15.
30. Li Ch.Ch. First course in population genetics / Ch. Ch. Li. – Pacific Grove, California, 1976. – 631 p.
31. Manchenko G. P. Handbook of detection of enzymes on electrophoretic gels / G. P. Manchenko. – CRC Press LLC, 2003. – 592 p.
32. Nei M. Genetic distance between populations / M. Nei // *Amer. Naturalist*. – 1972. – V. 106, N 949. – P. 283–292.
33. Penfield S. Temperature perception and signal transduction in plants / S. Penfield // *New Phytologist*. – 2008. – No 179. – P. 615–628.
34. Qu Y. Functional regulation of plant NADPH oxidase and its role in signaling / Y. Qu, M. Yan, Q. Zhang // *Plant signaling and behavior*. – 2017. – Vol. 12, No. 8. – P. 1–3.
35. Slatkin M. Gene flow in natural populations / M. Slatkin // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* – 1985. – V. 16. – P. 393–430.
36. Sung S. Remembering Winter: Toward a Molecular Understanding of Vernalization / S. Sung, R. M. Amasino // *Annu. Rev. Plant Biol.* – 2005. – No 56. – P. 491–508.
37. Tasma I. M. Mapping flowering time gene homologs in soybean and their association with maturity (E) loci / I. M. Tasma, R. C. Shoemaker // *Crop Sci.* – 2003. – Vol. 43. – P. 319–328.
38. Toptikov V. A. Expression of antioxidant oxidoreductases and protein profile of seedling tissues of winter and spring forms of cereals under extreme temperature fluctuations / V. A. Toptikov, L. F. Diachenko, V. M. Totsky // *Cytology and Genetics*. – 2012. – Vol. 46, I. 3. – P. 161–171.
39. Wright S. Evolution and the Genetics of Populations. Variability within and among natural populations. / S. Wright – Chicago: The University of Chicago Press, 1978. – V. 4. – P. 242–322.
40. Wright S. The genetical structure of populations / S. Wright // *Ann. Eugen.* – 1951. – V. 15. – P. 323–354.
41. Xia X.-J. Interplay between reactive oxygen species and hormones in the control of plant development and stress tolerance / X.-J. Xia, Y.-H. Zhou, K. Shi, et al. // *J. Exp. Bot.* – 2015. – Vol. 66, No. 10. – P. 2839–2856.
42. Zharikova D. Polymorphism of soybean cultivars and breeding lines revealed by marker Satt100 associated with E7 locus / D. Zharikova, S. Ivanyuk, G. Chebotar et al. // *Breeding Grasses and Protein Crops in the Era of Genomics: Book of Abstracts of the Joint meeting of EUCURPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section and Protein Crops Working Group of Oil and Protein Crops Section*. Vilnius, 11–14 sept. 2017– Vilnius, Lithuania, 2017. – P. 60.

**Топтiков В. А.<sup>1</sup>, Жарiкова Д. А.<sup>1</sup>, Чеботар Г. А.<sup>1</sup>, Темченко I. В.<sup>2</sup>,  
Чеботар С. В.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені I. I. Мечникова, кафедра генетики та молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна;

<sup>2</sup>Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України, проспект Юності, 16, Вінниця, 21100; Україна

<sup>3</sup>Селекційно-генетичний інститут - Національний центр насіннезнавства та сортовивчення НААН України, Овідіопольська дор., 3, Одеса, 65036, Україна

## **ГЕНЕТИКО-БІОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МУТАНТНИХ ЛІНІЙ СОІ**

### **Резюме**

**Метою** даної роботи було вивчення генетико-біохімічних особливостей ліній сої, отриманих після обробки насіння хімічними мутагенами. Для виконання цієї мети ставилися наступні завдання: 1) визначити популяційно-генетичні показники зразків сої; 2) встановити генетичні дистанції між лініями і батьківським матеріалом; 3) виявити можливі корелятивні відносини між локусами досліджуваних ензимів і іншими генетичними системами, а також морфо-фізіологічними параметрами.

**Матеріал.** Лінії, отримані шляхом хімічного мутагенезу сорту Феміда. Сорти сої Феміда і Корада.

**Методи.** Електрофорез. Аллозимний аналіз. Як білкові маркери використовували ензими обміну активних форм кисню: НАДФ•Н-оксидазу, пероксидазу і супероксиддисмутазу. Методи популяційної генетики. Кореляційний аналіз. Методи описової статистики. Комп'ютерне опрацювання даних.

**Результати.** За досліджуваними локусами зразки сої показали значний поліморфізм, який склав 79 %. За використаних ген-ензимних систем встановлена значна генетична гетерогенність зразків сої. Статистика Райта і Gst-статистика показали, що генетична гетерогенність пов'язана як з індивідуальною, так і з внутрішньо- і міжгруповою мінливістю. Внесок різних видів мінливості у загальну генетичну диференціацію був приблизно рівнозначним. Міжгрупова мінливість виявлялася у вигляді неоднакової зустрічальності різних алелей ензимних локусів і різної частоти альтернативних генотипів. Крім кількісної зміни частот генотипів, спостерігались інші форми трансформації генотипового складу. Так, у мутантних ліній в порівнянні з батьківською формою підвищувалася частка гетерозиготних генотипів по локусах NPOX-3, -4, -5, а також SOD-3. У локусах POX-3 і POX-6, навпаки, частота гетерозигот знижувалася. У локусі POX-6 у мутантних форм порівняно з вихідним сортом спостерігалася інверсія частот гомозигот по альтернативних алелях. Описані зміни генотипового складу спостерігались і за порівняння досліджуваних сортів – Феміди і Коради. В цілому, сорти Феміда і Корада були несхожі між собою за 10 з 15 поліморфних локусів (67 %). Лінія M32 відрізнялася від сорту Феміда за 5 локусами (33 %), лінія M29 – за 9 (60 %). Лінія M29 виявилася більш диференційованою з істотним внеском у загальну гетерогенність індивідуальної мінливості. При значній

генетичної гетерогенності середня гетерозиготність за досліджуваними локусами для всієї сукупності зразків була незначною і становила 7 %.

Показано, що генетичні дистанції між різними групами сої, незважаючи на високий рівень гетерогенності, знаходяться в рамках внутрішньовидових меж. На підставі показника Нея лінія М32 була більш віддалена від батьківської форми, ніж сестринська мутантна лінія.

Виявлено достовірні кореляційні відносини між деякими локусами ізозимів та деякими господарсько-цінними ознаками сої, а також геном фоточутливості E7. Найбільш сильні взаємозв'язки були виявлені для пероксидази і супероксиддисмутази, що може свідчити про важливу роль цих ензимів у регуляції процесів розвитку рослин.

**Ключові слова:** Glycine max (L.), аллозими, генетична структура, генетична дистанція, кореляція, ген E7, фотоперіодична чутливість.

V. A. Toptikov<sup>1</sup>, D. A. Zharikova<sup>1</sup>, H. A. Chebotar<sup>1</sup>, I. V. Temchenko<sup>2</sup>,  
S. V. Chebotar<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Odesa Mechnykov National University, department of genetics and molecular biology,

2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine;

<sup>2</sup>Institute of forage and agriculture of Podillia NAAS of Ukraine,

16, Yunost ave., Vinnytsia, 21100, Ukraine

<sup>3</sup>Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation NAAS of Ukraine, 3, Ovidiopol Road, Odesa, 65036, Ukraine

## GENETIC AND BIOCHEMICAL PECULIARITIES OF SOYA MUTANT LINES

### Abstract

The **aim** of the work was to study genetic and biochemical peculiarities of soya lines, obtained after treatment of seeds with chemical mutagens. In order to realise the stated aim the following **tasks** were set: 1) to determine population-genetic indices of soya samples, 2) to establish genetic distances between lines and parental material, 3) to determine potential correlative relationship between loci of the enzymes studied and other genetic systems, as well as morphological and physiological parameters.

**Material.** The lines, obtained by chemical mutagenesis of Femida variety. Soya varieties Femida and Korada.

**Methods.** Electrophoresis. Allozyme analysis. Enzymes of exchange of active oxygen forms: NADP N-oxydase, peroxydase and superoxyzedismutase were used as protein markers. Methods of population genetics. Correlation analysis. Methods of descriptive statistics. Computer data processing.

**Results.** With respect to the loci studied the soya samples demonstrated considerable polymorphism, constituting 79 %. Considerable genetic heterogeneity of the soya samples was determined as to gene-enzyme systems. Wright and Gst-statistics showed

that genetic heterogeneity is connected both with individual and with internal- and inter-group variability. Contribution of various types of variability into general differentiation was approximately equal. Inter-group variability was manifested in form on different occurrence of different alleles of enzyme loci and different frequency of alternative genotypes. In addition to quantitative change of genotype frequency, other forms of genotype composition transformation were observed. So, fraction of heterozygous genotypes by loci NPOX-3, -4, -5, as well as SOD-3 increased in mutant lines in comparison with parental form. On the contrary, frequency of heterozygotes decreased in loci POX-3 and POX-6. Inversion of frequencies of homozygotes by alternative alleles was observed in locus POX-6 in mutant forms in comparison with output variety. The described changes of genotypic composition also observed in comparison of the studied varieties – Femida and Korada. On the whole, varieties Femida and Korada were different from each other by 10 of 15 polymorphic loci (67 %). Line M29 turned out to be more differentiated with considerable contribution to the general heterogeneity of individual variability. With considerable genetic heterogeneity the average heterozygosity by the studied loci was inconsiderable for the entire totality of samples and constituted 7 %.

It was shown that genetic distances between different groups of soya are within intraspecific limits in spite of high level of heterogeneity. Basing on Neya index line M323 was more remote from parental form than sisterly mutant line.

Reliable correlative relationship between some loci of izozymes and some economically valuable features of soya, as well as photosensitivity genome E7 were determined. The strongest interrelationship was observed for peroxidase and superoxidodismutase, which can testify to an important role of the said enzymes in regulation of plant development processes.

**Keywords:** Glycine max (L.), allozymes, genetic structure, genetic distance, correlation, gene E7, photoperiodic sensitivity.

### References

1. Ayala, F. J., (1982), *Population and evolutionary genetics: a primer*, Benjamin/Cummings: Menlo Park, California, 268 p.
2. Ayala, F.J., and Kiger, J. A., (1984), *Modern Genetics*, 2nd Edition, Benjamin/Cummings: Menlo Park, California, 923 p.
3. Altukhov Yu. P., (2003), *Genetic processes in populations*, [Geneticheskiye protsessy v populyatsiyakh], Moscow, Akademkniga, 431 p.
4. Babych A. A., Ivanyuk S. V., Vilgota M. V., Dulnev P. G., (2011), «Influence of chemical mutagens on the trait variability of soybean plants» [«Vplyv khimichnykh mutaheniv na minlyvist oznak roslyn soyi»], *Feeds and Feed Production*, Issue 69, P. 55–59.
5. Vishnyakova M. A., Seferov I. V., Samsonova M. G., (2017), «Genetic sources required for soybean breeding in the context of new biotechnologies» [«Trebovaniya k iskhodnomu materialu dlya selektsii soi v kontekste sovremennykh biotekhnologiy»], *Agricultural Biology [Sel'skokhozyaistvennaya biologiya]*, Vol. 52, No 5, P. 905–916.
6. Dzubenko I., Seferova I. V., (2011), «Vir soybean collection in the 21 century: composition and breeding potential» [«Kollektsiya soi VIR v nachale KHKHÍ-go veka: sostav i potentsial selektsionnogo ispol'zovaniya»], *Feeds and Feed Production [Kormy i kormovyrobnytstvo]*, Issue 69, P. 20–25.
7. Ershova A. N., Berdnikova O. S.(2013), «The role of SOD enzymes and lipoxygenase in the

processes of ROS accumulation in plant cells under conditions of short-term hypoxia and CO<sup>2</sup>-environment» [«Rol' fermentov SOD i lipoksigenazy v protsessakh nakopleniya AFK v kletkakh rasteniy v usloviyakh kratkovremennoy gipoksii i SO<sup>2</sup>-sredy»], *Herald of VSU, Series Chemistry, Biology, Pharmacy*, No 1, P. 132–136.

8. Zharikova D. O., Chebotar G. O., Vilgota M. V., Temchenko I. V., Chebotar S. V., (2018), «Characteristics of mutant soybean lines at *Satt100* and *Satt319* loci linked with E7 gene» [«Kharakterystyka mutantnykh liniy soyi za lokusamy *Satt100* ta *Satt319*, zcheplenykh z henom E7»], *Factors in experimental evolution of organisms* [Faktery eksperymental'noyi evolyutsiyi orhanizmiv], Vol. 23, P. 52–56.
9. Mikys V. E., (2011), «Creation of feedstock for selection of soybean varieties with enhanced adaptive ability» [«Sozdaniye iskhodnogo materiala dlya selektsii sortov soi s povyshennoy adaptivnoy sposobnost'yu»], *Feeds and Feed Production* [Kormy i kormovyrobnystvo], Issue 69, P. 85–90.
10. Petrychenko V. F., (2011), «Scientific foundations of stable soybean cultivation in Ukraine» [«Naukovi osnovy staloho soyesiyannya v Ukrayini»], *Feeds and Feed Production* [Kormy i kormovyrobnystvo], Issue 69, P. 3–10.
11. Sinegovskaya V. T., Naumchenko E. T., (2011), «Totals of coordination of the scientific research works on soybean of Siberia and the Far East zone» [«Itogi koordinatsii nauchno-issledovatel'skikh rabot po soye zony Dal'nego Vostoka i Sibiri»], *Feeds and Feed Production* [Kormy i kormovyrobnystvo], Issue 69, P. 32–36.
12. Sichkar V. I., (2011), «The methods of breeding soybean varieties with improved biochemical seed composition» [«Metody sozdaniya sortov soi s uluchshennym biokhimicheskim sostavom semyan»] // *Feeds and Feed Production* [Kormy i kormovyrobnystvo], Issue 69, P. 37–44.
13. Sichkar V. I., Lavrova G. D., Ganzhelo O. I., (2016), «PECULIARITIES OF CREATION OF SOYBEAN BREEDING MATERIAL IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE» [«Osoblyvosti stvorenniya vykhidnogo materialu soyi za umov pivdennoho stepu Ukrayiny»], *Selection and seed production* [Selektsiya i nasinnystvo], Issue 110, P. 123–131.
14. Tkachuk V. A., Tyurin-Kuzmin P. A., Belousov V. V., Vorotnikov A. V., (2012), «Hydrogen Peroxide as a New Second Messenger» [«Peroksid vodoroda kak novyy vtorichnyy posrednik»], *Biological membranes* [Biologicheskiye membrany], Vol. 29, No 1–2, P. 21–37.
15. Tolmachova A., (2013) «Influence of agrometeorological terms on sprouting of soya» [«Vliyaniye agrometeorologicheskikh usloviy na proizrastaniye kul'tury soi»], *Bulletin of the Odessa State Ecological University*, [Visnyk Odes'koho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu], Issue 15, P. 89–94.
16. *Physiological, biochemical and genetic studies of fish fauna of the Azov-Black Sea pool: Methodological Guide*, (2005), [Fiziologo-biokhimicheskiye i geneticheskiye issledovaniya ikhtiofauny Azovo-Chernomorskogo basseyna / Metodicheskoye rukovodstvo], Everest, Rostov-on-Don.
17. Baek K. -H., Skinner D. Z., (2003), «Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near isogenic wheat lines», *Plant Sci.*, Vol. 165, No 6, P. 1221–1227.
18. Baek K. -H., Skinner D. Z., (2006), «Differential expression of manganese superoxide dismutase sequence variants in near isogenic lines of wheat during cold acclimation», *Plant Cell Rep.*, Vol. 25, No 2, P. 223–230.
19. Boss P. K., Bastow R. M., Mylne J. S., Dean C., (2004), «Multiple Pathways in the Decision to Flower: Enabling, Promoting, and Resetting», *The Plant Cell*, Vol. 16, P. 18–31.
20. Considine M. J., Foyer C. H., (2014), «Redox regulation of plant development», *Antioxidants and redox signaling*, Vol. 21, No 9, P. 1305–1326.
21. Davis B. I., (1964), «Disc electrophoresis. 2. Method and application to human serum proteins», *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, V. 121, N 2, P. 404–427.
22. De Vicente, M. C., López, C., Fulton, T., (2004), *Genetic diversity analysis with molecular marker data: learning module*, International Plant Genetic Resources Institute (Ipgr), Rome.

23. Deng W., Casao M. C., Wang P., Sato K., Hayes P. M., Finnegan E. J., Trevaskis B., (2015), «Direct links between the vernalization response and other key traits of cereal crops», *Nature communications*, P.1–8.
24. Filek M., Mirek M., Długolecka M., (2006), «Changes of Redox Activity during the Development of Rape», *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, Tübingen, P. 548–552.
25. Hatano-Iwasaki A., Ogawa K., (2007), «Redox metabolism in response to environmental stimuli for flowering», *Functional plant science and biotechnology*, Vol. 1, No 2, 246–253.
26. Ishibashi Y., Tawaratsumida T., Zheng S.-H., Yuasa T., Iwaya-Inoue M., (2010), «NADPH Oxidases Act as Key Enzyme on Germination and Seedling Growth in Barley (*Hordeum vulgare* L.)», *Plant Prod. Sci.*, Vol. 13, No 1, P. 45-52.
27. Janmohammadi M., Mock H.-P., Matros A., (2014), «Proteomic analysis of cold acclimation in winter wheat under field conditions», *Icel. Agric. Sci.*, No 27, P. 3-15.
28. Jiménez-Quesada M. J., Traverso J. Á., de Dios Alché J., (2016), «NADPH Oxidase-Dependent Superoxide Production in Plant Reproductive Tissues», *Frontiers in Plant Science*, Vol. 7, Article 359 doi: 10.3389/fpls.2016.00359
29. Kim D.-H., Sung S., (2014), «Genetic and Epigenetic Mechanisms Underlying Vernalization», *The Arabidopsis Book*, P. 1–15.
30. Li, Ch. Ch., (1976), *First course in population genetics*, Pacific Grove, California, 631 p.
31. Manchenko G. P., (2003), *Handbook of detection of enzymes on electrophoretic gels*, CRC Press LLC, 592 p.
32. Nei, M., (1972), «Genetic distance between populations», *Amer. Naturalist*, Vol. 106, No. 949, P. 283–292
33. Penfield S., (2008), «Temperature perception and signal transduction in plants», *New Phytologist*, No 179, P. 615–628.
34. Qu Y., Yan M., Zhang Q., (2017), «Functional regulation of plant NADPH oxidase and its role in signaling», *Plant signaling and behavior*, Vol. 12, No. 8, P. 1-3.
35. Slatkin, M., (1985), «Gene flow in natural populations», *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, Vol. 16, P. 393–430.
36. Sung S. and Amasino R. M., (2005), «Remembering Winter: Toward a Molecular Understanding of Vernalization», *Annu. Rev. Plant Biol.*, No 56, P. 491–508.
37. Tasma I. M., Shoemaker R. C., (2003), «Mapping flowering time gene homologs in soybean and their association with maturity (E) loci», *Crop Sci.*, Vol.43, P. 319–328.
38. Toptikov V. A., Diachenko L. F., Totsky V. M., (2012), «Expression of antioxidant oxidoreductases and protein profile of seedling tissues of winter and spring forms of cereals under extreme temperature fluctuations», *Cytology and Genetics.*, Vol. 46, I. 3, P.161–171.
39. Wright, S., (1984), *Evolution and the genetics of populations. Vol. 4. Variability within and among natural populations*, Univ. Chicago Press, 590 p.
40. Wright, S., (1951), «The genetical structure of populations», *Ann. Eugen*, Vol. 15, No. 4, P. 323–354.
41. Xia X.-J., Zhou Y.-H., Shi K., Zhou J., Foyer C. H., Yu J.-Q., (2015), «Interplay between reactive oxygen species and hormones in the control of plant development and stress tolerance», *J. Exp. Bot.*, Vol. 66, No. 10, P. 2839–2856,
42. Zharikova D., Ivanyuk S., Chebotar G., et al., (2017), «Polymorphism of soybean cultivars and breeding lines revealed by marker Satt100 associated with E7 locus», Breeding Grasses and Protein Crops in the Era of Genomics: Book of Abstracts of the Joint meeting of EUCURPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section and Protein Crops Working Group of Oil and Protein Crops Section. (Vilnius, 11–14 sept. 2017). Vilnius, Lithuania, P. 60.

# ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ







Є. О. Наум, зав. лабораторії

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
лабораторія фізико-хімічних методів дослідження в біології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: naum\_elizaveta@onu.edu.ua

### ЗАЛЕЖНІСТЬ ФЕНОТИПІВ МІДІЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ВІД ГЛИБИНИ ТА ҐРУНТУ В ОДЕСЬКІЙ ЗАТОЦІ ЧОРНОГО МОРЯ

Представлені результати аналізу розподілу фенотипів мідій *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819)  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$  на різних глибинах у прибережжі Одеської затоки північно-західної частини Чорного моря. На черепашково-піщаному ґрунті в чисельності переважали мідії фенотипу  $F_c$  – в середньому 1397 екз./м<sup>2</sup>, в біомасі –  $F_a$  в середньому 16440,0 г/м<sup>2</sup>. На кам'янистому ґрунті в чисельності і біомасі переважали мідії фенотипу  $F_c$ , в середньому, 3400 екз./м<sup>2</sup> і 1550,0 г/м<sup>2</sup>.

*Ключові слова:* *Mytilus galloprovincialis*; фенотип; розподіл; глибини; мис Великий Фонтан; Чорне море.

Чорноморська мідія *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) – один з домінуючих видів макрозообентосу і обростань Чорного моря, в тому числі в його північно-західній частині. Завдяки своїй евритопності, мідія, як правило, звичайна і численна на скелях і каменях, на черепашковому, піщаному і мулистому ґрунті, в обростаннях металевих і бетонних гідротехнічних споруд. Зважаючи на широку екологічну валентність виду, популяція мідії в Одеській затоці відчуває певне напруження, тому що перебуває під сильним пресом природних та антропогенних чинників.

Мідія вивчається давно і різнопланово, в тому числі в північно-західній частині моря, в Одеській затоці [1–11]. Однак, у багатьох роботах не враховувався той факт, що вид представлений трьома фенотипами, які мають свої певні біологічні та екологічні особливості. Таким чином, актуальність фенотипових досліджень *M. galloprovincialis* не викликає сумнівів.

Мета роботи – проаналізувати розподіл різних фенотипів чорноморської мідії за глибинами та ґрунтом у районі Одеської затоки.

#### Матеріал і методи досліджень

Мідії були зібрані в жовтні 2013 р. у південно-західному районі Одеської затоки біля мису Великий Фонтан (рис.).

Для збору проб застосовували гідробіологічну рамку 0,25x0,25 м. На глибині більше 1,0 м використовували легководолазне спорядження. Глибоковод-

ні проби зібрані з човна малим дночерпаком (площа захоплення – 0,025 м<sup>2</sup>). Матеріал збирали на двох трансектах. Перша охоплювала, головним чином, черепашково-піщаний ґрунт, друга – кам'янистий (табл. 1).

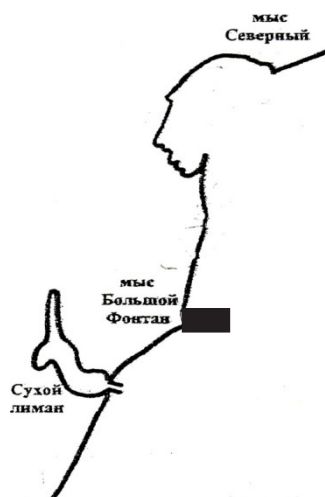


Рис. Карта-схема району досліджень  
■ місце збору проб

Таблиця 1

#### Характеристика місць збору мідій біля мису Великий Фонтан

Трансекта I						
0–0,05	1,0	3,0	6,0	7,0	–	–
ракуша пісок	ракуша пісок	ракуша пісок	ракуша пісок	ракуша пісок		
Трансекта II						
0–0,05	1,0	3,5	6,6	6,6	9,5	17,0
каміння ракуша	каміння	каміння	каміння	пісок	каміння ракуша	мул

Примітка: над рисою – глибина, м; під рисою – характер ґрунту.

У мідій фенотипу  $F_a$  в призматичному шарі фіолетовий пігмент відсутній;  $F_b$  – пігмент забарвлює весь шар;  $F_c$  – пігмент локалізований у вигляді радіальних смуг, що чергуються з непігментованими зонами. Перші дві форми інтерпретуються як гомозиготні, остання – як гетерозиготна [9].

#### Результати досліджень та їх обговорення

У більшості випадків виявлені мідії всіх трьох фенотипів. На першій тран-

секті середня чисельність і біомаса мідій фенотипу  $F_a$  склала 836 екз./м<sup>2</sup> та 1636,6 г/м<sup>2</sup>;  $F_b$  – 1132 екз./м<sup>2</sup> та 1072,4 г/м<sup>2</sup>;  $F_c$  – 1258 екз./м<sup>2</sup> та 1144,1 г/м<sup>2</sup>. Тобто, в чисельності переважали моллюски фенотипу  $F_c$ , в біомасі –  $F_a$ . Якщо враховувати моллюсків тільки на черепашково-піщаному ґрунті, виключивши черепашково-кам'янистий субстрат на глибині 7 м, то зазначена картина зберігалася: максимальна чисельність – мідії  $F_c$ : 1397 екз./м<sup>2</sup>, максимальна біомаса –  $F_a$ : 1644,0 г/м<sup>2</sup>.

На другій трансекті, головним чином на каменях, максимальною чисельністю і біомасою характеризувалися мідії фенотипу  $F_c$ : 2771 екз./м<sup>2</sup> і 3014,4 г/м<sup>2</sup>. Виключивши інші субстрати (пісок, мул) для кам'янистого ґрунту отримали аналогічну картину – максимальні показники у фенотипу  $F_c$  3400 екз./м<sup>2</sup> та 1550,9 г/м<sup>2</sup>. За чисельністю мідії фенотипу  $F_a$  в цьому випадку займали третє місце, поступившись  $F_b$  (відповідно 1250 і 2325 екз./м<sup>2</sup>); за біомасою мідії  $F_a$  посіли друге місце – 781,7 г/м<sup>2</sup>; у мідій  $F_b$  375,3 г/м<sup>2</sup>.

На черепашково-піщаному ґрунті найбільшу загальну чисельність і біомасу мідій зафіксували на глибині 6 м – 5200 екз./м<sup>2</sup> і 8970,0 г/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Таблиця 2

## Розподіл мідій різних фенотипів за глибинами на черепашково-піщаному ґрунті

Глибина, м	$F_a$		$F_b$		$F_c$		Загальна чисельність	Загальна біомаса
	екз. / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	%		
	г / м <sup>2</sup>	%	г / м <sup>2</sup>	%	г / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	г / м <sup>2</sup>
0	480	23,6	560	27,6	990	48,8	2090 ± 63,0	23,4 ± 0,7
	5,90	25,2	6,4	27,4	11,10	47,4		
1,0	200	4,8	1800	42,8	2200	52,4	4200 ± 126,0	1836,4 ± 55,1
	0,88	4,7	786,0	41,7	962,4	53,6		
3,0	–	–	1600	52,2	1100	40,7	2700 ± 81,0	2162,0 ± 63,8
			1281,0	58,0	881,0	42,0		
6,0	2800	53,9	1100	21,1	1300	25,0	5200 ± 156,0	8970,0 ± 269,0
	4838,0	52,8	1893,0	22,0	2239,0	25,2		
7,0 ракуша каміння	700	35,0	600	30,0	700	35,0	2000 ± 60,0	4637,0 ± 139,0
	1614,5	34,8	1395,5	30,1	1627,0	35,1		

На глибині 1,0 м кількісна представленість мідій фенотипів  $F_b$  і  $F_c$  різко зростала, чисельність – в 3,2 і 2,2 рази, біомаса – в 123 і 87 разів, відповідно. Сумарна чисельність була більшою вдвічі, біомаса – в 78 разів за рахунок помітного збільшення кількості великих мідій. Частка в чисельності і біомасі найбільша у  $F_c$  – по 54 %.

Трьохметрова глибина явилася дещо несподіваним винятком від загальної картини – були відсутні мідії фенотипу  $F_a$ . Вважаємо, що фенотип  $F_a$  представлений на цій глибині, але не виявлений в зв'язку з невеликою чисельністю відповідних особин. Скоротилася кількість мідій фенотипу  $F_b$  і, особливо (вдвічі) –  $F_c$ . У той же час помітно збільшилася загальна біомаса за рахунок великих молюсків. Біомаса мідій фенотипу  $F_b$  була помітно більшою (табл. 2), але приблизно на 10 % зменшилася біомаса  $F_c$ .

На глибині 6 м різко, до 2000 екз./м<sup>2</sup> і 4838,0 г/м<sup>2</sup> зросли кількісні показники мідій фенотипу  $F_a$  – це невеликі значення з усіх зафіксованих на черепашково-піщаному ґрунті (табл. 2). На мідій фенотипу  $F_a$  довелося 54 % загальної чисельності і 53 % загальної біомаси. Саме за рахунок молюсків фенотипу  $F_a$  на 6-метровій глибині зафіксований вказаний вище максимум кількісних показників мідій на черепашково-піщаному ґрунті.

На глибині 7 м черепашково-піщаний ґрунт змінився черепашково-кам'янистим. Всупереч очікуванням – кам'янистий субстрат сприятливий для мідій – з переходом до нього і зі збільшенням глибини на 1 м чисельність мідій зменшилася в 2,6 рази, біомаса – в 1,9 рази. Чисельність мідій всіх фенотипів в порівнянні з 6-метровою глибиною і черепашково-піщаним ґрунтом скоротилася на порядок величин, біомаса мідій фенотипу  $F_a$  – майже втричі,  $F_b$  і  $F_c$  – в 7,4 рази (табл. 2).

На кам'янистих ґрунтах найбільша чисельність мідій була зафіксована на глибині 6,6 м – 7400 екз./м<sup>2</sup>, найбільша біомаса – на кам'янисто-черепашково-му ґрунті, на глибині 9,5 м – 17000 екз./м<sup>2</sup> (табл. 3).

У зоні запліску, на відміну від ділянки з черепашково-піщаним ґрунтом, чисельність мідій була найбільшою – 11200 екз./м<sup>2</sup>; біомаса, навпаки, мінімальна – 12,9 г/м<sup>2</sup>, вдвічі менше, ніж на черепашково-піщаному ґрунті. Практично всі мідії – молоді дрібні особини. За чисельністю і біомасою домінували мідії фенотипу  $F_c$  – 55 % і 53 % відповідно.

На глибині 1 м, на відміну від черепашково-піщаного ґрунту, чисельність мідій всіх фенотипів порівняно з зоною запліску помітно зменшилася:  $F_a$  – в 2,4 рази,  $F_b$  – в 4,2 і  $F_c$  – в 4,8 рази. При цьому помітно збільшилася біомаса внаслідок великої кількості крупних молюсків. В цілому, чисельність мідій скоротилася більш ніж у 4 рази, біомаса зросла у 140 разів. У чисельності і біомасі домінували мідії фенотипу  $F_c$  відповідно 48 % і 49%. Понад 33 % чисельності та біомаси утворювали молюски фенотипу  $F_b$ . На мідії фенотипу  $F_a$  довелося близько 18 % чисельності та біомаси.

Помітно збільшилася чисельність і біомаса мідій на каменях на глибині 3,5 м, склавши 6600 екз./м<sup>2</sup> і 7524,0 г/м<sup>2</sup>. При цьому помітно знизилася частка в чисельності і біомасі молюсків фенотипу  $F_c$ , але помітно збільшилася (понад 51 %) у фенотипу  $F_b$ . Для кожного фенотипу кількісні показники зросли на порядок величин (табл. 3).

Таблиця 3

## Розподіл мідій різних фенотипів за глибинами на кам'янистому ґрунті

Глибина, м	$F_a$		$F_b$		$F_c$		Загальна чисельність	Загальна біомаса
	екз. / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	%		
	г / м <sup>2</sup>	%	г / м <sup>2</sup>	%	г / м <sup>2</sup>	%	екз. / м <sup>2</sup>	г / м <sup>2</sup>
0 ракуша каміння	1200	10,7	3800	33,9	6200	55,4	1200 ± 36,0	12,9 ± 0,4
	1,7	13,2	4,3	33,3	6,9	53,5		
1,0	500	18,5	900	33,3	1300	48,2	2700 ± 81,0	1792,7 ± 53,8
	332	17,5	597,0	33,8	863,7	48,7		
3,5	1000	15,2	3400	51,5	2200	33,3	6600 ± 19,8	7524,0 ± 22,6
	1140,0	15,0	3870,0	51,7	2508,0	33,3		
6,6	2300	31,1	1200	16,2	3900	57,7	7400 ± 22,2	5319,0 ± 159,6
	1653,0	31,0	861,0	15,0	2805,0	54,0		
9,5 каміння ракуша	1400	21,9	700	10,9	4300	67,2	6400 ± 19,2	17000,0 ± 510,0
	3727,0	20,4	1850,0	11,4	11422,5	68,2		

На глибині 6,6 м помітно збільшилася частка мідій фенотипу  $F_c$  як в чисельності, так і в біомасі: 53 % і 54 % відповідно. На цій глибині на друге місце за значимістю вийшли мідії фенотипу  $F_a$  – по 31 % загальної чисельності та біомаси, а  $F_b$  знизився на третю позицію (табл. 3).

На глибині 9,5 м (каміння, ракуша) зафіксована, як зазначено вище, найбільша біомаса – 17000 г/м<sup>2</sup>. При цьому частка мідій фенотипу  $F_c$  досягала 67 % в чисельності та 68 % – у біомасі, найбільші показники для будь-якого фенотипу. При чисельності 4300 екз./м<sup>2</sup> біомаса мідій фенотипу  $F_c$  перевищила 11400 г/м<sup>2</sup>. На цій же глибині зафіксована максимальна біомаса для  $F_a$  – 3727,0 г/м<sup>2</sup>, що склало більше 20 % загальної біомаси.

На другій трансекті на глибині 6,6 м відзначено ділянку піщаного дна (табл. 1). Тут виявлені мідії тільки фенотипів  $F_a$  і  $F_c$ , проте траплялися в пробах в одиничних екземплярах. В цілому, загальна чисельність склала 200 екз./м<sup>2</sup>, біомаса – 5,0 г/м<sup>2</sup>. За фенотипами кількісні показники розподілилися рівномірно – по 100 екз./м<sup>2</sup>, за біомасою 2,2 г/м<sup>2</sup> у  $F_a$  і 2,8 г/м<sup>2</sup> у  $F_c$ . Це були дрібні моллюски з індивідуальною масою 0,02–0,03 г.

Для порівняння розглянуті мідії, зібрані на мулистому ґрунті, на глибині 17 м (табл. 1). Загальна чисельність мідій склала 3400 екз./м<sup>2</sup>. Кількість моллюсків за фенотипами коливалася від 100 екз./м<sup>2</sup> (2,9 % загальної чисельності) у  $F_b$  до 1900 екз./м<sup>2</sup> (56 % загальної чисельності) у  $F_a$ . Загальна біомаса склала 8478,6 г/м<sup>2</sup>, за фенотипами:  $F_a$  – 4738,0 г/м<sup>2</sup>;  $F_b$  – 249,0 г/м<sup>2</sup>;  $F_c$  – 3491,6 г/м<sup>2</sup>.

### Висновки

1. В Одеській затоці виявлені мідії фенотипів  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$ . На черепашково-піщаному ґрунті в чисельності переважали мідії фенотипу  $F_c$  – у середньому, 1397 екз./м<sup>2</sup>, у біомасі мідії фенотипу  $F_a$  – 1644,0 г/м<sup>2</sup>. На кам'янистому ґрунті найбільшою чисельністю і біомасою характеризувалися мідії фенотипу  $F_c$  – 3400 екз./м<sup>2</sup> і 1550,9 г/м<sup>2</sup> у середньому.

2. Частка мідій фенотипу  $F_a$  у загальній чисельності коливалася від 4,8 % (глибина – 1 м) до 53,9 % (6 м); у біомасі – від 4,7 % (1 м) до 5,8% (6 м); частка  $F_b$  у загальній чисельності складала 21,1% (6 м) – 52,2 % (3 м); у біомасі 22,0 % (6 м) – 58,0 % (3 м); частка  $F_c$  змінювалася в чисельності від 25,0 % (6 м) до 52,4 % (1 м); у біомасі – від 25,5 % (6 м) до 53,6 % (1 м).

Стаття надійшла до редакції 28.05.2018

### Список використаної літератури

1. Жилиякова И. Г. Промышленное разведение мидий и устриц / И. Г. Жилиякова. – М.: «Издательство АСТ», Донецк «Сталкер», 2004. – 110 с.
2. Жиковская Е. А. О генетическом и морфологическом разнообразии черноморской мидии / Е. А. Жиковская, О. Р. Кодолова // Эколого-функциональні та фауністичні аспекти дослідження моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. – 2004. – С. 56–59.
3. Заика В. И. Митилиды Чёрного моря / В. И. Заика, Н. А. Валовая, А. С. Повчун, Н. А. Ревков. – К.: Наук. думка, 1990. – 208 с.
4. Зайцев Ю. П. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева – К.: Наук. думка, 2006. – 701 с.
5. Золотарев В. Н. Зооценоз мидий как биотоп для интродуцирования видов / В. Н. Золотарев, Г. В. Лосовская, Н. М. Шурова // Экологічні проблеми Чорного моря: мат-ли 4-го міжнар. симп. – 2002. – С. 298–301.
6. Печень-Финенко Г. А. Скорость фильтрации воды *Mytilus galloprovincialis* Lam как функция массы тела и температуры / Г. А. Печень-Финенко // Экология моря. – 1987. – 25. – С. 54–62.
7. Столбова Н. Г. Наследование цвета раковины у мидии *Mytilus galloprovincialis* Lam. / Н. Г. Столбова, А. В. Пиркова, Л. В. Ладыгина // Цитология и генетика. – 1996. – 30, № 6. – С. 62–65.
8. Финенко Г. А. Экологическая энергетика черноморских мидий / Г. А. Финенко, З. А. Романова, Г. И. Аболмасова // Биоэнергетика гидробионтов. – К.: Наук. думка, 1990. – С. 32–72.
9. Шурова Н. М. Анализ фенотипической структуры поселений мидий Чёрного моря по окраске наружного призматического слоя их раковин / Н. М. Шурова, В. Н. Золотарев // Мор. экол. журн. – 2008а. – 7, № 4. – С. 88–97.
10. Шурова Н. М. Изменения морфологических и функциональных характеристики черноморской мидии как результат антропогенного воздействия на прибрежные комплексы северо-западного шельфа Черного моря / Н. М. Шурова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зоны и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2008б. – С. 353–356.
11. Stadnichenko S. Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass / S. Stadnichenko, N. Shurova // The Black Sea Ecological Problems Collected papers, 2000. – P. 297–300.



**Е. А. Наум**, зав. лабораторией

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
лаборатория физико-химических методов исследования в биологии,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: naum\_elizaveta@onu.edu.ua

## **ЗАВИСИМОСТЬ ФЕНОТИПОВ МІДИЙ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ОТ ГЛУБИНЫ И ГРУНТА В ОДЕССКОМ ЗАЛИВЕ ЧЕРНОГО МОРЯ**

### **Резюме**

**Введение.** Черноморская мидия *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) – один из доминирующих видов макрозообентоса и обрастаний Черного моря. Встречается на скалах и камнях, на ракушечном, песчаном и илистом грунте, в обрастаниях металлических и бетонных гидротехнических сооружений. Вид представлен тремя фенотипами, которые имеют свои определенные биологические и экологические особенности.

**Цель работы** – проанализировать распределение различных фенотипов черноморской мидии по глубинам и грунтам в районе Одесского залива.

**Методы.** Материалом послужили мидии, собранные в октябре 2013 г. в северо-западном районе Одесского залива у мыса Большой Фонтан. На двух трансектах всего собрано и обработано по общепринятым методикам 739 экз. моллюсков (12 проб).

**Результаты исследований и выводы.** В Одесском заливе выявлены мидии фенотипов  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$ . На ракушечно-песчаном грунте в численности преобладали мидии фенотипа  $F_c$  – в среднем, 1397 экз./м<sup>2</sup>, в биомассе мидии фенотипа  $F_a$  – 1644,0 г/м<sup>2</sup>. На каменистом грунте большей численностью и биомассой характеризовались мидии фенотипа  $F_c$  – 3400 экз./м<sup>2</sup> и 1550,9 г/м<sup>2</sup> в среднем. Доля мидий фенотипа  $F_a$  в общей численности колебалась от 4,8% (глубина – 1 м) до 53,9 % (6 м); в биомассе – от 4,7 % (1 м) до 5, 8% (6 м); доля  $F_b$  в общей численности составляла 21,1 % (6 м) – 52,2 % (3 м); в биомассе 22,0 % (6 м) – 58,0 % (3 м); доля  $F_c$  изменялась в численности от 25,0 % (6 м) до 52,4 % (1 м); в биомассе – от 25,5 % (6 м) до 53,6% (1 м).

**Ключевые слова:** *Mytilus galloprovincialis*; фенотип; распределение; глубина; мыс Большой Фонтан; Черное море.

**E. A. Naum**, head of the laboratory  
Odesa National Mechnykov University, Laboratory of physical and chemical  
methods of research in biology,  
2, Dvoryanska str., Odesa 65082, Ukraine, e-mail: naum\_elizaveta@onu.edu.ua

## **DEPENDENCE OF THE PHENOTYPES OF THE *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* (LAMARCK, 1819) ON THE DEPTH OF GROUND IN THE ODESA BAY OF THE BLACK SEA**

### **Abstract**

**Introduction.** The Black Sea mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) is one of the dominant species of macrozoobenthos and fouling of the Black Sea. It occurs on rocks and stones, on shell, sand and muddy ground, in fouling of metal and concrete hydraulic structures. The species is represented by three phenotypes which have their own specific biological and ecological characteristics.

The **aim** of the work is to analyze the distribution of various phenotypes of the Black Sea mussel over the depths and soils in the area of the Odesa Bay.

**Methods.** The material was mussels, collected in October 2013 p. in the north-western region of the Odesa Bay near the Big Fountain Cape. In two transects 739 specimens of mollusks (12 samples). were collected and processed according to standard methods.

**Research results and conclusions.** Mussel phenotypes  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$  have been identified in the Odesa Bay. On the shell-sandy soil, mussels were predominant in the mussel phenotype – the average of 1397 ind./m<sup>2</sup>, in mussel phenotype mussels  $F_a$  – 1644,0 g/m<sup>2</sup>. On the stony ground, the mammalian phenotype  $F_c$  – 3400 ind./m<sup>2</sup> and 1550.9 g/m<sup>2</sup> on average were characterized by a larger number and biomass. The proportion of mussels of the phenotype  $F_a$  in the total number varied from 4.8 % (depth – 1 m) to 53.9 % (6 m); in biomass – from 4.7 % (1 m) to 5.8 % (6 m); the share of  $F_b$  in the total number was 21.1 % (6 m) – 52.2 % (3 m); in biomass 22.0 % (6 m) – 58.0 % (3 m); the share of  $F_c$  varied from 25.0% (6 m) to 52.4 % (1 m); in biomass – from 25.5 % (6 m) to 53.6 % (1 m).

**Keywords:** *Mytilus galloprovincialis*; phenotype; distribution; depth; the Big Fountain Cape; the Black Sea

### **References**

1. Zhilyakova I. G. (2004) Industrial cultivation of mussels and oysters [Promyshlennoe razvedenie midij i ustric], M.: AST Publishing House, Donetsk Stalker, 110 p.
2. Zhukovskaya E. A., Kodolova O. P. (2004) “On the genetic and morphological diversity of the Black Sea mussels” [“O geneticheskom i morfologicheskom raznoobrazii chernomorskoj midii“], Ecological-functional and faunistic aspects of the study of molluscs, their role in bioindication of the state of the environment, pp. 56-59.
3. Zaika V. I. (1990) Mytilidae of Black Sea [Mitilidy Chyornogo morya], Kyiv, Nauk. dumka, 208 p.
4. Zaycev Ju. P., Aleksandrov B. G., Minicheva G.G. (2006) North-western part of the Black Sea: biology and ecology [Severo-zapadnaja chast' Chjornogo morja: biologija i jekologija], Kyiv, Naukova dumka, 701 p.
5. Zolotarev V. N., Losovskaya G. V., Shurova N. M. (2002) “Zoocenoses mussels as a habitat for

- the species introduction” [“Zoocenoz midij kak biotope dlja introducirovaniya vidov”], Ecological problems of the Black Sea: the 4th intern. simp, pp. 298–301.
6. Pechen'-Finenko G. A. (1987) “The rate of water filtration *Mytilus galloprovincialis* Lam as a function of body weight and temperature” [“Skorost' fil'tracii vody *Mytilus galloprovincialis* Lam kak funkciya massy tela i temperatury”], Ecology of the sea, № 25, pp. 54–62.
  7. Stolbova N. G., Pirkova A. V., Gah A. N. (1997) “Genetic variation of color shell mussel *Mytilus galloprovincialis* Lam” [“Geneticheskaja izmenchivost' cveta rakoviny u midi *Mytilus galloprovincialis* Lam”], Cytology and genetics, 31 (1), pp. 38–40.
  8. Finenko G. A., Romanova Z.A., Abolmasova G.I. (1990) Environmental Energy Black Sea mussels [Ekologicheskaya energetika chernomorskih midij], Kyiv, Nauk. dumka, pp. 32–72.
  9. Shurova N. M. (2008a) “Analysis of phenotypic structure of settlements in the Black Sea mussels color prismatic outer layer of their shells” [“Analiz fenotipicheskoy struktury poselenij midij Chyornogo moray po okraske naruzhnogo prizmaticheskogo sloyaih rakovin”], Marine ecological journal, № 7 (4), pp. 88–97.
  10. Shurova N. M. (2008b) “Changes to the morphological and functional characteristics of the Black Sea mussels as a result of anthropogenic impacts on coastal systems northwestern Black Sea shelf” [“Izmeneniya morfologicheskikh i funktsional'nykh harakteristiki chernomorskoj midi kak rezul'tat antropogennogo vozdeystviya na pribrezhnye komplekсы severo-zapadnogo shel'fa Chernogo morja”], Environmental safety of the coastal and offshore zone and integrated use of shelf resources, № 17, pp. 353–356.
  11. Stadnichenko S., Shurova N. (2000) “Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass”, The Black Sea Ecological Problems Collected papers, pp. 297–300.



# ЗООЛОГІЯ





**С. Я. Подгорная**, к.б.н., доцент

**Д. А. Кивганов**, к.б.н., доцент

**Е. И. Черничко**, к.б.н., доцент

**О. Ф. Дели**, к.б.н., ст. преподаватель

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова, кафедра зоологии,

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: spb1981@ukr.net

### **ДИНАМИКА ЗАРАЖЕННОСТИ ПЕРЬЕВЫМИ КЛЕЩАМИ (ACARI: ASTIGMATA) СЛАВКИ ЧЕРНОГОЛОВОЙ И ЗАРЯНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ, МИГРИРУЮЩИХ ЧЕРЕЗ ОСТРОВ ЗМЕИНЫЙ (ЧЕРНОЕ МОРЕ, УКРАИНА)**

Обследовано на предмет зараженности эктопаразитами оперение славки черноголовой *Sylvia atricapilla* (Sylviidae) и зарянки *Erithacus rubecula* (Muscicapidae), мигрирующих через остров Змеиный (Черное море, Украина). Изучена зараженность птиц разных возрастов и в разные сезоны. Экстенсивность зараженности славки черноголовой во время весенних пролетов составляла 33,33–84,03 %; во время осенней миграции – 67,74–100 % у молодых особей и 75–100 % у взрослых особей. Интенсивность инвазии славки черноголовой клещами была значительно выше у осенних мигрантов. Экстенсивность зараженности зарянки во время весенних миграций составляла 31,58–61,54 %; во время осенней миграции – 8,37–33,82 % у молодых особей и 5,88–27,27 % у взрослых. Интенсивность инвазии зарянки клещами была значительно выше у весенних мигрантов.

Предложена оценочная шкала для визуального определения степени заражения опахал перьевыми клещами (от 0 до 5, от полного отсутствия клещей до более половины занятых клещами опахал).

**Ключевые слова:** экстенсивность; интенсивность; миграция; *Sylvia atricapilla*; *Erithacus rubecula*.

Перьевые клещи (Acari: Astigmata) представляют собой обширную группу постоянных эктопаразитов птиц. На сегодняшний день известно более 2500 видов клещей, обитающих на перьевом покрове всех современных отрядов птиц [14–16].

Перьевые клещи при эктопаразитическом образе жизни на теле птицы испытывают на себе влияние в большей степени факторов биотической среды, чем абиотической. Такие факторы не только по отдельности, но и все вместе взятые, могут действовать как единый сложный фактор, определяющий некоторые биологические и экологические особенности паразитов.

Являясь высокоадаптированной группой паразитов птиц, перьевые клещи



четко реагируют на изменения, происходящие в жизни их хозяев. Наступающие изменения в биологии клещей являются ответом состояния всего организма на изменение их среды обитания. Некоторые из этих инстинктивных реакций по времени совпадают с проявляющимися и периодически наступающими переменами в жизни хозяина (миграции, гнездовой период, линька и др.). Такие совпадения имеют под собой глубокую экологическую основу приспособления паразита и его жизненного цикла к жизненному циклу хозяина [3].

Все указанные периодические явления в жизни хозяев могут значительно различаться по своей природе, силе и интенсивности у разных групп птиц, в свою очередь, в разной степени оказывая влияние на биологию своих паразитов. В изменениях в половом и возрастном составе популяции паразитов огромную роль играет температурный и световой режимы, влажность. На степень же изменения количественного состава популяции, по данным В. Б. Дубинина [3–7], оказывают влияние дальность и сроки перелетов птиц, продолжительность насиживания и количество кладок, интенсивность протекания линек. Совокупность этих факторов приводит к тому, что за год развития хозяина, в данном случае птицы, его паразиты претерпевают неоднократные колебания численности. Как следствие, это отражается на количестве зараженных особей хозяина.

В настоящее время исследования перьевых клещей в большей мере направлены на выявление состава их фауны и совершенствование классификации. Изложенные выше моменты в работах В. Б. Дубинина являются практически единственными сведениями об экологии перьевых клещей и их роли в ценозах.

Большинство представителей отряда воробьинообразных (Passeriformes) отличается интенсивностью миграций, дальностью перелетов, непродолжительным гнездовым периодом и растянутостью сроков линек [8]. Таким образом, по нашим предположениям, у этой группы птиц кратковременный гнездовой период и постепенные, затянутые почти на год, линьки не должны приводить к резким изменениям численности перьевых клещей. Напротив, дальность, сроки и сезонность перелетов должны значительно сказываться на степени зараженности перьевыми клещами.

Миграции птиц в районе острова Змеиный отличаются рядом особенностей: большим разнообразием видового состава мигрантов, пролетом редких и очень редких видов, внесенных в национальную и международную Красные книги; растянутостью сроков пролета, интенсивностью ночных миграций, зависимостью пролета от хода синоптических процессов и погоды, четкой суточной и сезонной закономерностями и т.д. [10, 11].

Цель работы – изучить закономерности зараженности перьевыми клещами славки черноголовой и зарянки во время их осенних и весенних миграций.

#### **Материал и методы исследований**

Исследование проводили на основании материала, полученного с 2004 по

2010 гг. во время экспедиционных выездов на остров Змеиный (Черное море, Украина, Одесская область). Всего было отловлено и обследовано на наличие клещей перьевого покрова более 25 тыс. особей воробьинообразных птиц, мигрирующих через остров в весенние и осенние периоды.

Птиц отлавливали при помощи паутинных сетей [2, 13]. Все отловленные особи птиц были подвергнуты прижизненной обработке, в том числе и визуальному определению зараженности оперения перьевыми клещами. Подсчет абсолютной численности клещей на живой птице является практически невозможным вследствие стрессового состояния последних. В связи с этим была предложена методика визуального определения зараженности с использованием условной шкалы обозначений – от 0 до 5:

- 0 – отсутствие клещей,
- 1 – единичные экземпляры,
- 2 – десятки,
- 3 – сотни,
- 4 – более четверти площади опахал занята клещами,
- 5 – более половины площади опахал занята клещами.

Основным достоинством методики является скорость обработки птиц при массовом пролете. Из недостатков необходимо отметить возможность не учета слабозараженных особей.

Полученные данные были подвергнуты статистической обработке с использованием общепринятых для такого рода исследований методов: критерия  $\chi^2$ , углового преобразования Фишера и z статистики для номинальных (качественных) данных. Использовали пакет программ Stadia 7.0.

Для определения видовой принадлежности клещей при помощи стереоскопического микроскопа МБС-9 снимали с птиц и фиксировали в 70 % водном растворе этилового спирта. Для изготовления постоянных препаратов использовали жидкость Гойера. Определение клещей проводили с помощью микроскопа Биолам Д-11.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Наиболее полную динамику зараженности перьевыми клещами удалось проследить на славке черноголовой *Sylvia atricapilla* (Linnaeus, 1758) и зарянке обыкновенной *Erithacus rubecula* Linnaeus, 1758. Именно эти виды являются наиболее массовыми птицами, мигрирующими через остров Змеиный в период весенних и осенних перемещений. Всего за период исследования просмотрено оперение 9555 особей птиц (табл. 1).

Следует отметить, что количественная представленность отловленных и осмотренных особей птиц в разные сезоны и годы была неодинакова. Это связано как с различными сроками проведения полевых исследований (которые зависели от графика судов, доставляющих грузы и пассажиров на остров), так и с особенностями погодных условий в конкретном сезоне, что, несомненно,

отражалось на сроках и интенсивности миграций. Кроме того, у многих птиц миграционные пути не являются идентичными. Так, в весенние миграции осмотренные особи птиц были представлены исключительно взрослыми половозрелыми формами (ad), а в осенних миграциях кроме взрослых встречались и молодые особи (juv).

Таблица 1

## Численность обследованных птиц

Период исследований	Вид птицы, количество экземпляров		Всего
	Зарянка	Славка черноголовая	
Весна 2004–2010 гг.	853	865	1718
Осень 2004–2010 гг.	7292	545	7837
Всего	8145	1410	9555

*Славка черноголовая.* На перьевом покрове славки черноголовой зарегистрированы два вида клещей – *Proctophyllodes sylviae* Gaud, 1957 (Proctophyllodidae) и *Analges spiniger* Giebel, 1871 (Analgidae). Анализ зараженности проводили по виду *P. sylviae*, который обитает на маховых, кроющих, рулевых перьях тела и является обычным, характерным эктопаразитом для этого вида птиц [12].

Для данного вида птиц, в целом, характерен высокий и достаточно стабильный уровень зараженности перьевыми клещами, которая была достаточно высокой как в осенний, так и в весенний периоды миграций. Экстенсивность зараженности обследованных славок в период весеннего пролета находилась в пределах 33,33–84,03 %. В период осеннего пролета экстенсивность зараженности ювенильных форм славки черноголовой варьировала в пределах от 67,74 % до 100 %. Экстенсивность зараженности взрослых особей осенью находилась в пределах от 75 % до 100 % (рис. 1).

Статистический анализ данных об экстенсивности зараженности славок черноголовых перьевыми клещами во время осенних и весенних миграций, подтверждают данные, приведенные на рис. 1, где показано, что в осенние периоды птицы чаще оказываются зараженными клещами, чем в весенние. Данная зависимость является статистически значимой ( $\chi^2 = 45,36$ ), это подтверждается и коэффициентом частотного анализа ( $z = 6,79$ ), а также коэффициентом углового преобразования Фишера ( $\phi = 7,046$  при  $P < 0,01$ ).

Аналогичная тенденция проявляется и при анализе степени интенсивности зараженности черноголовой славки (рис. 2, 3). Интенсивность зараженности перьевыми клещами вида в период осенних миграций была выше, чем у птиц, обследованных в весенний период ( $\chi^2 = 163$ ). Также необходимо отметить, что осенью славки черноголовые значительно реже были незараженными или сла-

бо зараженими. Установлена статистически значимая зависимость цифровых показателей интенсивности зараженности черноголовой славки в рамках осеннего и весеннего периодов каждого года. Установленные индексы интенсивности зараженности черноголовой славки каждой осени ( $\chi^2 = 246,8$ ) и весны ( $\chi^2 = 182,1$ ) по каждому году свидетельствуют о том, что отличия показателей рассматриваемого явления укладываются в закономерности неслучайных связей.

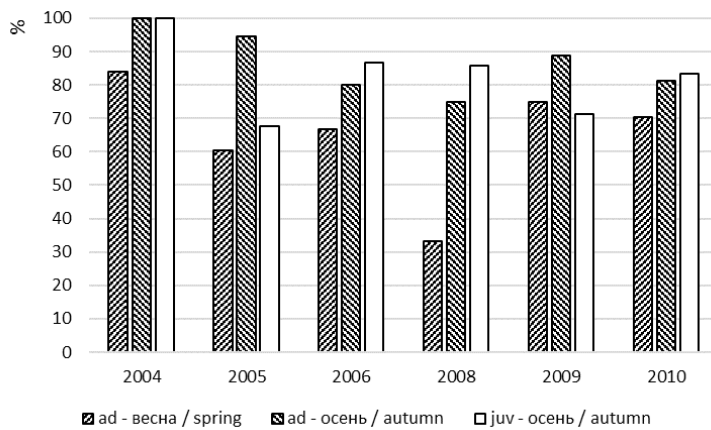


Рис. 1. Экстенсивность зараженности славки черноголовой перьевыми клещами во время миграций

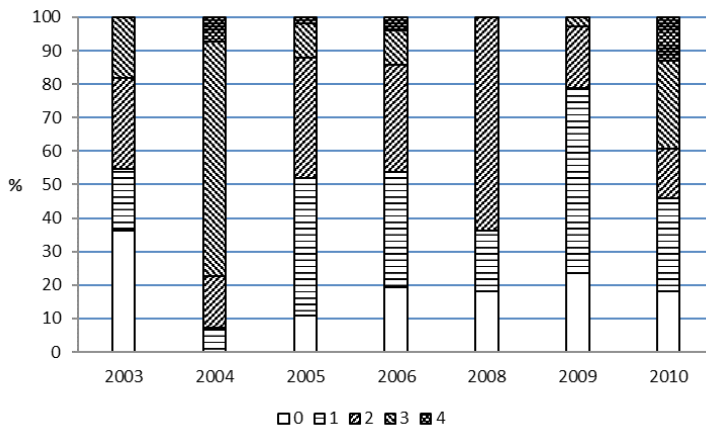


Рис. 2. Интенсивность зараженности\* славки черноголовой перьевыми клещами во время осенних миграций (\* – обозначения коэффициентов зараженности см. в разделе “Материал и методы”)

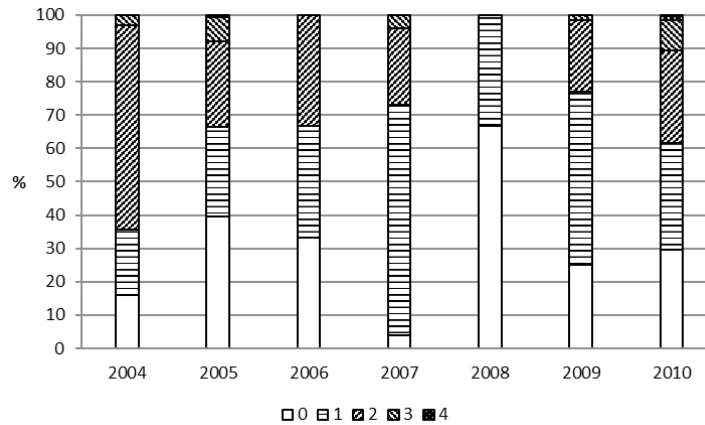


Рис. 3. Интенсивность зараженности славки черноголовой перьевыми клещами во время весенних миграций

Для понимания причинно-следственных связей показателей зараженности славки черноголовой славки следует отметить некоторые особенности ее биологии. Во-первых, черноголовая славка, являясь насекомоядным видом, во многом зависит от температурных параметров окружающей среды [1]. В связи с этим, старт послегнездовых миграционных перемещений вида начинается еще в теплое время года, когда кормовая база еще доступна. Это обстоятельство определяет пик осенней миграции через северо-западное Причерноморье, который приходится на конец сентября – начало октября. Данный период времени для исследуемого региона считается временем позднего лета, с достаточной кормовой базой для насекомоядных птиц [12]. Во-вторых, если учитывать то, что полная линька у взрослых особей славки черноголовой заканчивается в сентябре, непосредственно перед началом миграции, это обстоятельство может также способствовать более интенсивному размножению клещей, восстановлению и увеличению их численности. По предварительным данным В. Б. Дубинина [3] рост интенсивности заражения после линьки направлен к восстановлению численности популяции, пострадавших при выпадении перьев.

Зарянка. На перьевом покрове зарянок было выявлено два вида клещей: *Proctophyllodes rubeculinus* (Koch, 1841) (Proctophyllodidae) и *Trouessartia rubecula* Jablonska, 1968 (Trouessartiidae). Анализ зараженности проводили по виду *P. rubeculinus*, который обитает на маховых, кроющих, рулевых перьях тела и является обычным, характерным эктопаразитом для этого вида птиц [9, 12].

Показатели экстенсивности зараженности взрослых особей данного вида на протяжении всего периода исследований были выше в весенний период и

составляли от 31,58 % до 61,54 %. Зараженность молодых зарянок в осенние миграции колебалась в пределах от 8,37 % до 33,82 %, а взрослых особей — от 5,88 % до 27,27 % (рис. 4). Отмеченная зависимость является статистически значимой ( $\chi^2 = 45,71$ ). Более высокий уровень экстенсивности зараженности зарянки в весенний период подтверждается также коэффициентами частотного анализа ( $z = 6,81$ ) и углового преобразования Фишера ( $\phi = 6,52$ , при  $P < 0,01$ ).

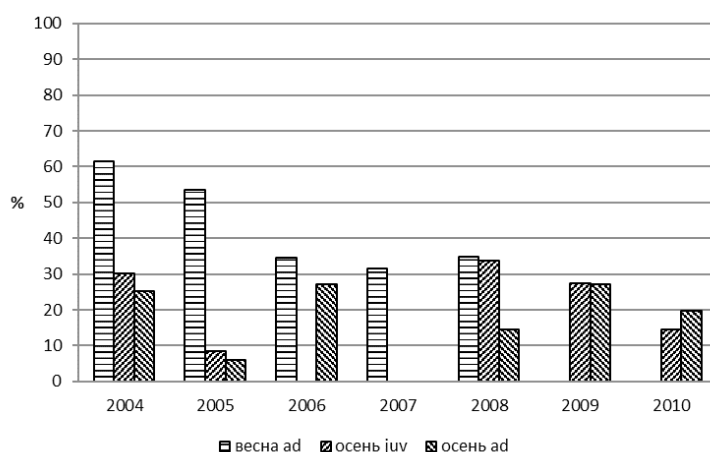


Рис. 4. Экстенсивность зараженности зарянки перьевыми клещами во время миграций

Отрывочные данные о зараженности зарянок в отдельные периоды (осень 2007 г., весна 2009 г., весна 2010 г.) объясняются нерегулярными экспедиционными выездами, не всегда совпадающими со сроками массовых миграций зарянок в регионе.

Логическим подтверждением высокой экстенсивности зараженности зарянок, с нашей точки зрения, служат показатели интенсивности зараженности. Полученные данные свидетельствуют о более высокой интенсивности зараженности птиц во время весенних миграций, чем во время осенних ( $\chi^2 = 41,83$ ) (рис. 5, 6). Достоверность цифровых показателей интенсивности зараженности по каждому году также укладывается в закономерность неслучайных связей (в осенний период  $\chi^2 = 422,1$ ; в весенний период  $\chi^2 = 50,2$ ), что так же укладывается в закономерность неслучайных связей.

Зарянки являются неприхотливыми к пище и практически всеядны [1]. В связи с этим представители этого вида птиц не привязаны к определенному пищевому спектру. Это позволяет птицам дольше задерживаться на местах гнездовой и, соответственно, позже стартовать к местам зимовок. Сроки осенних миграций приходятся на сентябрь – ноябрь с пиком в ноябре. Весенние же миграции растянуты с марта по май с пиком в апреле. Полная линька у взрослых птиц начинается в июле и заканчивается еще в сентябре [1]. Соответственно,

вспышка численности перьевых клещей должна была бы наблюдаться в сентябре. Таким образом, на момент осеннего сбора данных, который приходился на конец октября – начало ноября, репродуктивная активность перьевых клещей приостанавливалась перед началом длительного перелета и низких ноябрьских температур. Этим объясняется, с нашей точки зрения, тот факт, что экстенсивность и интенсивность зараженности зарядок весной была значительно в два и более раза.

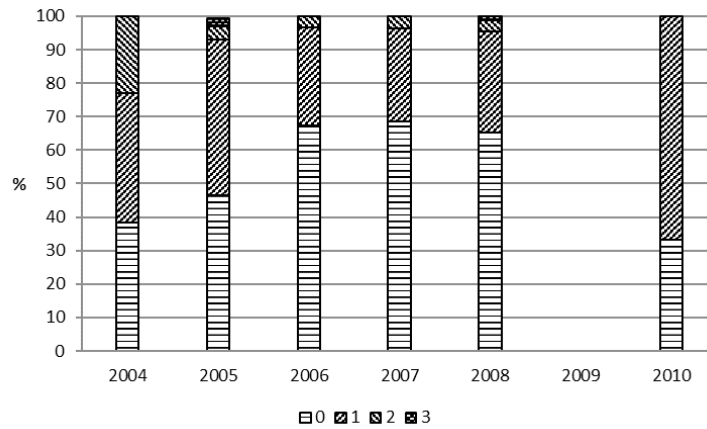


Рис. 5. Интенсивность зараженности зарядки во время осенних миграций

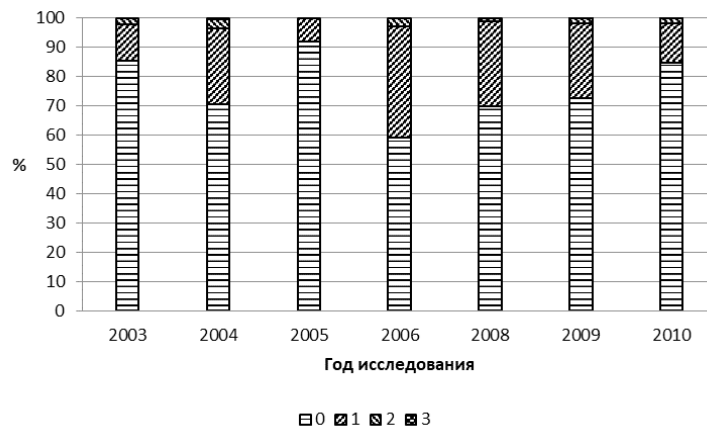


Рис. 6. Интенсивность зараженности зарядки во время весенних миграций



Интересным является факт отличия показателей зараженности исследуемых видов птиц. Наиболее высокий показатель экстенсивности заражения у зарянок пришелся на весну 2004 года и составил 61,54 %. Экстенсивность заражения черноголовой славки практически не опускалась ниже 60 %, а иногда достигала 100 %. Наличие связи между признаками подтверждено статистически ( $\chi^2 = 409,7$  и  $343,1$ , весной и осенью, соответственно). Следует отметить, что неравномерность экстенсивности и интенсивности зараженности перьевыми клещами может быть связана не только с особенностями гнездовой биологии, но и с микростациальными условиями их обитания. Это предположение требует дальнейшего изучения для выяснения влияния периодических явлений в жизни птиц на адаптивное поведение перьевых клещей.

### **Выводы**

1. Предложен метод визуального прижизненного определения интенсивности зараженности птиц перьевыми клещами основанный на их численности и площади пера ними занятой.

2. Показано, что степень зараженности перьевыми клещами черноголовой славки и зарянки зависит от особенностей биологии конкретного вида птиц, возраста и сезона года.

3. Экстенсивность и интенсивность зараженности перьевыми клещами черноголовой славки были более высокими в осенние периоды, тогда как у зарянки – в весенние периоды.

### **Благодарности**

Авторы искренне благодарны доцентам кафедры зоологии Одесского национального университета имени И. И. Мечникова Анатолию Ивановичу Корзюкову за помощь в сборе материала и Юрию Николаевичу Олейнику за консультации по статистической обработке данных.

Статья поступила в редакцию 2.09.2018

### **Список использованной литературы**

1. Бескаравайный М. М. Птицы Крымского полуострова / М. М. Бескаравайный – Симферополь: Бизнес-Информ, 2012. – 336 с.
2. Васильев В. И. Использование паутиных сетей для отлова птиц на берегах водоемов / В. И. Васильев, А. А. Щербина, М. Е. Гаузер // Кольцевание в изучении миграций птиц фауны СССР. – М.: Наука, 1976. – С. 103–105.
3. Дубинин В. Б. Перьевые клещи. Часть 1. Введение в их изучение / В. Б. Дубинин // Фауна СССР. Паукообразные. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1951. – Т. VI, ч. 5. – 363 с.
4. Дубинин В. Б. Перьевые клещи птиц острова Врангеля / В. Б. Дубинин // Тр. ЗИН АН СССР. – 1952. – Т. 12. – С. 251–268.
5. Дубинин В. Б. Перьевые клещи (Analgesoidea). Часть 2. Сем. Epidermoptidae и Freyanidae / В. Б. Дубинин // Фауна СССР. Паукообразные. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1953. – Т. VI, ч. 6. – 412 с.

6. Дубинин В. Б. Перьевые клещи (Analgoidea). Часть 3. Сем. Pterolichoidea // В. Б. Дубинин / Фауна СССР. Паукообразные. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1956. – Т. VI, ч. 7. – 814 с.
7. Дубинин В. Б. О паразитологических критериях в систематике птиц / В. Б. Дубинин // Учебные записки МГУ. – 1958. – № 197. – С. 241–259.
8. Карташев Н. Н. Систематика птиц / Н. Н. Карташев. – М.: Высшая школа, 1974. – 367 с.
9. Ківганов Д. А. Пир'яні кліщі роду *Proctophylodes* Robin, 1868 (Acari: Proctophylodidae) птахів, що мігрують через острів Зміїний / Д. А. Ківганов, С. Я. Бурдейна, В. П. Стойловський // Вісник Одеського національного університету. – 2006. – Т. 11, вип. 9. – С. 160–168.
10. Корзюков А. И. Остров Змеиный — природно-исторический памятник национального и международного значения / А. И. Корзюков // Управление и охрана побережий северо-западного Причерноморья: Мат. межд. симп. (30 сентября – 6 октября 1996 г.). – Одесса, 1996. – С. 81–82.
11. Корзюков А. И. Итоги миграционных исследований в Азово-Черноморском регионе / А. И. Корзюков // Птицы Азово-Черноморского региона на рубеже тысячелетий: Матер. юбил. междунар. научн. конф. посвящ. 20-летию Азово-Черноморской орнитолог. рабочей группы (Одесса, 10-14 октября 2000 г.). – Одесса, 2000. – С. 5–6.
12. Острів Зміїний. Рослинний і тваринний світ: монографія / В. А. Сминтина, В. О. Іваниця, Т. В. Гудзенко [та ін.]; відп. ред. В. О. Іваниця. – Одеса: Астропринт, 2008. – 182 с.
13. Черничко И. И. Ловушки для птиц и результаты их применения в северо-западное Причерноморье / И. И. Черничко // Научные основы охраны и рационального использования птиц. – Рязань: Московский рабочий, 1984. – С. 72–86.
14. Gaud J. Feather mites of the world (Acarina, Astigmata): the supraspecific taxa / J. Gaud, W. T. Atyeo // Annalen Zoologische Wetenschappen. – 1996. – Vol. 277, p. 1. – 192 p.
15. Mironov S. V. Feather mites (Acariformes: Analgoidea) associated with the hairy woodpecker *Leuconotopicus villosus* (Piciformes: Picidae) in Panama / S. V. Mironov, S. Bermudez // Acarologia. – 2017. – 57(4). – P. 941–951.
16. Proctor H. C. Feather mites (Acari: Astigmata): ecology, behavior, and evolution / H. C. Proctor // Annual Review of Entomology – 2003. – 48. – P. 185–209.

**С. Я. Підгорна, Д. А. Ківганов, К. Й. Черничко, О.Ф. Делі**

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра зоології,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: spb1981@ukr.net

### **ДИНАМІКА ЗАРАЖЕНОСТІ ПІР'ЯНИМИ КЛІЩАМИ (ACARI: ASTIGMATA) КРОПІВ'ЯНКИ ЧОРНОГОЛОВОЇ ТА ВІЛЬШАНКИ ЗВИЧАЙНОЇ, ЩО МІГРУЮТЬ ЧЕРЕЗ ОСТРІВ ЗМІЇНИЙ (ЧОРНЕ МОРЕ, УКРАЇНА)**

#### **Резюме**

**Проблема.** Досліджено рівень зараженості пір'яними кліщами оперення кропив'янки чорноголової *Sylvia atricapilla* (Sylviidae) та вільшанки *Erithacus rubecula* (Muscicapidae), що мігрують через острів Зміїний (Чорне море, Україна).

**Мета роботи.** Вивчити закономірності зараженості пір'яними кліщами кропив'янки чорноголової та вільшанки під час їх осінніх та весняних міграцій.

**Методи.** Дослідження проводили протягом 2004–2010 рр. під час експедицій на острів Зміїний. Птахів відловлювали за допомогою «павутинних сіток». Усі

птахи переглядалися на наявність кліщів. Відзначалася їх присутність (екстенсивність) та інтенсивність зараження ними пир'я різного типу. Зібраних членистоногих фіксували в 70 % водному розчині етилового спирту. Препарати виготовляли за загальноприйнятими для цієї групи методиками шляхом поміщення кліщів у рідину Гойєра.

**Результати та висновки.** Досліджено зараженість кропив'янки чорноголової та вільшанки різного віку та у різні сезони року. Екстенсивність зараженості кропив'янки чорноголової під час весняних міграцій становила 33,33–84,03 %; під час осінніх міграцій – 67,74–100 % у молодих особин, 75–100 % у дорослих. Більш високою інтенсивність зараження була у осінніх мігрантів. Екстенсивність зараженості вільшанки під час весняних міграцій – 31,58–61,54 %; під час осінніх міграцій – 8,37–33,82 % у молодих особин, 5,88–27,27 % у дорослих. Більш високою інтенсивність інвазії виявилась у весняних мігрантів. Запропоновано оціночну шкалу для візуального визначення рівня зараженості оперення пир'яними кліщами, від 0 до 5 (від повної їх відсутності до більш ніж половини опухал зайнятих кліщами).

**Ключові слова:** екстенсивність; інтенсивність; міграція; *Sylvia atricapilla*; *Erithacus rubecula*.

**S. Ya. Pidhorna, D. A. Kivganov, K. I. Chernychko, O. F. Deli**  
Odesa National Mechnykov University, Department of Zoology,  
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: spb1981@ukr.net

## **DYNAMICS OF THE CONTAMINATIONS OF FEATHER MITES (ACARI: ASTIGMATA) OF BLACKCAP AND ROBIN MIGRATING THROUGH ZMIINYI ISLAND (THE BLACK SEA, UKRAINE).**

### **Abstract**

**Problem.** The contamination of the plumage of the Blackcap *Sylvia atricapilla* (Sylviidae) and the Robin *Erithacus rubecula* (Muscicapidae), migrating through Zmiinyi island (the Black Sea, Ukraine) feather mites with has been studied.

The **aim** of our work was to study the regularities of contamination of birds with feather mites during autumn and spring migrations.

**Materials and methods.** During 2004-2010 we collected material in expeditions on Zmiinyi island. Birds were caught by using «spider nets». All birds were checked for mites. Their presence (extensiveness) and the intensity of contamination of different types of feathers were registered. The collected arthropods were fixed in 70 % ethyl alcohol. Mites collected were cleared in alkali solution and slide-mounted in Hoyer's medium.

**Results and conclusion.** The infection of the blackcap and robin of different ages and in different seasons of the year was investigated. Extensiveness of contamination of blackcap during spring migrations was 33.33-84.03 %; during autumn migrations

– 67.74-100 % for young adults, 75-100 % for adults. Higher intensity of infection was found in autumn migrants. Extensiveness of contamination of the robin during spring migrations was 31.58-61.54 %; during autumn migrations – 8.37-33.82 % for young individuals, 5.88-27.27 % for adults. Higher intensities of contamination were found in spring migrants. The grading scale for the visual determination of the level of contamination of feathers with feather mites was offered from 0 to 5 (from their complete absence to up to more than half of the vanes occupied by mites).

**Keywords:** extensiveness, intensity, migrating, *Sylvia atricapilla*; *Erithacus rubecula*.

### Reference

1. Beskaravajnuj M. M. (2012) Birds of the Crimean peninsula [Ptici Krimskogo poluostrova], Sympheropol, Biznes-Inform, 336 p.
2. Vasiliev V. I., Shcherbina A. A., Gaucher M. E. (1976) Use of spider nets for catching birds on the banks of reservoirs [Ispolzovanie pautinnyh setey dlya otlova ptic na beregah vodoyomov], Ringing in the study of migration of birds of the fauna of the USSR, Moscow, Nauka, pp. 103–105.
3. Dubinin V. B. (1951) Feather mites. Part 1. Introduction to their study [Perevyte kleshy. Chast 1. Vvedenie v ih izuchenie], Fauna of the USSR. Spider-shaped, M.-L., AN USSR, VI, part 5, 363 p.
4. Dubinin V. B. (1952) Feather mites of the birds of the Wrangel island [Perevyte kleshy ptic ostrova Vrangelya], AN USSR, Vol. 12, pp. 251–268.
5. Dubinin V. B. (1953) Feather mites (Analgesoidea). Part 2. Family Epidermoptidae and Freyanidae [Perevyte kleshy. Chast 2. Semeystvo Epidermoptidae i Freyanidae], Fauna of the USSR. Spider-shaped, M.-L., AN USSR, VI, part 6, 412 p.
6. Dubinin V. B. (1956) Feather mites (Analgoidea). Part 3. Family Pterolichoidae [Perevyte kleshy. Chast 3. Semeystvo Pterolichoidae], Fauna of the USSR. Spider-shaped, M.-L.: AN USSR, VI, part 7, 814 p.
7. Dubinin V. B. (1958) On parasitological criteria in the taxonomy of birds [O parpazitologicheskikh kriteriyach v systematyke ptic], Study Notes of Moscow State University, 197, pp 241–259.
8. Kartashev N. N. (1974) Systematics of birds [Systematyka ptic], Moscow: Vysshaya shkola, 367 p.
9. Kivganov D. A., Burdejnaja S. Ya., Stoylovsky V. P. (2006) Feather mites of the genus *Proctophyllodes* Robin, 1868 (Acari: Proctophyllodidae) of birds migrating through the Zmiinyi island [Piryani klishy rodu *Proctophyllodes* Robin, 1868 (Acari: Proctophyllodidae) ptachiv, sho migruyut cherez ostriv Zmiinyi], Bulletin of the Odessa National University, Vol. 11, 9, pp. 160–168.
10. Korzukov A. I. (1996) Zmiinyi island – natural and historical monument of national and international importance [Ostrov Zmiinyi – prirodno-istoricheskiy pamyatnik nacionalnogo i megdunarodnogo znacheniya], Management and protection of the coasts of the northwestern Black Sea coast: Mat. int. simp (September 30 – October 6, 1996), Odessa, pp. 81–82.
11. Korzukov A. I. (2000) Results of migration studies in the Azov-Black Sea region [Itogi migracionnich issledovaniy v Azovo-Chernomorskom regione, Birds of the Azov-Black Sea region at the turn of the millennia: Mater. anniversary international scientific conf. is dedicated to. 20th anniversary of the Azov-Black Sea ornithologist. working group (Odessa, October 10–14, 2000), Odessa, pp. 5-6.
12. Smyntyna V. A., Ivanitsya V. O., Gudzenko T. V. [and others] (2008) Zmiinyi island. Flora and fauna: monograph [Ostriv Zmiinyi. Roslinnyy i tvarinnyy svit: monographiya], Odessa: Astroprint, 182 p.
13. Chernichko I. I. (1984) Traps for birds and the results of their application to the northwestern Black Sea coast [Lovushki dlya ptic i rezultatu ich primineniya v severo-zapadnom Prychernomor'ye] Scientific bases of protection and rational use of birds, Ryazan: Moscow Worker, pp. 72–86.

14. Gaud J., Atyeo W. (1996) Feather mites of the world (Acarina, Astigmata): the supraspecific taxa, *Annalen Zoologische Wetenschappen*, Vol. 277, 192 p.
15. Mironov S.V., Bermúdez S. (2017) Feather mites (Acariformes: Analgoidea) associated with the hairy woodpecker *Leuconotopicus villosus* (Piciformes: Picidae) in Panama, *Acarologia*, 57(4), pp. 941–951.
16. Proctor H. C. (2003) Feather mites (Acari: Astigmata): ecology, behavior, and evolution, *Annual Review of Entomology*, 48, pp. 185–209.



# ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН







**О. В. Колосова**, молодший науковий співробітник,  
**Т. О. Халявка**, к. х. н., доцент, старший науковий співробітник  
Науково-дослідний інститут Національного університету фізичного виховання та спорту України, лабораторія теорії і методики спортивної підготовки та резервних можливостей спортсменів,  
вул. Фізкультури, 1, Київ-150, Україна, 03150, e-mail: olena\_kolos@ukr.net

### **КОРЕЛЯЦІЯ АНТРОПОМЕТРИЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОНЕЙРОМІОГРАФІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ У ОСІБ, ТРЕНОВАНИХ ДО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

У тестах при використанні методу Н-рефлексометрії у здорових тренуваних осіб (вік 18–29 років) визначали антропометричні (АМ) та електронейроміографічні (ЕНМГ) показники. Виявлено наявність кореляції АМ та ЕНМГ-параметрів різної спрямованості у чоловіків та жінок, що свідчить про гендерні особливості прояву адаптаційних реакцій нервової та м'язової систем до фізичного навантаження.

**Ключові слова:** електронейроміографія; Н-рефлекс; швидкість проведення нервового імпульсу; антропометричні показники; спортсмени; гребля.

Разом з достатньою стійкістю морфологічної і функціональної організації нервової системи пластичність є її найважливішою властивістю. Без здатності нервової системи до формування нових функціональних взаємодій, до змін ефективності або спрямованості зв'язків між нервовими клітинами навчання було б взагалі неможливе [3]. Нині проблема рухового навчання привертає широку увагу в зв'язку з великою кількістю нових фактів про пластичність центральних моторних структур [17, 18]. Відомо також, що довготривале фізичне навантаження різного напрямку супроводжується в організмі людини функціональними пластичними перебудовами на рівні спинномозкових структур, які здійснюють моторний контроль скелетної мускулатури [1]. Для оцінки фізичного розвитку людини в процесі адаптації до фізичного навантаження широко використовують антропометричний метод дослідження, який дозволяє отримати об'єктивні дані про важливі морфологічні параметри тіла, такі, як зріст та маса [4, 9]. Однак, поняття фізичного розвитку включає як сукупність антропометричних показників, так і параметри функціонального стану систем організму, які забезпечують рухову активність [6, 8]. Так, оцінку функціонального стану нервово-м'язової системи можна здійснити за допомогою електронейроміографічних (ЕНМГ) методів дослідження, зокрема методу Н-рефлексометрії, який дозволяє визначити індивідуальну організацію гальмівних та збуджуючих процесів внутрішньосегментарних систем та характер

низхідних впливів з вищих відділів центральної нервової системи на мото-нейронний пул, а також методу визначення швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) [5].

Встановлено, що на результат змагань спортсменів-легкоатлетів впливають їх антропометричні показники [7]. Однак основна маса робіт, присвячених дослідженню взаємозв'язку антропометричних та електронейроміографічних параметрів, стосується здорових нетренованих осіб. Так, показано, що для старших осіб характерні більша латентність, менша амплітуда та менші значення швидкостей нервового імпульсу по серединному нерву верхньої кінцівки (*n. medianus*) [10, 13, 15], а особи з меншою масою мають вищі амплітуди відповідей на стимуляцію сенсорних волокон *n. medianus* [13]. Інші автори вказують на зниження з віком швидкостей нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах *n. medianus* та великогомілкового нерву нижньої кінцівки (*n. tibialis*), а також підвищення у старших осіб амплітуди Н-рефлексу камбалоподібного м'язу (*m. soleus*) [14]. Показана негативна кореляція між зростом та амплітудою сенсорних відповідей для *n. medianus* [15] та позитивна між зростом та амплітудою Н-рефлексу [13].

Однак, в переважній більшості робіт ефект впливу віку на ЕНМГ-параметри виявляється в старших вікових групах (більше 60 років), до того ж, дослідження в основному були проведені на нетренованих особах. Виходячи з цього, доцільним є визначення антропометричних та електронейроміографічних параметрів та виявлення кореляції між ними у дорослих осіб, тренуваних до фізичного навантаження, що не досягли старшої вікової категорії.

Метою дослідження було виявлення кореляції між антропометричними та електронейроміографічними показниками у осіб з високим рівнем адаптації до фізичного навантаження (кваліфікованих спортсменів-гребців на байдарках та каное).

#### **Матеріали та методи дослідження**

У дослідженні брали участь 40 кваліфікованих спортсменів (25 чоловіків та 15 жінок), що спеціалізуються у греблі на байдарках та каное, у віці від 18 до 29 років.

Були отримані антропометричні показники: зріст (м), маса тіла (кг) та індекс маси тіла (ІМТ, кг/м<sup>2</sup>). Електронейроміографічне дослідження проводили за допомогою нейродіагностичного комплексу Nicolet Viking Select. Використовували методику Н-рефлексометрії камбалоподібного м'язу нижньої кінцівки (*m. soleus*) [2, 5]. Н-рефлекс викликали біполярною черезшкірною стимуляцією великогомілкового нерву нижньої кінцівки (*n. tibialis*) у підколінній ямці (поодиноким прямокутним імпульсом тривалістю 1 мс з інтервалами між імпульсами не менше 10 с). Використовували також методику визначення швидкості проведення нервового імпульсу (ШПІ) по моторних волокнах *n. tibialis*, а також моторних та сенсорних волокнах серединного нерву верхньої кінцівки

(*n. medianus*) [2, 5]. При дослідженні верхніх кінцівок тестований перебував в положенні сидячи, руки вільно розташовувалися на кушетці, а при дослідженні нижніх кінцівок – у положенні лежачи на животі, стопи вільно звисали з кушетки.

Аналізували такі ЕНМГ-параметри:  $P_H$  та  $P_M$  (пороги виникнення Н-відповіді (моносинаптичної рефлекторної відповіді, що відводиться від м'яза в умовах стимуляції її низькопорогових аферентів, які йдуть у складі змішаного нерву) та М-відповіді (прямої відповіді м'яза на подразнення моторних волокон нерву),  $H_{\max}$  та  $M_{\max}$  (амплітуди максимальної Н-відповіді та максимальної М-відповіді),  $P_H/P_M$  (співвідношення порогів Н- та М-відповідей),  $H_{\max}/M_{\max}$  (співвідношення амплітуд максимальних Н- та М-відповідей, в %), швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах *n. tibialis* (ШПІ<sub>tib</sub>), швидкість проведення нервового імпульсу по моторних та сенсорних волокнах *n. medianus* (ШПІ<sub>med</sub>): ШПІ<sub>medмот-прокс</sub>, ШПІ<sub>medсенс-прокс</sub> (ШПІ по моторних (<sub>мот</sub>) та сенсорних (<sub>сенс</sub>) волокнах *n. medianus* на проксимальній ділянці верхньої кінцівки: ліктьовий суглоб – зап'ясток), ШПІ<sub>medсенс-дист</sub> (ШПІ по сенсорних (<sub>сенс</sub>) волокнах *n. medianus* на дистальній ділянці верхньої кінцівки: зап'ясток – фаланга вказівного пальця), резидуальна латентність *n. medianus* (РезЛат). Розраховували коефіцієнти Коэф<sub>прокс мот/сенс</sub> як відношення ШПІ по моторних волокнах до ШПІ по сенсорних волокнах *n. medianus* на проксимальній ділянці, а також Коэф<sub>сенс прокс/дист</sub> як відношення ШПІ на проксимальній та дистальній ділянках по сенсорних волокнах *n. medianus*. Визначали також амплітуди м'язових відповідей на стимуляцію моторних та сенсорних волокон *n. medianus* ( $A_{med}$ ) на проксимальній та дистальній ділянках верхньої кінцівки:  $A_{medмот-прокс}$ ,  $A_{medсенс-прокс}$ ,  $A_{medмот-дист}$ ,  $A_{medсенс-дист}$ . Одержували показники для правої (П) та лівої (Л) кінцівок.

Статистичний аналіз даних проводився за допомогою програми SPSS 17.0. Статистична значущість різниці середніх значень параметрів у групах жінок та чоловіків визначалася за допомогою однофакторного аналізу ANOVA. Дані кореляційного аналізу у таблицях наведені в стовпчик у такому порядку: коефіцієнт кореляції Спірмена, значущість коефіцієнту кореляції.

### Результати дослідження та їх обговорення

Середні величини антропометричних вимірів та електронейроміографічних показників у спортсменів обох статей наведені у табл. 1–2.

Визначення кореляції параметрів проводили окремо у групах чоловіків та жінок. У чоловіків не виявлено кореляції параметрів Н-рефлексометрії з віком, у жінок показана негативна кореляція між віком і порогоми виникнення Н- та М-відповідей з правого боку тіла, а також позитивна кореляція між віком і співвідношенням порогів виникнення Н- та М-відповідей з обох боків тіла. Маса тіла у жінок також позитивно корелювала з  $P_H/P_M$  з правого боку тіла (табл. 3).

Таблиця 1

**Антропометричні характеристики жінок та чоловіків,  
що спеціалізуються у греблі**

Антропометричні показники	Жінки	Чоловіки
Вік, роки	21,3±0,6 (19–28)	20,9±0,5 (18–29)
Зріст, см	169,7±1,5* (156–178)	183,8±1,1 (175–192)
Маса тіла, кг	65,1±1,5* (52–73)	84,4±1,3 (73–100)
ІМТ	22,6±0,3* (20,3–25,1)	25,0±0,3 (21,2–27,8)

*Примітка:* \* – статистична значущість різниці середніх значень параметрів у групах жінок та чоловіків  $p < 0,05$ .

Зріст, маса тіла та ІМТ у чоловіків та жінок позитивно корелювали з величинами порогів виникнення Н-відповідей та М-відповідей з різних боків тіла. У чоловіків відмічена також позитивна кореляція маси та співвідношення максимальних амплітуд Н- та М-відповідей, а у жінок – негативна кореляція маси і амплітуди Н-відповіді, а також зросту і амплітуди М-відповіді з правого боку тіла (табл. 3).

Вік у чоловіків позитивно корелював з ШПІ по проксимальних моторних та сенсорних волокнах, а зріст – з ШПІ по дистальних сенсорних волокнах *n. medianus* з лівого боку тіла, при цьому ІМТ негативно корелює з останнім показником ШПІ (табл. 4).

До того ж, з підвищенням віку у чоловіків зменшується резидуальна латентність *n. medianus*. У жінок не відмічається кореляції антропометричних параметрів з ШПІ по нервах верхніх кінцівок, як у чоловіків, але показана негативна кореляція зросту, маси тіла та ІМТ з ШПІ по моторних волокнах *n. tibialis* нижніх кінцівок. Виявлена позитивна кореляція Коеф<sub>прокс мот/сенс</sub> (відношення ШПІ по моторних волокнах до ШПІ по сенсорних волокнах *n. medianus* на проксимальній ділянці) з віком у жінок та зростом у чоловіків, а також негативна кореляція Коеф<sub>сенс прокс/дист</sub> (відношення ШПІ на проксимальній та дистальній ділянках по сенсорних волокнах *n. medianus*) зі зростом у чоловіків та масою тіла у жінок. Як у жінок, так і у чоловіків відмічається негативна кореляція амплітуд моторних та сенсорних відповідей *n. medianus* з віком, а у чоловіків – також з масою тіла.

Аналіз результатів дослідження показав, що антропометричні параметри в групах жінок та чоловіків мали статистично значущі відмінності. Позитивна кореляція маси тіла та ІМТ, а також зросту і маси тіла як у жінок, так і у чоловіків дозволяє припустити, що обстежені особи мали пропорційну будову тіла та подібний його склад.

Таблиця 2

Електронейроіографічні показники жінок та чоловіків,  
що спеціалізуються у греблі

Показники	Жінки	Чоловіки
<b>Параметри Н-рефлексометрії</b>		
Поріг виникнення Н-відповіді правої кінцівки, мА	7,7±0,7	6,3±0,5
Поріг виникнення Н-відповіді лівої кінцівки, мА	8,5±1,1*	5,9±0,5
Амплітуда Н-відповіді правої кінцівки, мВ	5,5±0,7	6,5±0,6
Амплітуда Н-відповіді лівої кінцівки, мВ	5,8±0,7*	7,0±0,6
Поріг виникнення М-відповіді правої кінцівки, мА	10,0±0,8	9,6±0,9
Поріг виникнення М-відповіді лівої кінцівки, мА	10,0±1,0	8,7±0,8
Амплітуда М-відповіді правої кінцівки, мВ	9,7±0,9	11,5±0,7
Амплітуда М-відповіді лівої кінцівки, мВ	9,7±0,8	11,4±0,8
<b>Показники швидкості проведення нервового імпульсу і амплітуд моторних та сенсорних відповідей n. medianus</b>		
Швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах n. medianus на проксимальній ділянці правої верхньої кінцівки (м/с)	56,3±1,1	55,9±0,7
Швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах n. medianus на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (м/с)	55,5±1,1	57,0±0,9
Швидкість проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах n. medianus на проксимальній ділянці правої верхньої кінцівки (м/с)	59,8±2,0	61,4±0,7
Швидкість проведення нервового імпульсу по сенсорних волокнах n. medianus на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (м/с)	61,2±1,2	61,2±0,9
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон n. medianus на проксимальній ділянці правої верхньої кінцівки (мВ)	7,9±0,5	6,9±0,5
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію моторних волокон n. medianus на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (мВ)	6,4±0,7	6,6±0,5
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон n. medianus на проксимальній ділянці правої верхньої кінцівки (мВ)	33,5±3,9*	20,6±1,8
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон n. medianus на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (мВ)	39,9±5,7*	23,6±3,1

Примітка: \* – статистична значущість різниці середніх значень параметрів у групах жінок та чоловіків  $p < 0,05$ .

Таблиця 3

**Показники кореляції антропометричних характеристик та параметрів  
Н-рефлексометрії**

Параметри	Стать	Вік	Зріст	Маса тіла	ІМТ
Поріг виникнення Н-відповіді правої кінцівки	Ж	-0,522* 0,046	0,667** 0,009		
	Ч		0,500* 0,011		
Поріг виникнення Н-відповіді лівої кінцівки	Ж		0,586* 0,045		
	Ч				0,413* 0,045
Амплітуда Н-відповіді правої кінцівки	Ж			-0,598* 0,040	
	Ч				
Поріг виникнення М-відповіді правої кінцівки	Ж	0,815** 0,000			
	Ч			0,498* 0,013	
Поріг виникнення М-відповіді лівої кінцівки	Ж		0,715** 0,006	0,618* 0,024	
	Ч			0,570** 0,004	0,578** 0,003
Амплітуда М-відповіді правої кінцівки	Ж		-0,628* 0,016		
	Ч				
Співвідношення порогів Н- і М-відповідей правої кінцівки	Ж	0,639* 0,014		0,604* 0,029	
	Ч				
Співвідношення порогів Н- і М-відповідей лівої кінцівки	Ж	0,590* 0,034			
	Ч				
Співвідношення амплітуд максимальних Н- і М-відповідей правої кінцівки	Ж				
	Ч				0,531* 0,011

Примітки: \* p<0,05, \*\* p<0,01.



Таблиця 4

**Показники кореляції антропометричних параметрів та величин і коефіцієнтів ШП і амплітуд моторних та сенсорних відповідей *n. medianus* у жінок та чоловіків**

Параметри	Вік	Зріст	Маса тіла	ІМТ
1	2	3	4	5
<b>Жінки</b>				
Швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах <i>n. tibialis</i> правої кінцівки			-0,733** 0,003	-0,607* 0,021
Швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах <i>n. tibialis</i> лівої кінцівки		-0,594* 0,25		
Відношення швидкості проведення нервового імпульсу по моторних волокнах до швидкості проведення імпульсу по сенсорних волокнах <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці правої верхньої кінцівки	0,525* 0,044			
Відношення швидкості проведення нервового імпульсу по проксимальній та дистальній ділянках по сенсорних волокнах <i>n. medianus</i> лівої верхньої кінцівки			-0,556* 0,048	
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон <i>n. medianus</i> на дистальній ділянці правої верхньої кінцівки (мВ)	-0,642** 0,010			
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (мВ)	-0,554* 0,032			
<b>Чоловіки</b>				
Швидкість проведення нервового імпульсу по моторних волокнах <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці лівої кінцівки	0,403* 0,046			
Швидкість проведення нервового імпульсу по сенсорним волокнах <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці лівої кінцівки	0,459* 0,024			
Швидкість проведення нервового імпульсу по сенсорним волокнах <i>n. medianus</i> на дистальній ділянці лівої кінцівки		0,464* 0,020		-0,519** 0,008
Резидуальна латентність <i>n. medianus</i> правої верхньої кінцівки	-0,427* 0,033			

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5
Резидуальна латентність <i>n. medianus</i> лівої верхньої кінцівки	-0,407* 0,043			
Відношення швидкості проведення нервового імпульсу по моторних волокнах до швидкості проведення імпульсу по сенсорних волокнах <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки		0,563** 0,004		
Відношення швидкості проведення нервового імпульсу на проксимальній та дистальній ділянках по сенсорних волокнах <i>n. medianus</i> правої кінцівки		-0,425* 0,038		
Відношення швидкості проведення нервового імпульсу на проксимальній та дистальній ділянках по сенсорних волокнах <i>n. medianus</i> лівої кінцівки		-0,556** 0,005		
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон <i>n. medianus</i> на проксимальній ділянці лівої верхньої кінцівки (мВ)	-0,417* 0,045			
Амплітуда м'язових відповідей на стимуляцію сенсорних волокон <i>n. medianus</i> на дистальній ділянці лівої верхньої кінцівки (мВ)			-0,429* 0,032	

Примітки: статистична значущість кореляції \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ .

Параметр віку не показав кореляції з антропометричними складовими, що може свідчити про те, що досліджувані особи практично досягли максимальних для дорослих довжини і маси тіла.

В групі жінок виявлена кореляція між віком і параметрами Н-рефлексометрії, а саме, негативна кореляція між віком та порогами Н- та М-відповідей. Однак, в групі чоловіків подібної кореляції не спостерігається. Потрібно відмітити, що збільшення віку з 18 до 29 років у кваліфікованих спортсменів супроводжується підвищенням рівня адаптації до фізичного навантаження. Відомо, що в процесі фізичних тренувань однакової спрямованості спостерігаються гендерні відмінності адаптації; для жінок, наприклад, є характерним менший ступінь гіпертрофії м'язів, ніж для чоловіків, і у той же час більша вираженість адаптаційних реакцій нервової системи [9].

Зріст, маса тіла та ІМТ у чоловіків та жінок мають однаковий (позитивний) напрямок кореляції з величинами порогів виникнення Н- та М-відповідей. Вищі порогові значення Н- та М-відповідей у більших за зросто-масовими показниками осіб можуть бути пов'язаними з більшою товщиною підшкірної жи-

рової тканини або м'язово-сухожилкового прошарку у точці стимуляції нерву, що призводить до збільшення електричного опору.

Позитивна кореляція у чоловіків значень ШПІ по *n. medianus* з віком може бути ознакою успішної адаптації нервово-м'язового апарату верхньої кінцівки до рухового акту, специфічного для спортсмена-гребця. Потрібно відмітити, що зменшення резидуальної латентності *n. medianus* з віком у чоловіків характеризує збільшення ШПІ по дистальних моторних волокнах. У дослідженнях інших авторів виявлено зменшення ШПІ по моторних волокнах *n. medianus* у старших осіб, але це стосується тільки вікової групи 50–59 років, при цьому у осіб віком 20–49 років величини ШПІ не змінювалися [10]. Зміни значень коефіцієнтів ШПІ свідчать про відносне збільшення ШПІ на проксимальній ділянці моторних волокон *n. medianus* з віком у жінок (що можна вважати проявом специфічної адаптації до фізичного навантаження) та зі зростом у чоловіків. При цьому збільшення зросту у чоловіків та маси тіла у жінок супроводжується відносним збільшенням ШПІ на дистальній ділянці сенсорних волокон *n. medianus*, що може слугувати пристосуванням сенсорної нервової системи до збільшення розмірів тіла. Відмічається негативна кореляція амплітуд моторних та сенсорних відповідей для *n. medianus* з віком у жінок і у чоловіків (у останніх – також з масою тіла). Такі результати узгоджуються з даними досліджень, за якими було виявлено негативну кореляцію між амплітудами моторних та сенсорних відповідей для *n. medianus* та індексом маси тіла [11].

Різна спрямованість кореляції АМ та ЕНМГ-параметрів у чоловіків та жінок доповнює дані наших попередніх досліджень, у яких показано існування певних гендерних особливостей функціонування нервово-м'язового апарату спортсменів-біатлоністів, які, з одного боку, є генетично та гормонально зумовленими, а з іншого, пов'язані з різним проявом адаптаційних реакцій нервової та м'язової систем до фізичного навантаження [12].

Отже, отримані результати показали наявність кореляції антропометричних та електронейроміографічних параметрів у чоловічих та жіночих групах осіб, тренуваних до фізичного навантаження, що підтверджує важливість комплексної оцінки фізичного розвитку людини за допомогою як АМ, так і ЕНМГ-методів. Отримані дані щодо різних проявів кореляції АМ та ЕНМГ-параметрів у чоловіків та жінок свідчать про значущість гендерного фактору при проведенні оцінки функціонального стану нервово-м'язового апарату.

### Висновки

1. У кваліфікованих спортсменів циклічних видів спорту, що спеціалізуються у греблі на байдарках та каное, виявлена позитивна кореляція значень швидкості проведення нервового імпульсу по моторних волокнах *n. medianus* з віком у чоловіків, а також негативна кореляція амплітуд моторних та сенсорних відповідей для *n. medianus* з віком у жінок.

2. У групах жінок та чоловіків спостерігається як односпрямована, так і різ-

носпрямована кореляція для різних антропометричних та електронейроміографічних параметрів: довжина, маса тіла та індекс маси тіла мають позитивний напрямок кореляції з величинами порогів виникнення Н- та М-відповідей; в групі жінок виявлена негативна кореляція між віком та порогоми Н- та М-відповідей.

Стаття надійшла до редакції 15.08.2018

### Список використаної літератури

1. Андриянова Е. Ю. Механизмы двигательной пластичности спинномозговых нервных цепей на фоне долговременной адаптации к спортивной деятельности / Е. Ю. Андриянова, О. В. Ланская // Физиология человека. – 2014. – Vol. 40, № 3. – P. 73–85.
2. Бадалян Л. О. Клиническая электромиография / Л. О. Бадалян, И. А. Скворцов. – М: Медицина, 1986. – 368 с.
3. Васильев Ю. Г. Гомеостаз и пластичность мозга / Ю. Г. Васильев, Д. С. Берестов. – Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. – 216 с.
4. Железняк Ю. Д. Теория и методика обучения предмету «Физическая культура»: учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / Ю. Д. Железняк, В. М. Минбулатов. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
5. Команцев В. Н. Методические основы клинической электронейромиографии. Руководство для врачей / В. Н. Команцев, Заболотных В.А. – СПб: Лань, 2001. – 349 с.
6. Куртова Г. Ю. Дослідження способу життя та стану здоров'я студентів факультету фізичного виховання / Г. Ю. Куртова // Проблеми фізичного виховання і спорту. – 2011. – № 4 – С. 101–103.
7. Пастухова В. Дослідження антропометричних даних спортсменів-легкоатлетів на різних етапах підготовки / В. Пастухова // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2015. – № 1. – С. 121–125.
8. Рубіс К. М. Оцінка рівня фізичного розвитку студенток факультету фізичного виховання ЧНПУ у процесі занять спортивною боротьбою / К. М. Рубіс // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер.: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – 2014. – Вип. 118(2). – С. 200–203.
9. Уилмор Д. Х. Физиология спорта: учебник: Пер. с англ. / Д. Х. Уилмор, Д. Л. Костилл. – К.: Олимпийская литература, 2001. – 503 с.
10. Awang M. S. Nerve conduction study of healthy Asian Malays: the influence of age on median, ulnar, and sural nerves / M. S. Awang, J. M. Abdullah, M. R. Abdullah, A. Tahir, J. Tharakan, A. Prasad, S. A. Razak // Med. Sci. Monit. – 2007. – Vol. 13, № 7. – P. CR330-2.
11. Buschbacher R. M. Body mass index effect on common nerve conduction study measurements / R. M. Buschbacher // Muscle Nerve. – 1998. – Vol. 21, № 11. – P. 1398–1404.
12. Dornowski M. Gender and age-related peculiarities of the H-reflex indices in sportsmen / M. Dornowski, Ye. V. Kolosova, A. V. Gorkovenko // Neurophysiology. – 2017. – Vol. 49, № 6. – P. 458–461.
13. Huang C.-R. Effects of Age, Gender, Height, and Weight on Late Responses and Nerve Conduction Study Parameters / C.-R. Huang, W.-N. Chang, H.-W. Chang, N.-W. Tsai, C.-H. Lu // Acta Neurol Taiwan. – 2009. – Vol. 18. – P. 242–249.
14. Palve S. S. Impact of Aging on Nerve Conduction Velocities and Late Responses in Healthy Individuals / S. S. Palve, S. B. Palve // J. Neurosci. Rural. Pract. – 2018. – Vol. 9, № 1. – P. 112–116.
15. Senthilkumari K. R. A study on median nerve conduction velocity in different age groups / K. R. Senthilkumari, K. Umamaheswari, M. Bhaskaran // Int. J. Res. Med. Sci. – 2015. – Vol. 3. – P. 3313–3327.

16. Stetson D. S. Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures / D. S. Stetson, J. W. Albers, B. A. Silverstein, R. A. Wolfe // *Muscle and Nerve*. – 1992. – Vol. 15, № 10. – P. 1095–1104.
17. Tahayori B. Activity-dependent plasticity of spinal circuits in the developing and mature spinal cord / B. Tahayori, D. M. Koceja // *Neural Plasticity*. – 2012. – 964843. Online journal: <http://www.hindawi.com/journals/np/2012/964843/>
18. Wolpaw J. R. Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease / J. R. Wolpaw, A. M. Tennissen // *Annu Rev. Neurosci.* – 2001. – Vol. 24. – P. 807–843.

**Е. В. Колосова, Т. А. Халявка**

Научно-исследовательский институт Национального университета физического воспитания и спорта Украины, лаборатория теории и методики спортивной подготовки и резервных возможностей спортсменов, Киев, Украина, ул. Физкультуры, 1, Киев-150, Украина, 03150, e-mail: olena\_kolos@ukr.net

**КОРРЕЛЯЦИЯ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ  
И ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
У ЛЮДЕЙ, ТРЕНИРОВАННЫХ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ**

**Резюме**

**Введение.** Известно, что результаты соревнований спортсменов зависят от их антропометрических показателей. Однако понятие физического развития включает как набор антропометрических показателей, так и параметры функционального состояния систем организма, которые обеспечивают двигательную активность. В то же время большинство публикаций, посвященных изучению корреляции антропометрических (АМ) и электронейромиографических (ЭНМГ) показателей, относится к здоровым нетренированным людям.

**Цель.** Определение антропометрических и электронейромиографических показателей и выявление корреляции между ними среди взрослых людей с высоким уровнем адаптации к физической нагрузке.

**Методы.** В исследовании приняли участие спортсмены-ребцы (15 женщин и 25 мужчин) в возрасте от 18 до 29 лет. Использовался метод Н-рефлексометрии и стимуляционной электромиографии. Получены параметры Н-рефлексометрии, показатели скоростей проведения импульса по моторным волокнам большеберцового нерва (*n. tibialis*) и по моторным и сенсорным волокнам срединного нерва (*n. medianus*), а также амплитуды моторных и сенсорных ответов для *n. medianus*. Стимуляция нервов и регистрация ЭМГ-сигналов проводились с использованием нейродиагностического комплекса (Nicolet Viking Select). Были также оценены антропометрические индексы (АМ), а именно длина, масса тела и индекс массы тела.

**Результаты.** Обнаружено, что некоторые антропометрические и электронейромиографические показатели имеют статистически значимую корреляцию, что свидетельствует о специфических адаптационных реакциях нервно-мышечно-

го аппарата гребцов к физической нагрузке. Выявлено, что корреляция АМ и ЭНМГ-параметров проявлялась по-разному в группах мужчин и женщин. Это может быть связано с гендерными различиями адаптационных реакций нервно-мышечной системы под влиянием физической тренировки.

**Выводы.** Полученные данные подтверждают важность комплексной оценки физического развития человека с использованием как антропометрических, так и ЭНМГ-методов, а также значимость гендерного фактора при оценке функционального состояния нервно-мышечного аппарата.

**Ключевые слова:** электронейромиография; Н-рефлекс; скорость проведения нервного импульса; антропометрические показатели; спортсмены; гребля.

**E. V. Kolosova, T. A. Khalyavka**

Scientific Research Institute, National University of Physical Education and Sport, Kyiv, Ukraine, Phone: +38 (067) 755-48-14, e-mail: olena\_kolos@ukr.net

## **CORRELATION BETWEEN ANTHROPOMETRIC AND ELECTROMYOGRAPHIC INDICES IN PHYSICALLY TRAINED PEOPLE**

### **Abstract**

**Introduction.** It is known that the results of competitions of athletes are influenced by their anthropometric indices. However, the concept of physical development includes both a set of anthropometric indicators and parameters of the functional state of the body systems that provide motor activity. At the same time the majority of publications devoted to the study of the correlation between anthropometric and electromyographic indices relates to healthy untrained people.

**Purpose.** The objective of the study was to determine anthropometric and electromyographic indices and reveal the correlation between them among adult people, trained to physical exercise.

**Methods.** Forty qualified athletes-rowers, 18–29 years of age (15 females and 25 males), took part in the said EMG-study. The method of H-reflex and stimulation electromyography was used. H-reflex indices, tibial and median nerve conduction velocities and median motor and sensory amplitudes were obtained. Stimulation of nerves and registration of EMG-signals were performed with application of neurodiagnostic complex (Nicolet Viking Select). Anthropometric (AM) indices, namely height, body mass and body mass index were also evaluated.

**Results.** It was found that some anthropometric and electromyographic indices had significant correlation. This might be the evidence of specific adaptative reactions of neuromuscular apparatus of rowers to physical activity. Correlation of AM and EMG indices was manifested in different way in male and female groups. This might be due to gender differences in adaptative reactions of neuromuscular system during physical training.

**Conclusion.** The obtained data confirm the importance of an integrated assessment of human physical development with application of both anthropometric and EMG

methods and also the significance of the gender factor in the evaluation of the functional state of the neuromuscular apparatus.

**Keywords:** electromyography, H-reflex, nerve conduction velocity, anthropometric indices, athletes, rowing.

## References

1. Andriyanova E. Y. (2014) "Mechanisms of motor plasticity of spinal neuronal chains against the background of long-lasting adaptation to sports activities" ["Mehanizmy dvigatelnoi plastichnosti spinnomozgovykh nervnykh cepej na fone dolgovremennoj adaptacii k sportivnoj deyatelnosti"], *Fiziologiya cheloveka*, No 40, 3, pp 73–85.
2. Badalian L. O., Skvortsov I. A. (1986) "Clinical electromyography" ["Klinicheskaja elektromiografija"], M: Meditsina, 368 p.
3. Vasilyev Yu. G., Brestov D. S. (2011) "Homeostasis and Brain Plasticity" ["Gomeostaz i plastichnost mozga"], Izhevsk:FGBOU VPO Izhevskaya GSHA, 216 p.
4. Zheleznyak Ju. D. (2008) "Theory and methods of teaching the subject «Physical Culture» ["Teorija i metodika obuchenija predmetu «Fizicheskaja kultura»"], M.: Akademija, 272 p.
5. Komantsev V. N., Zabolotnyh V.A. (2001) "Methodical bases of clinical electromyography. Guidance for doctors" ["Metodycheskie osnovy klynycheskoj elektronejromyografii. Rukovodstvo dlja vrachej"], Saint Petersburg: Lan, 349 p.
6. Kurtova G. Ju. (2011) "Study of the lifestyle and health of students of the Faculty of Physical Education" ["Doslidzhennja sposobu zhyttja ta stanu zdorov'ja studentiv fakul'tetu fizychnogo vyhovannja"] *Problemy fizychnogo vyhovannja i sportu*, No 4, pp 101–103.
7. Pastuhova V. (2015) "Investigation of anthropometric data of athletes at different stages of training" ["Doslidzhennja antropometrychnykh danyh sportsmeniv-legkoatletiv na riznyh etapah pidgotovky"], *Teorija i metodyka fizychnogo vyhovannja i sportu*, No 1, pp 121–125.
8. Rubis K. M. (2014) "Assessment of the physical development of students of the Faculty of Physical Education of the ChNPU in the process of sports training" ["Ocinka rivnja fizychnogo rozvytku studentok fakultetu fizychnogo vyhovannja ChNPU u procesi zanjat sportyvnoju borotboju"], *Visnyk Chernigivs'kogo nacional'nogo pedagogichnogo universytetu. Ser.: Pedagogichni nauky. Fizyчне vyhovannja ta sport*, No 118, 2, pp 200–203.
9. Wilmore J. & Kostill D. (2001) "Sports physiology" ["Fiziologija sporta"], Kyiv: Olimpijskaia literatura, 503 p.
10. Awang M. S., Abdullah J. M., Abdullah M. R., Tahir A., Tharakan J., Prasad A., Razak S. A (2007) "Nerve conduction study of healthy Asian Malays: the influence of age on median, ulnar, and sural nerves", *Med. Sci. Monit.*, No 13, 7, pp 330–332.
11. Buschbacher R. M. (1998) "Body mass index effect on common nerve conduction study measurements", *Muscle Nerve*, No 21, 11, pp 1398–1404.
12. Dornowski M., Kolosova Ye. V., Gorkovenko A. V. (2017) "Gender and age-related peculiarities of the H-reflex indices in sportsmen", *Neurophysiology*, No 49, 6, pp 458–461.
13. Huang C.-R., Chang W.-N., Chang H.-W., Tsai N.-W., Lu C.-H (2009) "Effects of Age, Gender, Height, and Weight on Late Responses and Nerve Conduction Study Parameters", *Acta Neurol Taiwan*, No 18, pp. 242–249.
14. Palve S. S., Palve S. B. (2018) "Impact of Aging on Nerve Conduction Velocities and Late Responses in Healthy Individuals", *J. Neurosci. Rural. Pract.*, No 9, 1, pp 112–116.
15. Senthilkumari K. R., Umamaheswari K., Bhaskaran M. (2015) "A study on median nerve conduction velocity in different age groups", *Res. Med. Sci.*, No 3, pp. 3313–3327.
16. Stetson D. S., Albers J. W., Silverstein B. A., Wolfe R. A. (1992) "Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures", *Muscle and Nerve*, No 15, 10, 1095–1104.
17. Tahayori B., Koceja D. M. (2012) "Activity-dependent plasticity of spinal circuits in the developing



- and mature spinal cord”, *Neural Plasticity*, 964843. Online journal: <http://www.hindawi.com/journals/np/2012/964843/>
18. Wolpaw J. R., Tennissen A. M. (2001) “Activity-dependent spinal cord plasticity in health and disease”, *Annu Rev. Neurosci.*, No 24, pp. 807–843.

**Г. В. Коробейніков<sup>1</sup>**, д.б.н., професор, завідувач кафедри

**Л. Г. Коробейнікова<sup>1</sup>**, д.б.н., професор

**В. С. Міщенко<sup>1</sup>**, к.б.н., викладач

**Н. В. Харковлюк-Балакіна<sup>1</sup>**, к.б.н., старший викладач

**О. О. Іващенко<sup>2</sup>**, к.фіз.вих., доцент

**О. К. Дудник<sup>2</sup>**, к.б.н., доцент

<sup>1</sup>Національний університет фізичного виховання і спорту України, кафедра біомеханіки та спортивної метрології,

вул. Фізкультури, 1, Київ-150, 03150, Україна, e-mail: k.george.65@gmail.com,

<sup>2</sup>Білоцерківський національний аграрний університет,

пл. Соборна, 8/1, Біла Церква, Київська обл., 09100, Україна

## **ОЦІНКА ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ У БОРЦІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ В УМОВАХ ТРЕНУВАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЗА НЕЙРОДИНАМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

У висококваліфікованих борців із підвищеним рівнем функціональної рухливості нервових процесів вища швидкість переробки зовнішньої інформації та здатність до оволодіння руховими навиками. Підвищення рівня функціональної рухливості нервових процесів здійснюється завдяки виконанню швидких, спонтанних, але необдуманих рішень, а зниження рівня компенсується покращенням якості рефлекторного реагування завдяки здійсненню більш обережних і точних рухових дій.

**Ключові слова:** психофізіологічний стан; нейродинамічні характеристики; тренувальні навантаження; борці високої кваліфікації.

Відомо, що ефективність спортивної діяльності та досягнення високого спортивного результату залежить, з одного боку, від обдарованості і здібностей спортсмена [5], а з іншого – від фізіологічних особливостей функціонального стану спортсмена [7, 8]. З огляду на перераховані фактори можна стверджувати про схильність людини до того чи іншого виду спортивної діяльності. Водночас, з психофізіологічної точки зору схильність спортсмена розглядається на різних рівнях організації: нейродинамічному (відображає функціональні особливості нервової системи, які складають основу темпераменту і деяких інших здібностей), психічному (відображає процеси пам'яті, сприйняття, уваги, мислення, відчуття) та особистісному (індивідуальні поведінкові реакції, які проявляються під час спортивної діяльності при вирішенні поставленої задачі) [1, 5].

Відповідно, психофізіологічні характеристики в спорті невід'ємно пов'язані

ні із індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності людини (нейродинамічними характеристиками), які відображаються у поведінкових реакціях при тренувальній та змагальній діяльності, а також в індивідуальних стилях діяльності [3, 4].

Отже, визначення нейродинамічних характеристик вищої нервової діяльності та врахування даних особливостей у динаміці тренувальної діяльності дозволить оптимізувати процес підготовки спортсменів для досягнення та реалізації високого спортивного результату.

Фізіологічна складова нейродинамічних характеристик відображає функціонування вищої нервової системи, а саме: сила/слабкість нервової системи, рухливість/інертність нервових процесів, врівноваженість (баланс процесів збудження та гальмування, що відбуваються в нервовій системі) чи неврівноваженість (переважання процесів збудження або гальмування) [3].

Психічна складова нейродинамічних характеристик реалізується завдяки генерації поведінкових реакцій у відповідь на будь-який вплив ззовні або зсередини й значною мірою залежить від типу темпераменту людини (зумовленого діяльністю вищої нервової системи) та стану нервової системи (ригідність / пластичність нервових процесів, екстраверсія / інтроверсія, високий / низький рівень тривожності, стан емоційного збудження / гальмування та ін.) [3].

При дослідженні центральної нервової системи Павловим І. П. [10, 12], Небиліциним В. Д. [3, 11], Лизогубом В. С. [3, 7], Тепловим Б. М. [3], Макаренком М. В. [3, 8], Макаrchуком М. Ю. [9; 10] та іншими вченими було доведено, що основні нейродинамічні властивості нервових процесів переважно є генетично детермінованими [11, 12], але можуть змінюватися в залежності від стану організму людини, а отже, є надійними критеріями дослідження психофізіологічного стану.

**Мета роботи** – визначити за нейродинамічними характеристиками психофізіологічний стан у борців високої кваліфікації в умовах тренувальних навантажень під час макроциклу.

#### **Матеріали і методи дослідження**

Для визначення прояву нейродинамічних особливостей психофізіологічного стану використали тест «Функціональна рухливість нервових процесів», який відноситься до апаратно-програмного комп'ютерного комплексу «Мультитсихометр-05» [14] та призначений для визначення функціональної рухливості нервових процесів у динаміці макроциклу.

В обстеженнях взяли участь 27 чоловіків – спортсменів високої кваліфікації, членів збірних команд України у віці 19–28 років, які мають стаж занять спортом від 8 років і більше (МС, МСМК та ЗМС). За результатами дослідження усіх спортсменів було розподілено на 2 групи за показником граничної швидкості переробки інформації, який обернено відображає функціональну рухливість нервових процесів: I група – 16 спортсменів із зниженим рівнем

функціональної рухливості нервових процесів (410–530 мс), II група – 11 спортсменів з підвищеним рівнем функціональної рухливості нервових процесів (230–350 мс) [6].

Статистичний аналіз отриманих результатів відбувався за допомогою використання пакета стандартної комп'ютерної програми математичної статистики STATISTICA-10.0, компанії StatSoft з визначенням основних статистичних показників. Розподіл спортсменів на дві групи проводили за допомогою методу кластерного аналізу. Оскільки групи не підлягали нормальному розподілу за критерієм Шапіро-Вілка, визначали показники непараметричного розподілу медіани (Me), верхній та нижній квартилі, застосовували непараметричний метод U-критерій Манна-Уїтні [2, 13]. Рівень значущості результатів – 95 % ( $p < 0,05$ ).

### Результати дослідження та їх обговорення

У борців обох груп виявлено достовірні відмінності ( $p < 0,05$ ) за показниками пропускної здатності (рис. 1) і граничної швидкості переробки інформації (рис. 2) в процесі тренувального макроциклу.

Отримані результати вказують на те, що у спортсменів II групи достовірно менший показник граничної швидкості переробки інформації (рис. 2) та вищий показник пропускної здатності (рис. 1), порівняно зі спортсменами I групи ( $p < 0,05$ ), що вказує на більшу рухливість нервових процесів. Даний факт свідчить про більшу швидкість переробки зовнішньої інформації у спортсменів II групи.

Швидкість оволодіння навиками виконання нового завдання (показник динамічність) висока в обох групах спортсменів (у I групі – 68,8–74 %, в II групі

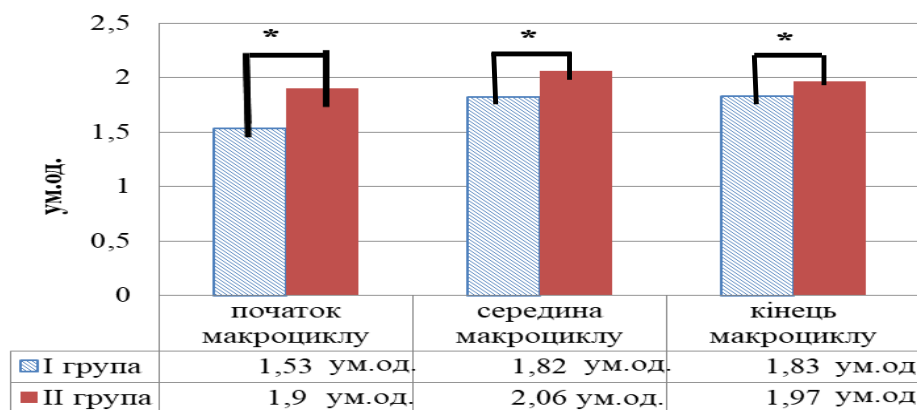


Рис. 1. Динаміка показника «Пропускна здатність» у борців високої кваліфікації з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів в умовах тренувальних навантажень:  $p < 0,05$  між I та II групами

– 75–79 %) в динаміці тренувальних навантажень. Водночас, достовірних відмінностей між групами за даним показником не виявлено. Цей факт відображає високий рівень кваліфікації спортсменів, не дивлячись на різний рівень функціональної рухливості нервових процесів.

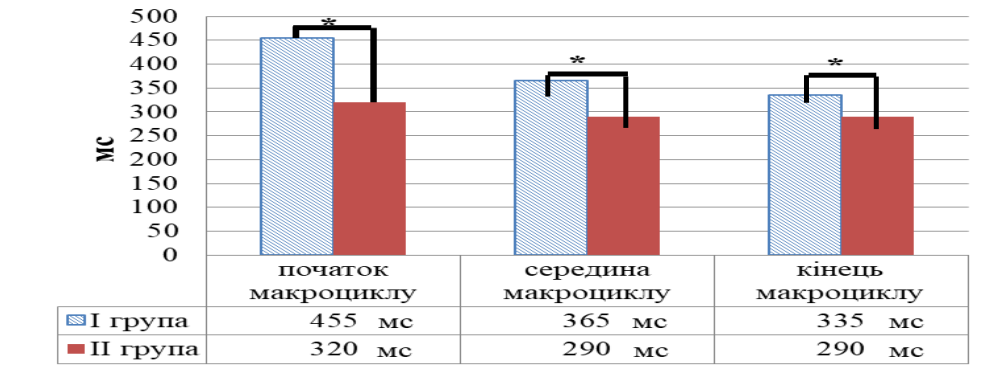


Рис. 2. Динаміка показнику «Гранична швидкість переробки інформації» у борців високої кваліфікації з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів в умовах тренувальних навантажень:

\* –  $p < 0,05$  між I та II групами

Однак, у спортсменів II групи даний показник має тенденцію до більш високих значень (рис. 3). Крім того, динаміка показника динамічності має різний характер в обох групах. Так, у I групі борців швидкість оволодіння навиками виконання нового завдання найвища в середині макроциклу, коли відбувається активне формування динамічних стереотипів, і поступово знижується наприкінці макроциклу, період якого характеризується вдосконаленням техніко-тактичних навичок. Натомість, у борців II групи спостерігається висока швидкість оволодіння навиками виконання нового завдання на початку (переважають загальні та спеціальні навантаження) і наприкінці (відбувається вдосконалення техніко-тактичних навичок) тренувального макроциклу. Під час формування динамічних стереотипів в середині макроциклу, коли змінюється характер навантажень, в II групі спортсменів спостерігається зниження показника динамічності, що може бути пов'язаним зі значним підвищенням показника імпульсивності-рефлексивності у бік імпульсивності.

Борці I групи, зі зниженим рівнем функціональної рухливості нервових процесів, мають тенденцію до зміщення сенсомоторного реагування у бік зниження швидкості (імпульсивності) та покращення якості реагування (рефлексивності) за рахунок здійснення більш обережних і точних рухових дій на початку та в кінці тренувального макроциклу, порівняно з II групою. Це свідчить про реалізацію адаптаційних механізмів під час спортивних навантажень, які активуються для компенсації уповільнення рухливості нервових процесів (рис. 4).

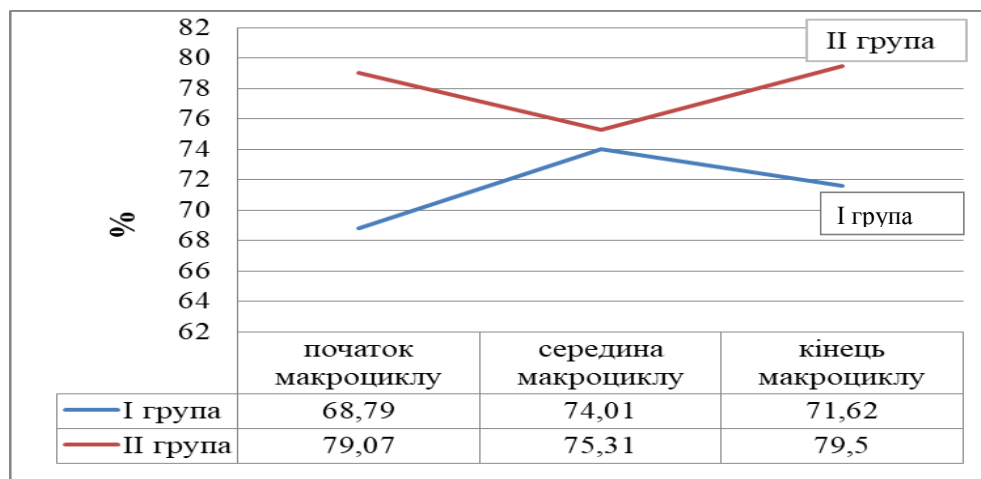


Рис. 3. Динаміка показника «Динамічність» у борців високої кваліфікації з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів в умовах тренувальних навантажень

Водночас, у спортсменів II групи, з підвищеним рівнем функціональної рухливості нервових процесів, виявлено тенденцію до більш високих значень показнику імпульсивність-рефлексивність з переважанням у бік імпульсивності. Даний факт свідчить про те, що борці даної групи виконують швидкі, спонтанні дії, які відбуваються за рахунок недостатньо обдуманих рішень і моторних реакцій в умовах інформаційного навантаження під час тренувальних навантажень – адаптивний темповий формат (рис. 4).

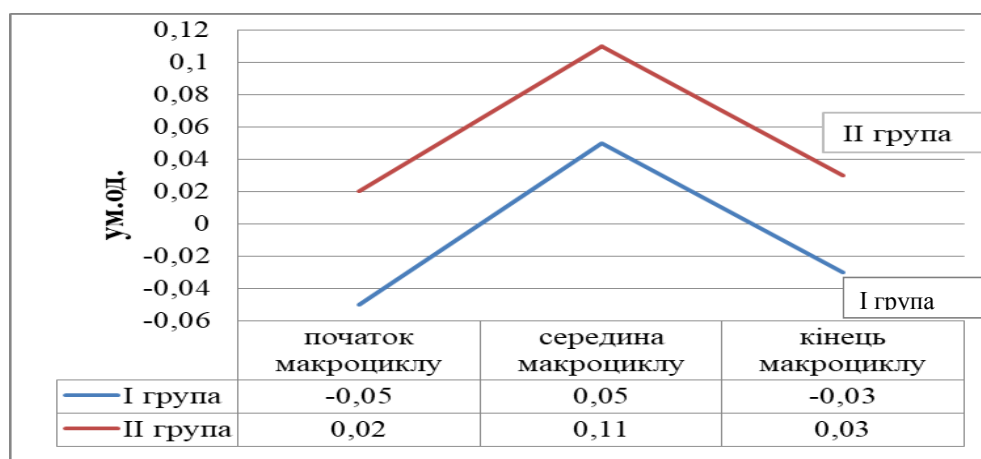


Рис. 4. Динаміка показника «Імпульсивність-рефлексивність» у борців високої кваліфікації з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів в умовах тренувальних навантажень

Разом з тим, борцям обох груп притаманна тенденція до підвищення абсолютних значень показника імпульсивність-рефлексивність у бік імпульсивності в середині тренувального макроциклу, що узгоджується з даними інших досліджень про спортсменів-борців [3]. На нашу думку, даний факт пояснюється тим, що в середині макроциклу відбувається зміна характеру навантажень, формування динамічних стереотипів, у той час як адаптаційні процеси до певних фізичних навантажень ще не завершилися в організмі, що й спричиняє виконання спонтанних дій.

Таким чином, реалізація спортивного потенціалу у спортсменів різних груп відбувається по-різному: I група реалізує свій спортивний потенціал завдяки вищій точності та якості виконання поставлених задач, II група – за рахунок швидких, спонтанних, але необдуманих рішень [6, 10].

### Висновки

1. Спортсмени із підвищеним рівнем функціональної рухливості нервових процесів мають вищу швидкість переробки зовнішньої інформації та здатність до оволодіння руховими навиками на фоні швидких, спонтанних, але необдуманих рішень під час виконання моторного завдання.

2. Виникнення адаптаційно-компенсаторного механізму у спортсменів високої кваліфікації у відповідь на зниження швидкості переробки інформації проявляється у покращенні якості рефлекторного реагування за рахунок здійснення більш обережних і точних рухових дій.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2018

### Список використаної літератури

1. Vaeyens R. Talent identification and development programs in sport / R. Vaeyens // Sport medicine. – 2008. – Vol. 38. – № 9. – P. 703–714.
2. Антомонов М. Ю. Алгоритмизация выбора адекватных математических методов при анализе медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов // Кибернетика и вычислительная техника. – Киев, 2007. – Вып. 153. – С. 12–23.
3. Дакал Н. А. Определение индивидуального стиля деятельности борцов высокой квалификации с учетом психофизиологических характеристик: дис. ... канд. физ. воспитания и спорта: 24.00.01 «Олімпійський та професійний спорт» / Н. А. Дакал. – К., 2016. – 213 с.
4. Ильин А. Б. Оценка личности и соревновательной готовности спортсменов разной специализации и квалификации: на примере циклических, игровых видов и спортивных единоборств: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е. П. Ильин. М, 2002. – 229 с.
5. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека / Е. П. Ильин. – Санкт-Петербург: Питер, 2005. – 412 с.
6. Коробейнікова Л. Г. Розподіл нейродинамічних показників у висококваліфікованих спортсменів за допомогою кластерного аналізу / Л. Г. Коробейнікова, Г. В. Коробейніков, В. С. Міщенко // Вісник Черкаського університету. Серія біологічні науки. – Черкаси, 2016. – Вип. 2. – С. 55–64.
7. Лизогуб В. С. Формирование индивидуально-типологических свойств высшей нервной деятельности в онтогенезе / В. С. Лизогуб // Таврический медико-биологический вестник. – Симферополь, 2000. – Т. 3. – № 3–4. – С. 47–52.

8. Макаренко М. В. Нейродинамічні властивості спортсменів різної кваліфікації та спеціалізації / М. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, О. П. Безкопильний // Актуальні проблеми фізичної культури і спорту: Зб. наук. праць. – К.: ДНДІФКС, 2004. – № 4. – С. 105–110.
9. Макарчук М. Ю. Психофізіологія: навчальний посібник / М. Ю. Макарчук, Т. В. Куценко, В. І. Кравченко, С. А. Данілов. – К.: ООО «Інтерсервіс», 2011. – 329 с.
10. Міщенко В. С. Індивідуальні особливості психофізіологічного стану спортсменів за умови тренувальних навантажень: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня, канд. біол. наук: спец. 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / В. С. Міщенко. – К., 2018. – 20 с.
11. Небылицын В. Д. Избранные психологические труды / В. Д. Небылицын. – М.: Педагогика, 1990. – 408 с.
12. Павлов И. П. Полное собрание сочинений / И. П. Павлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1951. – Т. 3, кн. 2. – 439 с.
13. Реброва О. Ю. Описание процедуры и результатов статистического анализа медицинских данных в научных публикациях / О. Ю. Реброва // Международный журнал медицинской практики. – 2000. – № 4. – С. 43–46.
14. Руководство к аппаратно-программному психодиагностическому комплексу Мультипсихометр-05 / под руководством к.т.н. К. В. Сугоняева. – М., 2008. – Кн.1, 2, 3. – 120 с., 200 с., 200 с.

**Г. В. Коробейников<sup>1</sup>, Л. Г. Коробейникова<sup>1</sup>, В. С. Мищенко<sup>1</sup>,  
Н. В. Харковлюк-Балакина<sup>1</sup>, А. А. Ивашенко<sup>2</sup>, А. К. Дудник<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Национальный университет физического воспитания и спорта Украины,  
кафедра биомеханики и спортивной метрологии,  
ул. Физкультуры, 1, Киев-150, 03150, Украина, e-mail: K.george.65@gmail.com,

<sup>2</sup> Белоцерковский национальный аграрный университет,  
пл. Соборная, 8/1, Белая Церковь, Киевская обл., 09100, Украина

## **ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ У БОРЦОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК ПО НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

### **Резюме**

**Вступление.** Современный спорт требует от спортсмена максимальной реализации всех функциональных резервов для получения высокого спортивного результата. В связи с этим возникает вопрос повышения спортивного результата за счет внутренних резервов организма без вреда для здоровья.

**Цель:** определить и оценить проявления психофизиологического состояния у борцов высокой квалификации в условиях тренировочных нагрузок во время макроцикла по нейродинамическим характеристикам.

**Методы исследования.** Использовали тест «Функциональная подвижность нервных процессов», который относится к аппаратно-программному компьютерному комплексу «Мультипсихометр-05».

**Основные результаты исследования.** Показано, что борцам с разным уровнем функциональной подвижности нервных процессов присущи достоверные раз-



личия по показателям пропускной способности и предельной скорости переработки информации в процессе тренировочного макроцикла. В то же время, высокая скорость овладения навыками выполнения новой задачи в обеих группах спортсменов свидетельствует о высоком уровне их квалификации, несмотря на разный уровень функциональной подвижности нервных процессов.

Борцы с пониженным уровнем функциональной подвижности нервных процессов имеют тенденцию к осуществлению более осторожных и точных действий. Борцы с повышенным уровнем функциональной подвижности нервных процессов имеют тенденцию к осуществлению быстрых, спонтанных действий за счет недостаточно обдуманых решений и моторных реакций во время тренировочных нагрузок.

**Выводы.** Спортсмены с повышенным уровнем функциональной подвижности нервных процессов имеют высокую скорость переработки внешней информации и способность к овладению двигательными навыками.

Возникновение адаптационно-компенсаторного механизма у спортсменов высокой квалификации в ответ на снижение скорости переработки информации проявляется в улучшении качества рефлекторного реагирования за счет осуществления более осторожных и точных двигательных действий.

Выявлено две стратегии реализации спортивного потенциала у спортсменов с различным уровнем функциональной подвижности нервных процессов. Снижение уровня функциональной подвижности нервных процессов компенсируется ростом точности выполнения задач, повышение уровня подвижности нервных процессов характеризуется быстрыми, спонтанными, но необдумаными решениями.

**Ключевые слова:** психофизиологическое состояние; нейродинамические характеристики; тренировочные нагрузки; борцы высокой квалификации.

**G. V. Korobeinikov<sup>1</sup>, L. G. Korobeinikova<sup>1</sup>, V. S. Mishchenko<sup>1</sup>,  
N.V. Kharkovliuk-Balakina<sup>1</sup>, O.O. Ivaschenko<sup>2</sup>, O. K. Dudnik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National University of Physical Education and Sports of Ukraine, Department of Biomechanics and Sports Metrology,  
Physical Education str., 1, Kyiv-150, 03150, Ukraine, e-mail: K.george.65@gmail.com,

<sup>2</sup>Bila Tserkva National Agrarian University,  
8/1 Soborna sq., Bila Tserkva, Kyiv region, 09100, Ukraine

## **DETERMINATION OF PSYCHOPHYSIOLOGICAL STATE OF ELITE WRESTLERS UNDER CONDITIONS OF TRAINING LOADS ACCORDING TO NEYRODYNAMIC CHARACTERISTICS**

### **Abstract**

**Introduction.** Modern sports require from an athlete to maximize the implementation of all functional reserves in order to obtain a high sporting result. That is why, for

scientists working with athletes, there is a problem of increasing the sport result due to internal reserves of the organism without harm to health.

**Purpose.** To determine and evaluate the manifestations of psychophysiological condition of high-skilled wrestlers under conditions of training loads during a macrocycle for neurodynamic characteristics.

**Methods.** The «Functional Mobility of Nervous Processes» test, which relates to the hardware-software computer complex «Multiximeter-05», was used.

**Results.** For fighters with different levels of functional mobility of nervous processes, there are significant differences in the parameters of the bandwidth and the maximum speed of information processing during the training macrocycle. At the same time, the speed of mastering the skills of performing a new task is high in both groups of athletes, which indicates the high level of athletes' qualifications, despite the different levels of functional mobility of the nervous processes.

Fighters with a reduced level of functional mobility of the nervous processes tend to implement more cautious and precise actions. Fighters with an increased level of functional mobility of the nervous processes tend to perform fast, spontaneous actions due to insufficiently thought-out decisions and motor reactions during training loads.

**Conclusion.** Two strategies for the implementation of sports potential for athletes with different levels of functional mobility of nervous processes have been identified. Reduction of the level of functional mobility of the nervous processes is compensated by the increase in the accuracy of the tasks, increase of the level of mobility of the nervous processes is characterized by rapid, spontaneous but ill-considered solutions. Taking into account the results in the training process will increase the effectiveness of physical activity and will allow you to get higher sports results.

**Keywords:** psychophysiological state, neurodynamic characteristics, training loads, wrestlers of high qualification.

## References

1. Vaeyens R. et al. (2008) Talent identification and development programs in sport. *Sport medicine*. Vol. 38. № 9. pp. 703–714.
2. Antonomov M. Yu. (2007) Algorithmization of the choice of adequate mathematical methods in the analysis of medical and biological data [Igoritimizatsiya vyibora adekvatnykh matematicheskikh metodov pri analize mediko-biologicheskikh daniy]. *Cybernetics and computer technology*. Kiev. Vol. 153. pp. 12–23.
3. Dakal N. A. (2016) Determination of personal styles of activity in wrestlers for account of psychophysiological [Opredelenie individualnogo stilya deyatel'nosti bortsov vyisokoy kvalifikatsii s uchetom psihofiziologicheskikh harakteristik: dis. ... kand. fiz. vospitaniya i sporta]. Kiev, 213 p.
4. Il'in Ye. P. (2002) Evaluation of the personality and competitive readiness of athletes of different specialization and qualifications: the example of cyclic, game species and martial [Otsenka lichnosti i sorevnovatel'noy gotovnosti sportsmenov raznoy spetsializatsii i kvalifikatsii : na primere tsiklicheskih, igrovyykh vidov i sportivnykh edinoborstv : dis. ... kand. ped. nauk] Moskva, 229 p.
5. Il'in Ye. P. (2005) Psychophysiology of human states [Psikhofiziologiya sostoyaniy cheloveka]. Sankt-Peterburg: Piter. 412 p.
6. Korobeynikova L. H., Korobeynikov H. V., Mishchenko V. S. (2016) The distribution of neurodynamic parameters in elite athletes using cluster analysis [Rozpodil neyrodinamichnikh pokaznikov u visokokvalifikovaniykh sportsmeniv za dopomohoyu klasternoho analizu]. *Visnik*

- Cherkaskoho universitetu. Seriya «Biologichni nauki». 2: pp 55–64.
7. Lizogub V. S. (2000) Formation of individual-typological properties of higher nervous activity in ontogeny [Formirovanie individualno-tipologicheskikh svoystv vysshey nervnoy deyatel'nosti v ontogeneze]. Tavricheskiy mediko-biologicheskiy vestnik. Semferopol. T. 3. № 3–4. pp. 47–52.
  8. Makarenko N. V., Lizogub V. S., Bezkopilniy O. P. (2004) Neurodynamic properties of athletes of different qualifications and specializations. [Neyrodinamichni vlastivosti sportsmeniv riznoyi kvalifikatsiyi ta spetsializatsiyi]. Aktualni problemi fizichnoyi kulturi i sportu: zb. nauk. prats. № 4. K.: DNDIFKS. pp. 105–110.
  9. Makarchuk M. Yu., Kutsenko T. V., Kravchenko V. I., Danilov S. A. (2011) Psychophysiology: a manual [Psihofiziologiya : navchalniy posibnik]. K.: OOO «Interservis». 329 p.
  10. Mishchenko V. S. (2018) Individual peculiarities of psychophysiological state in athletes during training loads [Indyvidualni osoblyvosti psykhofiziologichnoho stanu sportsmeniv za umovy trenuvalnykh navantazhen avtoref. ... kand. biol. nauk], Kiev, 20 p.
  11. Nebylitsyin V. D. (1990) Selected psychological works. [Izbrannyye psihologicheskie trudyi]. Moskva: Pedagogika. 408 p.
  12. Pavlov I. P. (1951) Full composition of writings [Polnoe sobranie sochineniy]. Izdatelstvo AN SSSR. T. 3, Kniga 2. 439 p.
  13. Rebrova O. Yu. (2000) Description of the procedure and results of statistical analysis of medical data in scientific publications [Opisanie protsedury i rezultatov statisticheskoho analiza meditsinskikh dannykh v nauchnykh publikatsiyakh] Mezhdunarodnyi zhurnal meditsinskoy praktiki. 4. pp 43–46.
  14. Guidelines for complex of hardware programs psychodiagnostic Mutltypsychometers-05 (2008). [Rukovodstvo k aparatno-programmnomu psihodiagnosticheskomu kompleksu Multipsihometr–05] pod rukovodstvom k.t.n. K. V. Sugonjaeva. knigi.1, 2, 3. 120 p., 200 p., 200 p.

**Є. Л. Михалюк**, д. мед. н., професор, завідувач кафедри  
Запорізький державний медичний університет, кафедра фізичної реабілітації,  
спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я  
проспект Маяковського, 26, Запоріжжя, Україна

## СТАН БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ МІОКАРДА У БІГУНІВ НА 400 МЕТРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТАТІ

Проведено аналіз і порівняння електрокардіографії у 131 бігунів на дистанції 400 метрів, які мали кваліфікацією від III розряду до майстра спорту міжнародного класу. Відмічено, що у жінок брадикардія зустрічалася рідше, ніж у чоловіків. Статистично більше випадків зі змінами кінцевої частини шлуночкового комплексу, синдромом ранньої реполяризації шлуночків та нижньопередсердним ритмом зареєстровано серед чоловіків. Після субмаксимального тесту PWC170 у спортсменів з нижньопередсердним ритмом і змінами кінцевої частини шлуночкового комплексу спостерігалася нормалізація ЕКГ.

**Ключові слова:** електрокардіограма; бігуни на дистанції 400 м; спортивна кваліфікація.

Картина електрокардіографії (ЕКГ) у спортсменів варіабельна і відрізняється від ЕКГ у осіб, які не займаються спортом настільки, що в деяких країнах не рекомендується реєстрація електрокардіограми в спокої у спортсмена в якості скринінгового тесту через її низьку специфічність та економічну недоцільність [13, 14]. Однак, у більшості країн Європи реєстрація ЕКГ в спокої у спортсмена застосовується як контроль за станом здоров'я і є додатковою гарантією не тільки доброго функціонального стану, а й наслідком оцінки ризику раптової кардіальної смерті.

Метод ЕКГ, що глибоко відображає сутність біоелектричних процесів в міокарді, характеризує відхилення від стану норми, виявляючи локальність і специфіку патогенетичних змін і дозволяє оцінювати функціональну готовність як серцево-судинної системи, так і організму в цілому, не вдаючись до складних і дорогих методів апаратного контролю [9]. Що стосується низької специфічності ЕКГ, яка за даними багатоцентрових досліджень становить 45–76 %, і чутливості (21–58 %), то це відноситься до діагностики гіпертрофії лівого шлуночка, тоді як у виявленні порушень ритму і провідності ЕКГ, що аналізуються в даному дослідженні, вигідно відрізняється 100 % специфічністю.

На зорі розвитку сучасної спортивної медицини ЕКГ дослідження виконувалися всім фізкультурникам і спортсменам, після чого ці дані порівнювалися з нормальними показниками, отриманими у осіб, які не займалися фізкультурою

і спортом, виявляючи різні зміни. Надалі, деякі з цих змін були класифіковані як фізіологічні особливості ЕКГ спортсменів, що розвиваються під впливом фізичних навантажень і є проявом нейрогуморальної регуляції серця в умовах адаптації до них [6].

На даний час вважають, що ЕКГ контроль повинен бути методом оцінки функціонального стану у спортсменів вже конкретного виду спорту з урахуванням спрямованості тренувального процесу на розвиток тих чи інших фізичних якостей, статі, віку, спортивної кваліфікації і періоду тренувального процесу [5].

Зокрема, бігуни-спринтери виконують циклічну роботу максимальної потужності з розвитком швидкості і сили, а бігуни на 800–1500 м – циклічну роботу субмаксимальної потужності з розвитком швидкості і витривалості. В той же час, тренувальна робота бігунів на дистанції 400 м знаходиться посередині, тобто у них для підтримки заданої швидкості бігу беруть участь всі три джерела енергії. Найбільше значення має гліколіз, що забезпечує понад 65 % енергії, на частку аеробного процесу припадає близько 25 % загального енергетичного запиту і приблизно 10 % загальних витрат енергії забезпечує реакція розпаду креатинфосфату. З огляду на біохімічні процеси м'язової діяльності і специфіку тренувального процесу бігунів на дистанції 400 м вважаємо обґрунтованим виділення їх в окрему групу для аналізу особливостей ЕКГ. Відомо багато видатних спортсменів, які поєднували успішний виступ у змаганнях на дистанції 100 і 200 м (2-разовий олімпійський чемпіон Валерій Борзов, 4-разовий олімпійський чемпіон Карл Льюїс, 6-разовий олімпійський чемпіон Усейн Болт), але тільки одиниці могли поєднувати такі дистанції як 400 і 200 м (4-разовий олімпійський чемпіон Майкл Джонсон) або 400 і 800 м (2-разовий олімпійський чемпіон Альберто Хуанторено).

Метою роботи було вивчення біоелектричної активності міокарда у бігунів на 400 метрів однієї кваліфікації в залежності від статі.

#### **Матеріали та методи дослідження**

На початку підготовчого періоду тренувального процесу проведено електрокардіографічний аналіз в 12-ти відведеннях 131 бігуна (60 жінок і 71 чоловік) на дистанції 400 м у віці від 13 до 30 років, що мали спортивну кваліфікацію від III розряду до майстра спорту міжнародного класу (МСМК). (табл. 1).

Як видно з представлених даних, між групами бігунів обох статей і однієї спортивної кваліфікації відсутні відмінності за віком.

Дослідження біоелектричної активності міокарда проводили на діагностичному автоматизованому комплексі «Кардіо+». З метою диференціальної діагностики спортсменам з нижньопередсердним ритмом і змінами кінцевої частини шлуночкового комплексу (ШК) проводили пробу з фізичним навантаженням на велоергометрі у вигляді субмаксимального тесту PWC170, а спортсменам з синдромом CLC і неповною блокадою передньої гілки лівої ніжки

Таблиця 1

## Розподіл обстежених за статтю і спортивній кваліфікації

Спортивна кваліфікація	Чоловіки		Жінки	
	Кількість	Вік	Кількість	Вік
Майстер спорту	15	24,2±0,73	12	22,75±0,53
Кандидати в майстри спорту	19	20,3±0,78	11	19,82±0,34
I розряд	16	18,4±0,69	13	18,15±0,61
II–III розряди	21	16,57±0,64	24	15,25±0,54

пучка Гіса (НБПГЛНПГ) – ехокардіографію на апараті My Lab Seven. Отримані у дослідженні дані опрацьовані за методом варіаційної статистики за допомогою пакета прикладних програм Statistica 6.0. Достовірність відмінностей для двох груп оцінювали за критерієм Стьюдента, відмінності вважали достовірними при  $p < 0,05$  [2].

## Результати дослідження та їх обговорення

Брадикардія у жінок зустрічалася у 23 осіб (38,3 %), а саме, у 8-ми рівня МС–МСМК, 4-х – рівня КМС, одній першорозрядниці і 10-ти – кваліфікації II–III розряду. У 41 чоловіка була виявлена брадикардія (57,7 %,  $p=0,021$ ), в тому числі у 10-ти – рівня МС–МСМК, 9-ти – рівня КМС, 12-ти першорозрядників та 10-ти – кваліфікації II–III розряду. ЧСС в межах 61–79 уд/хв була зареєстрована у 27 жінок (45 %) і у 30-ти чоловіків (42,3 %,  $p=0,732$ ), тобто ці дані практично не розрізнялися (рис. 1).

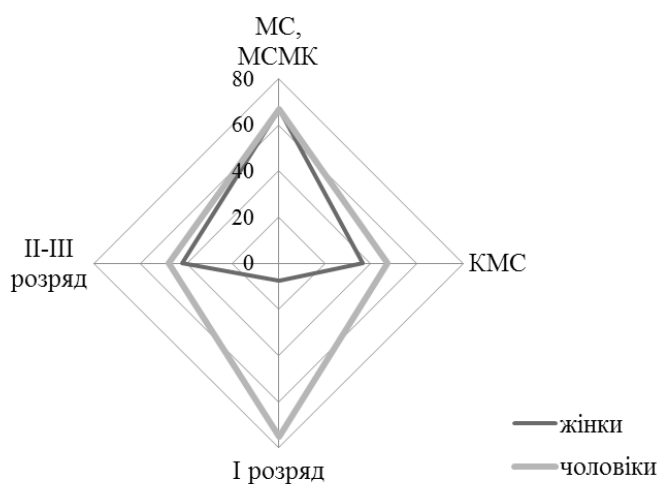


Рис. 1. Співвідношення обстежених спортсменів-бігунів з брадикардією в залежності від статі і спортивної кваліфікації

Що стосується величини ЧСС, яка становила 80 уд/хв і більше, то в групі чоловіків таких спортсменів не було виявлено, на відміну від групи жінок, у яких даний показник зареєстровано у 10 осіб ( $p=0,0001$ ): у 5-ти першорозрядниць і 5-ти спортсменок II–III розряду.

Зміни на ЕКГ виявлено у 26-ти жінок (43,3 %), це 4 особи рівня КМС, 7 першорозрядниць і 15 бігунок II–III розряду, а у представниць рівня МС–МСМК були відсутні зміни на ЕКГ (рис. 2).

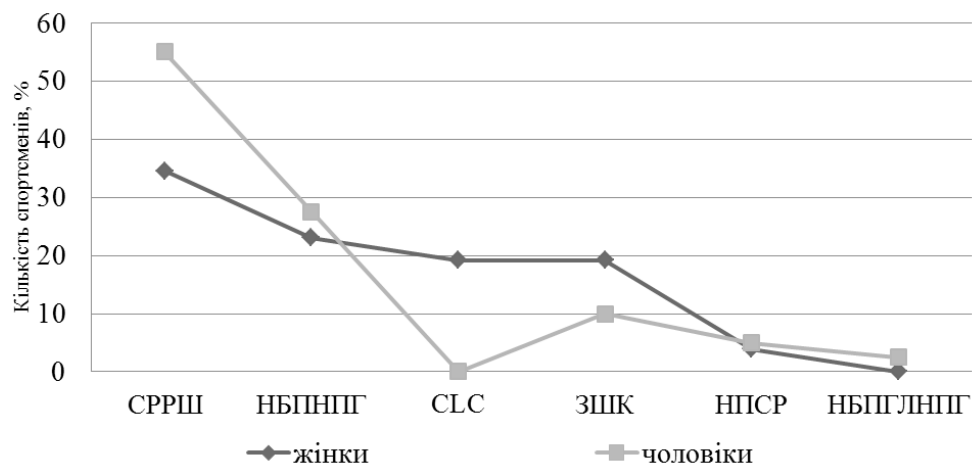


Рис. 2. Зміни на ЕКГ у спортсменів-бігунок різної статі і спортивної кваліфікації

Примітка: СРРШ – синдром ранньої реполяризації шлуночків, НБПНПГ – неповна блокада правої ніжки пучка Гіса, CLC – синдромом Клерка–Леви–Кристеско, ЗШК – зміни кінцевої частини шлуночкового комплексу, НПСР – нижньопередсердний ритм, НБПГЛНПГ – неповна блокада правої гілки лівої ніжки пучка Гіса

У чоловіків зміни на ЕКГ виявлено у 40 обстежених (56,3 %,  $p=0,138$ ), з них 11 бігунок рівня МС–МСМК, 10 – рівня КМС, 6 першорозрядників та 13 спортсменів II–III розряду.

Виявлені патології на ЕКГ розподілялися таким чином: серед жінок синдром ранньої реполяризації шлуночків (СРРШ) виявлено 9 спортсменок (34,6 %), неповна блокада правої ніжки пучка Гіса (НБПНПГ) – 6 (23,1 %), синдромом Клерка–Леви–Кристеско (CLC) – 5 (19,2 %), зі змінами кінцевої частини шлуночкового комплексу (ЗКЧШК) – 5 (19,2 %) і в однієї спортсменки (3,9 %) спостерігався нижньопередсердний ритм. В групі чоловіків зареєстровано 22 спортсмена з СРРШ (55 %,  $p=0,009$ ), 11 – з НБПНПГ (27,5 %,  $p=0,327$ ), 4 – зі змінами кінцевої частини шлуночкового комплексу (10 %,  $p=0,0001$ ), 2 – з нижньопередсердним ритмом (5 %,  $p=0,0001$ ) і один (2,5 %) – з неповною блокадою правої гілки лівої ніжки пучка Гіса (НБПГЛНПГ).

Отже, найбільша кількість спортсменів з патологією на ЕКГ у жінок і чоло-



віків спостерігалась за СРРШ, відповідно 9 і 22 спортсмена. Відомо, що існує певна клінічна значимість СРРШ. Так, Г. В. Дзяк зі співавт. [3] вважає, що в основі цього синдрому лежить функціонування шляхів кращого проведення імпульсу, який автори називають фасцікуло-вентрикулярними сполуками. Частота виявлення СРРШ у спортсменів досить велика, що, можливо, пов'язано з характерною для спортсменів ваготонією, яка, на думку О. А. Кисляк і співавт. [4], збільшує вираженість СРРШ. За даними В. В. Безуглої [1], СРРШ зустрічається у спортсменів від 8,9 до 9,4 % випадків, однак за результатами наших досліджень [7; 8] при аналізі 6071 електрокардіограм СРРШ діагностований в 6,04% випадків. При цьому, 43,1 % випадків даної патології відмічено у спортсменів ігрових видів спорту, а в 41,1 % – це були спортсмени високого класу [7].

Після проби з фізичним навантаженням у вигляді субмаксимального тесту PWC170, ознаки синдрому зникають, що згідно з А. В. Ягоди і співавт. [10], свідчить на користь вагусного генезу СРРШ.

На другому місці за змінами на ЕКГ знаходиться НБПНПГ відповідно у 6-ти жінок і 11 чоловіків. Відомо, що НБПНПГ є феноменом, що найбільш часто реєструється у спортсменів, який вказує на уповільнення внутрішньошлуночкової провідності, яка за даними зарубіжних авторів зустрічається приблизно у 50 % [11, 12]. Однак, за даними А. Swiatowies et al. [15], при обстеженні 73 елітних спортсменів (20 жінок та 53 чоловіка) віком від 21 до 34 років, НБПНПГ була виявлена у 71,2 % спортсменів.

### Висновки

1. Брадікардія у жінок зустрічається в 38,3 % обстежених, в основному у МС–МСМК і спортсменок II–III розряду; у чоловіків – в 57,7 %, яка рівномірно розподілилася серед спортсменів з різною спортивною кваліфікацією. ЧСС понад 80 уд/хв була зафіксована у 16,7 % бігунів-жінок, та не зафіксована у чоловіків.

2. Зміни на ЕКГ були у 43,3 % жінок, в основному у бігунок II–III розряду і першорозрядниць, з відсутністю спортсменок рівня МС–МСМК, а у 56,3 % чоловіків з різною спортивною кваліфікацією.

3. Із загальної кількості змін на ЕКГ у жінок статистично більше було осіб зі змінами кінцевої частини ШК (19,2 % проти 10 %), а у чоловіків – СРРШ (55 % проти 34,6 %) і нижньопередсердним ритмом (10 % проти 3,9 %).

4. Аналіз змін на ЕКГ у вигляді СРРШ і НБПНПГ у бігунів на 400 метрів показав наступне: СРРШ зустрічається в 23,7 % (6,9 % у жінок і 16,8 % у чоловіків), а НБПНПГ – в 13 % (4,6 % у жінок і 8,4 % у чоловіків).

5. Після фізичного навантаження у вигляді субмаксимального тесту PWC170 у спортсменів з нижньопередсердним ритмом і змінами кінцевої частини ШК відбувалася нормалізація ЕКГ. У бігунів з синдромом СЛС і НБПГЛНПГ за даними ехокардіографії не виявлені дилатація і гіпертрофія камер серця, а наявність НБПНПГ і СРРШ слід розглядати як особливості ЕКГ у цій категорії спортсменів.



Перспективою подальших досліджень є продовження вивчення електрокардіографічних даних у спортсменів других видів спорту з позиції статевого диморфізму.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2018

### Список використаної літератури

1. Безуглая В. В. Синдром ранней реполяризации желудочков: актуальность для спортивной кардиологии / В. В. Безуглая // Теория и методика физического воспитания и спорта. – 2011. – № 2. – С. 92–96.
2. Боровиков В. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2001. – 656 с.
3. Дзяк Г. В. К вопросу о патогенезе синдрома ранней реполяризации желудочков / Г. В. Дзяк, С. Л. Локшин, С. А. Правосудович и др // Вестник аритмологии. Кардиостим–95. Abstract – 1995. – № 4. – С. 71.
4. Кисляк О. А. Синдром ранней реполяризации желудочков у подростков / О. А. Кисляк, Р. А. Авадьяев, Г. И. Сторожаков // Кардиология. – 1995. –Т. 35, № 1. – С. 54–57.
5. Михалюк Є. Л. Особливості наукових досліджень у спортивній медицині на сучасному етапі / Є. Л. Михалюк // Запорозький медичинський журнал. – 2015. – № 5 (92). – С. 82–84.
6. Михалюк Є. Л. Стан біоелектричної активності міокарда у легкоатлетів-спринтерів залежно від статі / Є. Л. Михалюк // Науковий часопис Нац. пед. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. Серія № 15 Науково-педагогічні проблеми фізичної культури / Фізична культура і спорт: збірник наукових праць. – Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2017. – Вип. 3К (84)17. – С. 296–299.
7. Михалюк Є. Л. Современный взгляд на проблему синдрома ранней реполяризации желудочков в спортивной кардиологии / Е. Л. Михалюк, С. Н. Малахова // Вісник Запорізького національного університету. Фізичне виховання та спорт. – Запоріжжя: ЗНУ. – 2012. – № 2 (8). – С. 168–174.
8. Михалюк Є. Л. Синдром ранней реполяризации желудочков в спортивной кардиологии / Е. Л. Михалюк, С. Н. Малахова, Е. М. Скорик // Актуальні проблеми фізичного виховання, спорту та туризму: тези доповідей IV Міжн. наук.-практ.конф. 18–19 жовтня 2012 р. – Запоріжжя: КПУ, 2012. – С. 186–187.
9. Михалюк Є. Л. Анализ электрокардиографических показателей у бегунов, специализирующихся в беге на 100-200 и 400-800 м / Е. Л. Михалюк, С. Н. Малахова, М. В. Диденко // Медицинское обеспечение спорта высших достижений: сборник материалов 1 научно-практической конференции, 17 октября 2014 г. – Москва. – С. 126–128.
10. Ягода А. В. Синдромы перевозбуждения или ранней реполяризации желудочков при недифференцированной дисплазии соединительной ткани / А. В. Ягода, Н. Н. Гладких // Вестник аритмологии. – 2003. – № 32. – С. 75–78.
11. Foote C. B. The athletes electrocardiogram: distinguishing normal from abnormal / C. B. Foote, G. Michaud // Sudden Cardiac Death in the Athlete. New York City, Futura, 1998. – P. 101–115.
12. Langdeau J. B. Electrocardiographic findings in athletes : the prevalence of left ventricular / J. B. Langdeau // Can. J. Cardiol. – 2001. – P. 655–659.
13. Maron B. J. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006 / B. J. Maron, J. J. Doerer, T. S. Haas [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. – 2009. – Vol. 119. – № 8. – P. 1085–1092.
14. Steinvil A. Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking? / A. Steinvil, T. Cnundadze, D. Zeltser [et al.] // J. Am. Coll. Cardiol. – 2011. – V. 57, № 11. – P. 1291–1296.
15. Swiatowiec A. Analysis of 12-lead electrocardiogram in top competitive professional athletes in the light of recent quaidelines // A. Swiatowiec, W. Krol, M. Kuch [et al.] // Kardiologia Polska. – 2009. – Vol. 67. – P. 1095–1102.

**Е. Л. Михалюк**

Запорожский государственный медицинский университет, кафедра физической реабилитации, спортивной медицины, физвоспитания и здоровья  
проспект Маяковского, 26, Запорожье, Украина

## **СОСТОЯНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МИОКАРДА У БЕГУНОВ НА 400 МЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЛА**

### **Резюме**

**Вступление.** Метод электрокардиографии глубоко отражает сущность биоэлектрических процессов в миокарде, характеризует отклонение от состояния нормы, проявляя локальность и специфику патогенетических изменений и позволяет оценивать функциональную готовность как сердечнососудистой системы, так и организма в целом, не прибегая к сложным и дорогостоящим методам аппаратного контроля

**Цель** – изучение биоэлектрической активности миокарда у бегунов на 400 метров одной квалификации в зависимости от пола.

**Материалы и методы.** Проведен анализ и сравнение 131 ЭКГ (60 женщин и 71 мужчина) бегунов на дистанции 400 м в возрасте от 13 до 30 лет, квалификацией от III разряда до мастера спорта международного класса.

**Результаты исследования.** Брадикардия реже встречалась у женщин (38,3 %), чем у мужчин (57,7 %), ЧСС более 80 уд/мин была у 10-ти (16,7 %) бегуний. Изменения на ЭКГ регистрировались у женщин в 43,3 %, у мужчин в 56,3 %. У мужчин статистически больше было лиц с изменениями конечной части желудочкового комплекса (ЖК) (19,2 % против 10 %), СРРЖ (55 % против 34,6 %) и нижнепредсердным ритмом (10 % против 3,9 %). После субмаксимального теста РWC170 у спортсменов с нижнепредсердным ритмом и изменениями конечной части желудочкового комплекса ЖК наблюдалась нормализация ЭКГ.

**Выводы.** У бегунов с синдромом CLC и НБПВЛНПГ по данным эхокардиографии не выявлены дилатация и гипертрофия камер сердца, а наличие НБПНПГ и СРРЖ следует рассматривать как особенности ЭКГ у этой категории спортсменов.

**Ключевые слова:** электрокардиограмма; бегуны на дистанции 400 м; спортивная квалификация.

**E. L. Mikhalyuk**

Zaporizhzhia State Medical University, Department of Physical Rehabilitation,  
Sports Medicine, Physical Education and Health  
Maiakovsky Avenue, 26, Zaporizhzhia, Ukraine

## **STATUS OF BIOELECTIC MYOCARDIAL ACTIVITY IN 400 M DISTANCE RUNNERS DEPENDING ON THE SEX**

### **Abstract**

**Introduction.** The method of electrocardiography deeply reflects the essence of bioelectric processes in myocardium, characterises deviation from the norm state, demonstrating locality and specificity of pathogenic changes, and makes it possible to estimate functional readiness of both cardiovascular system and the organism on the whole, without applying complicated and costly methods of apparatus control.

The **aim** is to study bioelectric activity of myocardium in 400 m distance runners of a single qualification depending on the sex.

**Methods.** At the beginning of the preparatory period of the training process, 131 400 m distance runners (60 women and 71 men) in the age from 13 to 30 years, qualification from III level to the international class master (MSIC) underwent an electrocardiographic test.

**Research results and conclusions.** Bradycardia was less common in women (38.3 %) than in men (57.7 %). Changes in ECG were recorded at the same frequency in women (43.3 %), and men (56.3 %). Of the total number of ECG changes, there were statistically more men with changes in the terminal part of ventricular complex (VC) (19.2 % vs. 10 %), SEVR (55 % vs. 34.6 %) and atherosclerosis (10 % vs. 3.9 %). The analysis of changes in ECG in the form of SEVR and IRBBB in athletes of both sexes showed the following: SEVR is found in 23.7 % and IRBBB - in 13 %. After exercise in the form of a submaximal test PWC170 in athletes with atherosclerotic rhythm and changes in the terminal part of the ventricular complex, normalization of ECG was observed.

**Conclusions.** In runners with CLC syndrome and BPBLBB, according to echocardiography, pathological changes were not detected, and the presence of IRBBB and SEVR should be considered as peculiarities of the ECG for this category of athletes.

**Keywords:** electrocardiogram; 400 m distance runners; sports qualification.

### **References**

1. Bezuglaja V. V. (2011). "Синдром ранней реполяризации желудочков: актуальность для спортивной кардиологии" ["The syndrome of early ventricular repolarization: relevance for the sports cardiology"]. *"Теорія і методика фізического виховання і спорту"* ["Theory and methods of physical education and sports"]. 2, 92–96.
2. Borovikov V. (2001). "STATISTICA: искусство анализа данных на комп'ютере. Для профессионалов" ["STATISTICA: the art of data analysis on a computer. For professionals"]. Saint Petersburg, 656.
3. Džjak G. V., Lokshin S. L., Pravosudovich S. A. et al (1995). "К вопросу о патогенезе синдрома

- rannej repoljarizacii zheludochkov” [“On the question of the pathogenesis of the syndrome of early ventricular repolarization”]. *“Vestnik aritmologii”* [“*Bulletin arrhythmology*”]. 4, 71.
4. Kisljak O. A., Avad'jaev R. A., Storozhakov G. I. (1995). “Sindrom rannej repoljarizacii zheludochkov u podrostkov” [“The syndrome of early ventricular repolarization in adolescents”]. *“Kardiologija”* [“*Cardiology*”]. 35:1, 54–57.
  5. Myhalyuk Ye. L. (2015). “Osobly'vosti naukovyh doslidzhen' u sporty'vnij medycyni na suchasnomu etapi” [“Features of scientific research in sports medicine at the present stage”]. *“Zaporozhsky'j medycynskij zhurnal”* [“*Zaporozhye Medical Journal*”]. 5 (92), 82–84.
  6. Myhalyuk Ye. L. (2017). “Stan bioelektry'chnoyi akty'vnosti miokarda u legkoatletiv-spry'nteriv zalezno vid stati” [“The state of bioelectric activity of the myocardium in athletes-sprinters depending on the sex”]. *“Naukovy'j chasopy's Nacionalnogo pedagogichnogo universy'tetu imeni M. P. Dragomanova”* [“*The scientific journal of the National Pedagogical University named after Dragomanov.*”] 3K (84) 17, 296–299.
  7. Mihaljuk E. L., Malahova S. N. (2012). “Sovremennyj vzgljad na problemu sindroma rannej repoljarizacii zheludochkov v sportivnoj kardiologii” [“The modern view on the problem of syndrome of early ventricular repolarization in sports cardiology”]. *“Visnik Zaporiz'kogo nacional'nogo universitetu. Fizichne vihovannja ta sport”* [“*Bulletin of the Zaporizhzhya National University. Physical education and sports*”]. Zaporizhzhja: ZNU, 2 (8), 168–174.
  8. Mihaljuk E. L., Malahova S. N., Skorik E. M. (2012). “Sindrom rannej repoljarizacii zheludochkov v sportivnoj kardiologii” [“Syndrome of early repolarization of ventricles in sports cardiology”]. “Aktual'ni problemi fizichnogo vihovannja, sportu ta turizmu: tezi dopovidej IV Mizhn. nauk.-prakt. konf” [“Actual problems of phizic vihovannja, sport and tourism: tezi dopovidej IV International Scientific and Practical Conference”]. Zaporizhzhja. 186–187.
  9. Mihaljuk E. L., Malahova S. N., Didenko M. V. (2014). “Analiz jelektrokardiograficheskikh pokazatelej u begunov, specializirujushhhsja v bege na 100-200 i 400-800 m” [“Analysis of electrocardiographic indicators in runners, who specialize in running at 100-200 and 400-800 m”]. “Medicinskoe obespechenie sporta vysshih dostizhenij: sbornik materialov 1 nauchno-prakticheskoy konferencii” [“Medical support of sports of the highest achievements: the collection of materials of 1 scientific and practical conference”]. Moskva. 126–128.
  10. Jagoda A. V., Gladkih N. N. (2003). “Sindromy perevozbuzhdenija ili rannej repoljarizacii zheludochkov pri nedifferencirovannoj displazii soedinitel'noj tkani” [“Syndromes of overexcitation or early repolarization of the ventricles with undifferentiated connective tissue dysplasia”]. *“Vestnik aritmologii”* [“*Bulletin arrhythmology.*”]. 32, 75–78.
  11. Foote C. B., Michaud G. (1998). *The athletes electrocardiogram: distinguishing normal from abnormal. Sudden Cardiac Leath in the Athlete*. New York City, Futura, 101–115.
  12. Langdeau J. B. (2001). *Electrocardiographic findings in athletes : the prevalence of left ventricular.* *Can. J. Cardiol.*, 655–659.
  13. Maron B. J., Doerer J. J., Haas T. S. et al. (2009). *Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006.* *J. Am. Coll. Cardiol.* 119:8, 1085–1092.
  14. Steinvil A., Cnundadze T., Zeltser D. et al. (2011). *Mandatory electrocardiographic screening of athletes to reduce their risk for sudden death proven fact or wishful thinking?* *J. Am. Coll. Cardiol.* 57:11, 1291–1296.
  15. Swiatowiec A. Krol W., Kuch M. et al. (2009). *Analysis of 12-lead electrocardiogram in top competitive professional athletes in the light of recent quaidelines.* *Kardiologia Polska*, 67, 1095–1102.

**І. В. Чорна**<sup>1</sup>, здобувач

**Г. В. Дроник**<sup>2</sup>, д.б.н., професор

**І. С. Давиденко**<sup>3</sup>, д.мед.н., професор, завідувач кафедри патологічної анатомії

<sup>1</sup>Національний технічний університет «Харківського політехнічного інституту»  
вул. Кирпичова, 2, Харків, 61000, Україна, e-mail: chorna8@ukr.net

<sup>2</sup>Буковинська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН  
вул. Богдана Крижанівського, 21, Чернівці, 58026, Україна

<sup>3</sup>ВДНЗУ «Буковинський державний медичний університет»  
Театральна пл., 2, Чернівці, 58026, Україна

### **ГІСТОЛОГІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕЧІНКИ ЩУРІВ, ЩО ВЖИВАЛИ ГЕННОМОДИФІКОВАНУ СОЮ, ОБРОБЛЕНУ ГЕРБИЦИДОМ «ROUNDUP»**

Проведено гістологічне дослідження печінки щурів двох поколінь, яким згодували трансгенну сою, оброблену гербіцидом «Roundup». Виявлено що найбільше дистрофічні зміни спостерігаються у печінці щурів, які споживали генномодифіковану сою, оброблену гербіцидом та у щурів, які вживали гербіцид разом з питною водою. У наступному поколінні спостерігається підсилення дистрофічних змін у гепатоцитах щурів. Мікроскопічні зміни можуть вказувати на енергетичне навантаження та інтенсифікацію дезінтоксикаційних процесів цими клітинами.

**Ключові слова:** традиційна соя; генетично модифіковані організми; трансгенні організми; гліфосат-резистентна; гепатоцити; гербіцид «Roundup»; детоксикація.

Однією з найпоширеніших трансгенних рослин, яку широко використовують як у сільському господарстві, так і в харчовій промисловості являється генетично модифікована соя з новою ознакою «Roundup Ready». Ця трансгенна соя виявляє стійкість до гербіциду «Roundup» за рахунок внесення гену бактерії *Agrobacterium tumefaciens*. Трансгенна соя синтезує бактеріальну EPSPS, що замінює інгібований гербіцидом фермент у рослині. Тому генетично модифікована соя стійка до гліфосату і продовжує рости при обробці поля цим гербіцидом, тоді як бур'яни гинуть [10, 13, 14]. Широке використання трансгенної сої «Roundup Ready» та гербіциду «Roundup» залишає велику кількість пересторог у суспільстві щодо їх безпечності як для навколишнього середовища, так і для здоров'я тварин та людини [1, 2, 4]. Для того щоб оцінити безпечність вживання гліфосат-резистентної сої та гербіциду «Roundup» на здоров'я тварин, проводили патоморфологічні дослідження структури печінки двох поколінь щурів, бо саме печінка є основним детоксикаційним органом [5, 7, 11].

Метою досліджень було виявити та оцінити гістопатологічні зміни у печінці щурів під впливом гербіциду «Roundup» та трансгенної гліфосат-резистентної сої, обробленої цим гербіцидом.

### Матеріали і методи дослідження

Для досліджень використовували боби трансгенної сої сорту лінії GTS 40-3-2 («Monsanto Canada Inc.») [12]. Лінія сої GTS 40-3-2 стійка до дії гербіцидів, що містять гліфосат, завдяки вставці гліфосат-резистентної форми гену, ферменту 5-enolpyruvylshikimat-3-phosphate synthase (EPSPS). [6, 12]. Також у експериментальних дослідженнях було використано традиційну сою вітчизняного сорту Чернівецька 9, яку нам надала Буковинська дослідна станція агропромислового виробництва УААН. Зразки сої обох сортів (Чернівецька 9 та лінії GTS 40-3-2) перевірялись на наявність генетичної модифікації, що підтверджено Українською лабораторією якості і безпеки продукції АПК протоколом №1691-Н. У зразку № 2 виявлені цільові послідовності промотора 35S вірусу мозаїки цвітної капусти (CaMV) та термінатора NOS (T-NOS) T1 плазмиди *Agrobacterium tumefaciens*. За результатами даних лабораторії соя сорту Чернівецька 9 за хімічним складом (вологість, масовою часткою білка, жирів, елементів) еквівалентна генетично модифікованому гліфосат-резистентному сорту сої лінії GTS 40-3-2. Виявлені за окремими показниками різниці знаходяться у межах біологічної норми.

Дослідження проводили на 4-місячних щурах лінії Вістар масою 180–200 г, які були поділені на п'ять груп, по 14 щурів у кожній групі: I – інтактні тварини (утримувалися на стандартному раціоні віварію); II – тварини, яким 20–26 % стандартного раціону замінено на традиційну сою (сорту Чернівецька 9) за поживною цінністю; III – щури, яким 20–26 % у стандартного раціону замінено на генетично модифіковану сою (лінії GTS 40-3-2), не оброблену гербіцидом «Roundup»; IV – щури, раціон яких містив 20–26 % трансгенної сої, яка була оброблена гербіцидом; V – щури, які отримували разом з питною водою гербіцид (0,1 мкг/л або 0,003 мкг/кг маси тварини), що є допустимою концентрацією в межах вимог Європейського Союзу. Боби традиційної та трансгенної сої перед додаванням у корми проходили термічну обробку при 140 °C протягом 2 год, для зниження уреазної активності та знешкодження антипоживних речовин.

В роботі дотримувалися нормативів поводження з лабораторними тваринами відповідно до Європейської конвенції із захисту хребетних тварин, що використовуються для експериментальних чи інших наукових цілей (Страсбург, 1986) [8].

Після 42 днів утримання на відповідному раціоні, щурів спаровували та одержали через 22–25 днів наступне покоління. Кількість приплоду в I, II, III та IV групах коливалася близько 10 щуренят у гнізді. Кількість приплоду в V групі становила близько 8 щуренят у гнізді в перший день після народження. Через два місяці було відібрано по 24 щурів другого покоління кожної групи,



які продовжували утримуватися на тому ж раціоні.

У віці 12-ти місяців щурів двох поколінь було декапітовано та проводили відбір шматочків печінки для гістологічного дослідження. Печінку фіксували у 10 % розчині нейтрального формаліну більше 48 годин. Після фіксації матеріал зневоднювали у розчинах етилового спирту і ущільнювали парафіном при температурі 58 °С. Парафінові гістологічні зрізи тканини печінки товщиною 5–7 мкм виготовляли санним мікротомом МС-2, після депарафінізації зрізи фарбували гематоксиліном та еозином. Мікропрепарати вивчали у світловому мікроскопі за оптичного збільшення – 200 з використанням окуляра 10х та об'єктива 20х. Цифрові копії оптичного зображення (цифрові світлини) отримували за допомогою цифрового фотоапарата Olympus SP550UZ. Ці цифрові світлини аналізували за допомогою ліцензійної копії комп'ютерної програми ImageJ (версія 1.48v, вільна ліцензія, W.Rasband, National Institute of Health, USA, 2015) [9]. Вказана комп'ютерна програма серед інших можливостей дозволяє підраховувати відсоток клітин у різному стані шляхом маркування їх з нумерацією, в результаті чого отримують число клітин у певному стані в полі зору та загальне число клітин в полі зору, а з цих даних обраховують відсоток клітин у певному стані (наприклад, у стані оборотного набухання чи у стані некрозу). У кожній тварини оцінювали по 1000 гепатоцитів.

#### **Результати дослідження та їх обговорення**

Досліджування морфологічних змін печінки проводилися на двох поколіннях щурів лінії Вістар, яку одержали після спаровування щурів покоління  $F_0$ . У дослідних групах найбільша смертність щурят (покоління  $F_1$ ) наступала у перші 5 діб життя. Протягом двох місяців смертність щуренят у I, II та III коливалася в межах фізіологічної норми (3,6–9,2 %). У IV та V дослідних групах смертність становила 12 % та 24 %. Після народження щуренят самки (покоління  $F_0$ ) продовжували утримуватися на тому ж раціоні та разом з питною водою одержувати гербіцид. Дослідження мікроструктури печінки щурів двох поколінь усіх експериментальних груп відзначали часточкову будову органу, де гепатоцити були переважно з базофільною цитоплазмою. При гістологічному дослідженні печінки щурів контрольної групи та щурів, які вживали традиційну сою (II група), не виявлено патологічних змін, як у першому так ( $F_0$ ) і у другому поколінні ( $F_1$ ). У щурів III групи помітні слабко виражені зміни в гепатоцитах, зокрема, у цитоплазмі поодинокі виявляли невеличкі ліпідні краплі, така ж картина спостерігається і у другому поколінні.

Дослідження тканин печінки щурів IV та V груп вказує на пошкодження цього органу. При цьому у IV групі, тварини, які вживали генетично модифіковану сою, оброблену гербіцидом «Roundup», спостерігаються більш виражені морфологічні зміни (оборотне набухання у вигляді зернистої та гідропічної дистрофії), ніж у щурів V групи. Це може свідчити про накопичення гербіциду у насінні сої та підсилення впливу двох факторів на організм тварини. У дру-

гому поколінні у IV та V груп вплив трансгенної сої, обробленої гербіцидом та самого гербіциду підсилюється. Виявлено оборотне набухання гепатоцитів з поширеністю понад 50 % у IV групі першого покоління та понад 60% у другому поколінні.

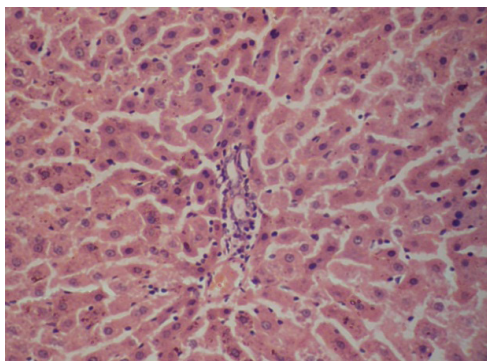
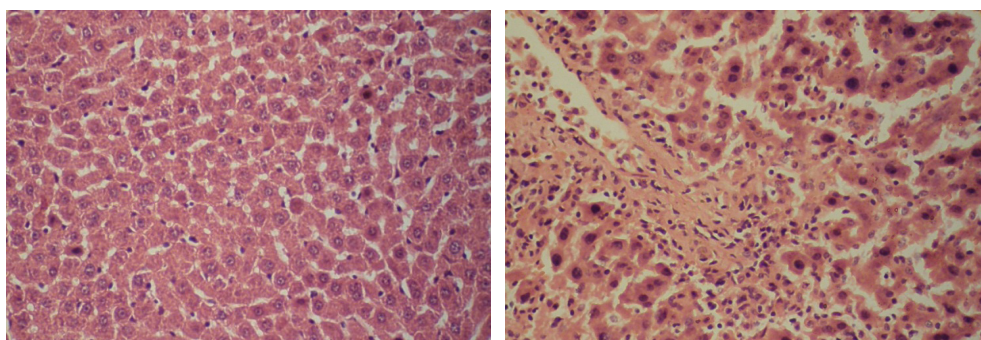


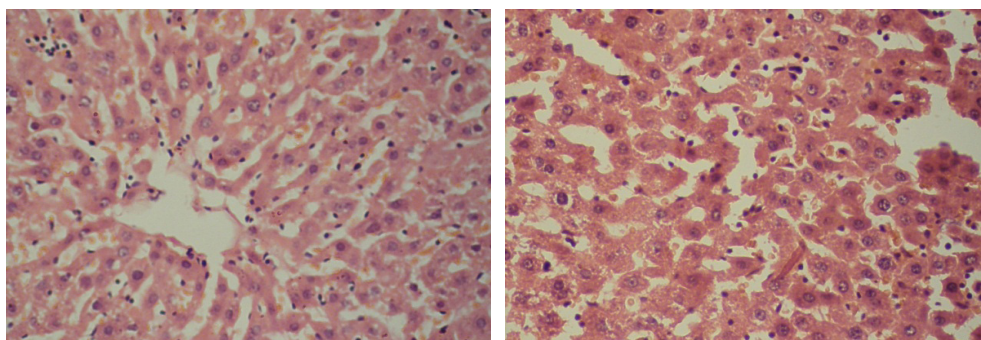
Рис. 1. Мікрофотографія фрагменту печінки інтактного щура  
Примітка: Забарвлення гематоксиліном і еозином. Об.20х. Ок.10х



**а**

**б**

Рис. 2. Мікрофотографія фрагменту печінки щура при вживанні традиційної (а)  
та трансгенної (б) сої



**а**

**б**

Рис. 3. Мікрофотографія фрагменту печінки щура при вживанні з питною водою гербіциду  
«Roundup» у поколіннях  $F_0$  (а) та  $F_1$  (б)



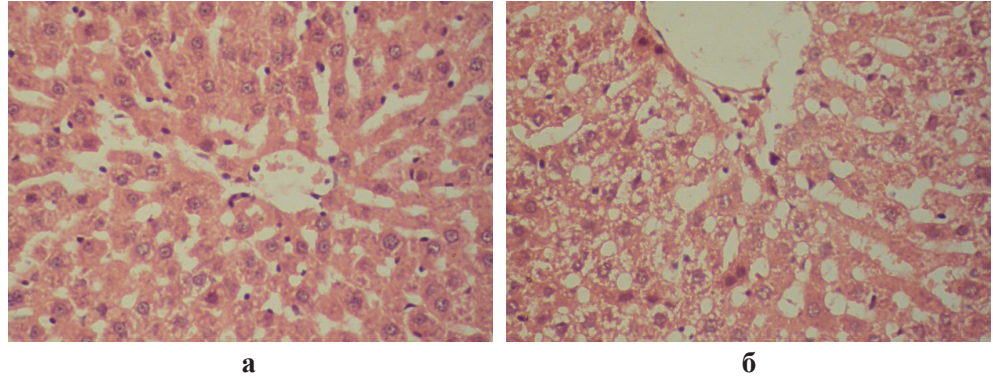


Рис. 4. Мікрофотографія фрагменту печінки щура при вживанні генетично модифікованої сої, обробленої гербіцидом «Roundup» у поколіннях  $F_0$  (а) та  $F_1$  (б)

У щурів IV та V групи додатково до описаних змін були виявлені некротичні зміни в окремих гепатоцитах у вигляді зморщування клітинного ядра (каріопікноз). Таким чином, вживання генетично модифікованої сої, обробленої гербіцидом «Roundup» та гербіциду разом з питною водою (0,1 мкг/л) призводить до морфологічних змін у гепатоцитах і до некротичних змін окремих клітин, це в свою чергу веде до порушення у роботі печінки. Такі зміни можуть бути пов'язані не лише з оборотним набуханням у вигляді зернистої та гідропічної дистрофії, але й із змінами у будові окремих органел, як свідчать літературні джерела, це проявляється у вигляді гіперхромного деформованого або фрагментованого ядра з наявністю двох і більше ядерць. Гепатоцити, які розташовані біля некротичних клітин мають виражені ознаки внутрішньоклітинної регенерації та адаптації, що проявляється гіпертрофією та поліплодією [3, 5] Також при довготривалому вживанні трансгенної сої щурами у наступних поколіннях може спостерігатися зміни у мітохондріях більшості гепатоцитів (набування мітохондрій і руйнування крист) та збільшення числа первинних лізосом та мітохондрій у перинуклеарній зоні [5]. Крім того втрачається гетерогенність клітин печінки щурів, що добре було виражено на мікрофотографіях гістологічних зрізів контрольної групи. Все це може бути ознакою функціональної напруги та зменшення адаптаційних резервів печінки.

### Висновки

1. Вживання щурами традиційної та генетично модифікованої сої, не обробленої гербіцидом «Roundup», не призводить до значних порушень у структурі печінки як у першому, так і у другому поколінні.

2. При введенні гербіциду «Roundup» у дозі 0,003 мкг/кг маси тварини, виявлені патоморфологічні зміни (оборотне набухання гепатоцитів та некротичні зміни в окремих гепатоцитах) у печінці щурів першого та другого покоління. У другому поколінні у більшій кількості гепатоцитів виявлені некротичні зміни у

вигляді зморщування клітинного ядра (каріопікноз), що може бути причиною тривалішої дії гербіциду та посилення його впливу у другому поколінні.

3. Довготривале згодовування щурам трансгенної сої, обробленої гербіцидом «Roundup» призводить до оборотного набухання гепатоцитів як у першому, так і у другому поколінні. Слід відзначити, що у другому поколінні на 10 % більше гепатоцитів з оборотним набухання, ніж у першому поколінні цієї ж групи. Також у окремих клітинах спостерігається явище каріопікнозу, як прояв некротичних змін цих клітин, при цьому цей процес більше виявлений у щурів другого покоління.

Стаття надійшла до редакції 27.09.2018

### Список використаної літератури

1. Власик Л. І. Особливості патоморфологічних змін у внутрішніх органах щурів у наслідок під гострого впливу срібних нанодекатрів / Л. І. Власик, Н. Й. Андрійчук, І. С. Давиденко // Клінічна та експериментальна патологія. – 2014. – Т. XIII, № 3 (49). – С. 33–36.
2. Вудамаска І. В. Оцінка якості та безпеки генетично модифікованих організмів / І. В. Вудамаска, Р. П. Параняк, Д. О. Янович // Біологія тварин. – 2007. – Т. 9, № 1–2. – С. 23–29.
3. Кулик Я. М. Морфофункціональні зміни печінки, нирок та наднирників експериментальних тварин при довготривалому згодовуванні раундапостійкої генетично модифікованої сої / Я. М. Кулик, А. О. Гаврилюк, В. Т. Рауцкієне., О. В. Хіміч // Вісник морфології. – 2014. – Том 20, № 1. – С. 149–153.
4. Саліха Н. О. Генетично модифіковані рослини та їх вплив на організм тварин / Н. О. Саліха, В. В. Снітінський // Біологія тварин. – 2010. – Т. 12, № 2– С. 61–74.
5. Самсонюк І. М. Ультраструктурна характеристика печінки щурів третього покоління за впливу генетично модифікованої та традиційної сої / І. М. Самсонюк, Г. І. Коцюмбас // Біологія тварин. – 2014. – Т. 16, № 2– С. 91–100.
6. Сичевський М. П. Тест-система для ідентифікації сої лінії GTS 40-3-2./ М. П. Сичевський., Я. Ф. Жукова, М. І. Вакуленко // Товари і ринки. – 2016 – № 2 – С. 99–108.
7. Brake D.G. A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development / D. G. Brake, D. P. Evenson // Chemical Toxicology. – 2004. – № 23. – P. 45–46
8. European convention for the protection of vertebrate animals used forexperim. and other scientific purposes. Coun. of Europe, Strasbourg – 1986. – 53 p.
9. Ferreira T. ImageJ . User Guide / T. Ferreira, W. Rasband. – New York: National Institute of Health. - 2012. – 187 p.
10. James C. Global status of commercialized blotech GM croup: ISAAA Brief, Ithaha. – 2013. – № 244. – P. 24–28.
11. Malatesta M. Hepatoma issue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function / M. Malatesta, F. Perdoni, G. Santin // Toxicol in vitro. – 2008. – no. 22. – P. 58–60.
12. Padgette S. R. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans / S. R. Padgette, N. B. Taylor, D. L. Nida, M. R. Bailey, J. MacDonald, L. R. Holden, R. L. Fuchs // J. Nutr. – 1996. – 126 (3), – P. 702–716.
13. Sahai S. Genetically Modified Crops: a resource guide for the Asia Pacific, Consumers International Asia Pacific office / S. Sahai – Kuala Lumpur – 2003. – 289 p.
14. Wilson A. Transformation-Induced Mutations in Transgenic plants: Analysis and biosafety implications // Biotechnology and genetic engineering reviews. – 2006 – Vol. 23. – P. 209–237.

**Черная И.В.<sup>1</sup>, Дроньк Г.В.<sup>2</sup>, Давыденко И.С.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

Харьков, ул. Кирпичева, 2, 61000, Украина, chorna8@ukr.net

<sup>2</sup>Буковинська государственная сельскохозяйственная опытная станция НААН  
ул. Богдана Крыжановского, 21, Черновцы, 58026, Украина

<sup>3</sup>ВГУЗУ «Буковинский государственный медицинский университет»  
Черновцы, Театральная пл., 2, 58026, Украина

## **ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕЧЕНИ КРЫС, УПОТРЕБЛЯВШИХ ГЕННОМОДИФИЦИРОВАННУЮ СОЮ, ОБРАБОТАННУЮ ГЕРБИЦИДОМ «ROUNDUP»**

### **Резюме**

**Проблема.** В последние годы широко используются генетически модифицированные растения как в сельском хозяйстве, так и в пищевой промышленности. Больше всего в сельском хозяйстве выращивают сою с новым признаком «Roundup Ready», которая является устойчивой к гербициду «Roundup». В мире использование гербицида «Roundup» ежегодно увеличивается, поэтому есть много предостережений относительно его влияния на организм человека и животных.

**Целью** наших исследований было оценить гистопатологические изменения в печени крыс двух поколений под влиянием гербицида «Roundup» и трансгенной глифосат-резистентной сои, обработанной этим гербицидом.

**Основные результаты исследования.** Исследования проводили на крысах линии Вистар массой 180–200 г в возрасте 4 месяца. Было сформировано 5 групп животных, по 14 крыс в каждой (7 самок и 7 самцов): I – интактные животные (содержались на стандартном рационе вивария) II – животные, которым 20–26 % стандартного рациона заменено на традиционную сою (сорт Черновицкая 9); III – крысы, которым 20–26 % стандартного рациона заменено на генетически модифицированную сою (линии GTS 40-3-2), не обработанные гербицидом «Roundup»; IV – крысы, рацион которых содержал 20–26 % трансгенной сои, которая была обработана гербицидом; V – крысы, которые получали вместе с питьевой водой гербицид (0,1 мг / л или 0,003 мг / кг массы животного). После 42 дней содержания на соответствующем рационе, крыс спаривали и получали через 22–25 дней следующее поколение (F<sub>1</sub>). После получения приплода самки всех групп продолжали получать тот же рацион и гербицид вместе с водой, как и поколение F<sub>1</sub>. В возрасте 12-ти месяцев крыс декапитировали и проводили отбор фрагментов печени для гистологического исследования. В печени крыс первого поколения, которым скармливали генетически модифицированную сою, обработанную гербицидом, обнаружили дисконформацию пластинчатого строения, а также зернистую дистрофию гепатоцитов. Такая же картина наблюдается и у крыс, употреблявших гербицид вместе с питьевой водой. Во втором поколении дистрофические изменения гепатоцитов усиливаются.

**Выводы.** Гистологическое исследование печени крыс всех экспериментальных

груп двох поколінь показало, що найбільші дистрофічні зміни спостерігаються в печінці крыс, яким годували генетично модифіковану сою, оброблену гербіцидом і у крыс, які приймали гербіцид разом з питтєвою водою. В наступному поколінні спостерігається посилення дистрофічних змін в гепатоцитах крыс. Мікроскопічні зміни вказують на енергетичну навантаження і інтенсифікацію дезінтоксикаційних процесів цими клітинами.

**Ключові слова:** традиційна соя; генетично модифіковані організми; трансгенні організми; глифосат-резистентна; гепатоцити; гербіцид «Roundup»; детоксикація.

**Chorna I. V., Dronik G. V., Davydenko I. S.**

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 2 Kirpichova str.,  
Kharkiv, 61000, Ukraine

Bukovyna State Agricultural Experimental Station NAAS, 21 Bohdan  
Kryzhanivsky str., Chernivtsi 58026, Ukraine

Bukovyna State Medical University, 2 Teatralna sq., Chernivtsi, 58026, Ukraine

## **HISTOLOGICAL STUDY OF THE LIVER OF RATS CONSUMING GENETICALLY MODIFIED SOYBEAN, PROCESSED WITH HERBICIDE "ROUNDUP"**

### **Abstract**

**Introduction.** In last years the genetically modified plants have been widely used in agriculture, as well as in the food industry. The use of "Roundup" herbicide in the world increases every year, so there is a great warning as to its impact on the health of humans and animals.

**Purpose.** The aim of the paper is to evaluate histopathological changes in the liver of two generations of rats under the influence of "Roundup" herbicide and transgenic glyphosate-resistant soya treated with this herbicide.

**Results.** The subject of the study were the male rats of the Vistar line at the age of 4 months weighing 180-200 g. Experimental animals were grouped into 5 groups of 14 rats in each (7 females and 7 males). Group I - intact animals (kept on a standard vivarium diet); Group II - animals, which had up to 20-26% of the standard diet replaced with traditional soya; Group III - rats up with to 20-26% of the standard diet replaced with genetically modified soybeans not treated with herbicide "Roundup"; Group IV - rats, whose ration contained up to 20-26% of genetically modified soybean, treated with herbicide "Roundup"; Group V - rats that received used "Roundup" herbicide with drinkable water at a concentration (0.003 µg / kg of animal weight).

After 42 days of keeping to a respective diet rates were mated and after 22-25 days the next generation was obtained (F<sub>1</sub>). After giving birth to offspring, all females continued to receive the same diet and the herbicide with water as (F<sub>1</sub>) generation. At the age of 12 months, the rats were decapitated and sampling of liver fragments

for histological test was performed. In the liver of the first generation rats, fed with genetically modified soya processed with the herbicide, discomplexation of lamellar structure, as well as cloudy degeneration of hepatocytes. The same condition was observed in rats that consumed the herbicide with drinkable water. Degenerative changes of hepatocytes aggravated in the second generation.

**Conclusions.** Histological analysis of the liver of rats of all experimental groups of two generations showed that the most dystrophic changes are observed in the liver of rats which ate genetically modified soya treated with the herbicide and of rats which consumed the herbicide with drinking water. In the next generation, an increase in dystrophic changes in hepatocytes is observed. Microscopic changes indicate the energy load and intensification of detoxification processes by these cells.

**Keywords:** traditional soya, genetically modified organisms, transgenic organisms, glyphosate-resistant, hepatocytes, herbicide “Roundup”, detoxification.

### References

1. Vlasyk L.I., Andriychuk N.J., Davydenko I.S. (2014) «Peculiarities of pathomorphological changes in internal organs of rats as a result of subacute effect of silver nanodecahedrons», *Clinical and Experimental Pathology*, Vol. XIII, No. 3 (49), pp. 33-36.
2. Woodmaska I.V., Paranyak R.P., Yanovich D.O. (2007) «Assessment of the quality and safety of genetically modified organisms», *The Animals Biology*, Vol. 9, No. 1-2, pp. 23 -29.
3. Kulik Y.M., Gavriilyuk A.O., Rauzkiene V.T., Khimich O.V. (2014) Morphofunctional changes in the liver, kidneys and adrenal glands of experimental animals with prolonged feeding of round-resistant genetically modified soy, *Bulletin of morphology*, 20 (1), pp. 149–153.
4. Saliha N.O., Snitinsky V.V. (2010) Genetically modified plants and their influence on the organism of animals, *The Animals Biology*, 12(2), pp. 61–74.
5. Samsonuyk I.M., Kotcumbas G.I. (2014) Ultrastructural characteristic of rats liver of the third generation with the influence of genetically modified and traditional soybean, *The Animal Biology*, Vol. 16, No. 2, pp. 91-100.
6. Sychevsky M.P., Zhukov Ya.F., Vakulenko M.I. (2016) Test system for the identification of soybean line GTS 40-3-2, *Goods and markets*, №2, pp. 99-108.
7. Brake D.G., Evenson D.P. (2004) A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development, *Chemical Toxicology*, No. 23, pp. 45– 46.
8. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes. Coun. of Europe (1986), Strasbourg, 53 p.
9. Ferreira T., Rasband. W. (2012) *ImageJ . User Guide*, New York: National Institute of Health, 187 p.
10. James C. (2013) Global status of commercialized biotech GM crops: ISAAA Brief, Ithaha, No. 244, pp. 24–28.
11. Malatesta M., Perdoni F., Santin G. (2008) Hepatoma issue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxical in vitro*, No. 22.– pp. 58–60.
12. Padgett S.R. Taylor N.B., Nida D.L., Bailey M.R., MacDonald J., Holden L.R., Fuchs R.L. (1996) The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans, *J. Nutr.*, 126 (3), pp. 702–716.
13. S. Sahai (2003) *Genetically Modified Crops: a resource guide for the Asia Pacific*, Consumers International Asia Pacific office , Kuala Lumpur, 289 p.
14. Wilson A. (2006) Transformation-Induced Mutations in Transgenic plants: Analysis and biosafety implications, *Biotechnology and genetic engineering reviews.*, Vol. 23, pp. 209–237.



## НАШІ ЮВІЛЯРИ

### ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ЛІДІЇ ІВАНОВНИ СЬОМІК



Сьомік Лідія Іванівна народилася 11 серпня 1938 року у м. Одеса у сім'ї педагогів. У 1955 році Лідія Іванівна закінчила Маріїнську гімназію (школа № 3) і вступила до біологічного факультету Одеського державного університету імені І. І. Мечникова. Вона була у тому потоці студентів, які вперше почали навчатися у новому корпусі біологічного факультету.

Після закінчення університету отримала диплом біолога-фізіолога. У 1960 році була зарахована на посаду лаборанта кафедри фізіології людини та тварин Одеського державного університету імені І. І. Мечникова. У 1966 р. вступила, а в 1969 р. закінчила заочну аспірантуру при кафедрі фізіології, в цей же рік захистила кандидатську дисертацію на тему «Всасывание микроэлементов в тонком кишечнике». З 1972–1974 рр. працювала молодшим науковим співробітником в науковій групі під керівництвом Р. О. Файтельберга. В цей час на кафедрі фізіології людини при її участі активно досліджувалась всмоктувальна функція кишечника, вивчалась роль інтерорецепторів тонкого кишечника в процесах травлення і всмоктування при голоді й спразі. Крім того, була розроблена спеціальна методика для вивчення всмоктування лікарських препаратів і харчових речовин в ротовій порожнині та детально досліджені ці процеси. За цією тематикою Л. І. Сьомік було опубліковано більше 50 статей та тез.

З 1974 року Сьомік Л. І. працювала на посаді асистента, а з 1980 року – доцента кафедри фізіології людини та тварин. В цей же час (1970–1979 рр.) Лідія Іванівна була головою студентського наукового товариства Одеського державного університету. Під її керівництвом було проведено п'ять Всесоюзних студентських конференцій та опубліковані тези наукових робіт студентів.

У 1979 році, з приходом на посаду завідувача кафедрою Тараненко В. Д, в науково-дослідну роботу кафедри почали впроваджуватися нейрофізіологічні дослідження. Л. І. Сьомік активно підтримала цей напрямок та зайнялась дослідженням механізмів міжнейронної взаємодії в корі головного мозку, механізмів функціонування медіаторно-рецепторних систем ЦНС. За результатами

цих досліджень Лідія Іванівна має більше 30 статей та тез.

У 1980-2005 році була заступником декана по учбовим та виробничим практикам біологічного факультету.

Л. І Сьомік читає студентам біологічного факультету загальний курс з «Вікової фізіології», під її керівництвом запроваджено нові спецкурси з морфології центральної нервової системи, фізіології та патофізіології травлення, фізіології та патофізіології крові, занять по великому спецпрактикуму.

Поряд із педагогічною та науковою роботою, довгий час Лідія Іванівна була членом навчально-методичної комісії факультету, заступником завідуючого кафедри.

За своїм сумлінним, досконалим відношенням до виконання будь якої роботи Л. І Сьомік є зразком науковця, педагога і керівника.

Лідія Іванівна Сьомік володіє високим професіоналізмом, відданістю обраній справі, виключною людяністю та порядністю. Життєвою мудрістю, досвідом, доброзичливістю, щирістю та бажанням ділитися знаннями вона консолідує навколо себе колег, науковців та студентську молодь.

Колектив факультету щиро бажає шановній Лідії Іванівні Сьомік здоров'я, творчого натхнення, нових досягнень, злагоди та миру.



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

### 1. ПРОФІЛЬ ЖУРНАЛУ

1.1. «Вісник Одеського національного університету» (серія «Біологія») здійснює такі публікації:

1. Наукові статті.
2. Короткі повідомлення.
3. Бібліографія.
4. Матеріали конференцій.
5. Рецензії.
6. Матеріали з історії науки та університету.

1.2. У певному конкретному випуску один автор має право надрукувати тільки одну самостійну статтю.

1.3. Мова видання – українська, російська, англійська).

1.4. До редакції «Вісника...» подається відредагований і погоджений з редколегією текст статті, записаної на електронному носії у форматі \*.doc (гарнітура Times New Roman (Суг), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали; поля: ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см, верхнє – 2 см, нижнє – 2 см), набраний без застосування функції «Розстановка переносів» та два екземпляри «роздруківки» з неї.

Резюме двома додатковими мовами (зразок оформлення публікації наведено наприкінці Правил).

Рекомендація кафедри або наукової установи до друку.

### 2. ПІДГОТОВКА СТАТТІ – ОБОВ'ЯЗКОВІ СКЛАДОВІ

Оригінальна стаття має включати:

- 2.1. Вступ, в якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження.
- 2.2. Матеріали і методи дослідження.
- 2.3. Результати дослідження.
- 2.4. Аналіз результатів або їх обговорення.
- 2.5. Висновки.
- 2.6. Список літератури.
- 2.7. Анотація мовою оригіналу статті та українською, якщо стаття подається російською або англійською мовами і резюме (українською, англійською).
- 2.8. Ключові слова.

### **3. ОФОРМЛЕННЯ РУКОПISУ, ОБСЯГ, ПОСЛІДОВНІСТЬ ТА РОЗТАШУВАННЯ ОБОВ'ЯЗКОВИХ СКЛАДОВИХ СТАТТІ**

3.1. Обсяг рукопису наукової статті (з урахуванням малюнків, таблиць і підписів до них, анотацій, резюме, списку літератури) – 8–15 сторінок друкованого тексту, оглядів – до 20 сторінок, рецензій – до 3 сторінок, коротких повідомлень – до 2 сторінок. Рукописи більшого обсягу приймаються до журналу тільки після попереднього узгодження з редколегією.

3.2. Послідовність друкування окремих складових наукової статті має бути такою:

1. УДК – в лівому верхньому кутку першого аркуша.
  2. Прізвище та ініціали автора (авторів) мовою статті, вчений ступінь та посада.
  3. Назва наукової установи (в тому числі відділу, кафедри, де виконано працю).
  4. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом), телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами.
  5. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9 повнозначних слів), містити ключові слова.
  6. Анотація мовою оригіналу друкується перед початком статті з відступом 20 мм від лівого поля. Містить не більше 50 повнозначних слів і передує (окремим абзацом) основному тексту статті.
  7. Під анотацією друкуються ключові слова, які відокремлюються крапкою з комою.
  8. Далі йде текст статті, що включає основні змістові розділи, список використаної літератури.
  9. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті, після першого згадування про них у тексті.
  10. На окремому аркуші подаються анотація (російською мовою для україномовних статей та українською мовою для російсько- та англійськомовних статей) та резюме (українською та англійською мовами), оформлених таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово «Резюме» (Abstract), текст резюме, ключові слова. Резюме повинне бути зрозумілим без звертання до самої публікації включати актуальність проблеми, мету, методи дослідження, основні результати дослідження, висновки та конкретні пропозиції автора. Об'єм резюме 150–280 слів. З основними вимогами до «Резюме» можна ознайомитись на сайті <http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines>.
- 3.3 Стаття повинна бути підписана автором (авторами).

#### 4. МОВНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ: ТЕРМІНОЛОГІЯ. УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ, ПОСИЛАННЯ. ТАБЛИЦІ, СХЕМИ, МАЛЮНКИ

4.1. Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, за правильну українську наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

4.2. Латинські біологічні терміни (назви видів, родів) подаються обов'язково латиницею і курсивом. За першого вживання латинської назви у дужках слід обов'язково подати український відповідник назви.

4.3. Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то такі аббревіатури за першого вживання наводять у дужках. Наприклад: селекційно-генетичний інститут (далі СГІ).

4.4. Посилання на літературу подаються у тексті статті, обов'язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у «Списку використаної літератури». Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006 (див. «Бюлетень ВАК України, 2009, № 5, с 26–30).

4.5. Цифровий матеріал, по можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці повинні бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Цифровий матеріал таблиць повинен бути оброблений статистично. Матеріал таблиць (як і малюнків) повинен бути зрозумілим незалежно від тексту статті. При об'єднанні декількох рисунків або фотографій в один рисунок рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу. Наприклад:

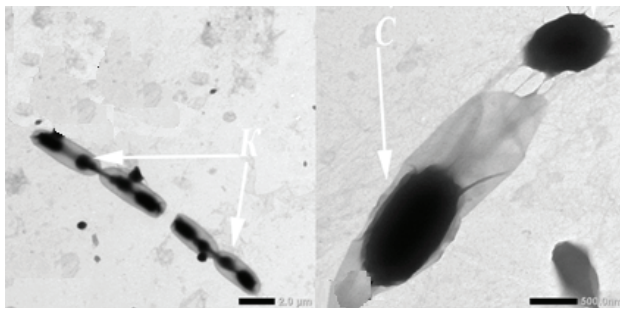


Рис. Кристали (а) та ендоспори (б) штаму *Bacillus sp. ONU29*, отримані методом електронної мікроскопії

4.6. Рисунки виконуються у програмах «Діаграма Microsoft Graph» або «Діаграма Microsoft Excel» та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку повинна мати номер, зміст кривих пояснюється у підписах під рисунком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і розмірність в одиницях СІ (% , мм, г і т.п.).

4.7. У розділі «Результати досліджень» (якщо цей розділ не поєднаний з «Аналізом результатів», див. 2.4) необхідно викласти лише виявлені ефекти без коментарів – всі коментарі та пояснення подаються в і результатів». При викладі результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, а звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають. Математичні (хімічні) формули виконуються засобами внутрішнього редактора формул «Microsoft Equal» і, при потребі, нумеруються.

4.8. У розділі «Аналіз результатів» необхідно показати причинно-результативні зв'язки між встановленими ефектами, порівняти отриману інформацію з даними літератури і наголосити на виявлених нових даних. При аналізі слід посилається на ілюстративний матеріал статті. Аналіз має закінчуватися відповіддю на питання, поставлені у вступі.

Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам «Вісника ОНУ. Біологія». Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

## 5. ЛІТЕРАТУРА

Список літератури друкується мовою оригіналу відповідної праці. Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006.

Додатково у електронному варіанті необхідно додати References оформлений згідно міжнародним стандартам за гарвардським стилем (BSI) на англійській мові. При оформленні російськомовного джерела іншою мовою після переведення джерела в [квадратних дужках] вказується транслітерування російського вихідного джерела в тих же рамках оформлення на англійську мову. Детальну інформацію та приклади можна отримати на сайті <http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines>.

### Приклади бібліографічних описань

#### *Книги, монографії, атласи, словники*

1. *Горячковский А. М.* Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [справочное пособие] / *А. М. Горячковский*. – Одесса: Екологія, 2005. – 616 с.
2. *Эккерт Р.* Физиология животных. Механизмы и адаптация / *Р. Эккерт, Д. Рэнделл, Дж. Огастин*; пер. с англ. *Н. Н. Алипова, М. И. Харченко*. – Москва: Мир, 1992. – 344 с. – (Т. 2).
3. *Поздеев О. К.* Медицинская микробиология: учебник для ВУЗов / под ред. *В. И. Покровского*. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. – 786 с.
4. *Определитель* высших растений Украины / *Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин* и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.

5. *Анатомія пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті: посіб. для студ. та лікарів* / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. – 2-ге вид, розшир. та доповн. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. – 218с.
6. *Українсько-німецький тематичний словник* / [уклад. Н. Яцко та ін.]. – К.: Карпенко, 2007. – 219 с.

#### **Статті із журналів**

1. *Андрієвський А. М.* Онтогенетические особенности пептидгидролазной активности экстрактов тканей *Drosophila melanogaster* / А. М. Андрієвський, С. В. Катаненко, В. Н. Тоцкий // Укр. биохим. журн. – 1982. – Т.54, № 5. – С. 519–524.
2. *Zhou S.* Drug bioactivation, covalent binding to target proteins and toxicity relevance / S. Zhou, E. Chhan, W. Duan, F. Newmen // *Drug Metab Rev.* – 2005. – Vol. 37 (1) – P. 41–213.

#### **Збірки**

1. *Андрієвський А. М.* Спектр тканевых карбоксиэстераз в онтогенезе суслика крапчатого (*Spermothophilus suslicus* Guld.) / А. М. Андрієвський, Ю. Н. Олейник, В. А. Кучеров, А. С. Асманская // Генетика в современном обществе: науч. конф., 3–5 окт. 2004 г.: тезисы докл. – Харьков, 2004. – С. 12.
2. Селекция *in vitro* генотипов пшеницы с комплексной устойчивостью к фузариозу злаков / Е. А. Клечковская, С. А. Игнатова, А. И. Слепченко и др. // Биология клеток растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда: VII междунар. симп.: труды. – Москва, 2001. – С. 372.
3. *De Man J. C.* Cell transfer and Interferon Studies / J. C. De Man, M. Rogosa, M. E. Sharpe // Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, 2004. – P. 31.

#### **Дисертації, автореферати дисертації**

1. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня, канд. біол. наук: 03.00.04 «Біохімія» / О. О. Олярник. – К., 2007. – 17 с.
2. *Олярник О. О.* Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: дис... канд. біол. наук: 03.00.04 / Олексій Олексійович Орляник. – Київ, 2007. – 117 с.
3. *Патент України* СО7Д 243/24 ФС № 953812. Спосіб отримання 3-окси7-бром-5(орто-хлор)-бенздіазепіна / И. И. Иванов; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского.– № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. — 3 с

**Депоновані наукові роботи, патенти, авторські свідоцтва**

1. *Рябушко Л. И.* Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова. – Севастополь: Деп. в ВИНТИ 11.07.91 г., № 2981. – В91, 1991. – 28 с.
2. *Патент України С07Д 243/24 ФС № 953812.* Способ отримання 3-окси-7-бром-5(орто-хлор)-бенздиазепина / *И. И. Иванов*; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского. – № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. – 3 с.

**Приклади бібліографічних описань за BSI**

**Книги**

1. *Horiachkovskii A. M.* (2005) Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics [Klinicheskaiia biokhimiia v laboratornoi diahnostike], Odessa: Ecology, 616 p.
2. *Dobrochaeva D. N., Kotov M. I., Prokudin Yu. N.* (1987) The determinant of higher plants of Ukraine [Opredelitel visshih rastenii Ukrainy], Kiev, 548 p.

**Книги під редакцією**

1. *Pozdeev O. K.* (2002) Medical microbiology: a textbook for high schools. In editor: *Pokrovskiy V. I.* [Meditsinskaia microbiologhiia: uchebnik dlia VUZ], Moskva: GEOTAR-MED, 786 p.

**Статті, збірки**

1. *Andrievskii A. M., Katanenko S. V., Totkii V. N.* (1982) «Developmental features peptidgidrolazy activity of extracts of tissues *Drosophila melanogaster*» [«Ontoheneticheskie osobennosti peptidhidrolazonoi aktivnosti ekstraktov tkanei *Drosophila melanogaster*»], Ukr. biochemistri J, No 54, 5, pp 519–524.
2. *Klechkovskaia E. A., Ihnatova C. A., Slepchenko A. I.* (2010) «Selection of *in vitro* wheat genotypes with complex resistance to fusarium cereals», Biology of plant cells *in vitro*, biotechnology and the preservation of the gene pool, VII International Symposium [«Selektsiia *in vitro* henotipov pshenitsi s kompleksnoi ustoichivostiu k fuzariozu zlakov» Biolohiia kletok rastenii *in vitro*, biotekhnolohiia i sokhranenie henofonda], Moscow, p 372.
3. *De Man J. C.* (2004) «Cell transfer and Interferon Studies», Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, P. 31.

**Дисертації, автореферати**

1. *Oliarnyk O. O.* (2007) The study of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetes [Doslidzhennia protsessiv perekysnoho okyslennia lipidiv ta aktyvnosti fermentiv antyoksydantnoho zakhystu pry tsukrovomu diabeti. dis....kand. biol. nauk], Kiev, 117 p.

## 6. ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ПУБЛІКАЦІЇ

УДК 615.015.11:615.261.1:615.032

**І. А. Кравченко**<sup>1,2</sup>, д-р біол. наук, професор

**Б. В. Приступа**<sup>1</sup>, аспірант

**А. О. Кобернік**<sup>1</sup>, канд. біол. наук, старший викладач

<sup>1</sup>Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра фармацевтичної хімії,

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна. e-mail: koberni@mail.ru

<sup>2</sup>Фізико-хімічний інститут імені О.В. Богатського НАН України,

Люстдорфська дорога, 86, Одеса, 65080

### ПРОТИЗАПАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЕСТЕРІВ ІБУПРОФЕНУ ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМУ ВВЕДЕННІ

На моделі карагенін-індукованого запалення встановлено, що рівень протизапальної активності складних естерів ібупрофену з різною довжиною вуглеводневого ланцюга при їх трансдермальному введенні за показниками динаміки зміни ширини та об'єму осередку запалення не поступаються ефекту референт-препарату – мазі ібупрофену, а у випадку використання довголанцюгових естерів навіть перевищують його ефект.

**Ключові слова:** протизапальна активність, НПЗЗ, естери ібупрофену, карагенін, трансдермальне введення.

... Текст вступу до статті

Матеріали та методи досліджень

Текст матеріалів та методів роботи

Результати та їх обговорення

Викладення результатів та їх аналіз

Висновки

#### Список використаної літератури

1. Головенко Н. Я. Биохимическая фармакология пролекарств / Н. Я. Головенко, И. А. Кравченко. – Одесса: Екологія, 2007. – 358 с.
2. Morris C. J. Carrageenan-induced paw edema in the rat and mouse / C. J. Morris // *Methods Mol. Biol.* – 2003. – V. 225. – P. 121.



**И. А. Кравченко<sup>1,2</sup>, Б. В. Приступа<sup>1</sup>, А. А. Коберник<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра фармацевтической химии

ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: koberni@mail.ru

<sup>2</sup>Физико-химический институт имени А. В. Богатского НАН Украины,  
Люстдорфская дорога, 86, Одесса, 65080

## **ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ИБУПРОФЕНА ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ**

### **Резюме**

В результате проведенного исследования было показано, что уровень противовоспалительной активности эфиров ибупрофена с разной длиной углеродной цепи при их трансдермальном введении по показателям динамики изменения объема очага воспаления не уступают эффекту референт-препарата – мази ибупрофена на модели карагенин-индуцированного воспаления. А в случае использования длинноцепочечных эфиров действуют лучше препарата сравнения.

**Ключевые слова:** противовоспалительная активность, эфиры, ибупрофен, карагенин, трансдермальное введение.

**I. A. Kravchenko<sup>1,2</sup>, B. V. Prystupa<sup>1</sup>, A. O. Kobernik<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Odesa National Mechnykov University, Pharmaceutical Chemistry Department  
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: koberni@mail.ru

<sup>2</sup> A. V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS Ukraine  
86, Lustdorfska doroga, Odesa, 65080, Ukraine

## **ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF IBUPROFEN ESTERS BY TRANSDERMAL DELIVERY**

### **Abstract**

The goal of this study was to investigate the anti-inflammatory activity of ibuprofen esters ointment after their transdermal application on the model of carrageenan-induced inflammation in experimental animals. In this paper, we have studied the transdermal delivery of ibuprofen esters with methyl, ethyl, octyl and heptyl radicals. The anti-inflammatory activity was assessed on the basis of inhibition of paw edema induced by the injection of 0.2 ml of 0.2 % solution of carrageenan (an edematogenic agent) into the subplantar region of the hind paw of the rat. The ointments were consisted of PEG -1500, PEO -400 and 1,2- propylene glycol in the following proportions: 4 : 2: 3 and consisted 5 % of ibuprofen esters. For comparison, 5 % ibuprofen ointment (cream Dolhit) was used. Paw volumes were measured at the beginning of the experiment with a plethysmometer. As a result of the study, it was shown that the level of anti-inflammatory activity ointment with ibuprofen esters with different length of radical

in transdermal delivery was not different from anti-inflammatory activity of the commercial referent drug – ibuprofen ointment and in some cases, were more active. We shown that the transdermal delivery of methyl, ethyl and heptyl esters of ibuprofen reduces the level of white blood cells in the blood of experimental rats to the level of physiological norm at the 4th day, after a significant level increase in the acute phase of inflammation.

**Key words:** anti-inflammatory activity, NSAIDs, ibuprofen esters, carrageenan, transdermal delivery.

Верстка С. О. Остапенко

Підписано до друку 20.11.2018 р. Формат 70x108/16.  
Ум.-друк. арк. 15,49. Тираж 100 пр.  
Зам. № 1857.

Видавець та виготовлювач  
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011.  
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна  
Тел.: +38 (048) 723 28 39  
e-mail: druk@onu.edu.ua