

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

Odesa National University Herald

ВІСНИК ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія: *Біологія*

Науковий журнал
Виходить 2 рази на рік
Серія заснована у липні 2007 р.

Том 29, випуск 1(54) 2024

Одеса
ОНУ
2024

Засновник та видавець:

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Редакційна рада журналу:

В. І. Труба, д-р юр. 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. 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; О. В. Суровцева, директор Наукової бібліотеки; Н. М. Крючкова, канд. екон. наук; Л. М. Токарчук, д-р юр. наук; М. І. Ніколаєва, канд. політ. наук; В. В. Яворська, д-р геогр. наук; Н. В. Кондратенко, д-р філол. наук.

Редакційна колегія журналу:

А. Бьорнер, д.б.н., професор (Німеччина); С. Верба, к.б.н. (Польща); В. В. Заморов, к.б.н., доцент (Україна); В. О. Іваниця, д.б.н., професор (Україна); К. Ковальчик, д.б.н., професор (Польща); Г. В. Майкова, к.б.н. (Польща); О. А. Макаренко, д.б.н., ст.н.с. (Україна); С. Мішева, д.б.н., професор (Болгарія); Ю. М. Олійник, к.б.н., доцент (Україна); С. Н. Оленін, професор (Литва), З. Селка, к.б.н., (Польща); В. А. Трач, к.б.н., доцент (Україна); Г. Федак, професор (Канада); С. С. Чернадчук, к.б.н., доцент (Україна); С. В. Чеботар, д.б.н., член-кор. НААНУ (Україна) – науковий редактор; Т. Г. Алексєєва, к.б.н., доцент (Україна) – відповідальний секретар.

«Вісник Одеського національного університету. Біологія»
входить до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»);
Затверджено Наказом МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.

Українською та англійською мовами

Згідно з Рішенням Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення
№ 1050 від 28.03.2024 р. журнал зареєстрований як друковане медіа
і внесений до Реєстру суб'єктів у сфері медіа з ідентифікатором R30-03679

Затверджено до друку Вченою радою
Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

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.edu.ua

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2024

ЗМІСТ

ГЕНЕТИКА І МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

- Кузнецов М.К., Січняк О.Л.**
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНОТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБЦИДУ «ФЕДЕРАЛ»
НА МОДЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ *DANIO RERIO*, HAMILTON, 1822.
ПОВІДОМЛЕННЯ І. ВПЛИВ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ..... 7

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

- Караванський Ю.В., Заморов В.В.**
ВНУТРІШНЬОВИДОВА АГРЕСИВНІСТЬ ТРЬОХ ВИДІВ БИЧКОВИХ РИБ
РОДУ *PONTICOLA* ILJIN, 1927 В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ..... 21

ЗООЛОГІЯ

- Буяльська Н.П.**
НОВІ ВІДОМОСТІ ПРО ЖУКІВ-ГОРБАТОК
(COLEOPTERA: MORDELLIDAE) ФАУНИ УКРАЇНИ..... 39
- Стойловський В. П., Ківганов Д. А.**
РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ВЕСНЯНИХ ОРНІТОКОМПЛЕКСІВ
В ПОНИЗЗИ ТИЛГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ 50

МІКРОБІОЛОГІЯ І ВІРУСОЛОГІЯ

- Сачковська В.І., Зінченко О.Ю., Жуков Б.С., Кравець С.С.**
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛОРВМІСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАСОБІВ
ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПРОТИ КОЛІФОРМНИХ БАКТЕРІЙ 67

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

- Акішева А. С., Сідлецький О. С., Молодан Ю. О., Макаренко О. А.**
ПРОГНОЗУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВЗАЄМОДІЇ КВЕРЦЕТИНУ,
А-ЦИПЕРМЕТРИНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ З А-РЕЦЕПТОРОМ ЕСТРОГЕНУ
(ДОСЛІДЖЕННЯ *IN SILICO*) 81

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

- Замбріборщ І.С., Шестопап О.Л., Чекалова М.С., Афіногенов О.А.**
ПАМ'ЯТІ ДОКТОРА БІОЛОГІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРА
СВІТЛАНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ ІГНАТОВОЇ..... 109
- Кузнецов В.О., Ткаченко Ф.П.**
ІСТОРІЯ МІКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ОДЕСЬКОМУ
(НОВОРОСІЙСЬКОМУ) УНІВЕРСИТЕТІ (1865-1890 РР.) 121

CONTENTS

GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY

- Kuznetsov M.K., Sichniak O.L.**
STUDY OF THE GENOTOXIC EFFECT OF FEDERAL HERBICIDE
ON THE MODEL OBJECT DANIO RERIO, HAMILTON, 1822.
MESSAGE 1. EFFECT OF HIGH CONCENTRATIONS..... 7

HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

- Karavansky Y.V., Zamorov V.V.**
INTRASPECIFIC AGGRESSIVENESS OF THREE SPECIES OF GOBIIDAE FISH
OF THE GENUS *PONTICOLA* ILJIN, 1927 IN LABORATORY CONDITIONS 21

ZOOLOGY

- Buialska N.P.**
NEW DATA ON TUMBLING FLOWER BEETLES
(COLEOPTERA: MORDELLIDAE) OF THE FAUNA OF UKRAINE 39
- Stoilovskiy V. P., Kivganov D. A.**
RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE SPRING ORNITOCOMPLEXES
IN THE LOWER TYLIGUL ESTUARY..... 50

MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

- Sachkovska V.I., Zinchenko O.Yu., Zhukov B.S., Kravets S.S.**
EVALUATION OF THE EFFICACY OF CHLORINE-CONTAINING
COMMERCIAL PRODUCTS FOR WATER DECONTAMINATION
AGAINST COLIFORM BACTERIA 67

PHYSIOLOGY OF HUMAN AND ANIMALS

- Akischeva A. S., Sidletskiy O. S., Molodan Yu. O., Makarenko O. A.**
PREDICTION OF THE INTERACTION MECHANISMS OF QUERCETIN,
A-CYPERMETHRIN AND ITS DERIVATIVES WITH THE A-ESTROGEN
RECEPTOR (*IN SILICO* STUDY) 81

HISTORY OF THE FACULTY AND THE UNIVERSITY

- Zambriborshch I. S., Shestopal O. L., Chekalova M. S., Afinogenov O. A.**
MEMORIES OF DOCTOR OF BIOLOGICAL SCIENCES, PROFESSOR
IGNATOVA SVETLANA 109
- Kuznetsov V.O., Tkachenko F.P.**
HISTORY OF MYCOLOGICAL RESEARCH
AT ODESSA (NOVOROSSIA) UNIVERSITY (1865-1890)..... 121

**ГЕНЕТИКА
І МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ**



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309035](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309035)

УДК 575:574.24:574.524:576.08

М. К. Кузнецов, студент; <https://orcid.org/0009-0002-2661-3828>

О. Л. Січняк, к.б.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0002-7014-3053>

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики,
Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНОТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБИЦИДУ «ФЕДЕРАЛ» НА МОДЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ *DANIO RERIO*, HAMILTON, 1822. ПОВІДОМЛЕННЯ 1. ВПЛИВ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ

Досліджували дію гербіцидного препарату «Федерал» у концентраціях 5, 10 та 15 мг/л на модельному об'єкті *Danio rerio* в умовах *in vivo*. Виявлено достовірний вплив досліджуваних концентрацій препарату на збільшення частоти еритроцитів з мікроядрами. Генотоксичний вплив посилювався із збільшенням тривалості обробки до 96 годин. Подальше збільшення тривалості обробки не вплинуло суттєво на збільшення частоти клітин з мікроядрами.

Ключові слова: гліфосат, дикамба, мікроядерний тест, *Danio rerio*

Останні десятиріччя хімізація сільського господарства набуває все більшого розповсюдження та застосування. Незважаючи на проєкти по виробництву органічної сільськогосподарської продукції, цей напрям залишиться лише окремою галуззю для обраних. Потреба забезпечення прогресивно зростаючого населення планети продовольством не залишає альтернативи використанню пестицидів у сільськогосподарському виробництві. На частку гербіцидів приходиться понад 60% усіх пестицидів, що застосовуються у сільському господарстві [38]. Розповсюдження генетично модифікованих організмів, особливо серед технічних культур, сприяє інтенсивному застосуванню гербіцидів. Зокрема, вирощування генетично модифікованих сортів кукурудзи, сої, бавовника, стійких до синтетичних ауксинів спричинило збільшення застосування цих препаратів [20].

Але гербіциди є забруднювачами поверхневих вод та ґрунтів, а їх окремі форми навіть здатні забруднювати повітря. При застосуванні в сільськогосподарських районах гербіциди можуть зазнавати мікробного та небіологічного розкладання, поглинання рослинами, можуть адсорбуватися та переноситися поверхневими водами на відстань від місця застосування. Персистенція цих сполук у довкіллі, зумовлена їхньою ліпофільністю, приводить до біоаккумуляції та біомагніфікації гербіцидів. Це може мати наслідки для здоров'я людей

навіть у віддалених від місць застосування районах. Все це привертає увагу до екологічних наслідків використання гербіцидів [18]. Великою проблемою у застосуванні гербіцидів є їх вплив на нецільові організми. При цьому увага, насамперед, приділяється питанню токсичності для ссавців. Проблема полегшується тим, що зазначені хімічні речовини перешкоджають біохімічним шляхам, які відсутні у ссавців: фотосинтез, біосинтез незамінних амінокислот або біосинтез хлорофілу [30].

Гліфосат є найбільш широко використовуваним гербіцидом. У світі існує понад 750 препаратів на основі гліфосату [12]. Однак постійно обговорюються питання відносно його безпеки, можливі побічні ефекти та вплив на інші організми. З'ясовано, що гліфосат може впливати на мікробіоту траводітних тварин, які живляться нецільовими сільськогосподарськими культурами [11]. Ще однією проблемою широкого застосування гліфосату є набуття бур'янами стійкості до цього препарату. Чисельність стійких до гліфосату бур'янів склала 424 види [13]. Разом з тим, у дослідженнях на культурі лімфоцитів людини з'ясовано, що в діапазоні концентрацій 20–40 мкмоль/л гліфосату не виявлено суттєвих змін ані в мітотичному і проліфераційному індексах, ані в частоті хромосомних аберацій, ані в частоті сестринських хроматидних обмінів. Лише при збільшенні концентрації гліфосату до 200 мкмоль/л спостерігали вірогідне збільшення лише частоти сестринських хроматидних обмінів [33]. Дослідження дії гліфосату та препаратів на його основі, проведені після 2015 року вказують на наявність генотоксичних ефектів. Зокрема, всі сім досліджень *in vivo* на людях пов'язують канцерогенез із дією зазначених препаратів [4].

Раніше також повідомлялося, що Раундап (глифосат) в рослинних (*Crepis capillaris*) і тваринних (культура клітин кісткового мозку миші) тест-системах не викликав хромосомних аберацій або утворення мікроядер [8]. Хоча, на основі аналізу даних спектрального аналізу у *Allium cepa*, висловлювалася думка, що гліфосат на пряму взаємодіє з ДНК і викликає генотоксичні ефекти [36]. Інші дослідження чистого гліфосату і препаратів на його основі у переважній більшості заперечували генотоксичність цих речовин в експериментах на бактеріях та ссавцях. Суперечливі результати отримані при мікроядерному аналізі тварин інших груп. При цьому, можливі негативні ефекти відносять на рахунок поверхнево-активних речовин, які є компонентами комерційних препаратів, а сам гліфосат вважається безпечним для людини та довкілля [16]. Однак є відомості про генотоксичність як самого гліфосату, так і препаратів на його основі, виявлену комет-аналізом в лімфоцитах людини. Більша генотоксичність препаратів на основі гліфосату вказує, на думку авторів, на генотоксичну активність доданих у препарати ад'ювантів [2]. При застосуванні високих концентрацій гліфосату [19] в культурі лімфоцитів *Chaetophraactus villosus* спостерігали достовірне збільшення частоти хромосомних аберацій та сестринських хроматидних обмінів, а також порушення проліферації клітин в діапазоні концентрацій діючої речовини 280–560 мкмоль/л. При збільшенні концентрації до

1120 мкмоль/л живих клітин в культурі не спостерігалось. В проведеному [9] метааналізі з'ясовано, що чистий гліфосат мав меншу генотоксичність, ніж комерційні суміші.

Метою роботи є дослідження впливу високих концентрацій гербіцидного препарату на основі гліфосату «Федерал» на тест-об'єкті *Danio rerio*, Hamilton, 1822. Під високими концентраціями розуміються такі, що набагато перевищують гранично допустиму концентрацію у водному середовищі.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні використовували комбінований системний гербіцид суцільної дії «Федерал» (ТОВ-фірма «Агрохімпак», Україна), до складу якого входять: гліфосат (CAS No. 1071–83–6) у формі ізопропіламіної солі, 480 г/л та дикамба (CAS No. 1918–00–9), 60 г/л. Допоміжні речовини згідно законодавства, на жаль, вважаються комерційною таємницею виробника і не повідомляються.

Як тест-об'єкт в даному дослідженні використовували *Danio rerio*, Hamilton, 1822. Рибки даніо традиційно вважаються потужною тваринною моделлю завдяки їхньої генетиці та ембріології, а в останній час вони стали відігравати важливу роль у дослідженнях навколишнього середовища, фармацевтичному скринінгу та фізіологічному аналізі. Великий обсяг робіт показав, що механізми та гени риб та ссавців дуже консервативні, що відкриває можливості для генетичного або низькомолекулярного скринінгу [14].

Для проведення експерименту з одного стада *D. rerio* було здійснено п'ять закупок по 35 рибок у віці близько трьох місяців. Кожну партію дорощували у маточному акваріумі протягом місяця з метою акліматизації. Умови утримання були стандартними (температура $28 \pm 0,5$ °C, рН 7.0–8.0, фотоперіод – 14 годин світла: 10 годин темряви). Рибок годували один раз на день комерційним пластівчастим кормом. Культуральну воду оновлювали кожні 2 дні попередньо відстояною протягом чотирьох діб водопровідною водою.

Для моделювання генотоксичного впливу із маточного акваріума відбирали дослідні групи в ємності із розрахунку особина / л. Групи піддавали впливу гербіциду протягом 48, 96 та 144 годин у концентрації 5, 10 та 15 мг/л (у перерахунку на гліфосат). Зазначені концентрації відповідають 30, 60 та 90 мкмоль/л гліфосату, відповідно. Для позитивного контролю використовували обробку сульфаніламідом в концентрації 20 мг/л протягом 48, 96 та 144 годин. Для негативного контролю брали інтактних особин з маточного резервуару. В кожному варіанті досліду використано 10 рибок.

Після експозиції усіх особин груп швидко умертвляли у крижаній воді, після чого відбирали зразки крові шляхом відрізання хвостового плавця для приготування тимчасових препаратів еритроцитів. Для фарбування зразків використовували азур-еозин за Романовським (ТОВ “Генезіс”, Україна). Підра-

хунок кількості клітин з мікроядрами виконували з використанням світлового мікроскопу MICROmed XS-2610 LED розраховуючи кількість клітин з мікроядрами на 2000 еритроцитів у одній рибки.

Статистичну обробку виконували, враховуючи середні значення та похибки середніх. Для аналізу результатів використовували критерій Стьюдента [10].

Результати дослідження та їх обговорення

Результати експерименту наведені у табл. 1. При обробці сульфаніламідом суттєво зростала частота клітин з мікроядрами (рис. 1). Це очікуваний результат. Сульфаніламід є конкурентним антагоністом та структурним аналогом пара-амінобензойної кислоти у синтезі фолієвої кислоти, необхідної для подальшого синтезу ДНК у бактерій [37], що в кінцевому підсумку інгібує утворення ди- та тетрагідрофолату, а згодом інгібує синтез ДНК та поділ або реплікацію клітин [26]. У клітинах тварин, які не синтезують фолат, порушень його синтезу немає. Однак вони споживають фолієву кислоту з їжею, а вона виконує свої функції тільки після її перетворення на тетрагідрофолієву кислоту під дією дигідрофолатредуктази [3]. Порушення синтезу тетрагідрофолату сульфаніламідом може викликати аномалії в ДНК через порушення метилювання, що обмежує синтез ДНК [34]. Саме це й зумовило вибір даного препарату у якості позитивного контролю.

Таблиця 1

Частоти клітин з мікроядрами (%) при різних варіантах обробки гербіцидом «Федерал»

Варіант обробки	Тривалість обробітку		
	48 год.	96 год.	144 год.
Негативний контроль	0,14±0,03		
Позитивний контроль	1,01±0,07***	1,05±0,07***	1,13±0,07***
«Федерал» 5 мг/л	0,23±0,03*	0,36±0,04***	0,44±0,05***
«Федерал» 10 мг/л	0,28±0,04**	0,69±0,06***	0,74±0,06***
«Федерал» 15 мг/л	0,73±0,06***	0,91±0,07***	0,97±0,07***

* – відмінність від негативного контролю при $p \leq 0,05$;

** – відмінність від негативного контролю при $p \leq 0,01$;

*** – відмінність від негативного контролю при $p \leq 0,001$

Усі варіанти обробки препаратом «Федерал» також показали наявність достовірних відмінностей від негативного контролю за частотою еритроцитів з мікроядрами.

За 48-годинної обробки препаратом «Федерал» за будь-якої концентрації частота клітин з мікроядрами була достовірно ($p \leq 0,01$) меншою, ніж у пози-

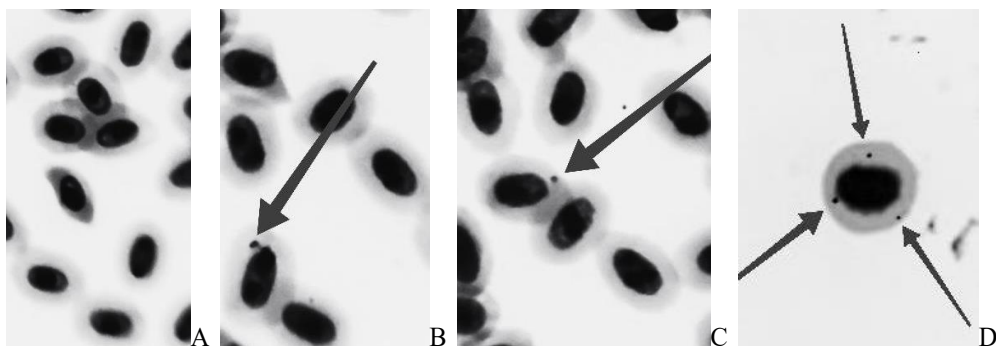


Рис 1. Еритроцити *D. rerio* без мікроядер (А) та з одинарними (В, С) та потрійними мікроядрами (D). Об'єктив $\times 100$, окуляр $\times 10$.

тивному контролі. При збільшенні концентрації гербіциду картина дещо змінювалася. Як при 96-годинній, так і при 144-годинній обробки гербіцидом у концентраціях 5 та 10 мг/л зберігалися достовірні ($p \leq 0,01$) відмінності від позитивного контролю. Але при обробці препаратом у концентрації 15 мг/л за обох термінів тривалої обробки достовірних відмінностей від позитивного контролю не виявлено.

Аналіз впливу концентрацій препарату «Федерал» на частоту мікроядер за 48-годинної обробки виявив достовірні ($p \leq 0,01$) відмінності лише концентрації 15 мг/л від інших варіантів обробки. Із збільшенням тривалості обробки ці відмінності зберігалися між обробкою в концентрації 5 мг/л та іншими варіантами обробки. Що до впливу на частоту еритроцитів з мікроядрами тривалості обробки, то за усіх застосованих концентрацій препарату частота клітин з мікроядрами достовірно ($p \leq 0,01$) зростала при збільшенні тривалості обробки від 48 до 96 годин. Подальше збільшення тривалості обробки не приводило до достовірного збільшення частоти еритроцитів з мікроядрами.

Отримані результати дещо суперечать повідомленням про інертність гліфосату. З'ясовано, що гліфосат не викликав суттєвого збільшення частоти мікроядер у мононуклеарних лейкоцитів людини *in vitro*, за виключенням найбільшої концентрації (100 мкмоль), навіть після 20-годинного впливу. Натомість три препарати на його основі викликали суттєве збільшення частоти мікроядер вже через 4 години [24]. Багато авторів пояснюють це наявністю у препаратах ад'ювантів, які можуть бути більш токсичними, ніж сам гліфосат [7, 21, 23]. Вважають, що ад'юванти підвищують біодоступність гліфосату [25]. Генотоксичність гліфосату [35] пояснюють опосередкованою дією активних форм кисню. Хоча прямих доказів здатності гліфосату індукувати активні форми кисню немає, відомо, що препарати на його основі можуть викликати окиснювальний стрес [5, 6], що вказує на роль супутніх домішок у генотоксичних ефектах.

Дослідження впливу гліфосату в культурі лімфоцитів великої рогатої худоби не виявили дозозалежного ефекту відносно індукції мікроядер. Лише за надвисоких концентрацій (280 і 560 мкмоль) спостерігалось суттєве збільшення частоти клітин з мікроядрами [27]. Дослідження гліфосату та препаратів на його основі в тестах на мутагенність у бактерій, а також в культурі клітин ТК6 людини не виявили суттєвої генотоксичності гліфосату, в той час як комерційні препарати демонстрували різний ступінь цито- та генотоксичності [31].

Отримані нами дані свідчать, що вже при концентраціях 60 мкмоль/л (10 мг/л) і 90 мкмоль/л (15 мг/л) було виявлено достовірне збільшення клітин з мікроядрами. Розбіжності можуть бути зумовлені методами тестування (клітинні культури та організми *in vivo*, різні типи клітин (лімфоцити та еритроцити)), але більш ймовірною нам здається різниця в біології об'єктів, використаних як тест-системи. Дослідження впливу гліфосату на рибах та амфібіях, а також на безхребетних мало схожі результати з нашим дослідженням. Так, у африканського сома (*Clarias gariepinus*) лише при 4,5 і 6 мг/л гліфосату відбувалося збільшення частки еритроцитів з мікроядрами [1]. З'ясовано, що за 96-годинної експозиції коропа (*Cyprinus carpio*) препаратом на основі гліфосату середня частота мікроядер суттєво зростала [15]. У личинок *Rhinella arenarum* 96-годинна обробка препаратами на основі дикамби та гліфосату індукувала у амфібій розриви ДНК незалежно від застосованих концентрацій. Також виявлений синергічний ефект бінарної суміші цих препаратів на індукцію первинних розривів ДНК у циркулюючих клітинах крові [32]. Дослідження на метелику *Lycaena dispar* показали суттєвий вплив гліфосату на частоту утворення мікроядер в епітеліальних клітинах личинок, які живилися на рослинах, обприсканих гербіцидом у концентрації 3,6 г/л [29]. Таким чином, представники різних таксономічних груп по-різному реагують на гліфосат та препарати на його основі. Можливо це зумовлене особливостями метаболізму, в т.ч. різною реакцією на окиснювальний стрес.

Слід зазначити, що досліджуваний нами гербіцидний препарат має дві діючі речовини – ізопропіламінна сіль гліфосату (480 г/л) та дикамба (60 г/л). Ми намагалися оцінити дію саме гліфосату у надвисоких концентраціях, тому нами були обрані експериментальні концентрації гліфосату 5, 10 та 15 мг/л. Відповідно це супроводжувалося наявністю дикамби у концентраціях 0,63, 1,25 та 1,88 мг/л. Оцінки генотоксичної дії дикамби на рибах *Cnesterodon decemmaculatus* (Pisces, Poeciliidae) показали, що збільшення індексу генетичних ушкоджень спостерігалось при обробках тривалістю 48 та 96 годин в діапазоні концентрацій дикамби 410–1229 мг/л [28]. Тому, дією дикамби в нашому експерименті на даному етапі можна знехтувати. Однак, враховуючи неоднозначні дані про безпечність даної речовини [17, 22], в подальшому ми плануємо провести вивчення впливу кожної речовини окремо, тим більше, що є дані як про синергічну, так і антагоністичну дію даних речовин [22, 32].

Висновки

1. Дія препарату «Федерал» при використанні мікроядерного тесту показала достовірний вплив досліджуваних концентрацій на збільшення частоти еритроцитів з мікроядрами.

2. Генотоксичний вплив посилювався із збільшенням тривалості обробки до 96 годин. Подальше збільшення тривалості обробки не вплинуло суттєво на збільшення клітин з мікроядрами.

Стаття надійшла до редакції 20.05.2024

Список використаної літератури

- Alarape S.A., Adebisi E.O., Adeyemo O.K. Histopathological effects and micronucleus assay of glyphosate-based herbicides on cultured african catfish (*Clarias Gariepinus*, Burchell 1822). *BioRxiv*. 2021. 2021.08.25.457628; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.08.25.457628>
- Alvarez-Moya C., Reynoso-Silva M. Assessment of Genetic Damage Induced via Glyphosate and Three Commercial Formulations with Adjuvants in Human Blood, *Cells. Int. J. Mol. Sci.*, 2023, 24, 4560. <https://doi.org/10.3390/ijms24054560>
- Bailey S.W., Ayling J.E. The extremely slow and variable activity of dihydrofolate reductase in human liver and its implications for high folic acid intake. *PNAS*. 2009, 106, P. 15424–15429. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19706381/>
- Benbrook C., Mesnage R., Sawyer W. (2023) Genotoxicity Assays Published since 2016 Shed New Light on the Oncogenic Potential of Glyphosate-Based Herbicides, *Agrochemicals*, 2023, 2, pp. 47–68. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2010005>
- Chaufan G., Coalova I., Rios de Molina Mdel C. (2014) Glyphosate commercial formulation causes cytotoxicity, oxidative effects, and apoptosis on human cells: differences with its active ingredient. *Int. J. Toxicol.* 2014, 33, P. 29–38. [10.1177/1091581813517906](https://doi.org/10.1177/1091581813517906)
- Coalova I., Rios de Molina Mdel C., Chaufan G. Influence of the spray adjuvant on the toxicity effects of a glyphosate formulation. *Toxicology in Vitro*. 2014, 28, P. 1306–1311. [10.1016/j.tiv.2014.06.014](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2014.06.014)
- Defarge N. Co-formulants in glyphosate-based herbicides disrupt aromatase activity in human cells below toxic levels / N. Defarge, E. Takács, V.L. Lozano, R. Mesnage, J. Spiroux de Vendômois, G.E. Séralini, A. Székács. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2016, 13(3), P. 264–280. [10.3390/ijerph13030264](https://doi.org/10.3390/ijerph13030264)
- Dimitrov B.D., Gadeva P.G., Benova D.K., Bineva M.V. Comparative genotoxicity of the herbicides Roundup, Stomp and Reglone in plant and mammalian test systems. *Mutagenesis*. 2006, 21(6). P. 375–382, 2006. doi:10.1093/mutage/gel044
- Ghisi N.C., Celton de Oliveira E., Prioli A.J. Does exposure to glyphosate lead to an increase in the micronuclei frequency? A systematic and meta-analytic review. *Chemosphere*. 2016, 145, P. 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.044>
- Glantz S.A. Primer of Biostatistics. Seventh Edition. New York, ..., Toronto: McGRAW-HILL, 2012. 327 p.
- Gomez-Gallego C. Glyphosate-based herbicide affects the composition of microbes associated with Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*) /C. Gomez-Gallego, M.J. Rainio, M.C. Collado, A. Mantziari, S. Salminen, K. Saikkonen, M. Helander. *FEMS Microbiology Letters*. 2020, 367(6), fnaa050. doi: 10.1093/femsle/fnaa050.
- Guyton K.Z. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate / K. Z. Guyton, D. Loomis, Y. Grosse, F. El Ghissassi, L. Benbrahim-Tallaa, N. Guha N., C. Scoccianti, H. Mattok, K. Straif. *Lancet Oncol*. 2015, 16, P. 490–491. doi: 10.1016/S1470-2045(15)70134-8.
- Heap I. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. 2019. Available www.weedscience.com
- Herna'ndez P.P., Allende M.L. Zebrafish (*Danio rerio*) as a model for studying the genetic basis of copper toxicity, deficiency, and metabolism. *Am.J. Clin. Nutr.* 2008, 88(suppl). P. 835S-839S. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916523241490>
- Islamy R.A., Faqih A.R., Kilawati Y., Maimunah Y., Fadjar M., Hasan V. et al. Genotoxic Effect on Hematological and Micronucleus alteration of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Exposed to glyphosate-based herbicide, *Jurnal Perikanan Pantura*, 2023, 6(1), pp. 246–260. doi:10.30587/jpp.v6i1.944
- Kier L.D., Kirkland D.J. Review of genotoxicity studies of glyphosate and glyphosate-based formulations. *Crit. Rev. Toxicol.* 2013, 43(4). P. 283–315. doi: 10.3109/10408444.2013.770820.

17. Kim J. Exposure to pesticides and risk of Hodgkin lymphoma in an international consortium of agricultural cohorts (AGRICOH) / J. Kim, M.E. Leon, L.H. Schinasi, I. Baldi, P. Lebaillly, L.E.B. Freeman, K. C. Nordby, G. Ferro, A. Monnereau, M. Brouwer, K. Kjaerheim, J. N. Hofmann, K. Straif, H. Kromhout, J. Schüz, K. Togawa *Cancer Causes Control*. 2023, 34(11). P. 995–1003. doi: 10.1007/s10552-023-01748-1.
18. Kortekamp A. *Herbicides and Environment*. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2011.
19. Luaces J. P., Rossi L. F., Chirino M. G., Browne M., Merani M. S., Mudry M. D. Genotoxic effects of Roundup Full II® on lymphocytes of *Chaetophractus villosus* (Xenarthra, Mammalia): In vitro studies. *PLoS One*. 2017, 12(8). P. e0182911. doi: 10.1371/journal.pone.0182911.
20. Mendes K. F., de Sousa R. N., da Costa Lima A., Godoi-j M. A. Understanding the Environmental Behavior of Herbicides: A Systematic Review of Practical Insights. *IntechOpen*. 2023. doi: 10.5772/intechopen.1002280
21. Mesnage R., Benbrook C., Antoniou M. N. Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based herbicides. *Food Chem Toxicol*. 2019, 128. P. 137–145. 10.1016/j.fct.2019.03.053
22. Mesnage R., Brandsma I., Moelijker N., Zhang G., Antoniou M. N. Genotoxicity evaluation of 2,4-D, dicamba and glyphosate alone or in combination with cell reporter assays for DNA damage, oxidative stress and unfolded protein response. *Food Chem Toxicol*. 2021, 157. 112601. doi: 10.1016/j.fct.2021.112601.
23. Mesnage R., Defarge N., Spiroux de Vendomois J., Seralini G. E. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles/ *Biomed. Res. Int*. 2014. 179691. 10.1155/2014/179691
24. Nagy K., Argaw Tessema R., Szász I., Smeirat T., Al Rajo A., Ádám B. Micronucleus Formation Induced by Glyphosate and Glyphosate-Based Herbicides in Human Peripheral White Blood Cells. *Front Public Health*. 2021, 9. 639143. doi: 10.3389/fpubh.2021.639143.
25. Nobels I., Spanoghe P., Haesaert G., Robbens J., Blust R. Toxicity ranking and toxic mode of action evaluation of commonly used agricultural adjuvants on the basis of bacterial gene expression profiles, *PLoS ONE*. 2011, 6(11). e24139. 10.1371/journal.pone.0024139
26. Pareek A., Rani P., Kishore D. A short review on: Sulphonamides, *Int. J. Pharm. Bio. Sci*. 2013, 4(1). P. 812–820. https://www.researchgate.net/publication/286074180_A_short_review_on_Sulphonamides
27. Piešová E. The effect of glyphosate on the frequency of micronuclei in bovine lymphocytes *in vitro*. *Acta Veterinaria (Beograd)*. 2005, 55(2–3). P. 101–109. DOI:10.2298/AVB0503101P
28. Ruiz de Arcaute C., Soloneski S., Larramendy M. L. Evaluation of the genotoxicity of a herbicide formulation containing 3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid (dicamba) in circulating blood cells of the tropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*. *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen*. 2014, 773. P. 1–8. doi: 10.1016/j.mrgentox.2014.08.001.
29. Santovito A., Audisio M., Bonelli S. A micronucleus assay detects genotoxic effects of herbicide exposure in a protected butterfly species. *Ecotoxicology*. 2020, 29. P. 1390–1398. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02276-3>
30. Shaner D. L. Herbicide safety relative to common targets in plants and mammals. *Pest. Manag. Sci*. 2004, 60(1). P. 17–24. doi: 10.1002/ps.782.
31. Smith-Roe S. L. Evaluation of the herbicide glyphosate, (aminomethyl)phosphonic acid, and glyphosate-based formulations for genotoxic activity using in vitro assays / S. L. Smith-Roe, C. D. Swartz, A. Rashid, N. C. Chrysty, J. E. Sly, X. Chang X. Sipes N. S., Shockley K. R., Harris S. F., McBride S. J., Larson G. J., Collins B. J., Mutlu E., Witt K. L. *Environ. Mol. Mutagen*. 2023, 64, pp. 202–233. <https://doi.org/10.1002/em.22534>
32. Soloneski S., Ruiz de Arcaute C., Larramendy M. L. Genotoxic effect of a binary mixture of dicamba- and glyphosate-based commercial herbicide formulations on *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) (Anura, Bufonidae) late-stage larvae. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int*. 2016, 23(17). P. 17811–21. doi: 10.1007/s11356-016-6992-7.
33. Tarboush N. A., Almomani D. H., Khabour O. F., Azzam M. I. Genotoxicity of Glyphosate on Cultured Human Lymphocytes. *Int. J. Toxicol*. 2022, 41(2). P. 126–131. doi: 10.1177/10915818211073514.
34. Weinstein S. J. Null association between prostate cancer and serum folate, Vitamin B6, Vitamin B12, and Homocysteine / S. J. Weinstein, T. J. Hartman, R. Stolzenberg-Solomon, P. Pietinen, M. J. Barrett, P. R. Taylor, J. Virtamo, D. Albanes. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*. 2003, 12. P. 1271–1272. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14652294/>
35. Wozniak E. The mechanism of DNA damage induced by Roundup 360 PLUS, glyphosate and AMPA in human peripheral blood mononuclear cells – genotoxic risk assesement / E. Wozniak, P. Sicinska, J. Michalowicz, K. Wozniak, E. Reszka, B. Huras, J. Zakrewski, B. Bukowska. *Food Chem. Toxicol*. 2018, 120. P. 510–522. 10.1016/j.fct.2018.07.035
36. Yalçın E., Çavuşoğlu K. Spectroscopic contribution to glyphosate toxicity profile and the remedial effects of *Momordica charantia*. *Sci Rep*, 2022, 12, 20020. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24692-7>
37. Zessel K., Mohring S., Hamscher G., Kietzmann M., Stahl J. Biocompatibility and antibacterial activity of photolytic products of sulfonamides. *Chemosphere*. 2014, 100. P. 167–174. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.11.038.
38. Zimdahl R. L. (2002). My view. *Weed Sci*, 50, p. 687. <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/issue/B7C5B7FCCD4C180691FE263A1401B4F8>

М. К. Кузнецов, О. Л. Січняк

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики,
Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: a.sechnyak@onu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНОТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ ГЕРБІЦИДУ «ФЕДЕРАЛ» НА МОДЕЛЬНОМУ ОБ'ЄКТІ *DANIO RERIO*, HAMILTON, 1822. ПОВІДОМЛЕННЯ 1. ВПЛИВ ВИСОКИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ

Резюме

Проблема. На частку гербіцидів приходиться понад 60% усіх пестицидів, що застосовуються у сільському господарстві. Гліфосат є найбільш широко використовуваним гербіцидом у світі. Питання відносно його безпеки, можливі побічні ефекти та вплив на інші організми є широко обговорюваними та суперечливими.

Мета. Метою представленої роботи є дослідження впливу високих концентрацій гербіцидного препарату на основі гліфосату «Федерал» на тест-об'єкті *Danio rerio*, Hamilton, 1822. Під високими концентраціями розуміються такі, що набагато перевищують гранично допустиму концентрацію у водному середовищі.

Методика. На тест-об'єкті *Danio rerio* вивчали вплив препарату «Федерал» на частоту еритроцитів з мікроядрами при обробці протягом 48, 96 та 144 годин у концентрації 5, 10 та 15 мг/л (у перерахунку на гліфосат). В якості негативного контролю використовували інтактні особини, а для позитивного контролю – сульфаніламід у концентрації 20 мг/л протягом 48, 96 та 144 годин.

Основні результати. При обробці сульфаніламідом суттєво зростала частота клітин з мікроядрами. Усі варіанти обробки препаратом «Федерал» також показали наявність достовірних відмінностей від негативного контролю за частотою еритроцитів з мікроядрами. За 48-годинної обробки препаратом «Федерал» за будь-якої концентрації частота клітин з мікроядрами була достовірно меншою, ніж у позитивному контролі. Як за 96-годинної, так і за 144-годинної обробки гербіцидом у концентраціях 5 та 10 мг/л зберігалися достовірні відмінності від позитивного контролю. Але при обробці препаратом у концентрації 15 мг/л за обох термінів тривалої обробки достовірних відмінностей від позитивного контролю не виявлено. Аналіз впливу концентрацій препарату «Федерал» на частоту мікроядер за 48-годинної обробки виявив достовірні відмінності лише концентрації 15 мг/л від інших варіантів обробки. Із збільшенням тривалості обробки ці відмінності зберігалися між обробкою в концентрації 5 мг/л та іншими варіантами обробки. За усіх застосованих концентрацій препарату частота клітин з мікроядрами достовірно зростала при збільшенні тривалості обробки від 48 до 96 годин. Подальше збільшення тривалості обробки не збільшувало достовірно частоту еритроцитів з мікроядрами.

Висновки. Дія препарату «Федерал» при використанні мікроядерного тесту показала достовірний вплив досліджуваних концентрацій на збільшення частоти еритроцитів з мікроядрами. Генотоксичний вплив посилювався із збільшенням тривалості обробки до 96 годин. Подальше збільшення тривалості обробки не вплинуло суттєво на збільшення частоти клітин з мікроядрами.

Ключові слова: гліфосат, дикамба, мікроядерний тест, *Danio rerio*

M. K. Kuznetsov, O. L. Sichniak

Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Molecular Biology,
Biochemistry and Genetics, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine,
e-mail: a.sechnyak@onu.edu.ua

STUDY OF THE GENOTOXIC EFFECT OF FEDERAL HERBICIDE ON THE MODEL OBJECT DANIO RERIO, HAMILTON, 1822. MESSAGE 1. EFFECT OF HIGH CONCENTRATIONS

Summary

Problem. More than 60% of all pesticides used in agriculture are herbicides. Glyphosate is the most widely used herbicide in the world. Questions regarding its safety, possible side effects and influence on other organisms are controversial and are widely discussed.

Aim. The purpose of the presented work is to study the effect of high concentrations of the herbicide preparation based on glyphosate “Federal” on the test object *Danio rerio*, Hamilton, 1822. High concentrations are understood to be those that far exceed the MPC in the aquatic environment.

Methods. The effect of the drug “Federal” on the frequency of erythrocytes with micronuclei when treated for 48, 96 and 144 hours at a concentration of 5, 10 and 15 mg/l (in terms of glyphosate) was studied on the test object *Danio rerio*. Intact individuals were used as a negative control, and sulfonamide at a concentration of 20 mg/l was used as a positive control for 48, 96 and 144 hours.

Main results. When treated with sulfonamide, the frequency of cells with micronuclei significantly increased. All variants of treatment with the drug “Federal” showed significant differences from the negative control in the frequency of erythrocytes with micronuclei. For 48 hours of treatment with the drug “Federal” at any concentration, the frequency of cells with micronuclei was significantly lower than in the positive control. Both at 96-hour and at 144-hour herbicide treatment in concentrations of 5 and 10 mg/l, significant differences from the positive control remained. However, when treated with the drug with a concentration of 15 mg/l, no significant differences from the positive control were found during both periods of a long-term treatment. The analysis of the influence of concentrations of the drug “Federal” on the frequency of micronuclei during 48 hours of treatment revealed significant differences only in concentrations of 15 mg/l from other treatment options. As treatment duration increased, these differences persisted between treatment with a concentration of 5 mg/l and other treatment options. For all applied concentrations of the drug, the frequency of cells with micronuclei significantly increased with an increase in the duration of the treatment from 48 to 96 hours. Further increase in trivalency of processing did not significantly increase the frequency of erythrocytes from micronuclei.

Conclusions. The effect of the drug “Federal” when using the micronucleus test showed a reliable effect of the studied concentrations on increasing the frequency of erythrocytes with micronuclei. The genotoxic effect increased with increasing duration of the treatment up to 96 hours. Further increase in the treatment duration did not significantly affect the increase in the frequency of cells with micronuclei.

Key words: glyphosate, dicamba, micronucleus test, *Danio rerio*

References

1. Alarape S.A., Adebisi E.O., Adeyemo O.K. (2021) Histopathological effects and micronucleus assay of glyphosate-based herbicides on cultured african catfish (*Clarias Gariepinus*, Burchell 1822), *bioRxiv* 2021.08.25.457628; doi: <https://doi.org/10.1101/2021.08.25.457628>
2. Alvarez-Moya C., Reynoso-Silva M. (2023) Assessment of Genetic Damage Induced via Glyphosate and Three Commercial Formulations with Adjuvants in Human Blood, *Cells. Int. J. Mol. Sci.*, 24, 4560. <https://doi.org/10.3390/ijms24054560>
3. Bailey S. W., Ayling J. E. (2009) The extremely slow and variable activity of dihydrofolate reductase in human liver and its implications for high folic acid intake, *PNAS*, 106, pp. 15424–15429.
4. Benbrook C., Mesnage R., Sawyer W. (2023) Genotoxicity Assays Published since 2016 Shed New Light on the Oncogenic Potential of Glyphosate-Based Herbicides. *Agrochemicals*, 2, 47–68. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2010005>
5. Chaufan G., Coalova I., Rios de Molina Mdel C. (2014) Glyphosate commercial formulation causes cytotoxicity, oxidative effects, and apoptosis on human cells: differences with its active ingredient, *Int. J. Toxicol.*, 33, pp. 29–38. [10.1177/1091581813517906](https://doi.org/10.1177/1091581813517906)
6. Coalova I., Rios de Molina Mdel C., Chaufan G. (2014) Influence of the spray adjuvant on the toxicity effects of a glyphosate formulation, *Toxicology in Vitro*, 28, pp. 1306–1311. [10.1016/j.tiv.2014.06.014](https://doi.org/10.1016/j.tiv.2014.06.014)
7. Defarge N., Takács E., Lozano V.L., Mesnage R., Spiroux de Vendômois J., Séralini G.E., Székács A. (2016) Co-formulants in glyphosate-based herbicides disrupt aromatase activity in human cells below toxic levels, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13(3), pp. 264–280. [10.3390/ijerph13030264](https://doi.org/10.3390/ijerph13030264)
8. Dimitrov B.D., Gadeva P.G., Benova D.K., Bineva M.V. (2006) Comparative genotoxicity of the herbicides Roundup, Stomp and Reglone in plant and mammalian test systems, *Mutagenesis*, 21(6), pp. 375–382, 2006. doi:10.1093/mutage/gel044
9. Ghisi N.C., Celton de Oliveira E., Prioli A.J. (2016) Does exposure to glyphosate lead to an increase in the micronuclei frequency? A systematic and meta-analytic review, *Chemosphere*, 145, pp. 42–54. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.11.044>
10. Glantz S.A. (2012) *Primer of Biostatistics. Seventh Edition*. New York, ..., Toronto: McGRAW-HILL, 327 p.
11. Gomez-Gallego C., Rainio M.J., Collado M.C., Mantziari A., Salminen S., Saikkonen K., Helander M. (2020) Glyphosate-based herbicide affects the composition of microbes associated with Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*), *FEMS Microbiology Letters*, 367(6), fnaa050. doi: 10.1093/femsle/fnaa050.
12. Guyton K.Z., Loomis D., Grosse Y., El Ghissassi F., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., et al. (2015) Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate, *Lancet Oncol.*, 16, pp. 490–491. doi: 10.1016/S1470-2045(15)70134-8.
13. Heap I. (2019). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Available www.weedscience.com
14. Herna'ndez P.P., Allende M.L. (2008) Zebrafish (*Danio rerio*) as a model for studying the genetic basis of copper toxicity, deficiency, and metabolism, *Am. J. Clin. Nutr.*, 88(suppl), pp. 835S-839S.
15. Islamy R.A., Faqih A.R., Kilawati Y., Maimunah Y., Fadjar M., Hasan V. et al. (2023) Genotoxic Effect on Hematological and Micronucleus alteration of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Exposed to glyphosate-based herbicide, *Jurnal Perikanan Pantura*, 6(1), pp. 246–260. doi:10.30587/jpp.v6i1.944
16. Kier L.D., Kirkland D.J. (2013) Review of genotoxicity studies of glyphosate and glyphosate-based formulations, *Crit. Rev. Toxicol.*, 43(4), pp. 283–315. doi: 10.3109/10408444.2013.770820.
17. Kim J., Leon M.E., Schinasi L.H., Baldi I., Lebailly P., Freeman L.E.B. et al. (2023) Exposure to pesticides and risk of Hodgkin lymphoma in an international consortium of agricultural cohorts (AGRICOH), *Cancer Causes Control*, 34(11), pp. 995–1003. doi: 10.1007/s10552-023-01748-1.
18. Kortekamp A. (2011). *Herbicides and Environment*. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.
19. Luaces J.P., Rossi L.F., Chirino M.G., Browne M., Merani M.S., Mudry M.D. (2017) Genotoxic effects of Roundup Full II® on lymphocytes of *Chaetophractus villosus* (Xenarthra, Mammalia): In vitro studies, *PLoS One*, 12(8), p. e0182911. doi: 10.1371/journal.pone.0182911.
20. Mendes K.F., de Sousa R.N., da Costa Lima A., Godoi-j M.A. (2023). *Understanding the Environmental Behavior of Herbicides: A Systematic Review of Practical Insights*. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.1002280
21. Mesnage R., Benbrook C., Antoniou M.N. (2019) Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based herbicides, *Food Chem Toxicol.*, 128, pp. 137–145. [10.1016/j.fct.2019.03.053](https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.03.053)
22. Mesnage R., Brandsma I., Moelijker N., Zhang G., Antoniou M.N. (2021) Genotoxicity evaluation of 2,4-D, dicamba and glyphosate alone or in combination with cell reporter assays for DNA damage, oxidative stress and unfolded protein response, *Food Chem Toxicol.*, 157, 112601. doi: 10.1016/j.fct.2021.112601.

23. Mesnage R., Defarge N., Spiroux de Vendomois J., Seralini G.E. (2014) Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles, *Biomed. Res. Int.*, 179691. 10.1155/2014/179691
24. Nagy K., Argaw Tessema R., Szász I., Smeirat T., Al Rajo A., Ádám B. (2021) Micronucleus Formation Induced by Glyphosate and Glyphosate-Based Herbicides in Human Peripheral White Blood Cells, *Front Public Health*, 9, 639143. doi: 10.3389/fpubh.2021.639143.
25. Nobels I., Spanoghe P., Haesaert G., Robbens J., Blust R. (2011) Toxicity ranking and toxic mode of action evaluation of commonly used agricultural adjuvants on the basis of bacterial gene expression profiles, *PLoS ONE.*, 6(11), e24139. 10.1371/journal.pone.0024139
26. Pareek A., Rani P., Kishore D. (2013) A short review on: Sulphonamides, *Int. J. Pharm. Bio. Sci.*, 4(1), pp. 812–820. https://www.researchgate.net/publication/286074180_A_short_review_on_Sulphonamides
27. Piešová E. (2005). The effect of glyphosate on the frequency of micronuclei in bovine lymphocytes in vitro. *Acta Veterinaria (Beograd)*, 55(2–3), pp. 101–109. DOI:10.2298/AVB0503101P
28. Ruiz de Arcaute C., Soloneski S., Larramendy M.L. (2014) Evaluation of the genotoxicity of a herbicide formulation containing 3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid (dicamba) in circulating blood cells of the tropical fish *Cnesterodon decemmaculatus*, *Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen.* 773, pp. 1–8. doi: 10.1016/j.mrgentox.2014.08.001.
29. Santovito A., Audisio M., Bonelli S. (2020) A micronucleus assay detects genotoxic effects of herbicide exposure in a protected butterfly species, *Ecotoxicology*, 29, pp. 1390–1398. <https://doi.org/10.1007/s10646-020-02276-3>
30. Shaner D.L. (2004). Herbicide safety relative to common targets in plants and mammals, *Pest. Manag. Sci.*, 60(1), pp. 17–24. doi: 10.1002/ps.782.
31. Smith-Roe S.L., Swartz C.D., Rashid A., Chrysty N.C., Sly J.E. Chang X. et al. (2023) Evaluation of the herbicide glyphosate, (aminomethyl)phosphonic acid, and glyphosate-based formulations for genotoxic activity using in vitro assays, *Environ. Mol. Mutagen.*, 64, pp. 202–233. <https://doi.org/10.1002/em.22534>
32. Soloneski S., Ruiz de Arcaute C., Larramendy M.L. (2016) Genotoxic effect of a binary mixture of dicamba- and glyphosate-based commercial herbicide formulations on *Rhinella arenarum* (Hensel, 1867) (Anura, Bufonidae) late-stage larvae, *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 23(17), pp. 17811–21. doi: 10.1007/s11356-016-6992-7.
33. Tarboush N.A., Almomani D.H., Khabour O.F., Azzam M.I. (2022) Genotoxicity of Glyphosate on Cultured Human Lymphocytes, *Int. J. Toxicol.*, 41(2), pp. 126–131. doi: 10.1177/10915818211073514.
34. Weinstein S.J., Hartman T.J., Stolzenberg-Solomon R., Pietinen P., Barrett M.J., Taylor P.R. et al. (2003) Null association between prostate cancer and serum folate, Vitamin B6, Vitamin B12, and Homocysteine, *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention.*, 12, pp. 1271–1272. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14652294/>
35. Wozniak E., Sicinska P., Michalowicz J., Wozniak K., Reszka E., Huras B. et al. (2018) The mechanism of DNA damage induced by Roundup 360 PLUS, glyphosate and AMPA in human peripheral blood mononuclear cells – genotoxic risk assessment, *Food Chem. Toxicol.*, 120, pp. 510–522. 10.1016/j.fct.2018.07.035
36. Yalçın E., Çavuşoğlu K. (2022) Spectroscopic contribution to glyphosate toxicity profile and the remedial effects of *Momordica charantia*. *Sci Rep*, 12, 20020. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24692-7>
37. Zessel K., Mohring S., Hamscher G., Kietzmann M., Stahl J. (2014) Biocompatibility and antibacterial activity of photolytic products of sulfonamides, *Chemosphere*, 100, pp. 167–174. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.11.038.
38. Zimdahl R.L. (2002). My view. *Weed Sci*, 50, p. 687. <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/issue/B7C5B7FCCD4C180691FE263A1401B4F8>

**ГІДРОБІОЛОГІЯ
ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ**



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309036](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309036)

УДК 597.556.333.1:57.045: 004.932:519.652

Y. V. Karavansky, PhD student; <https://orcid.org/0000-0002-3885-5958>

V. V. Zamorov, Candidate of Biological sciences, Associate Professor; <https://orcid.org/0000-0001-5921-1580>

Odesa I. I. Mechnikov National University, Faculty of Biology, Department of Zoology, Hydrobiology and General Ecology, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

INTRASPECIFIC AGGRESSIVENESS OF THREE SPECIES OF GOBIIDAE FISH OF THE GENUS *PONTICOLA* ILJIN, 1927 IN LABORATORY CONDITIONS

The intensity of intraspecific aggressiveness of three species of gobiidae fish of the genus *Ponticola* was studied – Pinchuk's goby *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), mushroom goby *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874) and ratan goby *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840). A different level of intraspecific aggressiveness is shown in the investigated fish species. Pinchuk's goby showed the greatest aggressiveness – its single-sex and mixed groups behaved more aggressively than groups of mushroom goby and ratan goby. At the same time, indicators of the intensity of aggressiveness in the groups of mushroom goby and ratan goby did not show a statistically significant difference between these two fish species.

Key words: *Ponticola cephalargoides*, *Ponticola eurycephalus*, *Ponticola ratan*, intraspecific aggressiveness

Studies of the ichthyofauna of the Black Sea have remained relevant for a long time. Features of the formation of the Black Sea aquatic biotopes led to the emergence in our region of unique ichthyocenoses, in particular bottom ichthyofauna, an important component of which are fish of the (Actinopterygii; Gobiiformes; Gobiidae) [4]. The most common group among them are representatives of the genus *Ponticola*, which belong to the Ponto-Caspian relict species [3].

Our research focuses on three species of gobiidae fish of the genus *Ponticola*: Pinchuk's goby *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), mushroom goby *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874) and ratan goby *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840). These species are distributed along the northern coast of the Black Sea and are an important component of bottom biocenoses [1]. Their habitats overlap and they inhabit similar biotopes. However, the frequency of the occurrence of these species is different. While Pinchuk's goby is quite common and is considered as a potentially industrial species, mushroom goby and ratan goby are much less common [2].

In our work, such an aspect of the behaviour of these species as aggressiveness is considered. This form of interaction is characteristic of representatives of the gobiidae family and can manifest itself both in interspecific and intraspecific interrelation. For example, the intraspecific aggressiveness of the male goby *Trimma*

marinae Winterbottom, 2005 is associated with the protection of the female during the spawning period and is a consequence of the monogamy that is characteristic of this species [9]. Differentiated aggressive behaviour is demonstrated by the goby *Bathygobius soporator* (Valenciennes, 1837), which lives in shallow areas of the Gulf of Mexico. The form of manifestation of aggression is in the characteristic colour, position of swimmers and depends on the sex, size, and stage of maturation of the offender of the territory controlled by the male [15]. *Gobius cruentatus* Gmelin, 1789, during territorial interactions, emits acoustic signals, which consist of four types of sound emissions. It is the largest acoustic repertoire described so far in gobiidae fish and is thought to perform a threatening function [12].

The aggressiveness of fish is also a component of interspecific relationships of individual representatives of ichthyocenosis and therefore can be a factor that affects the distribution of species and the frequency of their occurrence in habitats. This aspect of behaviour was studied in representatives of the Gobiidae family from the Black Sea, specifically *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837), *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), *Ponticola kessleri* (Günther, 1861), and *N. fluviatilis* [7, 11]. So, invasions of this fish, which continue in the Western European rivers Rhine and Meuse, lead to interaction with local bottom fish species. Since both groups live at the bottom and prefer shelters for at least part of their life cycle, the emergence of competition for shelter becomes a limiting factor. Experiments were conducted with habitat selection between two common native bottom fish species (*Cottus perifretum* Freyhof, Kottelat and Nolte, 2005 and *Barbatula barbatula* (Linnaeus, 1758) and four invasive non-native goby species (*Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837), *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814), *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) and *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814). Native *C. perifretum* demonstrated a significant shift in habitat selection with the co-distribution of territory by *P. kessleri* and *P. semilunaris*. It has been displaced and moved from available shelter sites to less desirable habitat types [11]. Thus, this type of behaviour favours when very aggressive invaders can outcompete local species for resources [8].

Experiments have also been conducted on how competitive behaviour in the interspecies relationship between two invasive gobies, *P. kessleri* and *N. melanostomus* may affect the development of populations of these fish in the Rhine River. Direct competitive interactions between species were observed. *N. melanostomus* was more active and won most interspecies conflicts, though it was smaller. Also in feeding experiments it was found that *N. melanostomus* prefers gammarids (Gammaridae) over fish during direct competition, while for *P. kessleri* the opposite occurs, it prefers fish over gammarids. The results of this study show that the two species exhibit different strategies and prove that *P. kessleri* and *N. melanostomus* can occupy different niches, which makes it possible for them to coexist [7].

The coexistence of native species of goby fish is also based on interspecific aggressive interactions. Thus, in experimental conditions, biotic interactions of three tidal gobies were considered – *Bathygobius fuscus* (Rüppell, 1830), *Chaenogobius*

annularis (Hilgendorf, 1879) and *Chaenogobius gulosus* (Sauvage, 1882). Studies have shown that species identity and body size are important elements of aggressive behaviour that affect the use of the habitat of these fish. Such methods of interaction can contribute to the coexistence and distribution of species in fish clusters [6].

Species of the genus *Ponticola* are territorial, and therefore they are characterized by this type of behaviour. However, the significance of such behaviour in the formation of benthic ichthyocenoses by representatives of the genus has not been studied in detail. However, the assessment of the aggressiveness of fish, in particular gobies, is complicated by the inability to observe them in natural conditions for a long time, which is necessary to obtain reliable data. This requires fixation and mathematical processing of the results of observations, which would allow comparing the indicators of aggressiveness of different species.

The purpose of our study was to study the aggressive behaviour and to determine the intensity of intraspecific aggressiveness of goby fish of the genus *Ponticola* which live in the Gulf of Odesa and are an important component of the bottom ichthyocenosis of the northwestern part of the Black Sea of Ukraine.

Materials and methods of research

Ichthyological material was collected in the coastal waters of Odesa Bay from Cape Northern Odesa to Cape Big Fountain during fishing with fishing rods from July 1 to September 15, 2023. Laboratory experiments were carried out in the aquarium room of the department of zoology, hydrobiology and general ecology of Odesa I. I. Mechnikov National University.

Two groups of fish of each species were selected for the research. From each species, one group consisted of 10 males with a total length of 13–14 cm, the second group – of 5 males (total length of fish 13–14 cm) and 5 females (total length of individuals – 12–13 cm).

When keeping fish, natural seawater was used. The water temperature in the aquarium was maintained at 14 °C, the fish were fed once a day. The diet of gobies consisted of frozen mussels, fish and blood worms. Fish that were involved in the experiment were at least two weeks in artificial aquarium conditions.

To determine the intensity of aggressiveness, the total motor activity of the fish was first measured, which was recorded at one-hour intervals. For the unit of aggressive behaviour, the average number of aggressive movements per hour was chosen, which led to a change in the position or escape of the fish in the direction in which they were committed. It was not taken into account whether there was a physical contact between the fish or not. The intensity of aggressiveness was estimated as a percentage ratio of aggressive activity to the total motor activity.

The following equipment was used for the aggressive behaviour level experiment:

- an aquarium of organic glass 110 cm long, 110 cm wide and 50 cm high;
- external filters for aquarium water “Jebo – 803” (China);

- digital network camera Hikvision DS-2CD2432F-I (China);
- laboratory thermometer;
- tests for measuring hydrochemical parameters “Tetra” (Germany);
- Titan 2000 refrigerator (Germany);
- heater for the aquarium “Hagen” (Canada).

Observations were conducted for each group hourly from 9:00 AM to 3:00 PM over 5 days. Each sample consisted of 30 observations. The total motor activity of the fish was recorded using a digital camera installed above the aquarium at a height of 125 cm so that the camera lens covered the entire area of the bottom of the aquarium. Then the resulting video was transferred to the computer memory and processed according to the original method of tracking laboratory animals, “Method of computer vision” [13]. For comparing the obtained results, a nonparametric statistical criterion, the Mann-Whitney test, was applied with a significance level of $p \leq 0.01$. We chose this criterion because it assesses differences between two independent samples for any quantitatively measured feature and allows detecting variations in parameter values between small samples, which was crucial in our experiments [5].

Study results and discussion

The motor activity of Pinchuk’s goby was studied from October 21 to October 25, 2023. During the studies, the total motor activity of the fish was first calculated. The number of movements was recorded in time intervals, after which the average value was calculated (Table 1).

Table 1

Motor activity of Pinchuk’s goby (number of movements per hour)

Observation Day		Time interval						Mean value
		9,00–10,00	10,00–11,00	11,00–12,00	12,00–13,00	13,00–14,00	14,00–15,00	
1st	♂♂	93	76	112	88	107	100	96.0±10.33
	♂♂+♀♀	109	105	111	93	124	97	106.5±8.17
2nd	♂♂	79	109	66	112	69	70	84.1±17.56
	♂♂+♀♀	98	101	105	123	107	108	107.0±5.67
3rd	♂♂	64	98	69	106	79	93	84.8±14.17
	♂♂+♀♀	118	108	98	124	95	106	108.2±8.56
4th	♂♂	95	85	70	101	104	102	92.8±10.22
	♂♂+♀♀	93	104	95	109	111	103	102.5±5.67
5th	♂♂	89	81	111	98	66	74	86.5±12.83
	♂♂+♀♀	119	101	103	92	94	96	100.8±6.83

A statistically significant difference ($p \leq 0.01$) in the locomotor activity of fish was observed between male-only groups and mixed-sex groups, regardless of the observation day. The significance level (p) used in the Mann-Whitney test, with values less than 0.01, indicates the reliability of these differences. Thus, overall locomotor activity was higher in the group composed of individuals of different sexes.

The activity of fish which can be interpreted as a manifestation of aggressive behavior, or aggressive activity was also calculated. This type of behavior was also observed in both groups (Table 2).

Table 2

Aggressive activity of Pinchuk's goby (number of movements per hour)

Observation day		Time interval						Mean value
		9.00–10.00	10.00–11.00	11.00–12.00	12.00–13.00	13.00–14.00	14.00–15.00	
1st	♂♂	36	48	46	28	22	47	37.8±9.17
	♂♂+♀♀	81	71	77	80	78	70	76.2±3.78
2nd	♂♂	49	32	48	26	36	34	37.5±7.33
	♂♂+♀♀	78	81	79	82	72	76	78.0±2.67
3rd	♂♂	44	50	49	23	22	26	35.6±12.00
	♂♂+♀♀	78	75	83	81	77	74	78.0±2.67
4th	♂♂	51	46	33	40	27	43	40±6.67
	♂♂+♀♀	71	85	73	72	82	77	76.7±4.67
5th	♂♂	41	49	30	23	42	45	38.3±7.89
	♂♂+♀♀	73	86	81	84	69	74	77.8±5.83

The differences between the results of counting aggressive movements in the male group and the mixed group were also statistically significant ($p \leq 0.01$). The number of aggressive movements in the group which consisted of males and females was higher.

The intensity of the aggressiveness of Pinchuk's goby the single-sex group of males was 42.6%, and in the mixed group it was higher and amounted to 73.6% (Table 3).

Thus, the total motor activity, aggressive activity and intensity of aggressiveness in the group, which consisted of 5 males and 5 females of Pinchuk's goby was higher than in the group, which included only males.

Similar observations were also made with mushroom goby. Fixation of the general activity of fish was carried out from 26.10.2023 to 30.10.2023. The same two groups of fish were involved in the experiment (Table 4).

Table 3

**Intensity of aggressiveness of Pinchuk's goby
(number of movements per hour,%)**

Activity type		Observation day					
		1st	2nd	3rd	4th	5th	For the entire period
Motor activity	♂♂	96.0±10.33	84.1±17.56	84.8±14.17	92.8±10.22	86.5±12.83	88.9±13.87
	♂♂+♀♀	106.5±8.17	107.0±5.67	108.2±8.56	102.5±5.67	100.8±6.83	105.0±7.47
Aggressive activity	♂♂	37.8±9.17	37.5±7.33	35.6±12.00	40±6.67	38.3±7.89	37.81±8.81
	♂♂+♀♀	76.2±3.78	78.0±2.67	78.0±2.67	76.7±4.67	77.8±5.83	77.3±3.88
Intensity of aggressiveness %	♂♂	39.4	44.6	42.0	43.1	44.3	42.6
	♂♂+♀♀	71.5	72.9	72.1	74.2	77.2	73.6

Table 4

Motor activity of mushroom goby (number of movements per hour)

Observation day		Time interval						Mean value
		9,00–10,00	10,00–11,00	11,00–12,00	12,00–13,00	13,00–14,00	14,00–15,00	
1st	♂♂	95	73	96	84	59	56	77.2±14.50
	♂♂+♀♀	83	72	77	93	95	66	81.0±9.33
2nd	♂♂	87	90	61	92	67	89	81.0±11.33
	♂♂+♀♀	80	79	98	89	91	82	86.5±6.17
3rd	♂♂	86	75	70	80	90	73	79.0±6.33
	♂♂+♀♀	98	87	78	70	83	67	80.5±8.83
4th	♂♂	88	48	71	95	66	74	73.7±12.00
	♂♂+♀♀	75	74	82	71	94	85	80.2±6.83
5th	♂♂	48	69	87	52	67	54	62.8±11.50
	♂♂+♀♀	89	82	69	85	75	88	82.8±6.22

The total number of movements in both groups of goby red differed and had a statistical difference ($p \leq 0.01$). In general, the fish in the mixed group showed greater activity than in the single-sex group.

The number of aggressive movements was also higher in the mixed group than in the group consisting only of males (Table 5). The difference in the indicators of aggressive activity of both groups was statistically significant ($p \leq 0.01$).

Table 5
Aggressive activity of mushroom goby (number of movements per hour)

Observation day		Time interval						Mean value
		9,00–10,00	10,00–11,00	11,00–12,00	12,00–13,00	13,00–14,00	14,00–15,00	
1st	♂♂	15	27	26	21	19	23	21.8±3.50
	♂♂+♀♀	47	39	21	35	32	49	37.2±7.83
2nd	♂♂	33	21	25	35	27	34	29.2±4.83
	♂♂+♀♀	21	26	24	44	39	43	32.8±9.17
3rd	♂♂	32	28	27	34	33	13	27.8±5.22
	♂♂+♀♀	51	54	33	53	56	23	45.0±11.33
4th	♂♂	18	29	30	32	17	26	25.3±5.22
	♂♂+♀♀	54	57	50	48	38	29	39.3±8.33
5th	♂♂	28	19	14	27	29	13	21.7±6.33
	♂♂+♀♀	58	50	43	34	59	42	47.7±8.00

Using indicators of general motor and aggressive activity, the intensity of aggressiveness in experimental groups of mushroom goby was calculated (Table 6).

Table 6
Indices of various forms of motor activity of mushroom goby (number of movements per hour,%)

Activity type		Observation day						Mean value
		1st	2nd	3rd	4th	5th		
Motor activity	♂♂	77.2±14.50	81.0±11.33	79.0±6.33	73.7±12.00	62.8±11.50	74.7±12.51	
	♂♂+♀♀	81.0±9.33	86.5±6.17	80.5±8.83	80.2±6.83	82.8±6.22	81.9±7.45	
Aggressive activity	♂♂	21.7±6.33	29.2±4.83	27.8±5.22	25.3±5.22	21.8±3.50	25.7±5.6	
	♂♂+♀♀	37.2±7.83	47.7±8.00	45.0±11.33	39.3±8.33	32.8±9.17	41.7±9.90	
Intensity of aggressiveness %	♂♂	29.9	36.0	35.2	34.3	34.6	34.0	
	♂♂+♀♀	45.9	37.9	55.9	49.0	57.6	49.3	

Observations of the activity of the mushroom goby showed that the activity, both general and aggressive, is more pronounced in the mixed group. Accordingly, the intensity of aggressiveness was higher in the group of males and females – 49.3% than in the group in which there were only males – 34.0%.

Another type of gobies, which was monitored – ratan goby. Two groups of this species of goby were observed since November 1, 2023 to November 5, 2023.

The results of observations of motor activity showed a difference in the behaviour of the two experimental groups (Table 7).

Table 7
Motor activity of the ratan goby (number of movements per hour)

Observation day		Time interval						Mean value
		9,00–10,00	10,00–11,00	11,00–12,00	12,00–13,00	13,00–14,00	14,00–15,00	
1st	♂♂	74	82	98	65	71	59	74.8±10.11
	♂♂+♀♀	42	46	48	25	30	26	36.2±9.17
2nd	♂♂	90	61	84	92	69	88	80.7±10.44
	♂♂+♀♀	34	40	36	27	30	25	32.0±4.67
3rd	♂♂	66	85	65	89	57	92	75.7±13.00
	♂♂+♀♀	27	35	29	41	46	26	34.0±6.67
4th	♂♂	86	75	82	62	78	83	77.7±6.11
	♂♂+♀♀	25	49	28	40	43	46	38.5±8.00
5th	♂♂	81	60	75	65	91	68	73.3±9.00
	♂♂+♀♀	29	25	35	46	38	34	34.5±5.17

Unlike Pinchuk's goby and mushroom goby, the motor activity in the mixed ratan goby group was lower than in the single-sex group, and these indicators had a statistically significant difference ($p \leq 0,01$).

The results of calculation of aggressive actions in two experimental groups are given in Table 8.

A greater number of aggressive movements among experimental fish goby ratan was also observed in single-sex groups. Fish in the mixed group showed almost half as many aggressive actions to each other. These differences between the obtained magnitudes of observations were statistically significant ($p \leq 0,01$).

To compare the intraspecific aggressiveness of the species considered in our work, we determined the intensity of this indicator for the ratan goby (Table 9).

According to the indicators, a greater intensity of aggressiveness is inherent in the mixed group (41.3%) than in the same-sex group of males (32.7%).

Table 8

Aggressive activity of the ratan goby (number of movements per hour)

Observation day		Time interval						Mean value
		9.00–10.00	10.00–11.00	11.00–12.00	12.00–13.00	13.00–14.00	14.00–15.00	
1st	♂♂	37	16	18	35	19	36	26.8±9.17
	♂♂+♀♀	10	12	8	19	13	20	13.7±3.89
2nd	♂♂	15	19	35	39	29	31	28.0±7.33
	♂♂+♀♀	11	10	13	14	19	9	12.7±2.67
3rd	♂♂	30	11	13	14	28	23	19.8±7.17
	♂♂+♀♀	19	18	20	12	15	17	16.8±2.22
4th	♂♂	29	38	36	12	23	17	25.8±8.50
	♂♂+♀♀	13	16	17	18	15	10	14.8±2.22
5th	♂♂	12	20	35	34	25	23	24.8±6.50
	♂♂+♀♀	10	11	13	20	17	14	14.2±2.89

Table 9

**Indices of various forms of motor activity of ratan goby
(number of movements per hour,%)**

Activity type		Observation day					Mean value
		1st	2nd	3rd	4th	5th	
Motor activity	♂♂	74.8±10.11	80.7±10.44	75.7±13.00	77.7±6.11	73.3±9.00	76.4±10.30
	♂♂+♀♀	36.2±9.17	32.0±4.67	34.0±6.67	38.5±8.00	34.5±5.17	35.0±7.04
Aggressive activity	♂♂	26.8±9.17	28.0±7.33	19.8±7.17	25.8±8.50	24.8±6.50	25.1±8.07
	♂♂+♀♀	13.7±3.89	14.2±2.89	16.8±2.22	14.8±2.22	12.7±2.67	14.4±3.20
Intensity of aggressiveness %	♂♂	35.8	34.7	26.2	33.2	33.8	32.7
	♂♂+♀♀	35.0	42.8	49.4	38.4	41.1	41.3

Thus, the obtained indicators allow us to assess the intensity of the aggressive behaviour of Pinchuk's goby, mushroom goby and ratan goby observed in single-sex and mixed groups (Table 10).

Table 10

Indices of various forms of motor activity of Pinchuk's goby, mushroom goby and ratan goby

Species	Total mobility (movement/h)		Aggressive mobility (movement/h)		Intensity of aggressiveness, %	
	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀
Pinchuk's goby	88.9±13.87	105.0±7.47	37.81±8.81	77.3±3.88	42.6	73.6
Mushroom goby	74.7±12.51	81.9±7.45	25.7±5.6	41.7±9.90	34.0	49.3
Ratan goby	76.4±10.30	35.0±7.04	25.1±8.07	14.4±3.20	32.7	41,3

The highest value of intraspecific aggressiveness was recorded for Pinchuk's goby – in the group consisting only of males – 42.6%, and 73.6% in the group of males and females. The mushroom goby also had lower rates of aggressive behavior intensity in the same–sex group – 34.0% than in the mixed group – 49.3%. We got the lowest rates of aggressiveness for the single–sex group of ratan goby – 32.7%, while in the mixed group the aggressiveness of these fish was greater – 41.3%.

In a group comparison of the intensity of the aggressiveness of Pinchuk's goby, the mushroom goby and the ratan goby, the statistical difference was between the indices of the aggressive behavior of Pinchuk's goby and the mushroom goby, as well as for Pinchuk's goby and ratan goby. This was true for both single–sex and mixed groups. There is no statistical difference between the aggressive activity of the mushroom goby and ratan goby groups (Table 11).

Table 11

Comparison of intensity of aggressiveness of Pinchuk's goby, mushroom goby and ratan goby

Species	Observation day										Statistical difference
	1st		2nd		3rd		4th		5th		
	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀	♂♂	♂♂+♀♀	
Pinchuk's goby	39.4	71.5	44.6	72.9	42.0	72.1	43.1	74.2	44.3	77.2	p≤0.01.
Mushroom goby	29.9	45.9	36.0	37.9	35.2	55.9	34.3	49.0	34.6	57.6	
Pinchuk's goby	39.4	71.5	44.6	72.9	42.0	72.1	43.1	74.2	44.3	77.2	p≤0.01
Ratan goby	35.8	35.0	34.7	42.8	26.2	49.4	33.2	38.4	33.8	41.1	
Mushroom goby	29.9	45.9	36.0	37.9	35.2	55.9	34.3	49.0	34.6	57.6	No statistically significant differences
Ratan goby	35.8	35.0	34.7	42.8	26.2	49.4	33.2	38.4	33.8	41,1	

Thus, Pinchuk's goby showed the greatest intraspecific aggressiveness – its single-sex and mixed groups behaved more aggressively than the mushroom goby and ratan goby groups. At the same time, the intensity of aggressiveness in the mushroom goby and ratan goby groups did not show a statistically significant difference. However, the motor and aggressive activity of the goby ratan in the single-sex group was higher than in the mixed group, while the Pinchuk goby and the mushroom goby, on the contrary, showed more activity in the mixed group.

The research by Sebastianutto on the significance of aggressive signals in the gobiidae (*Gobius cruentatus*) during territorial interactions [12], experiments conducted by Kessel et al. to study aggressive behaviour in *P. semilunaris*, *N. melanostomus*, *P. kessleri*, and *N. Fluviatilis* as native species during colonization [11], and observations by Borcharding, Hertel, and Breiden on competitive behaviour in *P. kessleri* and *N. melanostomus* [7] all indicate that aggression plays a crucial role in the life of the Black Sea representatives of the Gobiidae family. This leads us to consider that the aggression exhibited by the studied fish may have adaptive significance and influence fish distribution in benthic ichthyocenoses.

Conclusions

Our observations indicate varying levels of intraspecific aggression in the gobiidae fish: *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874), and *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840).

The research paper was received May 24, 2024

Referenses

1. Бычковые рыбы (Gobiidae, Perciformes) северо-западной части Черного моря и прилегающих лиманских экосистем / Л.Г. Манило // *Збірник праць Зоологічного музею*. 2008–2009. Вип. 40. С. 19–46.
2. Заморов В. В., Караванський Ю. В., Чернікова С. Ю. Fish fauna research results related to odesa bay coastal marine area in course of 2016–2017. *Odesa National University Herald. Biology*. 2019. Т. 24, № 1(44). С. 77–93. URL: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2019.1\(44\).168806](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2019.1(44).168806) (дата звернення: 24.05.2024).
3. Манило Л. Г. Рыбы семейства бычковые (Perciformes, Gobiidae) морских и солоноватых вод Украины. Київ: Наукова думка, 2014.
4. Таксономічна та еколого-фауністична характеристика сучасної іхтіофауни Одеської затоки, Дністровського передгірлового узмор'я і прибережних вод о. Зміїний. / С.М. Снігірьов та ін. *Odesa National University Herald. Biology*. 2020. Т. 25, № 2(47). С. 113–139. URL: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2\(47\).218060](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2(47).218060) (дата звернення: 24.05.2024).
5. Турчин В. М. Теорія ймовірностей та математична статистика. Дніпропетровськ, 1995. Т. 1. 224 с
6. Arakaki S., Tokeshi M. Species and size matter: An experimental study of microhabitat use under the influence of competitive interactions in intertidal gobiids. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2012. Vol. 418–419. P. 59–68. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.011>.
7. Borcharding J., Hertel A., Breiden S. Activity and competitive behaviour of invasive *Neogobius melanostomus* and *Ponticola kessleri* (Gobiidae) from the River Rhine, Germany. *Ethology Ecology & Evolution*. 2013. Vol. 25, no. 4. P. 351–365. URL: <https://doi.org/10.1080/03949370.2013.806361>.
8. Capelle P. M., McCallum E. S., Balshine S. Aggression and sociality: conflicting or complementary traits of a successful invader?. *Behaviour*. 2015. Vol. 152, no. 2. P. 127–146. URL: <https://doi.org/10.1163/1568539x-00003235>.

9. Fukuda Monogamous mating system and sexuality in the gobiid fish, *Trimma marinae* (Actinopterygii: Gobiidae) / K. Fukuda et al. *Journal of Ethology*. 2016. Vol. 35, no. 1. P. 121–130. URL: <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0499-z>.
10. Grossman G.D. Food, fights, and burrows: The adaptive significance of intraspecific aggression in the bay goby (Pisces: Gobiidae). *Oecologia*. 1980. Vol. 45, no. 2. P. 261–266. URL: <https://doi.org/10.1007/bf00346467>.
11. Kessel et al. Competition for shelter between four invasive gobiids and two native benthic fish species / N.V. Kessel et al. *Current Zoology*. 2011. Vol. 57, no. 6. P. 844–851. URL: <https://doi.org/10.1093/czoolo/57.6.844>.
12. Sebastianutto, Four type of sounds for one winner: vocalizations during territorial behavior in the red-mouthed goby *Gobius cruentatus* (Pisces Gobiidae) / L. Sebastianutto et al. *acta ethologica*. 2008. Vol. 11, no. 2. P. 115–121. URL: <https://doi.org/10.1007/s10211-008-0048-z>.
13. Shvandt M., Moroz V. Overview of the detection and tracking methods of the lab animals. *System research and information technologies*. 2022. No. 1. P. 124–148. URL: <https://doi.org/10.20535/srit.2308-8893.2022.1.10>.
14. Synyshyn C., Green-Pucella A. E., Balshine S. Nonmating behavioural differences between male tactics in the invasive round goby. *Animal Behaviour*. 2021. Vol. 182. P. 227–237. URL: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2021.09.007>.
15. Tavolga W.N. Pre-Spawning Behavior in the Gobiid Fish, *Bathygobius soporator*. *Behaviour*. 1956. Vol. 9, no. 1. P. 53–73. URL: <https://doi.org/10.1163/156853956x00255>.

Ю. В. Караванський, В. В. Заморев

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Біологічний факультет, кафедра зоології, гідробіології та загальної екології; вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

ВНУТРІШНЬОВИДОВА АГРЕСИВНІСТЬ ТРЬОХ ВИДІВ БИЧКОВИХ РИБ РОДУ *PONTICOLA* ILJIN, 1927 В ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Резюме

Проблема. Агресивна поведінка може проявлятися як у міжвидових, так і у внутрішньовидових взаємовідносинах риб. Така форма взаємодії характерна для представників родини Gobiidae. Вона може впливати на розподіл та чисельність видів у іхтіоценозах. Особливості та вираження агресивності у чорноморських бичків є найменш дослідженим типом поведінки, зокрема у видів роду *Ponticola* Іл'їн, 1927

Мета. Метою роботи було вивчення внутрішньовидової агресивної поведінки трьох видів бичків роду *Ponticola* – бичка Пінчука *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), бичка рудого *Ponticola eurucephalus* (Kessler, 1874) та бичка кам'яного *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840).

Методика. Іхтіологічний матеріал зібрано в прибережній акваторії Одеської затоки від мису Північний Одеський до мису Великий Фонтан при проведенні лову вудками з 1 липня по 15 вересня 2023 року. Лабораторні експерименти проводили в акваріальній кафедрі зоології, гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Для досліджень були відібрані по дві групи риб кожного виду. Для визначення інтенсивності агресивності спочатку вимірювали загальну рухову активність риб, яку фіксували за інтервалами тривалістю в одну годину. За одиницю агресивної поведінки обрано середню кількість агресивних рухів за годину, які приводили до зміни положення чи втечі риби, в напрямку якої

вони були здійснені. Інтенсивність агресивності оцінювалась у відсотковому співвідношенні агресивної активності до загальної рухової активності.

Спостереження проводились за кожною групою протягом шести годин з 9.00 до 15.00 години продовж 5 днів. Загальну рухову активність риб фіксували за допомогою цифрової камери, встановленої над акваріумом. Отриманий відеозапис перенесли в пам'ять комп'ютера та обробляли за оригінальною методикою для трекінгу лабораторних тварин «Метод комп'ютерного зору». Для порівняння отриманих результатів застосовували непараметричний статистичний критерій Манна-Уїтні.

Основні результати. Найбільшу внутрішньовидову агресивність показав бичок Пінчука – його одностатеві та змішані групи поводити себе агресивніше, ніж групи бичка рудого та бичка ратана. Водночас показники інтенсивності агресивності в групах бичка рудого та бичка ратана не показали статистично значимої відмінності між двома даними видами риб. Однак, загально рухова та агресивна активність бичка ратана в одностатевій групі була вищою, ніж у змішаній групі, тоді як бичок Пінчука та бичок рудий навпаки, у змішаній групі виявляли більшу активність.

Висновки. Наші спостереження свідчать про різний рівень внутрішньовидової агресивності у бичка Пінчука *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), бичка рудого *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874) та бичка кам'яного *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840), що може мати адаптивне значення та впливати на розподіл риб в донних іхтіоценозах.

Ключові слова: *Ponticola cephalargoides*, *Ponticola eurycephalus*, *Ponticola ratan*, внутрішньовидова агресивність

Y. V. Karavansky, V. V. Zamorov

Odesa I. I. Mechnikov National University, Faculty of Biology, Department of Zoology, Hydrobiology and General Ecology, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: u.v.karavanskiy@onu.edu.ua

INTRASPECIFIC AGGRESSIVENESS OF THREE SPECIES OF GOBIIDAE FISH OF THE GENUS *PONTICOLA* ILJIN, 1927 IN LABORATORY CONDITIONS

Summary

Introduction. Aggressive behavior can be manifested both in interspecific and intraspecific relationships of fish. This form of interaction is typical for representatives of the Gobiidae family. It can affect the distribution and abundance of species in ichthyocenoses. Peculiarities and expression of aggressiveness in the Black Sea gobies is the least researched type of behavior, in particular in species of the genus *Ponticola* Iljin, 1927

Aim. The aim of the work was to study the intraspecific aggressive behavior of three species of goby of the genus *Ponticola* – Pinchuk's goby *Ponticola cephalargoides* (Pinchuk, 1976), mushroom goby *Ponticola eurycephalus* (Kessler, 1874) and ratan goby *Ponticola ratan* (Nordmann, 1840).

Methods. Ichthyological material was collected in the coastal waters of Odesa Bay from Cape Northern Odesa to Cape Big Fountain during fishing with fishing rods from July 1 to September 15, 2023. Laboratory experiments were carried out in the aquarium room of department of zoology, hydrobiology and general ecology of Odesa I.I. Mechnikov National University.

To determine the intensity of aggressiveness, the total motor activity of the fish was first measured, recorded at one-hour intervals. For the unit of aggressive behaviour, the average number of aggressive movements per hour was chosen, which led to a change in the position or escape of the fish in the direction in which they were committed. The intensity of aggressiveness was estimated as a percentage ratio of aggressive activity to total motor activity.

Observations were carried out on each group for 6 hours from 9.00 to 15.00 for 5 days. The total motor activity of the fish was recorded using a digital camera installed above the aquarium. Then the resulting video was transferred to the computer memory and processed according to the original method of tracking laboratory animals, “Method of computer vision”

Results. Pinchuk’s goby showed the greatest intraspecific aggressiveness – its single-sex and mixed groups behaved more aggressively than the mushroom goby and ratan goby groups. At the same time, the intensity of aggressiveness in the mushroom goby and ratan goby groups did not show a statistically significant difference. However, the motor and aggressive activity of the goby ratan in the single-sex group was higher than in the mixed group, while the Pinchuk goby and the mushroom goby, on the contrary, showed more activity in the mixed group.

Conclusion. Our observations also indicate a different level of intraspecific aggressiveness in different species of Gobiidae, which may have adaptive significance and affect the distribution of fish in ichthyocenoses

Key words: *Ponticola cephalargoides*, *Ponticola eurycephalus*, *Ponticola ratan*, intraspecific aggressiveness

References

1. Bychkovi ryby (Gobiidae, Perciformes) pivnichno-zakhidnoi chastyny Chornoho moria ta prylyhlykh lymannykh ekosystem / L.H. Manylo // Zbirnyk prats Zoolohichnoho muzeiu. 2008–2009. Vyp. 40. S. 19–46.
2. Zamorov V. V., Karavanskyi Yu. V., Chernikova S. Yu. (2019). Fish fauna research results related to Odesa bay coastal marine area in course of 2016–2017. Odesa National University Herald. Biology, 24(1(44)), 77–93. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2019.1\(44\).168806](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2019.1(44).168806)
3. Manylo L. H. (2014) Ryby rodny bychkovi (Perciformes, Gobiidae) morskykh ta solonuvatykh vod Ukrainy. Kyiv: Naukova dumka.
4. Snihirova, S. M., Zamorov, V. V., Karavanskyi, Yu. V., Pytsik, V. Z., Kurakyn, A. P., Abakumov, A. N., Liukhyn, P. V., Snyhyrev, P. M., Morozov, Yu. V., Kvach, Yu. V., & Kutsokon, Yu. K. (2020). Taxonomic and eco-faunistic features of the nowadays fish fauna of the gulf of Odesa, the Dniester mouth forefront near-shores and coastal waters of the Snake (Zmiinyi) island. Odesa National University Herald. Biology, 25(2(47)), 113–139. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2\(47\).218060](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2(47).218060)
5. Turchyn V. M. Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka. Dnipropetrovsk, 1995. T. 1. 224 s
6. Arakaki, S., & Tokeshi, M. (2012). Species and size matter: An experimental study of microhabitat use under the influence of competitive interactions in intertidal gobiids. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 418–419, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.011>
7. Borcharding, J., Hertel, A., & Breiden, S. (2013). Activity and competitive behaviour of invasive *Neogobius melanostomus* and *Ponticola kessleri* (Gobiidae) from the River Rhine, Germany. Ethology Ecology & Evolution, 25(4), 351–365. <https://doi.org/10.1080/03949370.2013.806361>

8. Capelle, P. M., McCallum, E. S., & Balshine, S. (2015). Aggression and sociality: Conflicting or complementary traits of a successful invader? *Behaviour*, 152(2), 127–146. <https://doi.org/10.1163/1568539x-00003235>
9. Fukuda, K., Manabe, H., Sakurai, M., Dewa, S.-i., Shinomiya, A., & Sunobe, T. (2016). Monogamous mating system and sexuality in the gobiid fish, *Trimma marinae* (Actinopterygii: Gobiidae). *Journal of Ethology*, 35(1), 121–130. <https://doi.org/10.1007/s10164-016-0499-z>
10. Grossman, G. D. (1980). Food, fights, and burrows: The adaptive significance of intraspecific aggression in the Bay goby (Pisces: Gobiidae). *Oecologia*, 45(2), 261–266. <https://doi.org/10.1007/bf00346467>
11. Kessel, N. V., Dorenbosch, M., Boer, M. R. M. D., Leuven, R. S. E. W., & Velde, G. V. D. (2011). Competition for shelter between four invasive gobiids and two native benthic fish species. *Current Zoology*, 57(6), 844–851. <https://doi.org/10.1093/czoolo/57.6.844>
12. Sebastianutto, L., Picciulin, M., Costantini, M., Rocca, M., & Ferrero, E. A. (2008). Four type of sounds for one winner: Vocalizations during territorial behavior in the red-mouthed goby *Gobius cruentatus* (Pisces Gobiidae). *Acta Ethologica*, 11(2), 115–121. <https://doi.org/10.1007/s10211-008-0048-z>
13. Shvandt, M., & Moroz, V. (2022). Overview of the detection and tracking methods of the lab animals. *System Research and Information Technologies*, (1), 124–148. <https://doi.org/10.20535/srit.2308-8893.2022.1.10>
14. Synyshyn, C., Green-Pucella, A. E., & Balshine, S. (2021). Nonmating behavioural differences between male tactics in the invasive round goby. *Animal Behaviour*, 182, 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2021.09.007>
15. Tavolga, W. N. (1956). Pre-Spawning behavior in the gobiid fish, *Bathygobius soporator*. *Behaviour*, 9(1), 53–73. <https://doi.org/10.1163/156853956x00255>

ЗООЛОГІЯ



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309037](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309037)

УДК 595.767.22

Н. П. Буяльська, к.т.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0002-6800-5604>
Національний університет «Чернігівська політехніка»,
Чернігів, вул. Шевченка, 95, 14035, Україна, e-mail: buialska@gmail.com

НОВІ ВІДОМОСТІ ПРО ЖУКІВ-ГОРБАТОК (COLEOPTERA: MORDELLIDAE) ФАУНИ УКРАЇНИ

У статті наведено анотований список жуків-горбатовок, що включає 23 види. Підтверджено знаходження у складі фауни України *Mordellistena episternalis* Mulsant, 1856 та *M. secreta* Horák, 1983. Вказано нові локалітети жуків-горбатовок на території України. Наведено відомості про трофічні зв'язки виявлених видів.

Ключові слова: Mordellidae; фауна України; нові локалітети; трофічні зв'язки; личинки; імаго.

Вступ

Таксономічний склад жуків-горбатовок фауни України встановлено, насамперед, завдяки В. К. Односуму [7].

Після виходу його монографії у 2010 році фрагментарні дані щодо жуків-горбатовок фауни України були опубліковані низкою інших українських авторів. Переважно вони присвячені видам, зазначеним або в межах агроценозів, або на природних територіях України, що охороняються [1, 2, 5, 6, 10, 12].

Відомості про жуків-горбатовок фауни України містяться і в роботах зарубіжних авторів. Так, Палеарктичний каталог включає перелік з 55 видів, виявлених в Україні, з яких 6 не зазначаються українськими дослідниками [8].

У 2019 році опублікована ревізія групи *Mordellistena hirtipes*, яка показала, що ентомологи з різних країн невірно ідентифікували вид *Mordellistena purpurascens* Costa, 1854, вказаний у тому числі і для фауни України [14].

На підставі вивчення типового матеріалу відновлено видовий статус *Mordellistena pseudorhenana* Ermisch, 1977 та показано, що цей вид був відзначений для фауни України як *Mordellistena minima* Costa, 1854 [13].

Наведений огляд вказує на необхідність проведення подальших фауністичних досліджень на території України.

Екологія жуків-горбатовок фауни України залишається слабо вивченою. Найбільшу увагу приділено екологічним особливостям кількох видів, що розглядаються як шкідники сільськогосподарських культур [2, 5, 10].

Поширення жуків-горбатовок в Україні також потребує подальшого вивчення. Для багатьох видів вказано відносно невелику кількість локалітетів [7].

Мета роботи – проаналізувати розповсюдження та трофічні зв'язки 23 видів жуків-горбатов, виявлених під час проведення еколого-фауністичних досліджень на території України у період 2015–2021 років.

Матеріали і методи дослідження

В основу статті покладено результати обліку жуків-горбатов, проведених у період з 2015 по 2021 рік. Всього враховано 253 екземпляри жуків-горбатов.

Для виявлення видового складу жуків-горбатов проводився огляд квітучої рослинності та мертвої деревини. З метою визначення трофічних преференцій личинок Mordellidae проводилося обстеження трав'янистих рослин та деревних залишків у період виходу з лялечок та початку вильоту імаго.

Загальне поширення жуків-горбатов наводиться на підставі сучасних відомостей [8, 11]. Поширення їх на території України визначалося згідно з роботами В.К. Односума [4, 7].

Результати дослідження та їх обговорення

Виявлено 23 види жуків-горбатов, анований список яких наводиться нижче.

1. *Tomoxia bucephala* Costa, 1854.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°33'37" пн.ш. 31°15'09" сх.д.), на стовбурі *Populus nigra* L. (тополя чорна), 14.07.2019, 10 екз.

Поширення. Транспалеарктично-північноамериканськоатлантичний вид. В Україні зустрічається майже повсюдно. Наведений локалітет вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у мертвій деревині *P. nigra*. Імаго харчуються спорами грибів, особливо гіфоміцетів.

2. *Variimorda villosa* (Schrank, 1781).

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'14" пн.ш. 31°20'42" сх.д.), заплавний луг, 10.07.2016, 3 екз.; 13.07.2016, 6 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. Він виявлений практично по всій території України. Наведений локалітет вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Розвивається у мертвій деревині *Salix caprea* L. (верба козяча). Імаго харчуються пилком *Ranunculus acris* L. (жовтець їдкий), *Achillea millefolium* L. (деревій звичайний), *Daucus carota* L. (морква звичайна).

3. *Variimorda briantea* (Comolli, 1837).

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'14" пн.ш. 31°20'42" сх.д.), заплавний луг, 10.07.2016, 12 екз.; 13.07.2016, 22 екз.; 23.07.2016, 2 екз.; 29.07.2017, 26 екз. Миколаївська обл., Миколаївський р-н, окол.с. Коблеве (46°37'49" пн.ш. 31°12'01" сх.д.), 30.07.2016, 64 екз. Одеса (46°23'38" пн.ш. 30°45'09" сх.д.), узбережжя, 12.08.2017, 4 екз.; 14.08.2017, 2 екз.

Поширення. Західнопалеарктичний вид. Зустрічається практично по всій Україні. Наведені локалітети вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *Galium album* Mill. (підмаренник білий), *A. millefolium*, *D. carota*, *Pimpinella saxifraga* L. (бедринаць ломикаменевий). За даними В. К. Односума, личинки розвиваються в деревині рослин з родів *Alnus* (вільха) та *Populus* (тополя) [7].

4. *Mordella holomelaena* Apfelbeck, 1914.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 20.06.2017, 7 екз.; 02.08.2017, 5 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. На території України він виявлений практично у всіх областях. Наведений локалітет вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Розвивається у мертвій деревині *Betula pendula* Roth (береза повисла). Імаго харчуються пилком *D. carota*.

5. *Mordella aculeata* Linnaeus, 1758.

Матеріал. Івано-Франківська обл., Надвірнянський р-н, окол. смт. Ворохта (48°17'02" пн.ш. 24°32'10" сх.д.), 10.07.2018, 2 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. Він виявлений практично по всій Україні. Наведений локалітет вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Імаго були відзначені на *G. album*. Згідно з літературними відомостями, личинки розвиваються в деревині листяних порід, особливо з роду *Betula* (береза) [9].

6. *Mordella huetheri* Ermisch, 1956.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'14" пн.ш. 31°20'42" сх.д.), заплашний луг, 07.08.2016, 1 екз.

Поширення. Євро-кавказько-центральнопалеарктичний вид. У Палеарктичному каталозі для України він не вказаний. Раніше виявлений на території Чернігівської області у 1987 році.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *D. carota*. Личинки не відомі.

7. *Stenalia ascaniaenovae* Lazorko, 1974.

Матеріал. Одеса (46°26'02" пн.ш. 30°46'13" сх.д.), узбережжя, 15.07.2015, 5 екз.

Поширення. Євро-кавказько-центральноазіатський вид. Раніше вид був відзначений біля Куяльницького лиману (без зазначення населеного пункту).

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *G. album*. Личинки не відомі.

8. *Mordellistena weisei* Schilsky, 1895.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°33'37" пн.ш. 31°15'09" сх.д.), 28.05.2017, 3 екз.

Поширення. Транспалеарктичний вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *Artemisia vulgaris* L. (полуніця). Імаго був виявлений на *Fragaria* sp. (полуниця).

9. *Mordellistena bicoloripilosa* Ermisch, 1967.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°33'37" пн.ш. 31°15'09" сх.д.), 28.05.2017, 3 екз.

Поширення. Євро-центральнопалеарктичний вид. Вперше відмічений на території Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *A. vulgaris*. Трофічні зв'язки імаго не відомі.

10. *Mordellistena parvula* (Gyllenhal, 1827).

Матеріал. Чернігів (51°32'32" пн.ш. 31°15'50" сх.д.), 10.07.2016, 5 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. У Палеарктичному каталозі Україна у його поширенні не вказана. На території України він виявлений практично у всіх областях. Наведений локалітет вказується вперше.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються в основі стебел *A. millefolium*. Трофічні зв'язки імаго вимагають подальшого вивчення.

11. *Mordellistena falsoparvula* Ermisch, 1956.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°33'37" пн.ш. 31°15'09" сх.д.), 20.06.2017, 3 екз.

Поширення. Євро-кавказький вид. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Розвиток проходить у стеблах та головному корені *D. carota*. Згідно з літературними відомостями, імаго харчуються пилком рослин із родів *Chrysanthemum* (хризантема), *Cirsium* (осот) та рядом інших [9].

12. *Mordellistena pseudohirtipes* Ermisch, 1965.

Матеріал. Одеса (46°26'02" пн.ш. 30°46'13" сх.д.), узбережжя, 15.07.2015, 1 екз.; (46°23'38" пн.ш. 30°45'09" сх.д.), 12.08.2017, 34 екз. Миколаївська обл., Миколаївський р-н, окол.с. Коблеве (46°37'49" пн.ш. 31°12'01" сх.д.), 30.07.2016, 5 екз.

Поширення. Західнопалеарктичний вид. Він вперше виявлений на території Одеської області.

Трофічні зв'язки. Імаго зафіксовані на Аріасеае (Окружкові). Личинки не відомі.

13. *Mordellistena luteipalpis* Schilsky, 1895.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 05.06.2020, 4 екз.

Поширення. Євро-кавказький вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. На території України відомий лише з Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *Galium verum* L. (підмаренник справжній). Трофічні зв'язки імаго не відомі.

14. *Mordellistena perroudi* Mulsant, 1856.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 10.07.2016, 1 екз.; 13.07.2016, 1 екз.; 23.07.2016, 2 екз.; 29.07.2017, 2 екз.

Поширення. Євро-передньоазійський вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *P. saxifraga*. Личинки не відомі.

15. *Mordellistena kraatzi* Emery, 1876.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 01.06.2017, 2 екз.

Поширення. Євро-передньо-центральноазійський вид. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *Centaurea jacea* L. (волошка лучна). Згідно з літературними відомостями, імаго харчуються пилком трав'янистих рослин, наприклад, представників роду *Euphorbia* (молочай) [15].

16. ***Mordellistena episternalis* Mulsant, 1856** (рис. 1).

Матеріал. Миколаївська обл., Миколаївський р-н, окол.с. Коблеве (46°37'49" пн.ш. 31°12'01" сх.д.), 29.07.2016, 4 екз.

Поширення. Західнопалеарктично-центральноазійський вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Однак для фауни України вид був зазначений В.К. Односумом у 1993 році [3]. Тим не менше, у загальний список видів країни, опублікований у 2010 році, він не був включений.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються на Аріасеае. Личинки не відомі.

Зауваження. Від інших видів групи *Mordellistena episternalis*, які вказані для фауни України, він відрізняється поєднанням таких діагностичних ознак: дві насічки на задніх гомілках, насічки на перших трьох члениках задніх лапок, 5–10 членики вусиків кожен приблизно в 1,2–1,4 рази довші за ширину.

17. ***Mordellistena secreta* Horák, 1983** (рис. 2).

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 18.07.2016, 1 екз.; 02.08.2017, 1 екз. Івано-Франківська обл., Надвірнянський р-н, окол. смт Ворохта (48°17'02" пн.ш. 24°32'10" сх.д.), 10.07.2018, 2 екз.

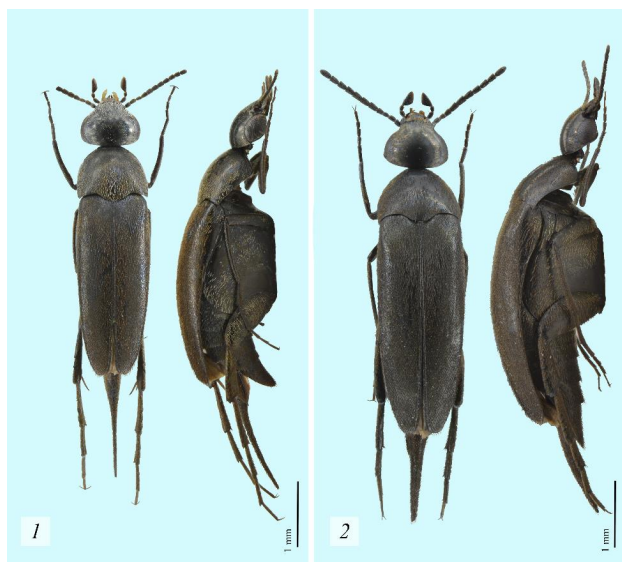


Рис. 1–2. Жуки-горбатки роду *Mordellistena*.

1. *M. episternalis* Mulsant, 1856 (♂); 2. *M. secreta* Horák, 1983 (♂)

Поширення. Євро-кавказько-передньоазійський вид. У виданні «Фауна України» вид не наводиться [7]. Однак він вказаний для фауни України в Палеарктичному каталозі.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *Silene latifolia* Poir. (смілка широколиста). Імаго були відмічені на квітках *D. carota*.

Зауваження. Від інших видів групи *Mordellistena pentas*, що зустрічаються на території України, відрізняється, насамперед, наявністю у самців довших волосків на передньо-внутрішній поверхні передніх гомілок.

18. *Mordellistena thuringiaca* Ermisch, 1963.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 22.07.2021, 6 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *G. verum*, *G. album*. Личинки не відомі.

19. *Mordellistena pseudopumila* Ermisch, 1963.

Матеріал. Чернігів (51°32'32" пн.ш. 31°15'50" сх.д.), пустир, 09.06.2021, 3 екз.

Поширення. Транспалеарктичний вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються у стеблах *Jacobaea vulgaris* Gaertn. (якобея звичайна). Згідно з літературними відомостями, імаго харчуються пилком рослин родини Asteraceae (Айстрові), роду *Galium* (підмаренник), а також *Knautia arvensis* (L.) Coult. (свербіжниця польова) [9].

20. *Mordellistena kolleri* Ermisch, 1956.

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 09.06.2021, 2 екз.; 10.06.2021, 2 екз.

Поширення. Європейський вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Чернігівський район є найпівнічнішим локалітетом цього виду на території України. Усі локалітети, зазначені у відповідному випуску монографічної серії «Фауна України», знаходяться у межах степової зони [7].

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються в основі стебел *Phleum pratense* L. (тимофіївка лучна). Згідно з літературними відомостями, імаго харчуються пилком трав'янистих рослин, наприклад, з роду *Euphorbia* та *D. carota* [15].

21. *Mordellistena tarsata* Mulsant, 1856.

Матеріал. Одеса, узбережжя (46°26'02" пн.ш. 30°46'13" сх.д.), 15.07.2015, 1 екз.; (46°23'38" пн.ш. 30°45'09" сх.д.), 02.08.2017, 15 екз.; Чернігівська обл., Чернігівський р-н, окол.м. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 10.07.2016, 9 екз.; 13.07.2016, 10 екз.; 23.07.2016, 1 екз.; 29.07.2017, 5 екз.

Поширення. Євро-передньоазійський-центральнопалеарктичний вид. Вперше вказується для Чернігівської та Одеської областей.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *D. carota*, *P. saxifraga*, *Eryngium planum* L. (миколайчики плоскі). Личинки не відомі.

22. *Mordellistena brevicauda* (Bohemann, 1849).

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, околом. Чернігів (51°28'50" пн.ш. 31°20'41" сх.д.), заплашний луг, 02.05.2021, 10 екз.; 08.05.2021, 3 екз.

Поширення. Євро-передньо-центральноазійський вид. У Палеарктичному каталозі для України не вказаний. Чернігівський район є найпівнічнішим локалітетом цього виду на території України.

Трофічні зв'язки. Личинки розвиваються в кореневищі *G. verum*. Імаго харчуються пилком кульбаби (*Taraxacum* sp.) та *G. album*.

23. *Mordellochroa abdominalis* (Fabricius, 1775).

Матеріал. Чернігівська обл., Чернігівський р-н, околом. Чернігів (51°33'37" пн.ш. 31°15'09" сх.д.), 15.05.2021, 5 екз.

Поширення. Трансєвразійський вид. Вперше вказується для Чернігівської області.

Трофічні зв'язки. Імаго харчуються пилком *Sorbus aucuparia* L. (горобина звичайна). Згідно з літературними відомостями, личинки розвиваються у деревині представників роду *Salix* (верба) [9].

Таким чином, отримано додаткові відомості про видовий склад Mordellidae фауни України. Підтверджено наявність в Україні *M. episternalis* та *M. secreta*.

Проведена робота дозволила розширити відомості про поширення жуків-горбатовок фауни України. Так, на території Чернігівської області вперше виявлено 9 видів, на території Одеської області – 2 види.

Трофічні зв'язки личинок виявлені з трав'янистими рослинами 8 видів, що належать до 5 родин: Asteraceae – 4, Ariaceae – 1, Rubiaceae (Маренові) – 1, Rosaceae (Злакові) – 1, Caryophyllaceae (Гвоздиківі) – 1. Трофічні зв'язки личинок *M. bicoloripilosa*, *M. parvula*, *M. falsoparvula*, *M. kraatzi*, *M. secreta*, *M. pseudopumila* із зазначеними в анотованому списку видами рослин на території України раніше не були відзначені.

Розвиток жуків-горбатовок також відзначено у деревині 3 видів рослин, що належать до 2 родин: Betulaceae (Березові) – 1 вид, Salicaceae (Вербові) – 2 види. Трофічні зв'язки личинок *T. bucephala* та *V. villosa* з мертвою деревиною зазначених видів дерев на території України раніше відомі не були.

В результаті проведених власних досліджень імаго жуків-горбатовок відзначені на квітках рослин із 5 родин: Ranunculaceae (Жовтецеві), Asteraceae, Ariaceae, Rubiaceae, Rosaceae (Розові).

Імаго жуків-горбатовок входять до раціону харчування павуків (відзначено для *V. briantea*, *M. episternalis*, *M. secreta*, *M. tarsata*).

Враховуючи власні та літературні дані, виявлені види на стадії імаго можуть бути віднесені до спорофагів (1 вид) і полінофагів (19 видів). Для 3 видів відомості щодо харчування їх імаго відсутні або вимагають уточнення.

Висновки

В результаті досліджень, проведених з 2015 по 2021 рік, виявлено 23 види жуків-горбаток із 6 родів *Tomoxia* (1), *Variimorda* (2), *Mordella* (3), *Stenalia* (1), *Mordellistena* (15), *Mordellochroa* (1). Підтверджено знаходження на території України двох видів: *M. episternalis* та *M. secreta*. Наведені локалітети виявлених видів розширюють відомості про розповсюдження жуків-горбаток в Україні.

Трофічні зв'язки личинок жуків-горбаток із 5 видами рослин (*P. nigra*, *S. caprea*, *C. jacea*, *S. latifolia*, *J. vulgaris*) на території України наводяться вперше. Кормова рослина для личинок *M. pseudopumila* вказується вперше.

В результаті власних досліджень отримані дані щодо кормових рослин для імаго 16 видів жуків-горбаток.

Стаття надійшла до редакції 5.04.2024

Список використаної літератури

- Лісовий М. М., Чайка В. М., Бялковська Н. Г. Ентомологічне біорізноманіття комах-герпетобіонтів агроландшафтів Лісостепу України. *Наукові праці. Сер. Екологія*. 2011. Т. 150, вип. 138. С. 55–59.
- Мороз С. Ю., Фокін А. В. Оцінка просторового розподілу популяції соняшникової шипоноски *Mordellistena parvula* Gyll. у посівах соняшнику в умовах південного степу України. *Біологічні системи: теорія та інновації*. 2021. Т. 12, № 1. С. 90–99. doi: <https://doi.org/10.31548/biologiya2021.01.009>
- Односум В. К. Жуки-горбатки подсемейства Mordellinae фауны Украины (Coleoptera, Mordellidae) Сообщ. 2. *Вестн. зоол.* 1993. № 6. С. 20–28.
- Односум В. К. Жуки-горбатки рода *Mordella* (Coleoptera, Mordellidae) Центральной и Восточной Палеарктики. *Вестн. зоол.* 2004. Т. 38. № 6. С. 15–28.
- Півторайко В. В. Особливості розвитку шипоносок (Coleoptera: Mordellidae) в агроценозі конопляного поля у північно-східному лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. національного аграрного університету Серія «Агронія і біологія»*. 2022. Т. 47, вип. 1. С. 108–118.
- Таксономічний склад сапроксилобіонтних твердокрилих (Insecta, Coleoptera) Угольського масиву фауни Карпатського біосферного заповідника / М. В. Чумак та ін. *Наук. Вісник Ужгород. ун-ту. (Сер. Біол.)*. 2015. Вип. 38–39. С. 5–11.
- Фауна України. В 40 т. Т. 19. Вип. 9. Жуки-горбатки (Coleoptera, Mordellidae) / В. К. Односум. Київ: Наук. думка, 2010. 264 с.
- Catalogue of Palearctic Coleoptera. Tenebrionoidea / ed.: D. Iwan, I. Löbl; 2nd ed. Leiden: Brill, 2020. Vol. 5. P. 79–104.
- Fauna Polski. In 23 vol. Vol. 18. Mordellidae, miastkowate (Insecta: Coleoptera) / L. Borowiec. Warszawa: Polska academia nauk. Museum i instytut zoologii, 1996. 191 p.
- Fedorenko V., Hornovska S., Fedorenko A. Distribution and harmfulness of *Mordellistena parvuliformis* beetle in the left bank steppe of Ukraine. *Захист і карантин рослин*. 2021. Вип. 67. С. 337–347. doi: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.337-348>
- Naczi R., Androw R. A., Rosenfeld J. *Tomoxia bucephala* A. Costa (Coleoptera: Mordellidae), a Palearctic tumbling flower beetle established in North America. *Insecta Mundi*. 2022. Iss. 0939. P. 1–15.
- Pivtoraiko V., Kabanets V., Vlasenko V. Diversity of the entomocomplex of the grass stand of a hemp field in the north-eastern forest-steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, no. 4. P. 18–29. doi: [10.48077/scihor.25\(4\).2022.18-29](https://doi.org/10.48077/scihor.25(4).2022.18-29)
- Revealing the identity of *Mordellistena minima* and *M. pseudorhenana* (Coleoptera: Mordellidae) based on re-examined type material and DNA barcodes, with new distributional records and comments on morphological variability / Selnekovič D., Goffová K., Kodada J., Improta R. *The Canadian Entomologist*. 2021. Vol. 153. P. 343–367. doi: [10.4039/tce.2021.3](https://doi.org/10.4039/tce.2021.3)
- Selnekovič D., Kodada J. Taxonomic revision of *Mordellistena hirtipes* species complex with new distribution records (Insecta, Coleoptera, Mordellidae). *ZooKeys*. 2019. Iss. 854. P. 89–118. doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.854.32299>
- Selnekovič D., Ruzzier E. New distributional records for sixteen Mordellidae species from the Western Palearctic (Insecta, Coleoptera, Mordellidae). *ZooKeys*. 2019. Iss. 894. P. 151–170. doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.894.39584>

Н. П. Буяльська

Національний університет «Чернігівська політехніка», Чернігів,
вул. Шевченка, 95, 14035, Україна, e-mail: buialska@gmail.com

НОВІ ВІДОМОСТІ ПРО ЖУКІВ-ГОРБАТОК (COLEOPTERA: MORDELLIDAE) ФАУНИ УКРАЇНИ

Резюме

Актуальність. Аналіз літературних джерел вказує на необхідність проведення подальших досліджень щодо встановлення таксономічного складу жуків-горбатовок фауни України. Екологія жуків-горбатовок, зокрема видів, що входять до складу фауни України, мало вивчена. Найменшою мірою відомі кормові рослини личинок жуків-горбатовок. Відомості про поширення жуків-горбатовок на території України залишаються фрагментарними.

Мета. Мета роботи – проаналізувати розповсюдження та трофічні зв'язки 23 видів жуків-горбатовок, виявлених під час проведення еколого-фауністичних досліджень на території України у період 2015–2021 років.

Методи. В ході дослідження використано загальноприйняті методи. Спостереження за харчуванням жуків-горбатовок проводились у природних умовах. Визначення кормових рослин личинок жуків-горбатовок здійснювалося шляхом огляду трав'янистих рослин та деревних залишків у період початку літа імаго.

Основні результати. У ході проведення еколого-фауністичних досліджень виявлено 23 види жуків-горбатовок. З них 9 видів вперше відзначено на території Чернігівської області, два види – на території Одеської області. Підтверджено знаходження у складі фауни України двох видів: *Mordellistena episternalis* Mulsant, 1856 та *M. secreta* Horák, 1983. Для 16 антофільних видів наведено кормові рослини імаго. Трофічні зв'язки хортобіонтних видів на стадії личинки виявлено з трав'янистими рослинами 8 видів, що належать до 5 родин. Кормова рослина (*Jacobaea vulgaris* Gaertn.) для личинок *Mordellistena pseudopumila* Ermisch, 1963 вказується вперше. Розвиток ксилофільних видів відзначено у деревині трьох видів рослин. Отримані результати доповнено даними із літературних джерел.

Висновки. Таким чином, отримані відомості дозволяють уточнити таксономічний склад та розповсюдження жуків-горбатовок фауни України. Вони включають нові дані щодо харчування імаго та личинок жуків-горбатовок і можуть бути використані для розробки заходів щодо раціонального природокористування та збереження біологічного розмаїття України. Контроль за розвитком личинок *Mordellistena parvula* (Gyllenhal, 1827) на дикорослих рослинах може дозволити знизити чисельність цього шкідника соняшнику.

Ключові слова: Mordellidae; фауна України; нові локалітети; трофічні зв'язки; личинки; імаго.

N. P. Buialska, PhD, Associate Professor
Chernihiv Polytechnic National University, 95 Shevchenko St., Chernihiv 14035,
Ukraine, e-mail: buialska@gmail.com

NEW DATA ON TUMBLING FLOWER BEETLES (COLEOPTERA: MORDELLIDAE) OF THE FAUNA OF UKRAINE

Summary

Introduction. Analysis of the published data indicates that further research to establish the taxonomic composition of tumbling flower beetles of the fauna of Ukraine is needed. The ecology of tumbling flower beetles including species that are part of the fauna of Ukraine has been little studied. The host plants of tumbling flower beetle larvae are the least known. The data on the distribution of tumbling flower beetles in Ukraine remain fragmentary.

Aim. The aim of the work is to analyze the distribution and trophic relationships of 23 species of tumbling flower beetles that were revealed during ecological and faunistic studies on the territory of Ukraine in the period 2015–2021.

Methods. Generally accepted research methods were used during the study. The observations of the feeding of tumbling flower beetles were carried out under natural conditions. Host plants of tumbling flower beetle larvae were revealed by examining herbaceous plants and dead wood during the beginning of the flight period of adults.

Main results. During ecological and faunistic studies 23 species of tumbling flower beetles were identified, of which 9 species were recorded for the first time in the Chernigov region, two species – in the Odesa one. The presence of *Mordellistena episternalis* Mulsant, 1856 and *M. secreta* Horák, 1983 in the fauna of Ukraine was confirmed. Host plants for imago are presented for 16 anthophilic species.

Trophic relationships of chortobiont species at the larval stage with herbaceous plants of 8 species, which belong to 5 families, have been identified. The host plant (*Jacobaea vulgaris* Gaertn.) of the larvae of *Mordellistena pseudopumila* Ermisch, 1963 was indicated for the first time. The development of xylophilous species in the wood of three plant species was recorded. The results obtained are augmented with data from literature sources.

Conclusions. Thus, the data obtained clarify the taxonomic composition and distribution of tumbling flower beetles of the fauna of Ukraine. They include new data on the feeding of adults and larvae of tumbling flower beetles and can be used to develop measures for rational environmental management and conservation of biological diversity in Ukraine. Control of the development of the larvae of *Mordellistena parvula* (Gyllenhal, 1827) on wild plants can reduce the number of the said sunflower pest.

Key words: Mordellidae; fauna of Ukraine; new localities; trophic relationships; larvae; adults.

References

1. Lisovyi M. M., Chaika V.M., Bialkowska N.H. (2011) *Entomological biodiversity of herpetobiont insects in forest-steppe agro-landscapes of Ukraine* [Entomolohichne bioriznomanittia komakh-herpetobiontiv ahrolandshaftiv Lisostepu Ukrainy], *Naukovi pratsi. Ser. Ekolohiia*, 150(138), pp. 55–59.
2. Moroz S. Yu., Fokin A.V. (2021) *Assessment of the spatial distribution of the sunflower tumbling beetle population* [Otsinka prostorovoho rozpodilu populiatsii soniashnykovoï shyponosky *Mordellistena parvula* Gyll. u posivakh soniashnyku v umovakh pivdennoho stepu Ukrainy], *Biological systems: theory and innovation*, 12(1), pp. 90–99. doi: <https://doi.org/10.31548/biologiya2021.01.009>
3. Odnosum V. K. (1993) *Subfamily Mordellinae mordellid beetles (Coleoptera, Mordellidae) of the Ukrainian fauna. Commun. 2* [Zhuki-gorbatki podsemeystva Mordellinae fauny Ukrainy (Coleoptera, Mordellidae) Soobsh. 2], *Vestnik Zoologii*, 6, pp. 20–28.
4. Odnosum V. K. (2004) *Mordellid Beetles of the Genus Mordella (Coleoptera, Mordellidae) of Central and Eastern Palaearctics* [Zhuki-gorbatki roda *Mordella* (Coleoptera, Mordellidae) Czentral'noy i Vostochnoy Palearktiki], *Vestnik Zoologii*, 38(6), pp. 15–28.
5. Pivtoraiko V. V. (2022) *Peculiarities of the development of tumbling flower beetles (Coleoptera: Mordellidae) in hemp field agroecosis in the north-eastern forest-steppe of Ukraine* [Osoblyvosti rozvytku shyponosok (Coleoptera: Mordellidae) v ahrotsenozii konopl'ianoho polia u pivnichno-skhidnomu lisostepu Ukrainy]. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 1(47), pp. 108–118.
6. Chumak M. V., Mateleshko O. Iu., Chumak V.O. et al. (2015) *Taxonomic composition of the saproxylic Coleoptera (Arthropoda: Insecta) fauna in Uholka division of Carpathian Biosphere Reserve* [Taksonomichnyi sklad saproksylobiontnykh tverdokrylykh (Insecta, Coleoptera) Uholskoho masyvu fauny Karpatskoho biosfernoho zapovidnyka], *Sci. Bull. Uzhgorod Univ. (Ser. Biol.)*, 38–39, pp. 5–11.
7. Odnosum V. K. (2010) *Fauna of Ukraine. Tumbling flower beetles (Coleoptera, Mordellidae)* [Fauna Ukrainy. Zhuky-horbatky (Coleoptera, Mordellidae)], Kyiv, Nauk. dumka, 19(9), 264 p.
8. *Catalogue of Palearctic Coleoptera. Tenebrionoidea* (2020). Ed.: D. Iwan, I. Löbl, 2nd ed., Leiden, Brill, 5, pp. 79–104.
9. Borowiec L. (1996) *Fauna Polski. Mordellidae, miastkowate (Insecta: Coleoptera)*, Warszawa, Polska academia nauk. Museum i instytut zoologii, 18, 191 p.
10. Fedorenko V., Hornovska S., Fedorenko A. (2021) *Distribution and harmfulness of Mordellistena parvuliformis beetle in the left bank steppe of Ukraine*, *Zahist i karantin roslin*, 67, pp. 337–347, doi: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2021.67.337-348>
11. Naczi R., Androw R. A., Rosenfeld J. (2022) *Tomoxia bucephala* A. Costa (Coleoptera: Mordellidae), a Palearctic tumbling flower beetle established in North America, *Insecta Mundi*, 0939, pp. 1–15.
12. Pivtoraiko V., Kabanets V., Vlasenko V. (2022) *Diversity of the entomocomplex of the grass stand of a hemp field in the north-eastern forest-steppe of Ukraine*, *Scientific Horizons*. 25(4), pp. 18–29. doi: [10.48077/scihor.25\(4\).2022.18-29](https://doi.org/10.48077/scihor.25(4).2022.18-29)
13. Selnekovič D., Goffová K., Kodada J., Improta R. (2021) *Revealing the identity of Mordellistena minima and M. pseudorhenana (Coleoptera: Mordellidae) based on re-examined type material and DNA barcodes, with new distributional records and comments on morphological variability*, *The Canadian Entomologist*, 153, pp. 343–367, doi: [10.4039/tce.2021.3](https://doi.org/10.4039/tce.2021.3)
14. Selnekovič D., Kodada J. (2019) *Taxonomic revision of Mordellistena hirtipes species complex with new distribution records (Insecta, Coleoptera, Mordellidae)*, *ZooKeys*, 854, pp. 89–118, doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.854.32299>
15. Selnekovič D., Ruzzier E. (2019) *New distributional records for sixteen Mordellidae species from the Western Palearctic (Insecta, Coleoptera, Mordellidae)*, *ZooKeys*, 894, pp. 151–170, doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.894.39584>

[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309038](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309038)

УДК 598.2(477)«19/23»

В. П. Стойловський, д.б.н., професор; <https://orcid.org/0000-0002-8968-8299>

Д. А. Ківганов, к.б.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0002-5628-7368>

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
біологічний факультет, кафедра зоології, гідробіології та загальної екології,
вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна,
e-mail: stoylovsky@onu.edu.ua

ВИДОВИЙ СКЛАД І ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПТАХІВ ПОНИЗЗЯ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ НАВЕСНІ 2019–2023 РОКІВ

Протягом 2019–2023 рр. проведено моніторинг видового складу та чисельності гідрофільних птахів в пониззі Тилігульського лиману у період їх весняних концентрацій та міграції. Зареєстровано 99 видів птахів 13 рядів, з яких за чисельністю домінували Anseriformes, Gruiformes, Charadriiformes та Passeriformes. Встановлено певні тенденції щодо зміни чисельності репрезентативних видів птахів.

Ключові слова: птахи, видовий склад, чисельність, весняний період, моніторинг, пониззя Тилігульського лиману.

Необхідність вивчення сучасного стану популяцій птахів та оцінка впливу на них антропогенних (й особливо техногенних) перетворень, в першу чергу, пов'язана з тим, що вони є індикатором станом довкілля. Зміна їх чисельності, розповсюдження та поведінки може свідчити про проблеми у екосистемі.

Також в зв'язку зі стратегічним курсом України на приєднання до Європейського Союзу, одним із актуальних завдань в галузі вивчення та збереження біологічного різноманіття є гармонізація економічних, екологічних та природоохоронних стратегій розвитку країни. Виконання обов'язків країни в рамках міжнародного природоохоронного законодавства та реалізації положень Рамсарської, Боннської, Бернської та інших природоохоронних конвенцій в плані вивчення та охорони біологічного різноманіття, і насамперед птахів, підвищують актуальність їх моніторингу в умовах малозмінених природних ландшафтів або в об'єктах природоохоронного фонду.

Тилігульський лиман з його високим міжнародним та національним природоохоронним статусом [13, 18, 24, 25] і, одночасно, високим потенціалом для «зеленої» енергетики [2], є саме такою територією, що зумовлює необхідність проведення тут моніторингу життєвих циклів гідрофільних птахів (тобто тих, що мешкають у гідрофільних біогеоценозах [1]). Результати наших досліджень можуть бути спрямовані на заходи щодо зменшення негативного впливу на водно-болотних комплекси, дозволять вносити корективи щодо реальних кроків в напрямку раціонального використання природних ресурсів і розробці ме-

ханізмів ефективної охорони представників орнітофауни нашого регіону. Крім того, буде продовжено формування та розвиток наукової бази даних, необхідних для оновлення інформації щодо водно-болотних угідь міжнародного значення.

Мета наукової роботи: оцінка динамічних характеристик гідрофільних птахів у весняний період 2019–2023 років.

Для реалізації зазначеної мети вирішувались такі завдання:

- встановити таксономічну структуру птахів у період весняних міграцій;
- встановити динаміку чисельності птахів у період весняних міграцій;

Матеріали та методи досліджень

Моніторинг стану гідрофільних птахів проводилися у пониззі Тилігульського лиману у весняні періоди 2019–2023 років. Облікові роботи проводилися в межах, позначених на рисунку 1.



Рис. 1. Зони проведення моніторингових досліджень концентрацій птахів водно-болотних комплексів навесні 2019–2023 рр.

На відкритій місцевості обліки птахів [10] проводилися з автомобіля та на численних зупинках для огляду територій та акваторій з використанням біноклів 10×, 12× та телескопу 30–60×. На ділянках з дерево-чагарниковою рослинністю та вздовж невеликих водойм проводилися обліки на пішохідних маршрутах. Реєстрація видів проводилась як візуально, так і за голосами птахів. Загальна довжина облікового маршруту становила 19,5 км. Під час обліків здійснювали фото- та відеофіксацію птахів.

Пониззя Тилігульського лиману має площу близько 1 тис. га і є частиною «рамсарського» угіддя [21, 25, 26] «Тилігульський лиман» (26 тис. га). В межах цього угіддя функціонують два регіональних ландшафтних парку під однаковою назвою «Тилігульський» – один на західному узбережжі лиману на території Одеської області (площа 13984 га) [18], інший – на східному узбережжі на території Миколаївської області (площа 8195 га) [13], які ввібрали в себе ряд заказників, створених тут ще в другій половині ХХ ст. [8, 15, 22].

В межах угіддя визначена територія Смарагдової мережі площею 23243 га з кадастровим номером UA 0000138 [14].

Згідно з сучасним геоботанічним районуванням, узбережжя Тилігульського лиману знаходиться в межах Одеського округу злакових та полиново-злакових степів, засолених луків, солончаків і рослинності карбонатних відслонень, який відноситься до Чорноморсько-Азовської степової підпровінції Понтичної степової провінції Степової підобласті (зони) Євразійської степової області [5, 12].

Клімат території помірно континентальний з відносно короткою і теплою зимою та тривалим, жарким літом. Серед рівнинних районів Причорномор'я виділяється найтеплішою зимою (середня січнева температура становить $-2,0$ °С). Безморозний період триває до 200 діб, вегетаційний період – 235–245 діб, сума активних температур становить 3500–3600 °С. Середня багаторічна кількість опадів досягає 400 мм, а випаровуваність – 800 мм/рік [19].

Назви таксонів птахів наводяться за Г. В. Фесенко та А. А. Бокотей [20].

Результати та їх обговорення

За період досліджень зареєстровано 99 видів птахів (табл. 1), які належать до 13 рядів. Нажаль, епідемія Covid 19 та повномасштабне вторгнення Росії не дозволили провести повноцінні піші обліки в 2020 р. і в 2022 р., через що деякі рідкісні та малопомітні види реєструвалися лише один-два рази за п'ять років, але це не означає, що вони були відсутні в зазначені періоди.

Результати обліків наведено у таблиці 1.

Зафіксований видовий склад птахів є цілком характерним для регіону [3, 6, 23].

Таблиця 1

**Видовий склад і чисельність птахів в пониззі Тилігульського лиману
за результатами обліків навесні 2019–2023 рр.
(наведено максимальні значення чисельності)**

№	Назва виду		Кількість особин за роками					
	українська	наукова	2019	2020	2021	2022	2023	в середньому
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пірникоза чорношия	<i>Podiceps nigricollis</i> C.L. Brehm, 1831			2	68	14	14
2	Пірникоза сірошока	<i>Podiceps grisegena</i> (Boddaert, 1783)	65		2	23	9	9
3	Пірникоза велика	<i>Podiceps cristatus</i> (L., 1758)	10	4	15	32	21	21
4	Великий баклан	<i>Phalacrocorax carbo</i> L., 1758	11		2	1	2	2
5	Чепура велика	<i>Egretta alba</i> (L., 1758)		28	2	1	3	3
6	Чепура мала	<i>Egretta garzetta</i> (L., 1766)		2				
7	Чапля сіра	<i>Ardea cinerea</i> L., 1758	4	11	2		5	5
8	Чапля руда	<i>Ardea purpurea</i> L., 1766	2					
9	Коровайка	<i>Plegadis falcinellus</i> (L., 1766)			5	5		
10	Гуска сіра	<i>Anser anser</i> (L., 1758)			3			
11	Лебідь-шипун	<i>Cygnus olor</i> (Gmelin, 1789)	29	1	90	85	74	74
12	Лебідь-кликун	<i>Cygnus cygnus</i> (L., 1758)				1		
13	Огар	<i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764)	3					
14	Галагаз	<i>Tadorna tadorna</i> (L., 1758)	250	536	80	115	93	93
15	Широконоска	<i>Anas clypeata</i> L., 1758		6				
16	Крижень	<i>Anas platyrhynchos</i> L., 1758	69	10	56	300	2300	2300
17	Чирянка велика	<i>Anas querquedula</i> L., 1758	52	82	2		6	6
18	Попелюх	<i>Aythya ferina</i> (L., 1758)	1		150	3500	56	56
19	Чернь чубата	<i>Aythya fuligula</i> (L., 1758)	142		644	56	543	543
20	Гоголь	<i>Bucephala clangula</i> (L., 1758)				85	12	12
21	Крех великий	<i>Mergus merganser</i> L., 1758	2					
22	Лунь польовий	<i>Circus cyaneus</i> (L., 1766)				5		
23	Лунь очеретяний	<i>Circus aeruginosus</i> (L., 1758)	1		1	2	3	3

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	Яструб малий	<i>Accipiter nisus</i> (L., 1758)	1					
25	Зимняк	<i>Buteo lagopus</i> (Pontoppidan, 1763)				3	1	1
26	Канюк степовий	<i>Buteo rufinus</i> (Cretzschmar, 1827)				2		
27	Канюк звичайний	<i>Buteo buteo</i> (L., 1758)				1	1	1
28	Кібчик	<i>Falco vespertinus</i> L., 1766			1		1	1
29	Боривітер звичайний	<i>Falco tinnunculus</i> L., 1758	6	1	3	2	1	1
30	Куріпка сіра	<i>Perdix perdix</i> L., 1758	4			7		
31	Фазан	<i>Phasianus colchicus</i> L., 1758	8	1	1	1	6	6
32	Лиска	<i>Fulica atra</i> L., 1758	8	50	180	4000	3400	3400
33	Сивка морська	<i>Pluvialis squatarola</i> (L., 1758)		5				
34	Пісочник малий	<i>Charadrius dubius</i> Scopoli, 1786	6	2	1	3		
35	Пісочник морський	<i>Charadrius alexandrinus</i> (L., 1758)			15	1		
36	Чайка	<i>Vanellus vanellus</i> (L., 1758)	1					
37	Кулик-довгоніг	<i>Himantopus himantopus</i> (L., 1758)		72	70	56	63	63
38	Чоботар	<i>Recurvirostra avosetta</i> L., 1758	4	18	237	210	180	180
39	Кулик-сорока	<i>Haematopus ostralegus</i> L., 1758		2	1	2	3	3
40	Коловодник болотяний	<i>Tringa glareola</i> L., 1758	8	3				
41	Коловодник великий	<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)		4				
42	Коловодник звичайний	<i>Tringa totanus</i> (L., 1758)	68	44	40	35	28	28
43	Плавунець круглодзьобий	<i>Phalaropus lobatus</i> (L., 1758)	43	1	3	2	4	4
44	Брижач	<i>Phylomachus pugnax</i> (L., 1758)	202	1661	110	70	55	55
45	Побережник чорногрудий	<i>Calidris alpina</i> (L., 1758)	100	2625	34	42	4	4
46	Кульон великий	<i>Numenius arquata</i> (L., 1758)	1	1				
47	Кульон середній	<i>Numenius phaeopus</i> (L., 1758)			4	2	1	1
48	Мартин жовтоногий	<i>Larus cachinnans</i> Pallas, 1811	35	4	15	115	40	40

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	Мартин малий	<i>Larus minutus</i> Pallas, 1776		20	140	30	12	12
50	Мартин тонкодзьобий	<i>Larus genei</i> Breme, 1840	128	7070	320	270	55	55
51	Мартин звичайний	<i>Larus ridibundus</i> L., 1766	80	4	260	24	80	80
52	Крячок чорний	<i>Chlidonias niger</i> (L., 1758)			23	4	1	1
53	Крячок рябодзьобий	<i>Thalasseus sandvicensis</i> (Latham, 1787)	50	3000	8	2		
54	Крячок річковий	<i>Sterna hirundo</i> L., 1758		300	506	800	1200	1200
55	Крячок малий	<i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764		1	8	23	5	5
56	Голуб сизий	<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789			30	70	60	60
57	Припутень	<i>Columba palumbus</i> L., 1758	11					
58	Горлиця садова	<i>Streptopelia decaocto</i> (Frisvaldszky, 1838)	10		3	45	23	23
59	Зозуля	<i>Cuculus canorus</i> L., 1758		1	3	1	7	7
60	Серпокрилець чорний	<i>Apus apus</i> (L., 1758)			32		2	2
61	Одуд	<i>Upupa epops</i> L., 1758	4	1	4	2	5	5
62	Ластівка берегова	<i>Riparia riparia</i> (L., 1758)		2				
63	Ластівка сільська	<i>Hirundo rustica</i> L., 1758	36	20	75	30	23	23
64	Посмітюха	<i>Galerida cristata</i> (L., 1758)	16	2	3	2	16	16
65	Жайворонок степовий	<i>Melanocorypha calandra</i> L., 1758				30		
66	Жайворонок польовий	<i>Alauda arvensis</i> L., 1758	30	23	20	44	14	14
67	Щеврик лучний	<i>Anthus pratensis</i> L., 1758				3		
68	Плиска жовта	<i>Motacilla flava</i> L., 1758			3	1	2	2
69	Сорокопуд терновий	<i>Lanius collurio</i> L., 1758		1	4	1	2	2
70	Сорокопуд чорнолобий	<i>Lanius minor</i> Gmelin, 1788		1				
71	Вивільга	<i>Oriolus oriolus</i> (L., 1758)		1				
72	Шпак звичайний	<i>Sturnus vulgaris</i> L., 1758	52		60	800	120	120
73	Сорока	<i>Pica pica</i> (L., 1758)	10	1	5	17	7	7
74	Галка	<i>Corvus monedula</i> L., 1758			3	22	35	35

Закінчення таблиці 1

75	Ворона	<i>Corvus cornix</i> L., 1758			2	16	9	9
76	Крук	<i>Corvus corax</i> L., 1758			1	8	1	1
77	Грак	<i>Corvus frugilegus</i> L., 1758	50		70	34	700	700
78	Очеретянка велика	<i>Acrocephalus arundinaceus</i> (L., 1758)		2	1	1	3	3
79	Кропив'янка сіра	<i>Sylvia communis</i> Latham, 1787			1	1	1	1
80	Кропив'янка прудка	<i>Sylvia curruca</i> (L., 1758)		2				
81	Вівчарик-ковалик	<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot, 1817)	1					
82	Вівчарик весняний	<i>Phylloscopus trochilus</i> (L., 1758)			5	2	3	3
83	Трав'янка чорноголова	<i>Saxicola torquata</i> (L., 1766)	1					
84	Кам'янка звичайна	<i>Oenanthe oenanthe</i> (L., 1758)	4					
85	Вільшанка	<i>Erithacus rubecula</i> (L., 1758)	5					
86	Дрізд чорний	<i>Turdus merula</i> L., 1758				2		
87	Синиця вусата	<i>Panurus biarmicus</i> (L., 1758)		1				
88	Синиця велика	<i>Parus major</i> L., 1758	2		2	6	8	8
89	Горобець хатній	<i>Passer domesticus</i> L., 1758	50	2	20	18	35	35
90	Горобець польовий	<i>Passer montanus</i> L., 1758	30	1	40	310	20	20
91	Зяблик	<i>Fringilla coelebs</i> L., 1758				57	34	34
92	В'юрок	<i>Fringilla montifringilla</i> L., 1758				2	1	1
93	Зеленяк	<i>Chloris chloris</i> (L., 1758)	2		1	28	5	5
94	Чиж	<i>Spinus spinus</i> (L., 1758)			1	5	28	28
95	Щиглик	<i>Carduelis carduelis</i> (L., 1758)	12		2	47	36	36
96	Коноплянка	<i>Acanthis cannabina</i> (L., 1758)	6			81	26	26
97	Просіянка	<i>Emberiza calandra</i> L., 1758	12	5	2	47	1	1
98	Вівсянка звичайна	<i>Emberiza citrinella</i> L., 1758				5	3	3
99	Вівсянка очеретяна	<i>Emberiza schoeniclus</i> L., 1758				27	12	12
Всього особин			1738	15635	3429	11751	9524	9524
Всього видів			52	47	63	73	66	66

Аналізуючи результати спостережень птахів в пониззі Тилігульського лиману навесні 2019–2023 років та наші попередні дослідження, доходимо висновку, що більшість облікованих птахів належить до гідрофільних видів.

Традиційно на досліджуваній території весняні скупчення формуються вже на початку лютого [6, 7, 8, 9, 11, 16, 17, 27, 28]. За чисельністю в них переважають представники Гусеподібних (Anseriformes), Журавлеподібних (Gruiformes), Сивкоподібних (Charadriiformes) та Горобцеподібних (Passeriformes). Представники цих рядів складають майже 98 % від усіх зареєстрованих тут птахів (табл. 2).

Таблиця 2

**Зміна співвідношення чисельності птахів в пониззі
Тилігульського лиману у весняний період 2019–2023 рр.**

Ряд	Доля особин за роками														
	2019 р.			2020 р.			2021 р.			2022 р.			2023 р.		
	Видів	Особин	%*	Видів	Особин	%*	Видів	Особин	%*	Видів	Особин	%*	Видів	Особин	%*
Пірнико- зоподібні Podicipediformes	2	75	4,3	1	4	0,0	3	19	0,6	3	123	1,0	3	44	0,5
Пеліканоподібні Pelecaniformes	1	11	0,6				1	2	0,1	1	1	0,0	1	2	0,0
Лелекоподібні Ciconiiformes	2	6	0,3	3	41	0,3	3	9	0,3	2	6	0,1	2	8	0,1
Гусеподібні Anseriformes	8	548	31,5	5	635	4,1	7	1025	29,9	7	4142	35,2	7	3084	32,4
Соколоподібні Falconiiformes	3	8	0,5	1	1	0,0	3	5	0,1	6	15	0,1	5	7	0,1
Куроподібні Galliformes	2	12	0,7	1	1	0,0	1	1	0,0	2	8	0,1	1	6	0,1
Журавлеподібні Gruiformes	1	8	0,5	1	50	0,3	1	180	5,2	1	4000	34,0	1	3400	35,7
Сивкоподібні Charadriiformes	13	726	41,8	19	14837	94,9	18	1795	52,3	18	1691	14,4	15	1731	18,2
Голубоподібні Columbiformes	2	21	1,2				2	33	1,0	2	115	1,0	2	83	0,9
Зозулеподібні Cuculiformes				1	1	0,0	1	3	0,1	1	1	0,0	1	7	0,1
Серпокриль- цеподібні Ardeiformes							1	32	0,9				1	2	0,0
Одудоподібні Ururiformes	1	4	0,2	1	1	0,0	1	4	0,1	1	2	0,0	1	5	0,1
Горобцеподібні Passeriformes	17	319	18,4	14	64	0,4	21	321	9,4	29	1647	14,0	26	1145	12,0

Примітка: * – від загальної кількості облікованих птахів.

В 2019–2023 рр. домінувальною групою за чисельністю особин були Сивкоподібні – 44,32 % від загальної кількості облікованих птахів, а також Гусеподібні – 26,62 %, Журавлеподібні – 15,4 % та Горобцеподібні – 10,84 %.

Слід зазначити, що видовий склад і чисельність птахів різних рядів протягом періоду дослідження помітно відрізнялись. Так, наприклад, у 2019 році Сивкоподібні становили 41,8 % чисельності всіх птахів (13 видів), у 2020 році – 94,9 % (19 видів), у 2021 році – 53,3 % (18 видів).

Починаючи з 2022 року рівень представництва Сивкоподібних у весняних скупченнях змінюється – з зниженням до 14,4 % (18 видів), та з невеликим підвищенням до 18,2 % (6 видів) у 2023 році (рис. 2).

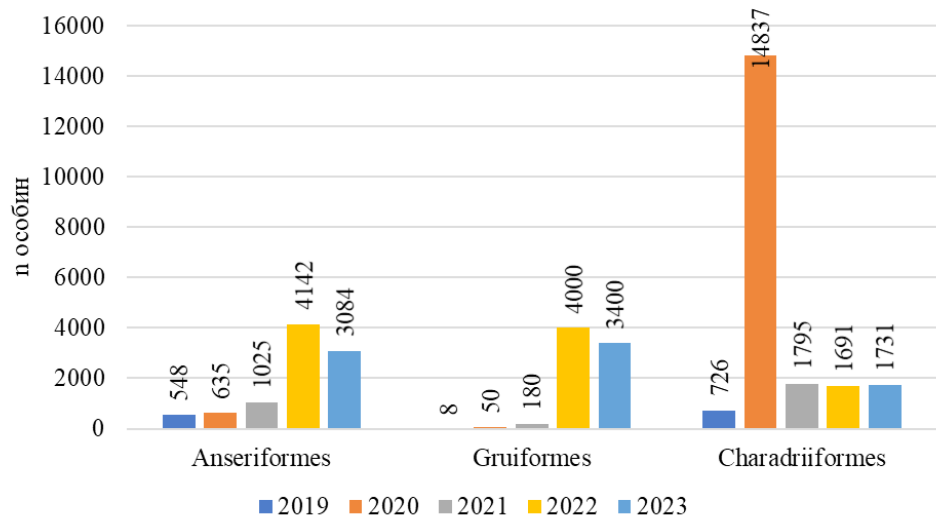


Рис. 2. Динаміка чисельності найчисельніших видів птахів водно-болотного комплексу в пониззі Тилігульського лиману у весняний період 2019–2023 рр.

Для Гусеподібних можна відмітити їх відносну стабільність як за кількістю видів, так і за чисельністю (в межах 30–35 %).

Помітна динаміка протягом 2019–2023 років спостерігалася у лиски – єдиного представника Журавлеподібних серед зареєстрованих нами птахів. У 2019–2021 рр. обліковували від одиниць до декількох десятків особин цього виду, а з 2022 р. його чисельність стрімко зростала і перевищувала тисячу особин (34,0 % особин від усіх облікованих птахів у 2022 р. і 35,7 % – у 2023 р.).

У Горобцеподібних спостерігалася значне коливання видового складу (від 8 видів у 2023 р. до 21 виду у 2021 р.) і загальної чисельності птахів (від поодиноких птахів до декілька сотень) (табл. 1). Найбільш численними були шпак – 800 ос. у 2022 р. та грак – 700 ос. у 2023 р.

Чисельність представників інших рядів зафіксованих птахів коливалася в межах 5–6 %. Значна їх частина була зареєстрована безпосередньо на акваторіях Тилігульського лиману, узбережжі моря і, частково, на прилеглих сільськогосподарських угіддях (рис. 3, 4).

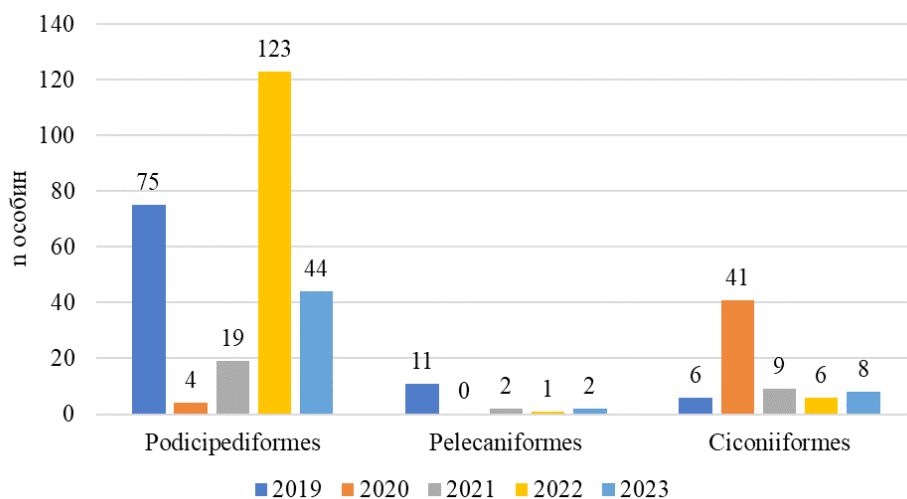


Рис. 3. Нечисленні види птахів водно-болотного комплексу

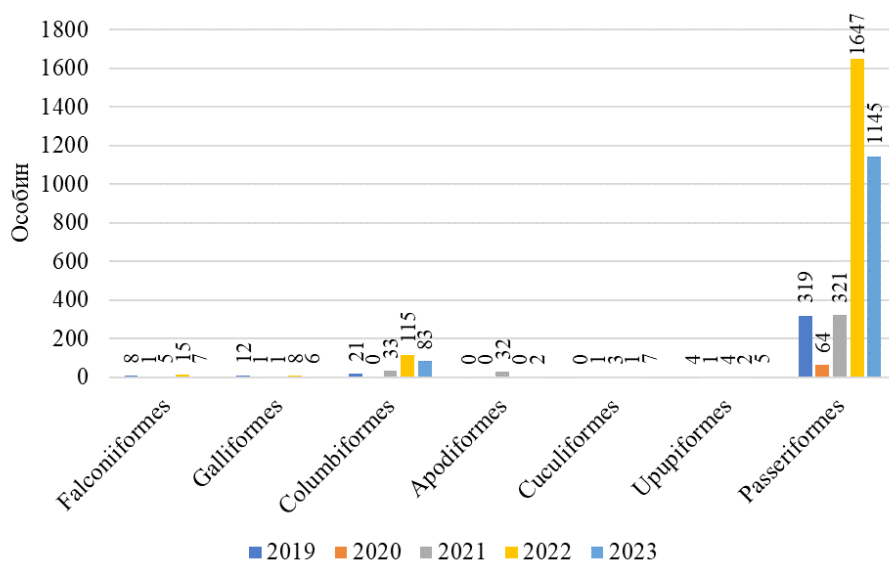


Рис. 4. Динаміка чисельності суходільних видів птахів у пониззі Тилігульського лиману за результатами весняних обліків 2019–2023 рр.

Вкрай незначна чисельність характерна для Пеліканоподібних та Лелекоподібних. Традиційно чисельність представників цих таксонів, як правило, не виходить за межі декілька десятків особин [3, 4, 8, 9] (рис. 3). Очевидно, незначна флуктуація їх чисельності залежить, перш за все, від перебігу весняної міграції.

Подібне спостерігається і у суходільних птахів (рис. 4).

Як і раніше, у весняний період, на суходолі в незначній кількості зустрічалися лунь болотяний, зимняк, канюк звичайний, боривітер звичайний та деякі дрібні горобцеподібні птахи.

Регулярні добові перельоти здійснювали граки та, меншою мірою, шпаки. Чисельність цих двох видів становила до декількох сотень особин. Місця їх переміщень були більш прив'язані до прибережних ділянок та заплавлених територій.

Висновки

В пониззі Тилигульського лиману у весняний період у 2019–23 рр. обліковано 99 видів, що належали до 13 рядів птахів. Найвищі показники чисельності були зафіксовані у 2020 р.– 15635 ос., найнижчі – у 2019 р.– 1738 ос., а у середньому за період 2019–2023 рр.– 8415 ос.

Видовий склад та чисельність птахів досліджуваної території у зазначений період в цілому були стабільними, хоча й відбувалися певні їх коливання за роками. Ознаки підвищення чисельності деяких видів в рамках дослідженого регіону за останні роки можна пов'язувати з підвищенням рівня небезпеки у східній частині Азово-Чорноморського регіону у зв'язку з військовими подіями.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2024

Список використаної літератури

1. Атемасова Т. А. Орнітофауна як структурний елемент біогеоценозів північного сходу України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 «Екологія». Дніпропетровськ, 2010. 29 с.
2. ВЕС Южне Енерджи. *ENERGO.UA*. URL: https://www.energo.ua/ua/assets/wind_farm_yuzhne_enerdzhi
3. Гержик И. П. Гидрофильная орнитофауна Тилигульской пересыпи и перспективы ее сохранения. *Управл. и охр. побережий С.-З. Причерноморья: Мат. междунар. симп.* Одесса, 1996. С. 76–77.
4. Гержик И. П. Гнездование редких голенастых птиц на Тилигульском лимане. *Птицы Азово-Черноморского региона. Мониторинг и охрана*. Николаев, 2003. С. 8–10.
5. Дідух Я. П., Шеляг-Сосонко Ю. Р. Геоботаничне районування України та суміжних територій. *Укр. ботан. журн.* 2003. Т. 60, № 1. С. 6–18.
6. Колониальные гидрофильные птицы юга Украины: Ржанкообразные / Сихон В. Д., Черничко И. И., Ардамацкая Т. Б. и др. Киев: Наук. думка, 1988. 176 с.
7. Корзюков А. И. Фенология весеннего прилета птиц в Северо-западное Причерноморье (по материалам 1995–1996 гг.). *Экосистемы дикой природы*. Одесса, 1996. С. 24–27.
8. Корзюков А. И., Русев И. Т., Гержик И. П. Побережье Северо-западного Причерноморья как миграционный путь птиц Европы и Африки. *Управл. и охр. побережий С.-З. Причерноморья: Мат. междунар. симп.* Одесса, 1996. С. 83–84.
9. Корзюков А. И., Черничко И. И. Тилигульский лиман – место концентрации водоплавающих и околоводных птиц. *Фауна и биология гусеобразных птиц*. М.: Наука, 1977. С. 11–12.

10. Кучинська І. В. Огляд деяких методів обліку гніздових водоплавних та коловодних птахів. *Бранта*. 2005. Вып. 8. С. 176–192.
11. Назаренко Л. Ф., Амонский Л. А. Влияние синоптических процессов и погоды на миграцию птиц в Причерноморье. Киев-Одесса: Вища школа, 1986. 183 с.
12. Національний атлас України / голов. ред. Л. Г. Руденко; голова ред. кол. Б. С. Патон. Київ: ДНВП «Картографія», 2007. 435 с.
13. Регіональний ландшафтний парк «Тилигульський» (Миколаївська обл.). URL: <https://tiligul.com/uk/>
14. Смарагдова мережа. URL: <https://emerald.eea.europa.eu/>
15. Стойловский В. П., Дятлов С. Е., Кивганов Д. А., Тилле А. А. Современное состояние орнитокомплексов в южных областях Украины. *Экологические проблемы Одесского региона и пути их решения*: Тр. научно-практ. конфер. (14–15 декабря 1994 г., г. Одесса). Одесса, 1995. С. 362–364.
16. Стойловский В. П., Кивганов Д. А. Гнездование птиц околородного комплекса в низовье Тилигульского лимана. *Мат. 10-й Всес. орнит. конф.* Минск: Наука і техніка, 1991. Ч. 2, кн. 2. С. 231–232.
17. Стойловский В. П. Фенология пролета речной крачки в низовьях Тилигульского лимана. *Экология и охрана птиц*. Кишинев: Штиинца, 1981. С. 214–215.
18. Тилигульський регіональний ландшафтний парк (Одеська область). URL: <https://bit.ly/3yZsyE6>
19. Топчів О. Г., Кондратюк І. І., Полоса О. І. Одеський регіон: природа, населення, господарство / За ред.: О. Г. Топчів; ОНУ ім. І. І. Мечникова. Одеса: Астропрінт, 2003. 182 с.
20. Фесенко Г. В., Бокотей А. А. Анотований список українських назв птахів фауни України (з характеристикою статусу виду). Київ – Львів, 2007. 112 с.
21. Черничко І. І., Снохин В. Д. и др. Инвентаризация и кадастровые характеристики водно-болотных угодий юга Украины. Мелитополь: Бранта, 1993. 93 с.
22. Черничко І. І., Стойловский В. П. Организация республиканского орнитологического сезонного заказника «Тилигульская пересыпь». *Редкие птицы Причерноморья*. Киев – Одесса: Лыбидь, 1991. С. 212–232.
23. Black Sea Biological Diversity (Ukrainian National Report) / Alexandrov B. G., Andrienko A. A., ... etc. New York: United Nations Publications, 1998. 351 p.
24. ІВА території України: території, важливі для збереження видового різноманіття та кількісного багатства птахів / Українське товариство охорони птахів; ред. О. Ю. Микитюк. Київ: СофтАРТ, 1999. 324 с.
25. Ramsar: The Convention on Wetlands. Ukraine. URL: <https://www.ramsar.org/country-profile/ukraine>
26. Statsenko M. P., Parchuk G. V., Klestov M. L., Matveev S. R., Osypova M. O., Hymin M. V., Stoylovsky V. P., Kivganov D. A., Nedyna T. V., Stetsyuk A. V., Melnychuk A. A., Chumak E. V., Tananeva S. M., Popovich S. Yu., Dyachenko T. M., Gorun A. A., Andreevskaya E. L., Gevorkyan N. L. Wetlands of International Importance of Ukraine. Kyiv: Wetlands International – AEME, 2000. 48 p.
27. Stoylovsky V. P., Kivganov D. A. Breeding of Kentish Plovers and Little Ringed Plovers in the Lower Tiligul Liman. *Wader Study Group Bull.* 1992. № 65. P. 24–25.
28. Zharikov Y. Dunlin *Calidris alpina* migration across Tiligul Liman, Ukraine. *Wader Study Group Bull.* 1995. № 76. P. 33–36.

В. П. Стойловський, Д. А. Ківганов

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра зоології, гідробіології та загальної екології, вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна, stoylovsky@onu.edu.ua

ВИДОВИЙ СКЛАД І ЧИСЕЛЬНІСТЬ ПТАХІВ ПОНИЗЗЯ ТИЛИГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ НАВЕСНІ 2019–2023 РОКІВ

Резюме

Мета наукової роботи: оцінка динамічних характеристик гідрофільних птахів у весняний період 2019–2023 років.

Методи. На відкритій місцевості облік птахів проводився з автомобіля з численними зупинками для огляду територій та акваторій за допомогою біноклів

10×, 12× та телескопа 30–60×. Спостереження проводились у пішому режимі на ділянках з деревно-чагарниковою рослинністю та вздовж невеликих водоемів. Облік видів проводився як за візуальними спостереженнями, так і за звуками птахів.

Основні результати. Зареєстровано 99 видів птахів 13 рядів. Домінували представники рядів Гусеподібні, Журавлеподібні, Сивкоподібні та Горобцеподібні.

Висновки. У відносно малозмінених природних комплексах та на прилеглих територіях і акваторіях області останніми роками спостерігається відносна стабільність видового різноманіття птахів та їх кількісних характеристик. Динаміка чисельності, яка спостерігається в деяких екологічних групах птахів, не виходить за межі нормальних коливань, які їм властиві природно. Ознаки збільшення чисельності деяких видів в межах досліджуваного регіону в останні роки можна пов'язувати з підвищенням рівня небезпеки у східній частині Азово-Чорноморського регіону у зв'язку з військовими подіями.

Ключові слова: птахи, видовий склад, чисельність, весняний період, моніторинг, пониззя Тилігульського лиману.

V. P. Stoilovskyi, D. A. Kivganov

Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Zoology,
Hydrobiology and General Ecology, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine,
stoylovsky@onu.edu.ua

SPECIES STRUCTURE AND NUMBER OF BIRDS OF THE LOWER TYLIGUL ESTUARY IN THE SPRING OF 2019–2023

Summary

The aim of the work is to assess the dynamic characteristics of hydrophilic birds in the spring period of 2019–2023.

Methods. In the open area, bird counts were carried out from a car with numerous stops to inspect territories and water areas using 10×, 12× binoculars and a 30–60× telescope. Observations were conducted on foot in areas with tree-shrub vegetation and along small water bodies. Registration of species was carried out both by visual observations and by the sounds of birds.

Main results. 99 bird species of 13 orders were registered. Representatives of the orders Anseriformes, Gruiformes, Charadriiformes and Passeriformes dominated.

Conclusions. Within the relatively little-changed natural complexes and in the adjacent territories and water areas of the region, relative stability of species diversity of birds and their quantitative characteristics has been observed in recent years. The population dynamics observed in some ecological groups of birds do not go beyond the normal fluctuations that are naturally inherent to them. Signs of an increase in the number of some species within the studied region in recent years can be associated with an increase in the level of danger in the eastern part of the Azov-Black Sea region in connection with military events.

Key words: birds, species structure, number, spring period, monitoring, Lower Tyligul Estuary (Liman).

References

1. Atemasova, T. A. (2010). Ornitofauna yak strukturnyi element bioeotsenoziv pivnichnoho skhodu Ukrainy [Bird fauna as a structural element of biogeocenoses of northeastern Ukraine] (Abstract of Dis... kand. biol. nauk [Abstract of Candidate's thesis in biological sciences], 29 p.), Dnipropetrovsk [in Ukrainian].
2. Vitroelektrostantsiia Yuzhne Enerdzhi [Wind Farm Yuzhne Enerdzhi]. https://www.energo.ua/en/assets/wind_farm_yuzhne_enerdzhi
3. Gerzhik, I. P. (1996). Hidrofilnaya ornitofauna Tiligul'skoy peresypyi i perspektivy ee sohraneniya [Hydrophilic avifauna of the Tiligul'skaya spit and prospects for its conservation]. *Management and protection of the coasts of the North-Western Black Sea region: Materials of the international symposium*. Odesa. Pp. 76–77 [in Russian].
4. Gerzhik, I. P. (2003). Gnezhdovanie redkih golenastyykh ptits na Tiligul'skom limane. *Ptitsyi AzovoChernomorskogo regiona. Monitoring i ohrana [Birds of the Azov-Black Sea region. Monitoring and protection]*. Mykolaiv. Pp. 8–10 [in Russian].
5. Didukh, Ya. P., & Sheliakh-Sosonko, Yu. R. (2003). Heobotanichne raionuvannia Ukrainy ta sumizhnykh terytorii [Geobotanical regions of Ukraine and adjacent territories]. *Ukrainian botanical journal*. 60(1). Pp. 6–18 [in Ukrainian].
6. Siohin, V. D., Chernichko, I. I., Ardamatskaya, T. B. et al. (1988). *Kolonialnyie gidrofilnyie ptitsyi yuga Ukrainyi: Rzhankoobraznyie [Colonial hydrophilic birds of the south of Ukraine: Charadriiformes]*. Kyiv: Naukova dumka. 176 p. [in Russian].
7. Korzyukov, A. I. (1996). Fenologiya vesennego prileta ptits v Severo-zapadnoe Prichernomore (po materialam 1995–1996 gg.) [Phenology of spring migration of birds in the North-Western Black Sea region (based on materials from 1995–1996)]. *Ekosistemyi dikoy prirodyi [Wildlife ecosystems]*. Odesa. Pp. 24–27 [in Russian].
8. Korzyukov, A. I., Rusev, I. T., & Gerzhik, I. P. (1996). Poberezhze Severo-zapadnogo Prichernomor'ya kak migratsionnyy put ptits Evropy i Afriki [The coast of the North-Western Black Sea region as a migration route for birds of Europe and Africa.] *Management and protection of the coasts of the North-Western Black Sea region: Materials of the international symposium*. Odesa. Pp. 83–84 [in Russian].
9. Korzyukov, A. I., & Chernichko, I. I. (1977). Tiligul'skiy liman – mesto kontsentratsii vodoplavayuschih i okolovodnykh ptits [Tiligul'sky estuary is a place where waterfowl and near-water birds are concentrated]. *Fauna i biologiya guseobraznykh ptits [Fauna and biology of Anseriformes]*. Moscow: Nauka. Pp. 11–12 [in Russian].
10. Kuchynska, I. V. (2005). Ohliad deiakykh metodiv obliku hnizdovykh vodoplavnykh ta kolovodnykh ptakhiv [An overview of various methods for the formation of nesting waterfowl and near-water birds]. *Branta*. 8. Pp. 176–192 [in Ukrainian].
11. Nazarenko, L. F., & Amonskiy, L. A. (1986). *Vliyanie sinopticheskikh protsessov i pogody na migratsiyu ptits v Prichernomore [The influence of synoptic processes and weather on bird migration in the Black Sea region]*. Kyiv-Odesa: Vyscha shkola. 183 p. [in Russian].
12. Rudenko, L. H., & Paton, B. Ye. (Eds.). (2007). *Natsionalnyi atlas Ukrainy [National atlas of Ukraine]*. Kyiv: Kartohrafiia. 435 p. [in Ukrainian].
13. *Regional landscape park «Tilighul'skiy» (Mykolaiv region)*. <https://tiligul.com/en/>
14. *Emerald Network*. <https://emerald.eea.europa.eu/>
15. Stoylovskiy, V. P., Dyatlov, S. E., Kivganov, D. A., & Tille, A. A. (1995). Sovremennoe sostoyanie ornitokompleksov v yuzhnykh oblastyakh Ukrainyi [The current state of ornithological complexes in the southern regions of Ukraine] *Ekologicheskoe problemyi Odesskogo regiona i puti ih resheniya» [«Environmental problems of the Odessa region and ways to solve them»]: Materials of the scientific-practical conference*. Odesa. Pp. 362–364 [in Russian].
16. Stoylovskiy, V. P., & Kivganov, D. A. (1991). Gnezhdovanie ptits okolovodnogo kompleksa v nizove Tiligul'skogo limana [Nesting birds of the near-water complex in the lower Tylygul estuary]. *Materials of the 10th All-Union Ornithological Conference*. Minsk: Navuka i tehnika. 2(2). Pp. 231–232 [in Russian].
17. Stoylovskiy, V. P. (1981). Fenologiya proleta rechnoy krachki v nizovyah Tiligul'skogo limana [Phenology of Common tern flight in the lower Tylygul estuary]. *Ekologiya i ohrana ptits [Ecology and protection of birds]*. Chisinau: Shtiintsa. Pp. 214–215 [in Russian].
18. *Tylihul'skiy rehionalnyi landshaftnyi park (Odeska oblast) [Regional landscape park «Tilighul'skiy» (Odesa region)]*. <https://bit.ly/3yZsyE6>
19. Topchiiev, O. H., Kondratiuk, I. I., & Polosa, O. I. (2003). *Odeskiy rehion: pryroda, naseleattia, hospodarstvo [Odesa region: nature, population, economy]*. Odesa: Astroprint. 182 p. [in Ukrainian].

20. Fesenko, H. V., & Bokotei, A. A. (2007). *Anotovanyi spysok ukrainskykh nazv ptakhiv fauny Ukrainy (z kharakterystrykoiu statusu vydu)*. [An annotated list of Ukrainian names of birds of the fauna of Ukraine (with description of species status)]. Kyiv – Lviv. 112 p. [in Ukrainian].
21. Chernichko, I. I., Siohin, V. D. et al. (1993). *Inventarizatsiya i kadastryvye charakteristiki vodno-bolotnyih ugodiy yuga Ukrainyi* [Inventory and cadastral characteristics of wetlands in the south of Ukraine]. Melitopol: Branta. 93 p. [in Russian].
22. Chernichko, I. I., & Stoylovskiy, V. P. (1991). Organizatsiya respublikanskogo ornitologicheskogo sezonogo zakaznika «Tiligulskaya peresyip» [Organization of the Republican seasonal ornithological reserve «Tiligulskaya Peresyip»]. *Redkie ptitsyi Prichernomor'ya* [Rare birds of the Black Sea region]. Kyiv – Odesa: Lybid. Pp. 212–232 [in Russian].
23. Alexandrov B. G., Andrienko A. A., ... etc. (1998). *Black Sea Biological Diversity (Ukrainian National Report)*. New York: United Nations Publications. 351 p.
24. Mykytiuk O. Yu. (Ed.) (1999). *IBA terytorii Ukrainy: terytorii, vazhlyvi dlia zberezhennia vydovoho riznomanittia ta kilkisnoho bahatstva ptakhiv* [IBA territories of Ukraine: territories important for preserving the species diversity and richness of birds]. Kyiv: SoftART. 324 p. [in Ukrainian].
25. *Ramsar: The Convention on Wetlands. Ukraine*. <https://www.ramsar.org/country-profile/ukraine>
26. Statsenko, M. P., Parchuk, G. V., Klestov, M. L., Matveev, S. R., Osypova, M. O., Hymin, M. V., Stoylovsky, V. P., Kivganov, D. A., Nedyana, T. V., Stetsyuk, A. V., Melnychuk, A. A., Chumak, E. V., Tananeva, S. M., Popovich, S. Yu., Dyachenko, T. M., Gorun, A. A., Andreevskaya, E. L., & Gevorkyan, N. L. (2000). *Wetlands of International Importance of Ukraine*. Kyiv: Wetlands International – AEME. 48 p.
27. Stoylovsky, V. P., & Kivganov, D. A. (1992). Breeding of Kentish Plovers and Little Ringed Plovers in the Lower Tiligul Liman. *Wader Study Group Bull.* 1992. 65. Pp. 24–25.
28. Zharikov Y. (1995). Dunlin *Calidris alpina* migration across Tiligul Liman, Ukraine. *Wader Study Group Bull.* 76. Pp. 33–36.

МІКРОБІОЛОГІЯ І ВІРУСОЛОГІЯ



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309039](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309039)

УДК 579.6

В. І. Сачковська¹, магістр 2 року навчання

О. Ю. Зінченко¹, к.б.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0003-4338-3139>

Б. С. Жуков², головний аудитор систем управління якістю (ISO 19011, ISO 15189, ISO 17025) ВЦ ІП «СЖС Україна», <https://orcid.org/0009-0000-9860-2023>

С. С. Кравець³, фахівець з безпеки та адаптації до екстремальних умов; інструктор зі спортивного орієнтування та екстремального туризму

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

² ВЦ ІП «СЖС Україна», вул. Отамана Головатого 40/42, м. Одеса, Україна, 65003

³ Громадське Об'єднання «[KL] Survival» (м. Одеса)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛОРВМІСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПРОТИ КОЛІФОРМНИХ БАКТЕРІЙ

Вивчали ефективність семи засобів для знезараження води двох українських та п'яти закордонних виробників. Доведено, що усі досліджені засоби відповідають критеріям ВООЗ щодо забезпечення захисту від бактеріальних інфекцій. Вітчизняні препарати мають порівнювану з закордонними аналогами ефективність за низької собівартості знезараженої води та можливості отримувати її у великих об'ємах.

Ключові слова: вода, знезараження, *Escherichia coli*, Каховське водосховище, екологічна катастрофа.

Унаслідок руйнування греблі Каховської гідроелектростанції, що сталося в ніч 6 червня 2023 року в ході російського вторгнення в Україну, відбулося значне зростання ризиків погіршення санітарно-гігієнічного благополуччя населення та виникнення спалахів кишкових інфекцій. Цей випадок екоциду є одним з найбільш кричущих, але руйнування інфраструктури, пов'язані з воєнними діями, виникають постійно та створюють загрозу здоров'ю цивільного населення та військових. Недоступність централізованих джерел водопостачання або їхнє руйнування, в тому числі руйнування очисних споруд з подальшим потраплянням стічних вод у водойми та ґрунт, необхідність використання сільських колодязів, якість води в яких неможливо перевірити через ускладнений доступ працівників Держпродспоживслужби, можуть сприяти розповсюдженню збудників захворювань [22, 24, 27]. У звіті UNICEF за 2019 рік зазначено, що «під час затяжних конфліктів діти у віці до 15 років майже втричі частіше гинуть від захворювань, спричинених відсутністю безпечної питної води, санітарії та гігієни, ніж від прямого насильства» [9].

Одним з найпоширеніших збудників гострих кишкових інфекцій, що пов'язані з вживанням зараженої води, є кишкова паличка. *Escherichia coli*, яка продукує токсин Шига (Shiga-toxin producing *E. coli*, STEC), інфікує людей будь-якого віку, але до групи найбільшого ризику належать діти молодші 10 років. STEC інфекції мають середній інкубаційний період тривалістю три дні з діапазоном розбіжності від 1 до 10 днів. Захворювання супроводжується больовим синдромом, діареєю, іноді з домішками крові, та часто перебігає без стійкої лихоманки [18, 20].

Серед найсерйозніших наслідків захворювання STEC реєструють гемолітико-уремічний синдром (ГУС), що зазвичай виникає через 5–13 днів від початку лихоманки. Розвиток цього синдрому тісно корелює з віком та спостерігається у 15–20% дітей до 10 років з підтвердженою інфекцією *E. coli* O157 [10]. Цей синдром виявляє себе тріадою з неімуноопосередкованою гемолітичною анемією, тромбоцитопенією та гострого ураження нирок. Пошкодження клітин ендотелію нирок призводить до потрапляння до ниркового кровотоку патологічних мультимерів фактора фон Віллебранда, що, зв'язуючись з тромбоцитами, спричиняє локальне утворення тромбоцитарних агрегатів [19].

Окрім цього, для багатьох штамів *E. coli* характерна мультирезистентність до антибіотиків, що може стати додатковим тягарем для національної системи охорони здоров'я [21]. Кишкова паличка є одним з найбільш значущих резервуарів генів стійкості до антибіотиків у суспільстві, що є не тільки прямою загрозою для здоров'я людей, а й негативним фактором для харчової безпеки [7]. У зв'язку з цим заходи попередження захворюваності є одним з пріоритетних напрямків національного плану дій щодо боротьби зі стійкістю до протимікробних препаратів [5].

У військовий період різко загострюються ризики, що пов'язані з санітарно-гігієнічним благополуччям населення. Одним з прикладів є наслідки пошкодженнями об'єктів водної інфраструктури, що суттєво підвищує потребу в ефективних засобах знезараження питної води та води, що використовується у побутових цілях.

Серед найпоширеніших засобів знезараження води на ринку України є чотири активні речовини, зокрема: дихлорізоціанурат натрію, діоксид хлору та полігексаметиленгуанідин гідрохлорид.

Дихлорізоціанурат натрію (натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти) широко використовують в процедурах дезінфекції, в тому числі у лікарнях. Одна з основних переваг натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти полягає в тому, що вона є стабільним дезінфікуючим засобом, який вивільняє хлор протягом тривалого часу. Це дозволяє підтримувати постійну концентрацію хлору в системі водопостачання, що є важливим для ефективного усунення бактерій та інших забруднень [23, 26].

Діоксид хлору є безпечним і ефективним дезінфікуючим засобом навіть у низьких концентраціях від 20 до 30 мг/л. Крім того, ефективність діоксиду

хлору в основному не залежить від рН. Його можна ефективно використовувати для дезінфекції питної води без значної зміни її смакових якостей, а також для знищення патогенних мікроорганізмів, включаючи віруси, бактерії та грибки на поверхні овочів і фруктів [17, 25].

Полігексаметиленгуанідину гідрохлорид є катіонним полімером, який виявляє антимікробну активність і може усувати бактерії, віруси та інші мікроорганізми. Ця речовина належить до біоцидів родини гуанідинів з вираженою бактерицидною активністю [8].

Ці речовини можуть бути використані для знезараження води та мають активність проти бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів, однак вони можуть значно відрізнятися за формою препарату, країною походження та, відповідно, вартістю та доступністю для населення.

Мета роботи – оцінка активності семи доступних на ринку України комерційних засобів для знезараження води проти бактерій групи кишкової палички та порівняння ефективності вітчизняної продукції з препаратами закордонних виробників.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні використовували сім комерційних хімічних препаратів: два препарати українського виробництва, два препарати виробництва Франції та по одному препарату від виробників США, Ірландії та Великої Британії. Серед активних речовин було досліджено діоксид хлору, дихлорізоціанурат натрію та полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (табл. 1).

Таблиця 1

Комерційні засоби знезараження води, використані у дослідженні

№	Назва	Виробник	Активна речовина	Форма	Термін придатності
1	Aquamira Water Treatment	Aquamira Technologies, USA	Діоксид хлору	Розчин	05.2026
2	Aquaton-10 A-1	Укрводбезпека, Україна	ПГМГ*	Розчин	10.2027
3	JavelClade	Societe Nouvelle Clade, France	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	07.2027
4	Lifesystems Chlorine Tablets	Lifemarque, England	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	06.2027
5	Oasis Water Purification Tablets	Hydrachim, France	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	04.2027
6	Aquatabs Water Purification Tablets	Medentech, Ireland	Дихлорізоціанурат натрію	Таблетки	12.2027
7	Blanidas 300	Бланідас, Україна	Натрієва сіль дихлорізоціанурової кислоти	Таблетки	03.2026

* Полігексаметиленгуанідин гідрохлорид

Моделним об'єктом для дослідження слугував штам *Escherichia coli* ATCC 25922.

Первинне накопичення біомаси та біохімічне підтвердження [16] видової приналежності було проведено за допомогою глибинної інокуляції поживного середовища TBX (Tryptone Bile X-glucuronide, Merck) згідно з методикою ISO 4832:2006, ДСТУ ISO 4832:2015 [1, 12] та ISO 16649–2:2001, ДСТУ ISO 16649–2:2014 [6, 11]. Відповідно до рекомендацій цих стандартів після інокуляції поживного середовища проведено інкубацію при температурі 44 °С протягом 24 годин з наступним проведенням біохімічних тестів.

Накопичення біомаси *E. coli* здійснено за допомогою поверхневої інокуляції поживного середовища NA (Nutrient agar, Merck) згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] з наступною інкубацією при температурі 44 °С протягом 24 год. По завершенні інкубації біомасу змивали з поверхні поживного середовища за допомогою підігрітої до 37 °С пептонної води для формування гомогенної суспензії тест-культури.

Отриману суспензію клітин *E. coli* додавали до 1 л стерильної дистильованої води. Для визначення робочого титру тест-мікроорганізму готували десятикратні розведення за допомогою підігрітої до 37 °С пептонної води (PW, Merck) згідно з методикою ISO 6887–1:2017, ДСТУ ISO 6887–1:2003 [4, 14]. З отриманих розведень проводили поверхневу інокуляцію МПА згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] та інкубували при температурі 44 °С протягом 24 год з наступним підрахунком кількості колоній.

Розрахунок кінцевого титру здійснювали згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014, ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13], з врахуванням рекомендацій ISO 7218:2007 [15]:

$$X = \frac{\sum c}{V \times (n_1 + 0.1 \times n_2 + 0.01) \times d}$$

де:

- X – результат, КУО/см³;
- C – кількість колоній, що підраховано у окремій чашці Петрі;
- V – об'єм інокуляції поживного середовища;
- n₁ – кількість чашок Петрі, що містить колонії з першим розведенням, що враховується;
- n₂ – кількість чашок Петрі, що містить колонії з другим розведенням, що враховується;
- d – розрахунковий коефіцієнт, що відповідає першому розведенню, яке взято до розрахунку (у даному випадку дорівнює 0,001, оскільки розрахунок почато з розведення 10⁻³)

Паралельно залишок отриманої суспензії мікроорганізмів розподіляли на сім робочих аліквот об'ємом 100 см³. Необхідну кількість засобу знезараження води перераховували на робочий об'єм суспензії згідно з супровідною документацією, наданою виробником. Розрахункову кількість засобів знезараження надано у табл. 2.

Таблиця 2

Розрахункова кількість досліджуваних засобів знезараження на 100 см³ суспензії

№	Назва	Спосіб застосування за інструкцією	Вихідна вага/об'єм препарату	Розрахункова вага/об'єм на 100 см ³ води	Експозиція
1	Aquamira Water Treatment	7 крап. А + 7 крап. В / 1 л води	7 краплин – 0,320 мл	0,032 мл	15 хв
2	Aquaton-10 A-1	1 стік / 5–6 л води	1 стік – 3 мл	0,055 мл	60 хв
3	JavelClade	1 табл. / 37,5 л води	1 табл. – 3,550 г	0,009 г	30 хв
4	Lifesystems Chlorine Tablets	1–2 табл. / 1 л води	1 табл. – 2,850 г	0,021 г	30 хв
5	Oasis Water Purification Tablets	1 табл. / 10 л води	1 табл. – 0,140 г	0,014 г	30 хв
6	Aquatabs Water Purification Tablets	1 табл. / 4–5 л води	1 табл. – 0,055 г	0,001 г	30 хв
7	Blanidas 300	1 табл. / 10 л води	1 табл. – 2,850 г	0,029 г	5 хв

Розраховану кількість досліджуваних препаратів додавали до робочих аліквот суспензії тест-мікроорганізму. Кожен розчин ретельно перемішували та розміщували на експозицію при кімнатній температурі згідно з рекомендаціями виробника.

Для визначення ефективності засобів дезінфекції з кожної робочої суспензії готували ряд десятикратних розведень за допомогою підігрітої до 37 °С пептонної води згідно з методикою ISO 6887–1:2017, ДСТУ ISO 6887–1:2003 [4, 14], проводили поверхневу інокуляцію поживного середовища NA згідно з методикою ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022, ДСТУ EN ISO 4833–2:2014 та ДСТУ ISO 4833:2006 [2, 3, 13] та інкубували при температурі 44 °С впродовж 24 год з наступним підрахунком кількості колоній.

Для підтвердження відсутності колоній проводили додатковий змив з поверхні чашок, що містили зразок вихідного матеріалу без розведення підігрітою до 37 °С пептонною водою з наступним центрифугуванням змиву протягом 2 хв при 300 об/хв. Осад забарвлювали за методом Грама для виявлення клітин за допомогою мікроскопування.

Результати та їх обговорення

Згідно з результатами розрахунку, концентрація живих клітин, або колонієутворюючих одиниць (КУО) *E. coli* у воді, що підлягала дослідженню, складала 1239819 КУО/см³, або $1,2 \cdot 10^6$ клітин у 1 см³ рідини.

Результати підрахунку відображено у табл. 3.

Таблиця 3

Результати підрахунку титру живих клітин тест-мікроорганізму після зараження зразка води

Розведення		Вихідне	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
Кількість колоній	Репліка 1	>300	>300	>300	124	14
	Репліка 2	>300	>300	>300	118	18

У результаті дослідження було продемонстровано повну відсутність росту мікроорганізмів на поверхні МПА при використанні усіх засобів знезараження води.

За результатами мікроскопування осаду, отриманого за допомогою змиву з поверхні чашок з агаризованим середовищем, клітин мікроорганізмів виявлено не було.

Враховуючи Пуассонівський розподіл та мінливість меж довірчого інтервалу методу поверхневої інокуляції поживного середовища від $\pm 16\%$ до $\pm 52\%$ відповідно до кількості випробуваних колоній, неможливо достовірно стверджувати повну відсутність мікроорганізмів в досліджуваній робочій суспензії [2, 3, 13]. Тому вважаємо доречним вираження результатів як <10 КУО/см³ у відповідності до стандартизованого визначення методу.

Відповідно до Міжнародної схеми методів обробки побутової води, запропонованої ВООЗ, зменшення вмісту бактерій у воді після обробки на 4 порядки та більше дозволяє оцінити засіб як ефективний [27]. Початкова концентрація живих клітин у воді, яка була оброблена, складала $1,2 \cdot 10^6$ КУО/см³, а після обробки живих клітин не виявлено. Згідно з цим можна стверджувати, що усі досліджені засоби забезпечують ефективний захист від бактеріальних інфекцій, що передаються водним шляхом.

Отже, встановлено, що всі сім комерційних засобів дезінфекції води мають високу ефективність проти бактерій групи кишкової палички.

Результатами дослідження продемонстровано порівняну ефективність як вітчизняних комерційних хлорвмісних засобів знезараження води, так і препаратів закордонних виробників. Окрім цього продемонстровано однакову ефективність діоксиду хлору, дихлорізоціанурату натрію та полігексаметиленгуанідину гідрохлориду проти бактерій групи кишкової палички. Суттєвої відмінності між препаратами дихлорізоціанурату натрію та натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти різних виробників не виявлено.

На наступному етапі дослідження оцінювали зручність використання засобів для знезараження води на основі типу пакування, часу експозиції та ринкової ціни. Вартість 1 л очищеної води для кожного засобу розраховували, виходячи з середньої ціни відповідного продукту на ринку України.

Відповідно до даних табл. 4 найшвидшим засобом знезараження серед усіх досліджених є засіб українського виробництва Vlanidas 300, який також забезпечує низьку вартість отриманої знезараженої води та великий її обсяг (3000 л). Використання цього засобу дозволить забезпечити знезараженою водою великі групи людей, однак розмір та вага пакування (1 кг) робить незручним його використання у польових умовах. Вітчизняний препарат Aquaton-10 A-1 є зручнішим для транспортування при необхідності комплектації дорожніх наборів, однак вартість 1 л очищеної води є значно вищою. Серед засобів закордонного виробництва оптимальним за співвідношенням ціна/зручність пакування, а також за тривалістю обробки та об'ємом отриманої знезараженої води, є засіб JavelClade.

Таблиця 4

Порівняння економічної доцільності та зручності використання засобів для знезараження води різних виробників

Назва	Форма випуску	Мінімальна упаковка продукту	Об'єм очищеної води на одиницю	Експозиція, хв	Орієнтовна вартість 1 л очищеної води, грн
Aquaton-10 A-1 (Україна)	Саше з реагентом у картонній коробці	5 саше, Загальний об'єм засобу 15 мл	6 л/стік 30 л/упаковка	60	3,17
Vlanidas 300 (Україна)	Таблетки у пластиковій банці	300 таблеток, 1 кг	10 л/таблетка 3000 л/банка	5	0,11
Aquamira Water Treatment (USA)	Краплі у двох скляних флаконах з крапельницею	30·2 мл	165 л/флакон	15	5,80
JavelClade (France)	Таблетки в блістерах у картонній упаковці	20 таблеток	37,5 л/таблетка 750 л/упаковка	30	0,24
Oasis Water Purification Tablets (France)	Таблетки в блістерах	10 таблеток	10 л/таблетка 100 л/блістер	30	1,66
Lifesytems Chlorine Tablets (England)	Таблетки в картонній упаковці	30 таблеток	1 л/таблетка 30 л/упаковка	30	4,20
Aquatabs Water Purification Tablets (Ireland)	Таблетки в блістері	10 таблеток	5 л/таблетка 50 л/блістер	30	1,98

У підсумку, на українському ринку представлені ефективні засоби знезараження води як вітчизняного, так і закордонного виробництва, які практично не відрізняються за ефективністю. З метою отримання великих кількостей знезараженої води можна рекомендувати засіб Бланідас 300 українського виробництва. Однак споживання води, знезараженої за допомогою будь-якого з досліджених засобів, рекомендується розглядати лише як екстрений захід та не може бути тривалим через токсичність сполук хлору для організму людини.

Висновки

1. Після обробки сімома досліджуваними засобами для знезараження води спостерігалось зниження кількості живих бактерій *Escherichia coli* з вихідного титру $1,2 \cdot 10^6$ КУО/см³ до концентрації >10 КУО/см³. Зниження концентрації спостерігалось після використання концентрації діючої речовини та експозиції у параметрах, затверджених виробником.
2. Результати демонструють однакову ефективність діоксиду хлору, дихлорізоціанурату натрію та полігексаметиленгуанідин гідрохлориду проти бактерій групи кишкової палички.
3. Суттєвої відмінності між препаратами дихлорізоціанурату натрію та натрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти від різних виробників не виявлено.
4. Дослідження свідчить про порівняну ефективність як вітчизняних комерційних хлорвмісних засобів знезараження води, так і препаратів закордонних виробників, та відповідність критеріям ефективності ВООЗ.

Стаття надійшла до редакції 3.12.2023

Список використаної літератури

1. ДСТУ ISO 4832:2015 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку коліформ. Метод підрахунку колоній (ISO 4832:2006, IDT)
2. ДСТУ ISO 4833:2006 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Техніка підрахунку колоній за температури 30 °C (ISO 4833:2003, IDT).
3. ДСТУ ISO 4833:2006 Мікробіологія харчового ланцюга. Горизонтальний метод підрахунку мікроорганізмів. Частина 2. Підрахунок колоній за температури 30 °C методом поверхневого посіву по чашкам (EN ISO 4833-2:2013 + EN ISO 4833-2:2013/AC:2014, IDT)
4. ДСТУ ISO 6887-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Готування досліджуваних проб, вихідної суспензії та десятикратних розведень для мікробіологічного дослідження. Частина 1. Загальні правила готування вихідної суспензії та десятикратних розведень (ISO 6887-1:1999, IDT).
5. Кабінет міністрів України: Розпорядження від 6 березня 2019 р. № 116-р Про затвердження Національного плану дій щодо боротьби із стійкістю до протимікробних препаратів. Київ.
6. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахунку <бета>-глюкуронідаза-позитивних *Escherichia coli*. Частина 2. Техніка підрахунку колоній за температури 44 °C з використанням 5-бромо-4-хлоро-3-індоліл-β-D-глюкуроніду (ISO 16649-2:2001, IDT).
7. Arbab S., Hanif U., Weiwei W., Jiyu Z. Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health. *Veterinary Medicine and Science*. 2022. Vol. 8, Iss. 4. P. 1780–1786. DOI: 10.1002/vms3.825

8. Asiedu-Gyekye I., Abdulai S.M., Awortwe C., Kwadwo A. A Preliminary safety evaluation of polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *International Journal of Toxicology*. 2014. Vol. 33(6). P. 523–31. DOI: 10.1177/1091581814553036
9. Children living in protracted conflicts are three times more likely to die from water-related diseases than from violence. – URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/press-releases/children-living-protracted-conflicts-are-three-times-more-likely-die-water-related>.
10. Holtz L. R. Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: Clinical manifestations, diagnosis, and treatment (2023). – URL: <https://www.uptodate.com/contents/shiga-toxin-producing-escherichia-coli-clinical-manifestations-diagnosis-and-treatment>.
11. ISO 16649–2:2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* – Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.
12. ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique
13. ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique – Amendment 1: Clarification of scope.
14. ISO 6887–1:2017 Microbiology of the food chain. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions.
15. ISO 7218:2007 Amd 1:2013(E) – Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations.
16. Janezic K. J., Ferry B., Hendricks E. W., Janiga B. A., Johnson T., Murphy S. et al. Phenotypic and genotypic characterization of *Escherichia coli* isolated from untreated surface waters. *Open Microbiol J*. 2013. Vol. 7. P. 9–19. DOI: 10.2174/1874285801307010009
17. Jefri U. H. N. M., Khan A., Lim Y. C., Lee K. S., Liew K. B., Kassab Y. W. A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. *J Med Life*. 2022. Vol. 15(3). P. 313–318. DOI: 10.25122/jml-2021–0180
18. Lee J. B., Kim S. K., Yoon J. W. Pathophysiology of enteropathogenic *Escherichia coli* during a host infection. *J Vet Sci*. 2022. Vol. 23(2). P. e28. DOI: 10.4142/jvs.21160
19. Liu Y., Thaker H., Wang C., Xu Z., Dong M. Diagnosis and treatment for shiga toxin-producing *Escherichia coli*. Associated hemolytic uremic syndrome. *Toxins*. 2023. Vol. 15(1). P. 10. DOI: 10.3390/toxins15010010
20. Pakbin, B., Brück, W.M., Rossen, J.W.A. Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *Int. J. Mol. Sci*. 2021. Vol. 22. P. 9922. DOI: 10.3390/ijms22189922
21. Pormohammad A., Nasiri M. J., Azimi T. Prevalence of antibiotic resistance in *Escherichia coli* strains simultaneously isolated from humans, animals, food, and the environment: a systematic review and meta-analysis *Infection and Drug Resistance*. 2019. Vol. 12. P. 1181–1197. DOI: 10.2147/IDR.S201324
22. Schillinger J., Özerol G., Güven-Griemert Ş., Heldewe M. Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs. Water*. 2020. Vol. 7(6). P. e1480. DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>
23. Sharafi K., Fazlzadeh M., Pirsahab M., Moradi M., Azari A., Sharafi H. et al. Wastewater disinfection using sodium dichloroisocyanate (NaDCC) and sodium hypochlorite (NaOCL): Modeling, optimization and comparative analysis. *Desalination and Water Treatment*. 2017. Vol. 66. P. 221–228. DOI:10.5004/dwt.2017.20227
24. Shumilova O., Tockner K., Sukhodolov A., Khilchevskiy V., De Meester L., Stepanenko S. et al. Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature sustainability*. 2022. Vol. 6. P. 578–586. DOI:10.1038/s41893–023–01068-x
25. Totaro M., Badalucco F., Costa A. L., Tuvo B., Casini B., Privitera G. et al. Effectiveness of disinfection with chlorine dioxide on respiratory transmitted, enteric, and bloodborne viruses: a narrative synthesis. *Pathogens*. 2021. Vol. 10(8). P. 1017. DOI: 10.3390/pathogens10081017
26. Wahman, D. G. Chlorinated cyanurates: review of water chemistry and associated drinking water implications. *J Am Water Works Assoc*. 2018. Vol. 110(9). P. E1–E15. DOI: 10.1002/awwa.1086
27. World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine. (2022). – URL: <https://euneighbourseast.eu/news/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>
28. International scheme to evaluate household water treatment technologies. – URL: <https://www.who.int/tools/international-scheme-to-evaluate-household-water-treatment-technologies>

В. І. Сачковська¹, О. Ю. Зінченко¹, Б. С. Жуков², С. С. Кравець³

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

² ВЦ ПП «СЖС Україна», вул. Отамана Головатого 40/42, м. Одеса, Україна, 65003

³ Громадське Об'єднання «[KL] Survival» (м. Одеса)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХЛОРВМІСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПРОТИ КОЛІФОРМНИХ БАКТЕРІЙ

Резюме

Проблема. Відомо, що вода є одним із основних чинників передачі кишкових інфекцій. Під час воєнних конфліктів ризик виникнення спалахів таких інфекцій підвищується внаслідок руйнування інфраструктури, недоступності джерел централізованого водопостачання, неможливості здійснення контролю якості питної води з боку державних наглядових органів. У такій ситуації виникає необхідність застосування засобів знезараження води для побутових потреб.

Мета. Оцінка активності семи доступних на ринку України комерційних засобів для знезараження проти бактерій групи кишкової палички та порівняння ефективності вітчизняної продукції з препаратами закордонних виробників.

Методика. Методом серійних розведень з наступним підрахунком колоній визначали активність семи засобів знезараження води вітчизняного та закордонного виробництва щодо тест-організму *Escherichia coli* ATCC25922.

Основні результати. Встановлена висока ефективність досліджуваних препаратів проти бактерій групи кишкової палички. У випадку випробування кожного препарату спостерігалось зниження кількості живих *Escherichia coli* з вихідного титру $1,2 \cdot 10^6$ КУО/см³ до концентрації < 10 КУО/см³ після часу експозиції, затвердженого виробником.

Висновки. Досліджені засоби для знезараження води вітчизняного та закордонного виробництва незалежно від природи діючої речовини (діоксид хлору, дихлорізоціанурат натрію, полігексаметиленгуанідин гідрохлорид) є активними проти бактерій групи кишкової палички та відповідають критеріям ефективності ВООЗ.

Ключові слова: вода, знезараження, *Escherichia coli*, Каховське водосховище, екологічна катастрофа.

V.I. Sachkovska¹, O. Yu. Zinchenko¹, B.S. Zhukov², S.S. Kravets³

¹ Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Microbiology, Virology and Biotechnology, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

² TC FE "SGS Ukraine", Otamana Holovatoho str., 40/42. Odesa, Ukraine, 65003

³ Public Association «[KL] Survival» (Odesa)

EVALUATION OF THE EFFICACY OF CHLORINE-CONTAINING COMMERCIAL PRODUCTS FOR WATER DECONTAMINATION AGAINST COLIFORM BACTERIA

Summary

Problem. Water is a key factor in the transmission of intestinal infections. During war conflicts, the risk of outbreaks of such infections increases due to infrastructure damage, the inaccessibility of central water supplies, and the impossibility of governmental institutions to control drinking water quality. In such situations, the need arises for household water treatment methods.

Aim. To evaluate the efficacy of seven commercial water treatment products available in the Ukrainian market against enteric bacteria and to compare their efficacy.

Methods. The activity of water purification products against the model microorganism *Escherichia coli* ATCC25922 was evaluated using serial dilution methods followed by viable count assessment.

The main results: High efficacy of the studied preparations against enteric bacteria was detected. In each test, a significant decrease in the initial titer of *Escherichia coli* from $1,2 \cdot 10^6$ CFU/cm³ to < 10 CFU/cm³ was observed after the exposure time declared by the manufacturer.

Conclusions: The studied water treatment products from Ukrainian and foreign manufacturers were effective against enteric bacteria and met the WHO criteria for efficiency, regardless of the nature of the active compound (chlorine dioxide, sodium dichloroisocyanurate, or polyhexamethylene guanidine hydrochloride).

Keywords: water, disinfection, *Escherichia coli*, Kakhov reservoir, ecological disaster.

References

1. DSTU ISO 4832:2015 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv ta kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhuvannia koliform. Metod pidrakhuvannia kolonii (ISO 4832:2006, IDT)
2. DSTU ISO 4833:2006 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv i kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhunku mikroorhanizmv. Tekhnika pidrakhuvannia kolonii za temperatury 30 °C (ISO 4833:2003, IDT).
3. DSTU ISO 4833:2006 Mikrobiolohiia kharchovoho lantsiuha. Horyzontalni metod pidrakhunku mikroorhanizmv. Chastyna 2. Pidrakhunok kolonii za temperatury 30 °C metodom poverkhnevoho posivu po chashkam (EN ISO 4833-2:2013 + EN ISO 4833-2:2013/AC:2014, IDT)
4. DSTU ISO 6887-1:2003 Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv ta kormiv dlia tvaryn. Hotuvannia doslidzhuvanykh prob, vykhidnoi suspenszii ta desiatykratnykh rozveden dlia mikrobiolohichnoho doslidzhuvannia. Chastyna 1. Zahalni pravyla hotuvannia vykhidnoi suspenszii ta desiatykratnykh rozveden (ISO 6887-1:1999, IDT).
5. Kabinet ministriv Ukrainy: Rozporiadzhennia vid 6 bereznia 2019 r. № 116-r Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu dii shchodo borotby iz stiikistiu do protymikrobnykh preparativ. Kyiv.
6. Mikrobiolohiia kharchovykh produktiv i kormiv dlia tvaryn. Horyzontalni metod pidrakhuvannia <beta>-hliukuronidaza-pozytyvnykh *Escherichia coli*. Chastyna 2. Tekhnika pidrakhuvannia kolonii za temperatury 44 °S z vykorystanniam 5-bromo-4-khloro-3-indolil-β-D-hliukuronidu (ISO 16649-2:2001, IDT).

7. Arbab, S., Hanif, U., Weiwei, W., Jiyu, Z. (2022). Antimicrobial drug resistance against *Escherichia coli* and its harmful effect on animal health. *Veterinary Medicine and Science*, 8(4), 1780–1786. <https://doi.org/10.1002/vms3.825>
8. Asiedu-Gyekye, I., Abdulai, S. M., Awortwe, C., Kwadwo, A. (2014). A Preliminary safety evaluation of polyhexamethylene guanidine hydrochloride. *International Journal of Toxicology*, 33(6), 523–531. <https://doi.org/10.1177/10915818145530>
9. Holtz, L. R. (2023). Shiga toxin-producing *Escherichia coli*: Clinical manifestations, diagnosis, and treatment. *UpToDate*. Retrieved July 06, 2023 from <https://www.uptodate.com/contents/shiga-toxin-producing-escherichia-coli-clinical-manifestations-diagnosis-and-treatment>.
10. Sorokopud, N. *Children living in protracted conflicts are three times more likely to die from water-related diseases than from violence* (2019, March 22). UNICEF. Retrieved July 08 from: <https://www.unicef.org/ukraine/en/press-releases/children-living-protracted-conflicts-are-three-times-more-likely-die-water-related>.
11. ISO 16649–2:2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli* – Part 2: Colony-count technique at 44 degrees C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl beta-D-glucuronide.
12. ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – Colony-count technique
13. ISO 4833–2:2013/Amd 1:2022 Microbiology of the food chain – Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique – Amendment 1: Clarification of scope.
14. ISO 6887–1:2017 Microbiology of the food chain. Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination. Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions.
15. ISO 7218:2007 Amd 1:2013(E) – Microbiology of food and animal feeding stuffs – General requirements and guidance for microbiological examinations.
16. Janezic, K. J., Ferry, B., Hendricks, E. W., Janiga, B. A., Johnson, T., Murphy, S. et al. (2013). Phenotypic and genotypic characterization of *Escherichia coli* isolated from untreated surface waters. *Open Microbiol J*, 7, 9–19. <https://doi.org/10.2174/1874285801307010009>
17. Jefri, U. H. N. M., Khan, A., Lim, Y. C., Lee, K. S., Liew, K. B., Kassab, Y. W. (2022). A systematic review on chlorine dioxide as a disinfectant. *J Med Life*, 15(3), 313–318. <https://doi.org/10.25122/jml-2021-0180>
18. Lee, J. B., Kim, S. K., Yoon, J. W. (2022). Pathophysiology of enteropathogenic *Escherichia coli* during a host infection. *J Vet Sci*, 23(2), e28. <https://doi.org/10.4142/jvs.21160>
19. Liu, Y., Thaker, H., Wang, C., Xu, Z., Dong, M. (2023). Diagnosis and treatment for shiga toxin-producing *Escherichia coli*. Associated hemolytic uremic syndrome. *Toxins*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.3390/toxins15010010>
20. Pakbin, B., Brück, W.M., Rossen, J.W.A. (2021). Virulence factors of enteric pathogenic *Escherichia coli*: A Review. *Int. J. Mol. Sci*, 22, 9922. <https://doi.org/10.3390/ijms22189922>
21. Pormohammad, A., Nasiri, M. J., Azimi, T. (2019). Prevalence of antibiotic resistance in *Escherichia coli* strains simultaneously isolated from humans, animals, food, and the environment: a systematic review and meta-analysis *Infection and Drug Resistance*, 12, 1181–1197. <https://doi.org/10.2147/IDR.S201324>
22. Schillinger, J., Özerol, G., Güven-Griemert, Ş., Heldewe, M. (2020). Water in war: Understanding the impacts of armed conflict on water resources and their management. *WIREs. Water*, 7(6), e1480. <https://doi.org/10.1002/wat2.1480>
23. Sharafi, K., Fazlzadeh, M., Pirsaeheb, M., Moradi, M., Azari, A., Sharafi, H. et al. (2017). Wastewater disinfection using sodium dichloroisocyanate (NaDCC) and sodium hypochlorite (NaOCL): Modeling, optimization and comparative analysis. *Desalination and Water Treatment*, 66, 221–228. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.20227>
24. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S. et al. (2022). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature sustainability*, 6, 578–586. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
25. Totaro, M., Badalucco, F., Costa, A. L., Tuvo, B., Casini, B., Privitera, G. et al. (2021). Effectiveness of disinfection with chlorine dioxide on respiratory transmitted, enteric, and bloodborne viruses: a narrative synthesis. *Pathogens*, 10(8), 1017. <https://doi.org/10.3390/pathogens10081017>
26. Wahman, D. G. (2018). Chlorinated cyanurates: review of water chemistry and associated drinking water implications. *J Am Water Works Assoc*, 2018, 110(9), P. E1–E15. <https://doi.org/10.1002/awwa.1086>
27. EU4Environment (2022, March). *World Water Day: water in times of war – the case of Ukraine*. EU Neighbourseast. <https://euneighbourseast.eu/news/publications/world-water-day-water-in-times-of-war-the-case-of-ukraine/>
28. World Health Organization. *International scheme to evaluate household water treatment technologies*. WHO. <https://www.who.int/tools/international-scheme-to-evaluate-household-water-treatment-technologies>

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309040](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309040)

УДК: 577.322:615.9:632.95.024:547.972.3:615.256.51

Акішева А. С., аспірант; <https://orcid.org/0000-0002-0897-1253>

Сідлецький О. С., аспірант; <https://orcid.org/0000-0001-8834-8914>

Молодан Ю. О., аспірант; <https://orcid.org/0000-0002-2594-8274>

Макаренко О. А., д.б.н, с.н.с.; <https://orcid.org/0000-0001-8029-4392>

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова; кафедра фізіології, здоров'я і безпеки людини та природничої освіти; Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: abcd35133@gmail.com

ПРОГНОЗУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВЗАЄМОДІЇ КВЕРЦЕТИНУ, α -ЦИПЕРМЕТРИНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ З α -РЕЦЕПТОРОМ ЕСТРОГЕНУ (ДОСЛІДЖЕННЯ *IN SILICO*)

Проведено докінг-аналіз кверцетину, α -циперметрину та його метаболітів 3-РВА та DCCA з ліганд-зв'язуючими доменами α -рецептору естрогену. Також досліджена лікоподібність кверцетину. Встановлено, що всі досліджувані сполуки мали афінність до рецептору естрогену. За допомогою програмного забезпечення *AutoDock* та *AutoDockVina* з'ясована здатність α -циперметрину та його метаболітів проявляти агоністичну дію по відношенню до α -рецептору естрогену, в той час, як за оцінкою *Schrödinger Maestro Glide* вони є антагоністами даного рецептору. Кверцетин виступає агоністом α -рецептору естрогену. Застосування кверцетину проти ендокринних порушень, викликаних α -циперметрином, є доцільним через лікоподібні характеристики флавоноїду.

Ключові слова: молекулярний докінг; α -рецептор естрогену; кверцетин; α -циперметрин; 3-РВА, DCCA, деструктори ендокринної системи.

В останні роки значна увага приділяється деструкторам ендокринної системи, до яких відносяться діоксини, бісфенол А, пестициди (насамперед інсектициди), фталати. Ендокринні деструктори здатні проявляти гормоноподібну активність, взаємодіючи з рецепторами як агоністи та антагоністи. Втручання зазначених сполук у процеси гормональної регуляції призводить до патологічних змін у ендокринній системі та організмі в цілому [20, 10].

Інсектицидні пестициди діляться на декілька класів: фосфоорганічні, хлорорганічні, карбаматні та піретроїдні. Перші три класи є дуже небезпечними для нецільових видів, що окрім ендокринної токсичності виражається у важких порушеннях з боку нервової системи [30].

Піретроїдні інсектициди (піретроїди) – сімейство інсектицидів, які представляють собою ефіри хризантемової кислоти та є синтетичними аналогами рослинних піретринів. Дані сполуки широко використовуються в сільському господарстві, оскільки мають низьку токсичність для ссавців і відносно низьку стійкість у навколишньому середовищі порівняно з іншими інсектицидами [30].

Хоча піретроїди є безпечними в порівнянні з інсектицидами інших класів, деякі дослідження вказують, що вони можуть спричинити низку проблем зі здоров'ям: розвиток онкологічних хвороб, патології репродуктивної системи у чоловіків та жінок, порушення внутрішньоутробного розвитку, захворювання нервової та серцево-судинної систем [39].

Серед піретроїдних інсектицидів одним з найбільш поширених є циперметрин та його стереоізомери, які широко використовуються для боротьби зі шкідниками в сільському господарстві та охороні здоров'я. Циперметрин може потрапити у повітря, ґрунт та водне середовище та передаватись харчовим ланцюгом, що створює ризики для накопичення в організмі людини [40].

У більшості тварин циперметрин метаболізується до 3-(2,2-дихлоретеніл)-2,2-диметилциклопропанкарбонової кислоти (DCCA) і 3-феноксibenзойної кислоти (3-PBA). Ці метаболіти часто виявляли у людей в зразках сечі та грудному молоці. Їх концентрація сильно корелює з ризиком передчасної недостатності яєчників [9, 18].

Сучасні дослідження демонструють, що циперметрин завдає великої шкоди здоров'ю та ендокринній функції статевих залоз, через зв'язування з рецепторами естрогену. Однак мало що відомо про вплив його стереоізомеру – α -циперметрину – на стан репродуктивної системи в осіб жіночої статі [34, 40].

Молекулярний докінг є одним із популярних прийомів, який зазвичай використовується для прогнозування положення ліганду та прогнозування афінності зв'язування ліганду [21].

Рецептори естрогенів (ER) належать до суперродини ядерних рецепторів стероїдних гормонів. Стероїдні рецептори діють як ліганд-залежні фактори транскрипції, і їх активність пов'язана з клітинним циклом. Існують два класи ядерних рецепторів естрогену: α (ER α) та β (ER β) [16, 32].

Обидва класи ER відіграють важливу роль у фізіологічних процесах, а ER α особливо важливий у функціонуванні нервової, скелетної, серцево-судинної та репродуктивної тканин. У лабораторних тварин з нокаутованим геном ER α (ESR1), порушується розвиток та функція цих тканин. Процеси остеогенезу та інгібування резорбції кісток естрадіолом здійснюються також ER α -залежним шляхом, що має значення у розвитку остеопорозу при менопаузі, як фізіологічній, так і передчасній. Зв'язування ксеноестрогенів та селективних модуляторів естрогенових рецепторів (SERM) з ER α викликає зміну естрогенної регуляції фізіологічних функцій [3, 17, 21, 28, 37, 23].

Таким чином, існує підвищений ризик розвитку патологічних наслідків інтоксикації піретроїдами з боку фізіологічних систем, функціонування яких залежить від ендокринної функції гонад. Враховуючи це, доцільним є пошук засобів профілактики ускладнень гонадотоксичної дії піретроїдів. Варто відмітити, що токсичність піретроїдів зумовлена не тільки гормоноподібністю даних сполук, але і тим, що в наслідок їх метаболічних перетворень генерується

велика кількість активних форм кисню, що створює умови для інтенсифікації процесів перекисного окиснення ліпідів.

На нашу думку, ефективним засобом захисту функції яєчників при інтоксикації піретроїдами можуть виступити біофлавоноїди – сполуки, які синтезуються виключно у рослинах. Деякі біофлавоноїди мають здатність зв'язуватися з ER і стимулювати естроген-залежну транскрипцію. Так, кристалографічні дослідження показують, що 4-гідроксильна група в кільці В ізофлавонів опосередковує зв'язування з ER [28].

Як потенційний засіб профілактики ендокринних порушень внаслідок інтоксикації піретроїдами нашу увагу привернув біофлавоноїд кверцетин з потужними антиоксидантними властивостями. Кверцетин демонструє різноманітний спектр біологічних ефектів, включаючи естрогеноподібну дію, завдяки чому він здатний регулювати ряд фізіологічних процесів в умовах дефіциту естрогенів різної етіології [36].

Мета дослідження: Дослідження *in silico* механізмів зв'язування кверцетину, α -циперметрину та його похідних з α -рецептором естрогену, особливостей фармакокінетики та профілю токсичності цих сполук.

Матеріали та методи досліджень

Процедуру молекулярного докінгу проведено з використанням кристалічних структур ліганд-зв'язуючого домену (ЛЗД) ER α : 3ERT (в комплексі з 4-гідрокситамоксифеном (ОНТ), який є активним метаболітом тамоксифену – препарату з антиестрогенною дією), 1GWR, 1ERE (в комплексі з естрадіолом, який є ендogenous агоністом) та 1ERR (в комплексі з ралоксифеном – препаратом, який має виражений агоністичний вплив на ER α та використовується при лікуванні менопаузального остеопорозу) з бази даних біологічних макромолекул PDB (<http://www.rcsb.org/>).

Під час проведення дослідження було проведено докінг кверцетину, α -циперметрину та його похідних (DCCA, 3-феноксibenзойна кислота). Розташування референтного ліганду використовували для визначення автоматичного виявлення сайту зв'язування. Використовувались три різних пакети програмного забезпечення для докінгу: Schrödinger Maestro –2023–2 Glide (trial license), AutoDock 4.2.6 (<https://autodock.scripps.edu/download-autodock4/>) та AutoDock Vina-1.2.5 (<http://vina.scripps.edu>).

AutoDock 4.2.6 та AutoDockVina-1.2.5. Структури лігандів (кверцетин, α -циперметрин, DCCA, 3-РВА, референтні ліганди) подано у форматі *.pdb та оптимізовано за значенням внутрішньої енергії в програмі Avogadro (v 1.2.0) і полі молекулярних сил Merck – алгоритм (MMFF94), протонування при фізіологічному значенні рН 7,4. Молекулярний докінг за допомогою програми AutoDock 4.2.6 проводився з використанням реалізованої емпіричної функції

вільної енергії та генетичного алгоритму Ламарка (LGA) для зв'язування лігандів білків [22].

Schrödinger Maestro Glide. Модуль LigPrep у наборі Schrödinger використовувався для підготовки лігандів перед докінгом, де вони були оптимізовані за допомогою алгоритму силового поля OPLS2005, діапазон рН для генерації таутомерів та протонних станів складав 7,4. Білок був змодельований за допомогою Protein Preparation of Schrödinger Suite; щоб підготувати структуру білка, були додані атоми водню та оптимізовані водневі зв'язки, рН 7,4. Якість геометричних контактів та їх енергію використовували для розрахунку взаємодії між білковими та лігандними комплексами. Така формула була використана для ранжування лігандів на основі їх G-показників: $G\text{-показник} = (0,05 * vdW) + (0,15 * Coul) + Lipo + Hbond + Metal + Rewards + RotB + Site (1)$; де vdW – енергія Ван-дер-Ваальса, $Coul$ представляє кулонівську енергію, термін $Lipo$ пояснює ліпофільність, $Rewards$ описує сприятливі гідрофобні взаємодії, $Hbond$ – це показник, що відображає водневий зв'язок, $Metal$ надає інформацію про зв'язування металу, інформує про негативний вплив, пов'язаний із заморожуванням обертових зв'язків, а $Site$ визначає полярні взаємодії в активному центрі.

Оцінку якості результатів молекулярного докінгу, виявлення наявності стеричних перекриттів атомів лігандів з рецептором виконували за допомогою програмного забезпечення UCSF Chimera 1.17.3 [25]

In silico прогнозування фармакокінетичних властивостей та профіль токсичності досліджуваних сполук. Для *in silico* дослідження фармакокінетичних властивостей та токсичності кверцетину та α -циперметрину були використані платформи для швидкого аналізу кількох фармакокінетичних властивостей рkCSM, онлайн сервер admetSAR та SwissADME із налаштуваннями за замовчуванням шляхом подання хімічних структур у форматі SMILE [26, 6].

Результати дослідження та їх обговорення

Першим етапом докінгу було отримання цільової структури естрогенового рецептору з Protein Data Bank (PDB), що містить 3D атомні координати [2].

Розташування сайту зв'язування визначалося за координатами референтного ліганду з використанням grid box MGL Tool (версія 1.5.7) та Schrödinger Suite. Ліганди були отримані з бази даних малих молекул PubChem [14].

Кожна програма докінгу використовує різні протоколи призначення заряду атомів ліганду. AutoDock використовує атомні заряди Гаштайгера-Марсілі, тоді як AutoDock Vina не потребує призначення атомних зарядів [38,8].

Було проведено протонування білкових молекул, а файли PDB рецепторів і лігандів були перетворені у формат PDBQT. Для AutoDock 4.2.6 встановлені параметри генетичного алгоритму: 80 циклів, популяції – 300, інші залишилися за замовчуванням. Розрахунки за допомогою Auto Dock Vina проводилися з 9 режимами зв'язування (number of binding modes), вичерпністю пошуку –

8 (exhaustiveness of search) і максимальною різницею в енергії – 3 (maximum energy difference). Функція оцінки в Auto Dock Vina використовується для оцінки передбачуваної спорідненості зв'язування між лігандом і його рецептором, оцінюючи силу зв'язувальної взаємодії між двома молекулами. На функцію підрахунку балів впливають як конформаційно-залежні фактори (внутрішньо-та міжмолекулярні внески, стерична, гідрофобна взаємодія та взаємодії водневих зв'язків), так і конформаційно-незалежні фактори (поворотні зв'язки, присутні в лігандах) [33, 38].

Згідно з функцією оцінки AutoDock, AutoDockVina та Schrödinger Maestro Glide, найнижчі енергетичні конформери макромолекулярних комплексів були обрані як найбільш стабільні конформації. Далі було проведено перевірку якості результатів молекулярного докінгу шляхом визначення наявності стеричних перекриттів атомів лігандів з рецептором. Були проаналізовані молекулярні механізми зв'язування досліджуваних лігандів та ліганд-зв'язуючого домену (ЛЗД) ER α , визначені молекулярні групи лігандів, які беруть участь у взаємодії з амінокислотними залишками білка.

Результати проведеного дослідження показали, що найнижчі енергії зв'язування з ER α мають референтні сполуки: естрадіол (1GWR, 1ERE), ралоксифен (1ERR), 4-гідрокситамоксифен (3ERT) (табл. 1).

Серед досліджуваних сполук саме α -циперметрин демонструє найнижчу прогнозовану AutoDock енергію зв'язування з 1ERE (–10,4 ккал/моль), 1GWR (–10,0 ккал/моль) та 1ERR (–9,7 ккал/моль) що відображає стабільний ліганд-рецепторний комплекс та міцне зв'язування. Ці результати дозволяють припустити можливість агоністичної дії даного інсектициду. Водночас, як AutoDock, так і Vina передбачають, що α -циперметрин має доволі сильну енергію зв'язування з 3ERT (ЛЗД рецептору естрогену в комплексі з антагоністом): –9,6 ккал/моль та –7,9 ккал/моль відповідно.

Кверцетин має найменші прогнозовані енергії зв'язування з 1ERR (–8,7 ккал/моль – AutoDock та –9,4 ккал/моль – Vina), що може свідчити про його агоністичний ефект, оскільки 1ERR – ЛЗД ER α людини в комплексі з ралоксифеном. Окрім того, найвищі прогнозовані AutoDock значення для кверцетину спостерігаються при зв'язуванні з 3ERT, що підтверджує низький антагоністичний вплив кверцетину на ER α . Хоча варто відмітити, що Vina передбачає однакоvu енергію зв'язування для кверцетину та α -циперметрину з 3ERT (табл. 1).

Стосовно зв'язування з 1GWR та 1ERE Vina також передбачає, що кверцетин та α -циперметрин демонструють майже однакоvu енергію зв'язування, приблизно 8 ккал/моль (табл. 1).

ER складаються з N-кінцевого домену, центрального домену зв'язування ДНК, C-кінцевого ліганд зв'язуючого домену (ЛЗД) і двох окремих, конформаційно активних ділянок, позначених як активаційна функція 1 (AF-1) та акти-

Таблиця 1

Результати докінгу кверцетину, α -циперметрину та його похідних (DCCA і 3-PBA) з ліганд-зв'язуючими доменами ER α з використанням програмного забезпечення AutoDock 4 та AutoDockVina

	Кверцетин	α -циперметрин	DCCA	3-PBA	Референтні ліганди
Прогнозована енергія зв'язування, ккал/моль					
3ERT Auto Dock	-7,6	-9,6	-5,2	-5,8	4-гідрокси- тамоксифен -11,1
3ERT Vina	-7,9	-7,9	-6,1	-7,5	4-гідрокси- тамоксифен -9,8
1GWR Auto Dock	-7,9	-10,0	-5,3	-6,2	Естрадіол -9,6
1GWR Vina	-8,1	-8,0	-6,0	-7,9	Естрадіол -11,2
1ERE Auto Dock	-8,3	-10,4	-4,8	-6,2	Естрадіол -9,7
1ERE Vina	-7,5	-8,0	-6,0	-8,0	Естрадіол -11,0
1ERR Auto Dock	-8,7	-9,7	-4,8	-5,9	Ралоксифен -12,6
1ERR Vina	-9,4	-9	-5,5	-7,5	Ралоксифен -9,6

Примітка: DCCA – 3-(2,2-дихлоретеніл)-2,2-диметилциклопропанкарбонова кислота, 3-PBA – 3-феноксibenзойна кислота, 3ERT – кристалічна структура ліганд-зв'язуючого домену (ЛЗД) ER α людини в комплексі з 4-гідрокситамоксифеном, 1GWR та 1ERE – кристалічні структури ЛЗД ER α людини в комплексі з естрадіолом, 1ERR – ЛЗД ER α людини в комплексі з ралоксифеном.

ваційна функція 2 (AF-2). Передача сигналів ER залежить від ліганду/гормону та починається зі зв'язування ліганду з ЛЗД.

Ліганд зв'язуючий домен (ЛЗД) складається з дванадцяти α -спіралей (H1-H12) і β -шпильки. H12 ЛЗД відіграє ключову роль молекулярного перемикача через прийняття різних ліганд-залежних конформацій, вирішальних для активації рецептора (рис. 1). На рисунку 1 представлені конформації білків 1GWR (ліганд зв'язуючий домен ER α з агоністом) та 3ERT (ліганд зв'язуючий домен ER α з антагоністом) з кверцетином та α -циперметрином, отримані за допомогою AutoDock Vina. Можна відмітити структурні відмінності положення H12 у конформаціях білків 1GWR та 3ERT [16].

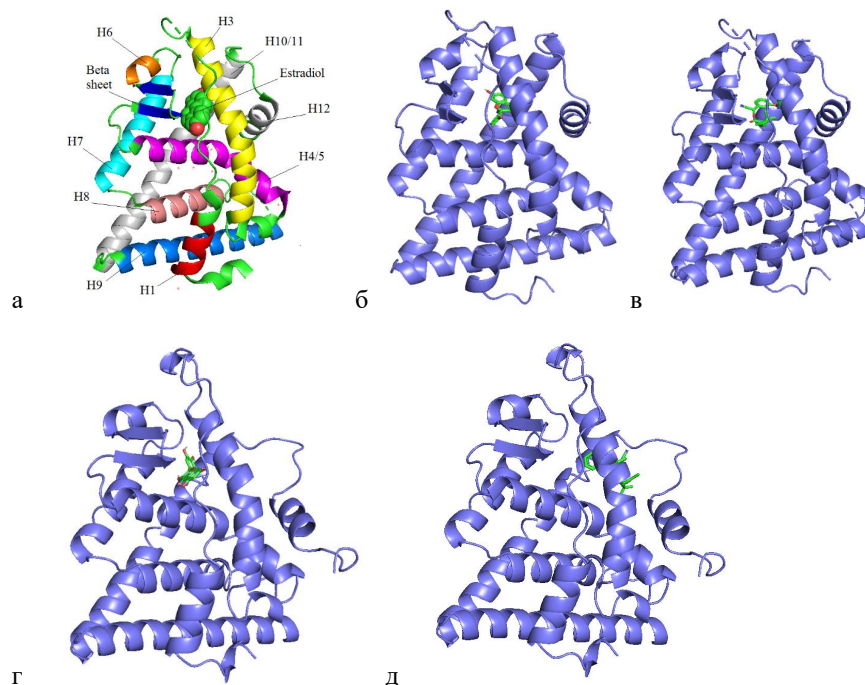


Рис. 1 а) Ліганд зв'язуючий домен рецептора естрогену (PDB id 1GRW), візуалізовано PyMol; б) комплекс 1GWR-кверцетин; в) комплекс 1GWR- α -циперметрин; г) комплекс 3ERT-кверцетин; д) комплекс 3ERT- α -циперметрин

Найнижчі енергії зв'язування для DCCA програмне забезпечення AutoDock та Vina прогнозують з таким ЛЗД ER α , як 3ERT та 1GWR, для 3-PBA – з 1GWR та 1ERR. Метаболіти α -циперметрину демонструють слабші взаємодії з ER α ніж пестицид та кверцетин (табл. 1).

В таблиці 2 продемонстровано результати докінг-аналізу з використанням програмного забезпечення Schrödinger Maestro Glide. Кверцетин, як і у випадку з AutoDock та Vina, демонструє найнижче значення Gscore з 1ERR та 1ERE (–9,38 ккал/моль та –9,27 ккал/моль відповідно), що характеризує стійкий комплекс, а найвище з 3ERT (–7,10 ккал/моль). Це може бути інтерпретовано як підтвердження слабких антагоністичних властивостей кверцетину до рецептору естрогену, оскільки 3ERT це комплекс ER α з 4-гідрокситамоксифеном.

Прогнозовані значення Gscore для α -циперметрину відображають міцну взаємодію з 3ERT (–9,29 ккал/моль) та слабку взаємодію з 1GWR. Ці результати дозволяють висунути припущення про сильніші антагоністичні властивості α -циперметрину по відношенню до ER α , ніж агоністичні (табл. 2).

Метаболіт α -циперметрину DCCA має найвищі прогнозовані значення GScore, що відповідає слабкій взаємодії цієї сполуки з ER α . Інший метабо-

літ α -циперметрину 3-РВА має схожі між собою значення для всіх варіантів ЛЗД ER α (табл. 2).

Таблиця 2

Результати докінгу кверцетину, α -циперметрину та його похідних з ліганд-зв'язуючими доменами ER α за допомогою програмного забезпечення Schrödinger Maestro Glide

	ZERT	IGWR	IERE	IERR
	Gscore, ккал/моль			
Кверцетин	-7.10	-8.69	-9.27	-9.38
α -циперметрин	-9.29	-6.26	-8.09	-8.50
DCCA	-6.39	-6.34	-6.56	-6.28
3-РВА	-8.12	-8.25	-8.45	-7.89
Референтні ліганди	4-гідрокситамоксифен -12.11	Естрадіол -11.11	Естрадіол -11.31	Ралоксифен -12.75

Примітка: як до табл. 1

В таблиці 3 представлені спільні амінокислотні залишки, що вносять найбільший внесок у взаємодію досліджуваних сполук та ЛЗД ER α . Можна побачити, що спільними амінокислотними залишками для референтних лігандів, кверцетину, α -циперметрину та його метаболітів є LEU346, LEU387, LEU391, LEU525 та MET 388. Це може вказувати на те, що докінг даних речовин з ER α опосередкований взаємодією через практично ідентичні сайти зв'язування білка (табл. 3).

Таблиця 3

Спільні амінокислотні залишки, що мають найбільший внесок у взаємодії α -рецептору естрогену з кверцетином, α -циперметрином, його похідними та референтними лігандами (Schrödinger Maestro Glide)

Рецептор	ZERT	IGWR	IERE	IERR
Амінокислотні залишки	ALA 350	ARG 394	GLU353	ALA 350
	ARG 394	GLU353	HIE524	ILE424
	GLU353	HIE524	LEU346	LEU346
	LEU346	LEU346	LEU384	LEU349
	LEU384	LEU387	LEU387	LEU384
	LEU387	LEU391	LEU391	LEU387
	LEU391	LEU525	LEU525	LEU391
	LEU525	MET 388	MET 388	LEU525
	MET 343	PHE404	PHE404	MET 388
	MET 388			MET 421
	MET 421			
	PHE404			
	THR347			

Примітки: ALA – аланін, ARG – аргінін, GLU – глютамат, LEU – лейцин, MET – метіонін, PHE – фенілаланін, THR – треонін, HIE – гістидин, ILE – ізoleyцин.

З прогнозування Schrödinger Maestro Glide α -циперметрин утворює гідрофобний зв'язок з ARG 394 залишком 3ERT, тоді як референтна сполука 4-гідрокситамоксифен утворює водневу взаємодію. Амінокислотні залишки LEU525, LEU387 мають високі внески у енергію взаємодії 4-гідрокситамоксифену. Кверцетин натомість утворює водневий зв'язок за участю гідроксильної групи з ASP 351 (рис. 2).

Особливості зв'язування α -циперметрину та його метаболіту 3-феноксифенної кислоти з 3ERT подібні на референтну сполуку 4-гідрокситамоксифен, може вказувати на їх антагоністичний ефект. DCCA та 3-PBA утворюють водневі зв'язки за допомогою OH груп з GLU353 (3ERT), як 4-гідрокситамоксифен. 3-PBA утворює водневий зв'язок за участю карбоксильної групи з ARG 394, в той час як референтна сполука – за рахунок гідроксильної групи (рис. 2).

Кверцетин утворює водневі зв'язки за участі гідроксильних груп з GLU353, HIE524 та π - π взаємодію з PHE404 ЛЗД 1GWR як референтний ліганд естрадіол. α -циперметрин не демонструє здатності до формування водневих зв'язків з амінокислотними залишками даного ЛЗД. Але 3-PBA формує водневі зв'язки з ARG 394 та HIE524, а DCCA з HIE524 як естрадіол (рис. 3).

Стосовно взаємодії досліджуваних сполук з 1ERR та 1ERE, можна відмітити, що за участі гідроксильних груп кверцетин утворює водневі зв'язки з амінокислотними залишками GLU353, HIE524, та π - π взаємодію з PHE404 ЛЗД 1ERE. В той час як метаболіти α -циперметрину утворюють водневі зв'язки за рахунок карбоксильної групи з ARG 394, гідроксильної групи – з GLU353 (3-PBA) та HIE524 (DCCA).

Також спостерігалась подібність у механізмі зв'язування кверцетину, 3-PBA та референтної сполуки ралоксифену з ЛЗД рецептору естрогену 1ERR.

Maestro Schrödinger Suite прогнозує, що кверцетин та 3-PBA, подібно до ралоксифену формує водневі взаємодії за участю гідроксильних груп з ARG 394, GLU353 (1ERR) та також π - π взаємодію з PHE404 (1ERR). Зазначені вище особливості взаємодії з ER α , можуть підкреслити агоністичні властивості досліджуваних сполук.

На основі прогнозованих результатів докінгу у всіх запропонованих конформаціях ER α (1GWR, 1ERE, 1ERR) α -циперметрин не утворює водневі зв'язки з цими білками, за виключенням 1ERE, де утворені водневі зв'язки подібні до зв'язків, які утворює кверцетин, що може свідчити про їх конкурентну взаємодію з сайтом зв'язування білка.

При проведенні оцінки якості результатів молекулярного докінгу за допомогою AutoDock Vina, була відмічена наявність стеричних перекриттів атомів лігандів з рецептором у конформаціях 1GWR з α -циперметрином (O-LEU391, 2.566 Å; C1 – ARG 394, 2.901 Å; C1 -GLU353, 2.779 Å; C1 – PHE404, 3.060 Å). В утворених комплексах (1GWR – α -циперметрин) за допомогою Maestro Schrödinger Suite також відмічаються перекривання (C1 -TRP 383, 2.828 Å; C1-LEU384, 2.854; CL -TRP 383, 2.261; CL – TRP 383, 3.040; CL – LEU387, 2.378;

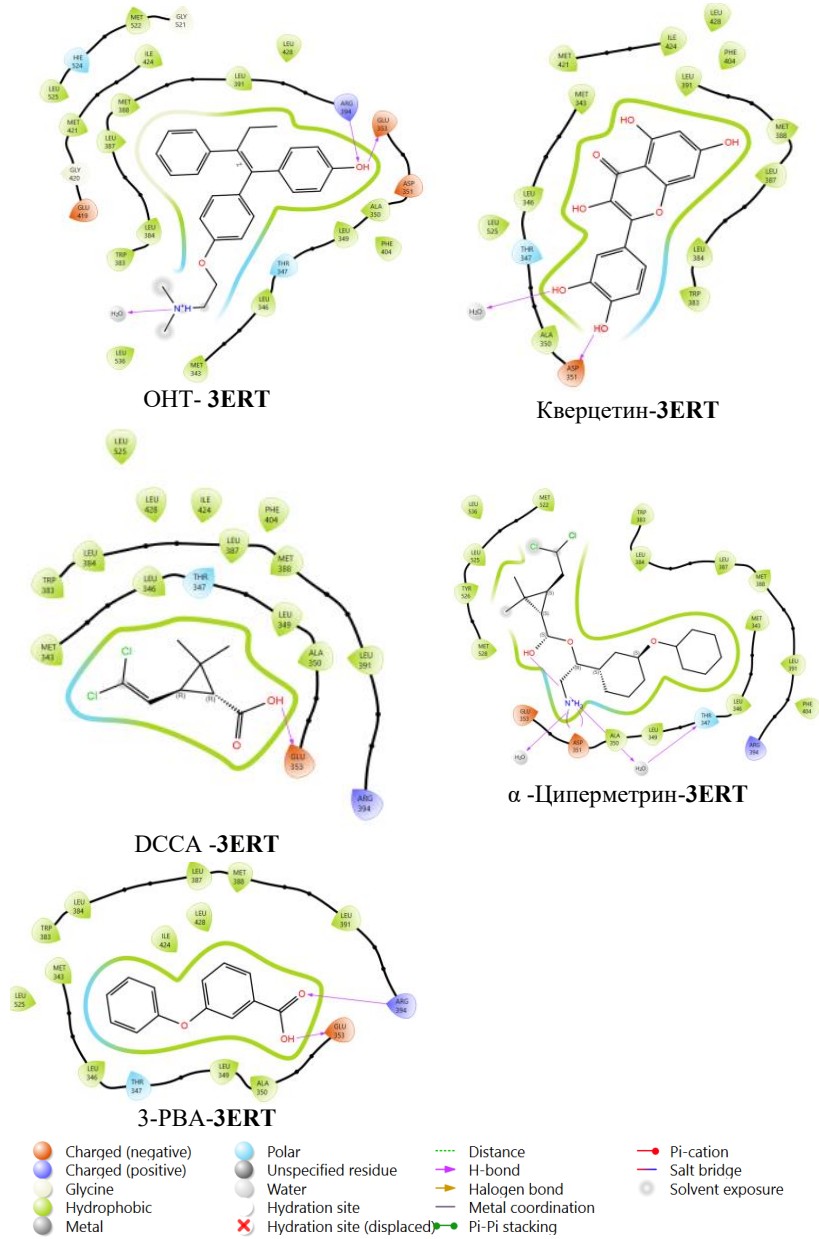


Рис. 2. Візуалізація розташування кверцетину, α -циперметрину та його похідних в специфічному сайті зв'язування рецептору естрогенів (ЗЕРТ) Maestro Schrödinger Suite.

Примітка: ОНТ – 4-гідрокситамоксифен, DCCA – 3-(2,2-дихлоретеніл)-2,2-диметилциклопропанкарбонова кислота, 3-PBA – 3-феноксибензойна кислота, ЗЕРТ – кристалічна структура ліганд-зв'язуючого домену ER α людини в комплексі з 4-гідрокситамоксифеном.

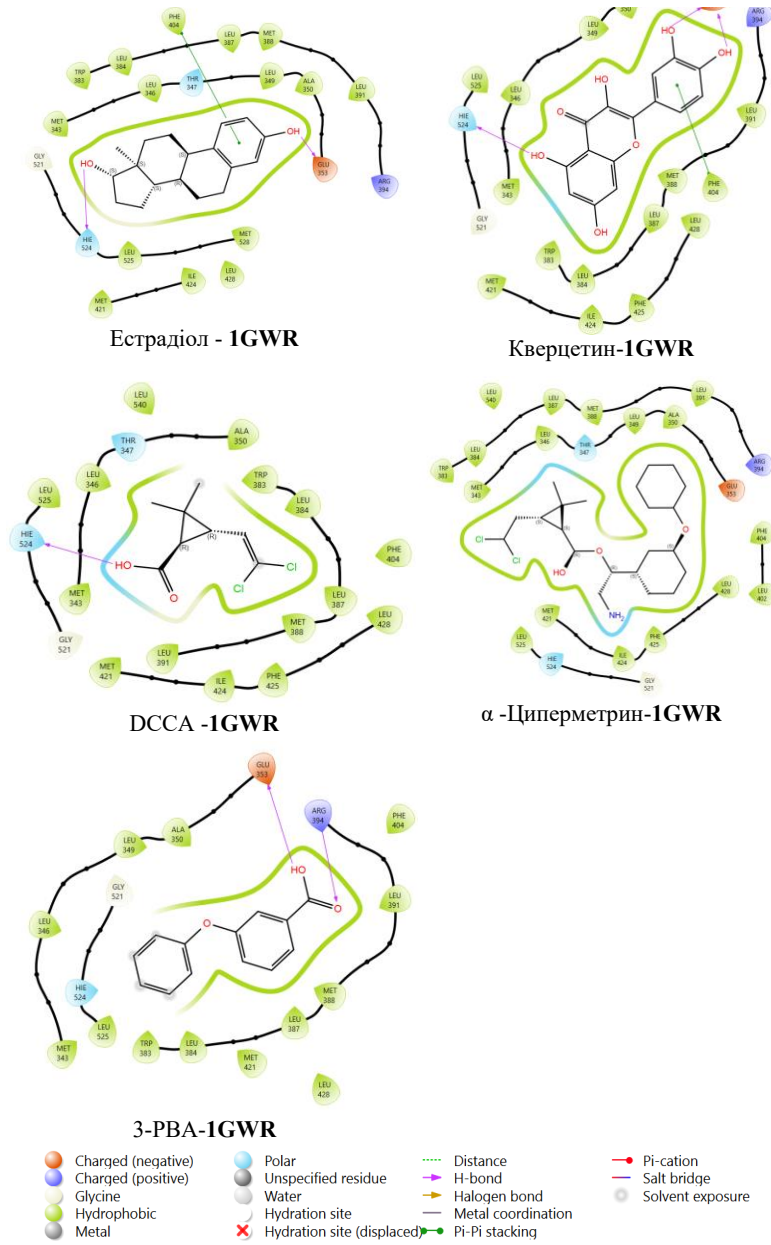


Рис. 3. Візуалізація розташування кверцетину, α-циперметрину та його похідних в специфічному сайті зв'язування рецептору естрогенів (1GWR) Maestro Schrödinger Suite.

Примітки: 1GWR – кристалічна структура ліганд-зв'язуючого домену ERα людини в комплексі з естрадіолом, DCCA – 3-(2,2-дихлоретеніл)-2,2-диметилциклопропанкарбонова кислота, 3-PBA – 3-феноксибензойна кислота.

CL – LEU384, 2.378). Перекривання спостерігаються в комплексі IERE – кверцетин (H- MET 421, 1,739 Å), при використанні Maestro Schrödinger Suite. В результаті молекулярного докінгу з використанням AutoDock Vina та Maestro Schrödinger Suite спостерігаються перекривання атомів α -циперметрину з IERE (AutoDock Vina: C-ALA 350, 2.847 Å; C-MET 388, 2.990 Å), (Maestro Schrödinger Suite: CI-LEU346, 3.008 Å).

Результати отримані в рамках докінг аналізу дозволяють припустити, що α -циперметрин та його метаболіти здатні діяти як агоністи, так і антагоністи ER α . Значною мірою характер взаємодії досліджуваних сполук з рецептором естрогену залежав від програмного забезпечення, що застосовувалось. Варто відмітити, що протилежні оцінки взаємодії з рецепторами стероїдних гормонів є характерними для раніше досліджених піретроїдів та їх метаболітів.

Так, наприклад, в дослідженні Chen та співавторів було встановлено, що перметрин, циперметрин, фенвалерат мають частковий агоністичний вплив на ER клітини карциноми молочної залози людини MCF-7 [5]. Jin разом із співавторами виявили агоністичну дію β -циперметрину та його метаболіту 3-PBA по відношенню до ER у клітинах MCF – 7 [11]. З іншого боку, відомо, що 3-PBA, DCCA, перметрин можуть мати антагоністичну дію до рецепторів естрогену в клітинах нирок африканської зеленої мартишки (*Chlorocebus sabaeus*) CV-1, в той час як циперметрин не проявляє активності [7]. В дослідженні Zhang та його колег α -циперметрин проявляє себе як антиестрогенна сполука у клітинах рибок даніо [40].

Зазначені протилежні ефекти можуть пояснюватися тим, що автори використовували різні клітинні лінії для досліджень *in vitro*. Важливою також є концентрація піретроїду, високі та низькі дози яких можуть спричинювати різний ефект з боку ендокринної системи – так звана «немонотонна» відповідь. Енантіоселективність піретроїдів також робить значний внесок у характер взаємодії з рецептором естрогенів.

Ефекти, які піретроїди проявляють в умовах *in vivo* та *in vitro*, також можуть бути протилежними. Так, наприклад, перметрин та біфетрин проявляють естрогенну активність *in vivo* та антиестрогенні ефекти в умовах *in vitro* [4].

Таким чином, при оцінці ендокринно-руйнівного потенціалу піретроїдів в умовах *in vitro* або, як у нашому випадку, *in silico*, виникає проблема появи певних пробілів у даних, через використання різних систем аналізу. Отже, використання скринінгових тестів *in silico* недостатньо для точного прогнозування естрогенного або антиестрогенного ефекту піретроїдів, що означає важливість проведення досліджень *in vivo* [24].

Також існують певні відмінності стосовно докінгу кверцетину з ER α між нашим дослідженням та даними з наукової літератури. Так, Liu разом із колегами [19], використовуючи програмне забезпечення Schrodinger Suite 2015, відмітили здатність кверцетину зв'язуватися з кристалічною структурою 3ERT з утворенням водневих зв'язків з амінокислотними залишками ASP351,

GLU353, ARG394. В нашому дослідженні встановлено, що водневий зв'язок кверцетин утворює тільки з ASP351, в той час як з GLU353 та ARG394 ЗЕРТ водневий зв'язок утворюють метаболіти α -циперметрину [18].

У статті Powers та співавторів, присвяченій докінг-аналізу флавоноїдів з рецепторами естрогенів, демонструється, що кверцетин має нижчу енергію зв'язування з ER α , ніж естрадіол. Але варто відмітити, що автор використовував іншу кристалічну структуру ЛЗД ER α – 1X7E та пакет Molegro Virtual Docker v. 6.0. [27].

У дослідженні Puranik та співавторів [28], за допомогою GLIDE було встановлено, що сила зв'язування кверцетину з ЗЕРТ становить $-9,347$ ккал/моль, та $-10,136$ ккал/моль з 1GWR. В нашому дослідженні було встановлено, що сила зв'язування кверцетину із зазначеними ЛЗД була меншою, незалежно від програмного забезпечення, що було використано. В той самий час, дані, які були представлені Puranik разом із співавторами, стосовно енергії зв'язування референтних лігандів – естрадіолу та 4-гідрокситамоксифену – збігаються з результатами нашого дослідження. Автори описали внесок окремих амінокислотних залишків у взаємодії кверцетину з ЗЕРТ та 1GWR, в тому числі відмітили наявність π - π взаємодії з PHE404 1GWR та дійшли висновку про виражену агоністичну дію кверцетину по відношенню до ER α [28].

Таким чином в нашому дослідженні нам вдалося уточнити деякі особливості зв'язування кверцетину з ER α , зокрема встановити, що енергія зв'язування кверцетину не може бути нижчою ніж у естрадіолу, що підтверджується аналізом AutoDock, AutoDockVina та Schrödinger Maestro Glide.

Аналізуючи докінг-оцінку зв'язування кверцетину з ER α , спираючись при цьому на власне дослідження та дані, отримані іншими дослідниками, можна стверджувати, що цей флавоноїд виступає як агоніст ER α та практично не проявляє антагоністичних властивостей. Ми не можемо стверджувати, що кверцетин зв'язується з ER α сильніше, ніж α -циперметрин, але нами встановлено, що кверцетин сильніше зв'язується з ER α , ніж метаболіти α -циперметрину – 3-PVA та DCCA.

Відомо, що кверцетин здатний здійснювати естрогеноподібну дію на яєчники та розвиток фолікулів, нормалізувати секрецію статевих гормонів [29, 35]. Застосування екстракту листя шавлії, який містить великий набір флавоноїдів, в тому числі кверцетин, сприяє нормалізації естрального циклу, ваги матки та яєчників, рівню естрогенів, показників окиснювального стресу у оваріоектомованих щурів [15]. Застосування екстракту прополісу, який серед великого набору флавоноїдів містить також кверцетин, ефективно попереджувало розвиток ускладнень репродуктивно-токсичної дії циперметрину у самок кролів та сприяло нормалізації ферментативної та неферментативної ланки антиоксидантного захисту [13].

Тому встановлені нами агоністичні властивості до ER α та відомості з наукових джерел про естрогеноподібну та антиоксидантну дію кверцетину спонука-

ли нас на наступному етапі розрахувати параметри лікоподібності кверцетину та його потенційної токсичності в порівнянні з α -циперметрином.

При прогнозуванні фармакокінетичних властивостей враховували такі параметри: інгібування цитохрому P450, всмоктування у тонкому кишечнику, проникність (за допомогою лінії клітин Caco-2 колоректальної карциноми людини), інгібування P-глікопротеїну, об'єм розподілу (VDss), здатність долати гематоенцефалічний бар'єр (logBB).

Згідно з результатами, продемонстрованими в таблиці 4, не передбачається, що кверцетин буде субстратом для CYP2D6 або CYP3A4, що свідчить про те, що він може не метаболізуватися цими ферментами. Результати проведеного *in silico* прогнозування демонструють, що кверцетин пригнічує CYP1A2, що вказує на потенційний вплив кверцетину на метаболізм ліків під дією CYP1A2.

Таблиця 4

Прогнозовані фармакокінетичні властивості кверцетину та α -циперметрину (частина А) pkCSM

	pkCSM	
	Кверцетин	α -циперметрин
	Метаболізм	
CYP2D6 субстрат	Ні	Ні
CYP3A4 субстрат	Ні	Так
CYP1A2 інгібітор	Так	Так
CYP2C19 інгібітор	Ні	Так
CYP2C9 інгібітор	Ні	Так
CYP2D6 інгібітор	Ні	Ні
CYP3A4 інгібітор	Ні (pkCSM) Так (admetSAR)	Так

Результати вказують, що α -циперметрин є субстратом для CYP3A4, тобто він може метаболізуватися цим ферментом. Він також діє як інгібітор CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9 і CYP3A4, що свідчить про те, що він може перешкоджати метаболізму ліків під дією цих ферментів (табл. 4).

Згідно з моделлю pkCSM (табл. 5), кверцетин має негативну оцінку проникності Caco-2 (лінія клітин епітеліальної колоректальної аденокарциноми людини) (-0,229), що може означати нижчу проникність через моношар клітин лінії Caco-2. З іншого боку, admetSAR передбачає позитивне значення (0,2245), що може означати вищу проникність кверцетину в клітинах товстої кишки. У випадку α -циперметрину як pkCSM (1,016), так і admetSAR (1,4408) передбачають позитивні значення, що вказує на те, що обидві моделі пропонують високу проникність через клітини лінії Caco-2.

Таблиця 5

Прогнозовані фармакокінетичні властивості кверцетину та α -циперметрину (частина В) pkCSM

	Абсорбція	
	Кверцетин	α -циперметрин
Сасо2 проникність, log Papp in 10 ⁻⁶ cm/s	-0,229 (pkCSM) 0,2245 (admetSAR)	1,016 (pkCSM) 1,4408 (admetSAR)
Всмоктування в тонкому кишечнику людини, % всмоктування	77,207	91,299
P-глікопротеїновий субстрат	Так	Ні
Інгібітор P-глікопротеїну 1	Ні	Так
VDss (human), log L/kg	1,559	0,469
BBB проникність, log BB	-1,098	-0,232

Примітки: Сасо2 – лінія клітин епітеліальної колоректальної аденокарциноми людини, VDss – об'єм розподілу, BBB – гематоенцефалічний бар'єр.

Обидві досліджувані сполуки мають високий прогнозований відсоток всмоктування в тонкому кишечнику людини, але це прогнозоване значення вище для α -циперметрину (91,299%).

На основі отриманих прогнозованих даних, кверцетин є субстратом P-глікопротеїну (АТФ-залежний білок-транспорттер, який виводить з клітини чужорідні речовини), а α -циперметрин є його інгібітором. Оскільки кверцетин є субстратом P-глікопротеїну (P-gp), це може означати, що кверцетин може бути виведений з клітини цим білком та посилювати здатність P-gp виводити ксенобіотики. Таким чином, кверцетин може зменшувати абсорбцію α -циперметрину шляхом виведення його з клітини через механізм транспорту, який залежить від P-gp (табл. 5).

Об'єм розподілу (VDss – the volume of distribution at steady state) – це теоретичний об'єм, в якому загальна доза лікарського засобу повинна бути рівномірно розподілена для отримання такої ж концентрації, як у плазмі крові. Чим вищий VDss, тим більше препарату розподіляється в тканинах, а не в плазмі. Прогнозовані значення об'єму розподілу для кверцетину вищі (1,559) ніж для α -циперметрину (0,469), це вказує на те, що кверцетин розподіляється ширше в тканинах, ніж у плазмі, а α -циперметрин скоріше зосереджується в плазмі (табл. 5).

Прогнозовані значення logBB < -1 справедливі для кверцетину та α -циперметрину, це означає, що ці сполуки погано долають гематоенцефалічний бар'єр (табл. 5).

Прогнозування токсичності ґрунтувалось на визначенні мутагенності (AMES), максимально безпечної допустимої дози (MRTD), інгібування калі-

євих каналів (кодованих генами hERG I та hERG II), пероральної токсичності для щурів (LOAEL), гепатотоксичності, сенсibiliзації шкіри, токсичності для клітин інфузорії *Tetrahytmena pyriformis* та клітин плоскоголового гол'яна *Pimephales promelas* (Minnow) (табл. 6).

Таблиця 6

Прогнозована токсичність кверцетину та α -циперметрину рkCSM

	Кверцетин	α -циперметрин
AMES токсичність	Ні	Ні
MRTD, log (мг/кг/день)	0,499	0,318
hERG I інгібітор	Ні	Ні
hERG II інгібітор	Ні	Ні
LOAEL, log мг/кг_мг/день	2,612	1,126
Гепатотоксичність	Ні	Ні
Сенсibiliзація шкіри	Ні	Ні
<i>T. Pyriformis</i> токсичність, log мкг/л	0,288	0,424
<i>P. promelas</i> токсичність, log mM	3,721	-2,829

Примітки: AMES – оцінка мутагенного впливу, MRTD – максимально безпечна допустима доза, hERG I та II – гени, що кодуєть α -субодиниці калієвого каналу, LOAEL – хронічна токсичність для щурів (*per os*), *T. Pyriformis* токсичність – токсичність для клітин інфузорії *Tetrahytmena pyriformis*, *P. promelas* токсичність для клітин плоскоголового гол'яна *Pimephales promelas*, мг – маса тіла.

Прогнозовані результати, зазначені в таблиці 6 демонструють, що обидві речовини не виявили позитивної реакції на тест AMES, що вказує на відсутність мутагенних властивостей.

Згідно з умовами, прогнозоване значення MRTD для кверцетину вважається високим, оскільки воно перевищує поріг 0,477 log (мг/кг/день), а для α -циперметрину низьким, оскільки воно менше порогу 0,477 log (мг/кг/день). За цими критеріями, можна сказати, що α -циперметрин може бути більш токсичним, оскільки його MRTD менше, ніж у кверцетину.

Згідно з прогнозованими даними, рkCSM кверцетин та α -циперметрин не є інгібіторами hERG I та hERG II, означає, що ці сполуки, ймовірно, не блокують калієві канали та не викликають розвиток синдрому подовженого інтервалу QT, що призводить до фатальної шлуночкової аритмії.

Вище значення LOAEL для кверцетину (2,612 log мг/кг_мг/день) порівняно з α -циперметрином (1,126 log мг/кг_мг/день) свідчить про те, що з погляду хронічної пероральної токсичності кверцетин має вищий поріг перед появою

побічних ефектів у шурів. Отже, кверцетин має меншу токсичність або менше шкідливих ефектів порівняно з α -циперметрином за тих же рівнів експозиції.

На основі pkCSM прогнозування ні кверцетин, ні α -циперметрин не є гепатотоксичними сполуками та не мають сенсibiliзуючого впливу на шкіру.

Як кверцетин (0,288 log мкг/л), так і α -циперметрин (0,424 log мкг/л) класифікуються як токсичні для клітин *T. Pyriformis* на основі відповідних критеріїв. Але згідно прогнозованих даних Minnow токсичності, кверцетин можна розглядати як нетоксичну речовину, в той час як α -циперметрин має високу гостру токсичність (табл. 6).

Властивості ADME (Absorption, Distribution, Metabolism and Excretion) зображують доступність сполуки в організмі, визначену правилом п'яти Ліпінського. Стандартний параметр для цього правила наведено нижче:

- 1) Молекулярна маса (допустимий діапазон: ≤ 500), Mr (кверцетин) = 302,24 г/моль.
- 2) Донор водневого зв'язку (допустимий діапазон: ≤ 5), для кверцетину = 5
- 3) Акцептор водневих зв'язків (допустимий діапазон: ≤ 10), для кверцетину = 7.
- 4) Висока ліпофільність (виражена як LogP, прийнятний діапазон: ≤ 5), для кверцетину = 1,23.
- 5) Молярний коефіцієнт заломлення (допустимий діапазон: 40–130), молярна рефракція для кверцетину = 78,03

Враховуючи викладене вище, можна стверджувати, що кверцетин відповідає більшості параметрів лікоподібності, що надає можливість його застосування в якості компонента профілактики при інтоксикації піретроїдними інсектицидами, зокрема α -циперметрином.

Отримані нами дані подібні до тих, що можна знайти в роботах дослідників, присвячених вивченню властивостей флавоноїдів в умовах *in silico*. Так, в статті Al-Nour та співавторів [1], дослідники роблять висновок про задовільність кверцетину вимогам лікоподібності, ґрунтуючись на його фармакодинамічних властивостях, фармакокінетиці та профілю токсичності, оцінених за допомогою pkCSM та SwissADME. В роботі Puranik та співавторів [28] відмічається, що параметри лікоподібності кверцетину знаходяться у допустимих діапазонах ADME за оцінкою QuikProp Schrodinger 2017. Islam разом із колегами оцінювали лікоподібність кверцетину за допомогою Molinspiration WebME Editor 3.81 та зробили висновок про його відповідність вимогам лікарського засобу [12]. В статті Rouane та співавторів [31] вказується, що кверцетин відповідає правилам Ліпінського та має високу пероральну доступність [1, 28, 12, 31].

Варто відмітити, що в нашому дослідженні було встановлено, що кверцетин окрім задовільних параметрів лікоподібності, може мати потенційний токсичний вплив, хоча не такий виражений як у α -циперметрині. Це створює необхідність більш детального вивчення даної сполуки як в умовах *in silico*, так і в умовах *in vitro* та *in vivo*.

Висновки:

1. За результатами *in silico* прогнозування кверцетин володіє агоністичними властивостями до ER α , оскільки виявлені низькі значення енергії зв'язування (AutoDock – 8,7 ккал/моль, Vina – 9,4 ккал/моль, Gscore – 9,38 ккал/моль) цього ліганду з 1ERR та спостерігається утворення водневих зв'язків з амінокислотними залишками GLU353, HIE524 (1GWR, 1ERE), подібно до механізму зв'язування референтних лігандів.

2. За результатами докінгу з використанням програмного забезпечення Schrödinger Maestro Glide α -циперметрину володіє вираженими антагоністичними властивостями до ER α , в той час як AutoDock передбачає сильне зв'язування з 1ERE, що свідчить і про агоністичний ефект α -циперметрину по відношенню до ER α . Наш аналіз виявив численні стеричні перекривання між атомами α -циперметрину та структурами ER α , які були зв'язані з агоністами та мають відповідну конформацію (1GWR, 1ERE) в межах сайту зв'язування. Ці перекривання характеризувалися несприятливими стеричними взаємодіями, що свідчить про потенційні бар'єри для ефективного зв'язування ліганду.

3. Метаболіти α -циперметрину DCCA та 3-PBA мають досить високі значення енергії зв'язування з використанням різних моделей докінгу, особливо AutoDock та AutoDock Vina, що може означати низьку афінність до ER α . У більшості випадків кверцетин проявляв міцніші прогнозовані взаємодії з естрогеновим рецептором, ніж DCCA та 3-PBA, тому можна припустити, що кверцетин може витіснити метаболіти α -циперметрину з рецепторів і таким чином проявляти естрогеноподібну дію.

4. На основі прогнозованих результатів фармакокінетичних властивостей можна зробити висновок, що кверцетин може впливати на виведення α -циперметрину через активність, пов'язану з роботою Р-глікопротеїну. α -циперметрин також проявляє активність як субстрат та інгібітор декількох ферментів цитохрому P450, зокрема CYP3A4, CYP1A2, CYP2C19, CYP2C9, що може впливати на метаболізм інших ліків.

5. Результати дослідження *in silico* свідчать про відсутність мутагенної дії досліджуваних речовин, а також показують меншу токсичність та більш безпечний профіль властивостей кверцетину порівняно з α -циперметрином.

6. За допомогою правила п'яти Ліпінського для оцінки властивостей ADME (absorption, distribution, metabolism and excretion) можна зробити висновок, що кверцетин відповідає більшості критеріїв лікоподібності. Це надає можливість розглядати його як компонент для профілактики інтоксикації піретроїдними інсектицидами, такими як α -циперметрин.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2024

Список використаної літератури

- Al-Nour M. Y., Ibrahim M.M., Elsaman T. Ellagic acid, kaempferol, and quercetin from *Acacia nilotica*: promising combined drug with multiple mechanisms of action. *Current Pharmacology Reports*. 2019. V. 5. P. 255–280. <https://doi.org/10.1007/s40495-019-00181-w>
- Berman H.M., Westbrook J., Feng Z., Gilliland G., Bhat T.N., Weissig H., Shindyalov I.N., Bourne P.E. The Protein Data Bank. *Nucleic acids research*. 2000. V. 28(1). P. 235–242. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.235>
- Bertotto L. B., Dasgupta S., Vliet S., Dudley S., Gan J., Volz D.C., Schlenk D. Evaluation of the estrogen receptor alpha as a possible target of bifenthrin effects in the estrogenic and dopaminergic signaling pathways in zebrafish embryos. *Science of The Total Environment*. 2019. V. 651(2). P. 2424–2431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.079>
- Brander S. M., He G., Smalling K.L., Denison M.S., Cherr G.N. The in vivo estrogenic and in vitro anti-estrogenic activity of permethrin and bifenthrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2012. V. 31 (2). P. 2818–2855. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b02253>
- Chen H., Xiao J., Hu G., Zhou J., Xiao H., Wang X. Estrogenicity of organophosphorus and pyrethroid pesticides. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 2002. V. 65(19). P. 1419–1435. <https://doi.org/10.1080/00984100290071243>
- Daina A., Michielin O., Zoete V. SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports*. 2017. V. 7. 42717. <https://doi.org/10.1038/srep42717>
- Du G., Shen O., Sun H., Fei J., Lu C., Song L. et al. Assessing hormone receptor activities of pyrethroid insecticides and their metabolites in reporter gene assays. *Toxicological Sciences*. V. 116 (1). P. 58–66. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfq120>
- Forli S., Huey R., Pique M.E., Sanner M.F., Goodsell D.S., Olson A.J. Computational protein-ligand docking and virtual drug screening with the AutoDock suite. *Nature protocols*. 2016. V. 11(5). P. 905–919 <https://doi.org/10.1038/nprot.2016.051>
- Ghazouani L., Feriani A., Mufti A., Tir M., Baaziz I., Mansour H.B., Mnafigui K. Toxic effect of alpha cypermethrin, an environmental pollutant, on myocardial tissue in male wistar rats. *Environmental Science and Pollution Research*. 2020. V. 27. P. 5709–5717. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05336-2>
- Hu C., Wang L., Ma Y., Xu Z., Lu, H. Investigation on the interaction of pyrethroid pesticides to estrogen receptor alpha through computational and experimental methods. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2022. V. 2016. 112565. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2022.112565>
- Jin M., Li L., Xu C., Wen Y., Zhao M. Estrogenic activities of two synthetic pyrethroids and their metabolites. *Journal of Environmental Sciences*. 2010. 22(2). P. 290–296. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60107-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60107-8)
- Islam M. R., Zaman A., Jahan I., Chakravorty R., Chakravorty S. In silico QSAR analysis of quercetin reveals its potential as therapeutic drug for Alzheimer's disease. *Journal of Young Pharmacists*. 2013. V. 5(4). P. 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jyp.2013.11.005>
- Khatab A. E., Hashem N.M., El-Kodary L. M., Lotfy F.M., Hassan, G.A. Evaluation of the effects of cypermethrin on female reproductive function by using rabbit model and of the protective role of Chinese propolis. *Biomedical and Environmental Sciences*. 2016. V. 29 (10). P. 762–766.
- Kim S., Thiessen P.A., Bolton E.E., Chen J., Fu G., Gindulyte A., Han L., He J., He S., Shoemaker B.A., Wang J., Yu B., Zhang J., Bryant S.H. PubChem Substance and Compound databases. *Nucleic acids research*. 2016. V. 44(D1). P. D1202–D1213 <https://doi.org/10.1093/nar/gkv951>
- Koubaa-Ghorbel F., Chaabane M., Jdidi H., Turki M., Makni-Ayadi F., El Feki A. *Salvia officinalis* mitigates uterus and liver damages induced by an estrogen deficiency in ovariectomized rats. *Journal of Food Biochemistry*. 2021. V. 45(5). e13542. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13542>
- Lakshmanan M.D., Hassan M.S.A. Ligand binding domain of estrogen receptor alpha preserve a conserved structural architecture similar to bacterial taxis receptors. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 2021. V. 9. 681913. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.681913>
- Lee H.R., Kim T.H., Choi, K. C. Functions and physiological roles of two types of estrogen receptors, ER α and ER β , identified by estrogen receptor knockout mouse. *Laboratory Animal Research*. 2012. V. 28(2). P. 71–76. DOI: <https://doi.org/10.5625/lar.2012.28.2.71>
- Li C., Cao M., Ma L. et al. Pyrethroid pesticide exposure and risk of primary ovarian insufficiency in Chinese women. *Environmental Science & Technology*. 2018. V. 52(5). P. 3240–3248. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06689>
- Liu H., He S., Wang T. et al. Selected Phytoestrogens Distinguish Roles of ERA Transactivation and Ligand Binding for Anti-Inflammatory Activity. *Endocrinology*. 2018. V. 159(9). P. 3351–3364. <https://doi.org/10.1210/en.2018-00275>

20. Marty M. S., Carney E. W., Rowlands J. C. Endocrine disruption: historical perspectives and its impact on the future of toxicology testing. *Toxicological Sciences*. 2011. V. 120(1). P. 93–108. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfq329>
21. Millán M. M. The role of estrogen receptor in bone cells. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*. 2015. V. 13. P. 105–112. <https://doi.org/10.1007/s12018-015-9188-7>
22. Morris G. M., Huey R., Lindstrom W., Sanner M. F., Belew R. K., Goodsell D. S., Olson A. J. AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *Journal of computational chemistry*. 2009. V. 30(16). P. 2785–2791 <https://doi.org/10.1002/jcc.21256>
23. Ng W. H., Zhang W., Shu M., Luo H., Ge W., Perkins R., Tong W., Hong H. Competitive molecular docking approach for predicting estrogen receptor subtype α agonists and antagonists. *BMC Bioinformatics*. 2014. V. 15. P. 1–5. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-15-S11-S4>
24. Ortiz D. M. D., Park J., Lee H., Park K. Integrated Assessment for the Estrogenic Effects of Pyrethroid Compounds: Defining the Molecular Initiating Events and Key Events for the Adverse Outcome Pathway. *Toxics*. 2024. V. 12(3); 218. <https://doi.org/10.3390/toxics12030218>
25. Pettersen E. F., Goddard T. D., Huang C. C., Couch G. S., Greenblatt D. M., Meng E. C., Ferrin T. E. UCSF Chimera – a visualization system for exploratory research and analysis. *Journal of computational chemistry*. 2004. V. 25(13). P. 1605–1612. <https://doi.org/10.1002/jcc.200844>
26. Pires D. E., Blundell T. L., Ascher D. B. pkCSM: Predicting Small-Molecule Pharmacokinetic and Toxicity Properties Using Graph-Based Signatures. *J. Med. Chem.* 2015. V. 58. P. 4066–4072. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b00104>
27. Powers C. N., Setzer W. N. A molecular docking study of phytochemical estrogen mimics from dietary herbal supplements. *In Silico Pharmacology*. 2015. V. 3(4). P. 1–63. <https://doi.org/10.1186/s40203-015-0008-z>
28. Puranik N. V., Srivastava P., Bhatt G., Mary D. J. S. J., Limaye A. M., Sivaraman J. Determination and analysis of agonist and antagonist potential of naturally occurring flavonoids for estrogen receptor (ER α) by various parameters and molecular modelling approach. *Scientific Reports*. 2019. V. 9, № 7450. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43768-5>
29. Rashidi Z., Khosravizadeh Z., Talebi A., Khodamoradi K., Ebrahimi R., Amidi F. Overview of biological effects of Quercetin on ovary. *Phytotherapy Research*. 2021. V. 35(1). P. 33–49. <https://doi.org/10.1002/ptr.6750>
30. Ravula A. R., Yenugu S. Pyrethroid based pesticides—chemical and biological aspects. *Critical Reviews in Toxicology*. 2021. 51(2). P. 117–140. <https://doi.org/10.1080/10408444.2021.1879007>
31. Rouane A., Tchouar N., Belaidi S., Kerassa A., Lanez T. Chemical structure, substitution effect, and drug-likeness applied to quercetin and its derivatives. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*. 2023. V. 15(1). P. 10–33. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.1278>
32. Sayed F. A., Fraser D. G., Spelsberg T. C., Rosen C. J., Krust A., Chambon P., Jameson J. L., Khosla S. Effects of Loss of Classical Estrogen Response Element Signaling on Bone in Male Mice. *Endocrinology*. 2007. V. 148(4). P. 1902–1910. <https://doi.org/10.1210/en.2006-1165>
33. Seeliger D., de Groot B. L. Ligand docking and binding site analysis with PyMOL and Autodock/Vina. *Journal of computer-aided molecular design*. 2010. V. 24(5). P. 417–422 <https://doi.org/10.1007/s10822-010-9352-6>
34. Shepelska N. R., Prodanchuk M. G., Kolianchuk Y. V. Comparative analysis of two methodological approaches to the study of endocrine disruptor alpha-cypermethrin reproductive toxicity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2021. V. 12(4). P. 724–732. <https://doi.org/10.15421/0221100>
35. Shu X., Hu X. J., Zhou S. Y., Xu C. L., Qiu Q. Q., Nie S. P., Xie, M. Y. Effect of quercetin exposure during the prepubertal period on ovarian development and reproductive endocrinology of mice. *Yao Xue Xue Bao*. 2011. V. 46(9). P. 1051–1057.
36. Slighoua M., Amrati F. E. Z., Chebaibi M., Mahdi I., Al Kamaly O., El Ouahdani K., Drioiche A., Saleh A., Bousta D. Quercetin and Ferulic Acid Elicit Estrogenic Activities In Vivo and In Silico. *Molecules*. 2023. 28(13). 5112. <https://doi.org/10.3390/molecules28135112>.
37. Suthon S., Lin J., Perkins R. S., Crockarell J. R., Miranda-Carboni G. A., Krum S. A. Estrogen receptor alpha and NFATc1 bind to a bone mineral density-associated SNP to repress WNT5B in osteoblasts. *American Journal of Human Genetics*. 2022. V. 109(1). P. 97–115. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2021.11.018>.
38. Trott O., Olson A. J. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. *Journal of computational chemistry*. 2010. V. 31(2). P. 455–461. <https://doi.org/10.1002/jcc.21334>.
39. Yadav I. C., Devi N. L. Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental Science and Engineering*. 2017. V. 6. P. 140–158.
40. Zhang Q., Yu S., Chen X., Fu L., Dai W., Gu S. Stereoisomeric selectivity in the endocrine-disrupting potential of cypermethrin using in vitro, in vivo, and in silico assays. *Journal of Hazardous Materials*. 2021. V. 414. 125389. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125389>.

А. С. Акішева, О. С. Сідлецький, Ю. О. Молодан, О. А. Макаренко

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова; кафедра фізіології, здоров'я і безпеки людини та природничої освіти; Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: abcd35133@gmail.com

ПРОГНОЗУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ВЗАЄМОДІЇ КВЕРЦЕТИНУ, А-ЦИПЕРМЕТРИНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ ЗА α -РЕЦЕПТОРОМ ЕСТРОГЕНУ (ДОСЛІДЖЕННЯ *IN SILICO*)

Резюме

Вступ. Надмірне застосування пестицидів призводить до забруднення навколишнього середовища та створює небезпеку для здоров'я людини та тварин. З поміж усіх пестицидів дуже часто застосовують піретроїдні інсектициди (піретроїди), оскільки вони мають меншу токсичність для нецільових видів. Але тривалий вплив піретроїдів здатний викликати порушення ендокринної функції статевих залоз. Циперметрин є дуже поширеним піретроїдом, токсичність якого вивчається, проте мало що відомо про дію на статеву систему його стереоізомеру – α -циперметрину. На нашу думку, ефективним засобом захисту від порушень внаслідок інтоксикації піретроїдами може виступити кверцетин – флавоноїд, який має естрогеноподібні та антиоксидантні властивості.

Мета: дослідження *in silico* механізмів зв'язування кверцетину, α -циперметрину та його похідних з α -рецептором естрогену, особливостей фармакокінетики та профілю токсичності цих сполук.

Методи. Процедура молекулярного докінгу кверцетину, α -циперметрину, 3-РВА та DCCA проведено з використанням кристалічних структур ліганд-зв'язуючого домену ER α : 3ERT (референтний ліганд – 4-гідрокситамоксифен), 1ERR (референтний ліганд – ралоксифен), 1GWR та 1ERE (референтний ліганд – естрадіол) з бази даних біологічних макромолекул PDB. Використовувались три різних пакети програмного забезпечення для докінгу: Glide, AutoDock та AutoDock Vina. Розташування референтного ліганду використовували для визначення автоматичного виявлення сайту зв'язування. Для *in silico* дослідження фармакокінетичних властивостей та токсичності кверцетину та α -циперметрину була використана платформа pkCSM, онлайн сервер admetSAR та SwissADME.

Результати. AutoDock прогнозує, що α -циперметрин має найнижчу енергію зв'язування з 1ERE (–10,4 ккал/моль), 1GWR (–10,0 ккал/моль), та 1ERR. Це може свідчити про агоністичний вплив даного інсектициду на ER α . Прогнозовані значення Gscore для α -циперметрину відображають більш міцну взаємодію з 3ERT: –9,29 ккал/моль. Особливості зв'язування α -циперметрину, його метаболітів (3-РВА, DCCA) та 4-гідрокситамоксифену з 3ERT мають певну подібність, що може означати антагоністичну для ER α дію піретроїду. Протилежність характеру взаємодії α -циперметрину з ER α може бути пояснена відмінністю оцінювальних функцій та методів оптимізації білкових структур та лігандів в залежності від програмного забезпечення, що застосовувалось.

Результати прогнозовані як AutoDock, Vina так і Schrödinger Maestro Glide демонструють для кверцетину найнижчі значення енергії зв'язування з 1ERR, 1GWR та 1ERE, що виступає ознакою агоністичної дії. Кверцетин зв'язується з ліганд-зв'язуючими доменами ER α сильніше за 3-РВА та DCCA. Кверцетин має відповідні норми параметри токсичності та фармакокінетики, а також

задовольняє всім вимогам лікоподібності. Спираючись на дані, отримані *in silico*, можна стверджувати про доцільність застосування кверцетину як компонента профілактики ускладнень ендокринотоксичної дії α -циперметрину.

Висновки. Токсична дія α -циперметрину, яка направлена на порушення ендокринної функції статевих залоз, може бути пов'язана із високою афінністю даної сполуки та її метаболітів до ER α , супроводжуючись при цьому, за різними критеріями оцінки, як агоністичною так і антагоністичною дією. Кверцетин – флавоноїд з вираженими агоністичними властивостями до ER може бути застосований з метою профілактики ускладнень інтоксикації α -циперметрином на основі його фармакокінетичних та лікоподібних параметрів.

Ключові слова: молекулярний докінг; α -естрогеновий рецептор; кверцетин; α -циперметрин; 3-PBA, DCCA, деструктори ендокринної системи.

A. S. Akisheva, O. S. Sidletskyi, Yu. O. Molodan, O. A. Makarenko

Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Physiology, Human Health and Safety and Natural Science Education, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: abcd35133@gmail.com

PREDICTION OF THE INTERACTION MECHANISMS OF QUERCETIN, α -CYPERMETHRIN AND ITS DERIVATIVES WITH THE α -ESTROGEN RECEPTOR (*IN SILICO* STUDY)

Summary

Introduction. Excessive use of pesticides leads to environmental pollution and poses a danger to human and animal health. Pyrethroid insecticides (pyrethroids) are the most commonly used pesticides because they are less toxic to non-target species. It is well-known that prolonged exposure to pyrethroids can result in the endocrine function of the gonads being disrupted. Cypermethrin is a very common pyrethroid, the toxicity of which is widely studied, but little is known about the endocrine-disrupting effect of its stereoisomer, α -cypermethrin. In our opinion, quercetin, a flavonoid that has estrogen-like and antioxidant properties, can be an effective means of protection against the complications of pyrethroid intoxication.

Aim. *In silico* studies of the binding mechanisms of quercetin, α -cypermethrin and its derivatives with the estrogen receptor α , features of pharmacokinetics and toxicity profile of these compounds.

Methods. The molecular docking procedure of quercetin, α -cypermethrin, 3-PBA and DCCA was carried out using the crystal structures of the ligand-binding domain of ER α : 3ERT (reference ligand – 4-hydroxytamoxifen), 1ERR (reference ligand – raloxifene), 1GWR and 1ERE (reference ligand – estradiol) from the PDB database of biological macromolecules. Three different docking software packages were used: Glide, AutoDock, and AutoDock Vina. The location of the reference ligand was used to determine the automatic detection of the binding site. The pkCSM platform, admetSAR online server and SwissADME were used for *in silico* investigation of pharmacokinetic properties and toxicity of quercetin and α -cypermethrin.

The results. AutoDock predicts that α -cypermethrin has the lowest binding energy with 1ERE (–10.4 kcal/mol), 1GWR (–10.0 kcal/mol), and 1ERR. This may

indicate an agonistic effect of this insecticide on ER α . The predicted Gscore values for α -cypermethrin reflect a stronger interaction with 3ERT: -9.29 kcal/mol. The binding characteristics of α -cypermethrin, its metabolites (3-PBA and DCCA) and 4-hydroxytamoxifen with 3ERT are similar, which may indicate an antagonistic effect of the pyrethroid for ER α . The opposite nature of the interaction of α -cypermethrin with ER α can be explained by the difference in evaluation functions and methods of optimization of protein structures and ligands depending on the software used.

The results predicted by both AutoDock, Vina and Schrödinger Maestro Glide show for quercetin the lowest binding energy values with 1ERR, 1GWR and 1ERE, which is a sign of agonistic action. Quercetin binds to the ligand-binding domains of ER α more strongly than 3-PBA and DCCA. Quercetin has toxicity and pharmacokinetic parameters corresponding to the norm and meets all the requirements for drug-like properties. Based on the data obtained *in silico*, it is possible to assert the expediency of using quercetin as a component of the prevention of complications of the endocrinotoxic action of α -cypermethrin.

Conclusions. The toxic effect of α -cypermethrin, which is aimed at disrupting the endocrine function of the gonads, may be associated with the high affinity of this compound and its metabolites for ER α , accompanied by both agonistic and antagonistic effects according to various evaluation criteria. Quercetin, a flavonoid with pronounced ER agonistic properties, can be used to prevent complications of α -cypermethrin intoxication based on its pharmacokinetic and drug-like parameters.

Keywords: molecular docking; α -estrogen receptor; quercetin; α -cypermethrin; 3-PBA, DCCA, disruptors of the endocrine system.

References

1. Al-Nour, M. Y., Ibrahim, M. M., & Elsaman, T. (2019). Ellagic acid, Kaempferol, and Quercetin from *Acacia nilotica*: Promising combined drug with multiple mechanisms of action. *Current pharmacology reports*, 5(4), 255–280. <https://doi.org/10.1007/s40495-019-00181-w>
2. Berman, H. M., Westbrook, J., Feng, Z., Gilliland, G., Bhat, T. N., Weissig, H., Shindyalov, I. N., & Bourne, P. E. (2000). The Protein Data Bank. *Nucleic acids research*, 28(1), 235–242. <https://doi.org/10.1093/nar/28.1.235>
3. Bertotto, L. B., Dasgupta, S., Vliet, S., Dudley, S., Gan, J., Volz, D. C., & Schlenk, D. (2019). Evaluation of the estrogen receptor alpha as a possible target of bifenthrin effects in the estrogenic and dopaminergic signaling pathways in zebrafish embryos. *Science of the Total Environment*, 651, 2424–2431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.079>
4. Brander, S. M., He, G., Smalling, K. L., Denison, M. S., & Cherr, G. N. (2012). The *in vivo* estrogenic and *in vitro* anti-estrogenic activity of permethrin and bifenthrin. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(12), 2848–2855. <https://doi.org/10.1002/etc.2019>
5. Chen, H., Xiao, J., Hu, G., Zhou, J., Xiao, H., & Wang, X. (2002). Estrogenicity of organophosphorus and pyrethroid pesticides. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 65(19), 1419–1435. <https://doi.org/10.1080/00984100290071243>
6. Daina, A., Michielin, O., & Zoete, V. (2017). SwissADME: a free web tool to evaluate pharmacokinetics, drug-likeness and medicinal chemistry friendliness of small molecules. *Scientific Reports*, 7 (1), 42717. <https://doi.org/10.1038/srep42717>
7. Du, G., Shen, O., Sun, H., Fei, J., Lu, C., Song, L., Xia, Y., Wang, S., & Wang, X. (2010). Assessing hormone receptor activities of pyrethroid insecticides and their metabolites in reporter gene assays. *Toxicological Sciences*, 116(1), 58–66. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfq120>
8. Forli, S., Huey, R., Pique, M. E., Sanner, M. F., Goodsell, D. S., & Olson, A. J. (2016). Computational protein-ligand docking and virtual drug screening with the AutoDock suite. *Nature protocols*, 11(5), 905–919. <https://doi.org/10.1038/nprot.2016.051>

9. Ghazouani, L., Feriani, A., Mufti, A., Tir, M., Baaziz, I., Mansour, H. B., & Mnafigui, K. (2020). Toxic effect of alpha cypermethrin, an environmental pollutant, on myocardial tissue in male wistar rats. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 5709–5717. . <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05336-2>
10. Hu, C., Wang, L., Ma, Y., Xu, Z., & Lu, H. (2022). Investigation on the interaction of pyrethroid pesticides to estrogen receptor alpha through computational and experimental methods. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 216, 112565. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2022.112565>
11. Jin, M., Li, L., Xu, C., Wen, Y., & Zhao, M. (2010). Estrogenic activities of two synthetic pyrethroids and their metabolites. *Journal of Environmental Sciences*, 22(2), 290–296. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60107-8](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60107-8)
12. Islam, M. R., Zaman, A., Jahan, I., Chakravorty, R., & Chakraborty, S. (2013). In silico QSAR analysis of quercetin reveals its potential as therapeutic drug for Alzheimer's disease. *Journal of Young Pharmacists*, 5(4), 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.jyp.2013.11.005>
13. Khatib, A. E., Hashem, N. M., El-Kodary, L. M., Lotfy, F. M., & Hassan, G. A. (2016). Evaluation of the effects of cypermethrin on female reproductive function by using rabbit model and of the protective role of Chinese propolis. *Biomedical and Environmental Sciences*, 29(10), 762–766.
14. Kim, S., Thiessen, P. A., Bolton, E. E., Chen, J., Fu, G., Gindulyte, A., Han, L., He, J., He, S., Shoemaker, B. A., Wang, J., Yu, B., Zhang, J., & Bryant, S. H. (2016). PubChem Substance and Compound databases. *Nucleic acids research*, 44(D1), D1202–D1213. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv951>
15. Koubaa-Ghorbel, F., Chaâbane, M., Jdidi, H., Turki, M., Makni-Ayadi, F., & El Feki, A. (2021). *Salvia officinalis* mitigates uterus and liver damages induced by an estrogen deficiency in ovariectomized rats. *Journal of Food Biochemistry*, 45 (5), e13542. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13542>
16. Lakshmanan, M. D., & Hassan, M. S. A., (2021). Ligand binding domain of estrogen receptor alpha preserve a conserved structural architecture similar to bacterial taxis receptors. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 681913. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.681913>
17. Lee, H. R., Kim, T. H., & Choi, K. C. (2012). Functions and physiological roles of two types of estrogen receptors, ER α and ER β , identified by estrogen receptor knockout mouse. *Laboratory Animal Research*, 28(2), 71–76. <https://doi.org/10.5625/lar.2012.28.2.71>
18. Li, C., Cao, M., Ma, L., Ye, X., Song, Y., Pan, W., ... & Zhou, J. (2018). Pyrethroid pesticide exposure and risk of primary ovarian insufficiency in Chinese women. *Environmental Science & Technology*, 52 (5), 3240–3248. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06689>
19. Liu, H., He, S., Wang, T., Orang-Ojong, B., Lu, Q., Zhang, Z., ... & Zhu, Y. (2018). Selected phytoestrogens distinguish roles of ER α transactivation and ligand binding for anti-inflammatory activity. *Endocrinology*, 159(9), 3351–3364. <https://doi.org/10.1210/en.2018-00275>
20. Marty, M. S., Carney, E. W., & Rowlands, J. C. (2011). Endocrine disruption: historical perspectives and its impact on the future of toxicology testing. *Toxicological Sciences*, 120 (1), 93–108. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfq329>
21. Millán, M. M. (2015). The role of estrogen receptor in bone cells. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, 13, 105–112. <https://doi.org/10.1007/s12018-015-9188-7>
22. Morris, G. M., Huey, R., Lindstrom, W., Sanner, M. F., Belew, R. K., Goodsell, D. S., & Olson, A. J. (2009). AutoDock4 and AutoDockTools4: Automated docking with selective receptor flexibility. *Journal of computational chemistry*, 30(16), 2785–2791. <https://doi.org/10.1002/jcc.21256>
23. Ng, H. W., Zhang, W., Shu, M., Luo, H., Ge, W., Perkins, R., ... & Hong, H. (2014). Competitive molecular docking approach for predicting estrogen receptor subtype α agonists and antagonists. *BMC Bioinformatics*, 15, 1–15. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-15-S11-S4>
24. Ortiz, D. M. D., Park, J., Lee, H., & Park, K. (2024). Integrated Assessment for the Estrogenic Effects of Pyrethroid Compounds: Defining the Molecular Initiating Events and Key Events for the Adverse Outcome Pathway. *Toxics*, 12(3), 218. <https://doi.org/10.3390/toxics12030218>
25. Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Couch, G. S., Greenblatt, D. M., Meng, E. C., & Ferrin, T. E. (2004). UCSF Chimera – a visualization system for exploratory research and analysis. *Journal of computational chemistry*, 25(13), 1605–1612. <https://doi.org/10.1002/jcc.200844>
26. Pires, D. E., Blundell, T. L., & Ascher, D. B. (2015). pkCSM: predicting small-molecule pharmacokinetic and toxicity properties using graph-based signatures. *Journal of Medicinal Chemistry*, 58 (9), 4066–4072. <https://doi.org/10.1021/acs.jmedchem.5b00104>
27. Powers, C. N., & Setzer, W. N. (2015). A molecular docking study of phytochemical estrogen mimics from dietary herbal supplements. *In Silico Pharmacology*, 3, 1–63. <https://doi.org/10.1186/s40203-015-0008-z>
28. Puranik, N. V., Srivastava, P., Bhatt, G., John Mary, D. J. S., Limaye, A. M., & Sivaraman, J. (2019). Determination and analysis of agonist and antagonist potential of naturally occurring flavonoids for estrogen

- receptor (ER α) by various parameters and molecular modelling approach. *Scientific Reports*, 9(1), 7450. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43768-5>
29. Rashidi, Z., Khosravizadeh, Z., Talebi, A., Khodamoradi, K., Ebrahimi, R., & Amidi, F. (2021). Overview of biological effects of Quercetin on ovary. *Phytotherapy research*, 35 (1), 33–49. <https://doi.org/10.1002/ptr.6750>
 30. Ravula, A. R., & Yenugu, S. (2021). Pyrethroid based pesticides—chemical and biological aspects. *Critical Reviews in Toxicology*, 51(2), 117–140. <https://doi.org/10.1080/10408444.2021.1879007>
 31. Rouane, A., Tchouar, N., Belaidi, S., Kerassa, A., & Lanez, T. (2023). Chemical structure, substitution effect, and drug-likeness applied to quercetin and its derivatives. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 15(1), 10–33. <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.1278>
 32. Sayed, F. A., Fraser, D. G., Spelsberg, T. C., Rosen, C. J., Krust, A., Chambon, P., ... & Khosla, S. (2007). Effects of loss of classical estrogen response element signaling on bone in male mice. *Endocrinology*, 148(4), 1902–1910. <https://doi.org/10.1210/en.2006-1165>
 33. Seeliger, D., & de Groot, B. L. (2010). Ligand docking and binding site analysis with PyMOL and Autodock/Vina. *Journal of computer-aided molecular design*, 24(5), 417–422. <https://doi.org/10.1007/s10822-010-9352-6>
 34. Shepelska, N. R., Prodanchuk, M. G., & Kolianchuk, Y. V. (2021). Comparative analysis of two methodological approaches to the study of endocrine disruptor alpha-cypermethrin reproductive toxicity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 12 (4), 724–732. <https://doi.org/10.15421/0221100>
 35. Shu, X., Hu, X. J., Zhou, S. Y., Xu, C. L., Qiu, Q. Q., Nie, S. P., & Xie, M. Y. (2011). Effect of quercetin exposure during the prepubertal period on ovarian development and reproductive endocrinology of mice. *Yao Xue Xue Bao*, 46 (9), 1051–1057.
 36. Slighoua, M., Amrati, F. E. Z., Chebaibi, M., Mahdi, I., Al Kamaly, O., El Ouahdani, K., ... & Bousta, D. (2023). Quercetin and ferulic acid elicit estrogenic activities in vivo and in silico. *Molecules*, 28 (13), 5112. <https://doi.org/10.3390/molecules28135112>
 37. Suthon, S., Lin, J., Perkins, R. S., Crockarell, J. R., Miranda-Carboni, G. A., & Krum, S. A. (2022). Estrogen receptor alpha and NFATc1 bind to a bone mineral density-associated SNP to repress WNT5B in osteoblasts. *The American Journal of Human Genetics*, 109(1), 97–115. <https://doi.org/10.1016/j.ajhg.2021.11.018>
 38. Trott, O., & Olson, A. J. (2010). AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading. *Journal of computational chemistry*, 31(2), 455–461. <https://doi.org/10.1002/jcc.21334>
 39. Yadav, I. C., & Devi, N. L. (2017). Pesticides classification and its impact on human and environment. *Environmental science and engineering*, 6, 140–158.
 40. Zhang, Q., Yu, S., Chen, X., Fu, L., Dai, W., & Gu, S. (2021). Stereoisomeric selectivity in the endocrine-disrupting potential of cypermethrin using in vitro, in vivo, and in silico assays. *Journal of Hazardous Materials*, 414, 125389. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125389>

**ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ
ТА УНІВЕРСИТЕТУ**



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309041](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309041)

УДК 922:37.04 Ігнатова:57.085.2[633.1:633.3]”1942/2024”

І. С. Замбріборщ, к.б.н., завідувачка лабораторії культури тканин;

<https://orcid.org/0000-0003-2430-3690>

О. Л. Шестопап, к.б.н., провідний науковий співробітник;

<https://orcid.org/0000-0002-2987-9712>

М. С. Чекалова, молодший науковий співробітник;

<https://orcid.org/0000-0001-7505-8459>

О. А. Афіногенов, молодший науковий співробітник;

<https://orcid.org/0009-0000-9392-0233>

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, Лабораторія культури тканин, Овідіопольська дорога, 3, м. Одеса, 65036, Україна, e-mail: izambriborsh@gmail.com

ПАМ'ЯТІ ДОКТОРА БІОЛОГІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРА СВІТЛАНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ ІГНАТОВОЇ

Висвітлено життєвий шлях та наукові здобутки С.О. Ігнатової – випускниці Одеського державного університету, видатної вченої, доктора біологічних наук, професорки, однієї із засновників методів біотехнології в селекції сільськогосподарських рослин на теренах колишнього СРСР. Особливу увагу приділено розвитку біотехнологічних досліджень в лабораторії культури тканин Селекційно-генетичного інституту в Одесі. Представлені результати її наукової, педагогічної та літературної діяльності.

Ключові слова: доктор біологічних наук; професор; Ігнатова Світлана; біотехнологія.

3 березня 2024 року, у віці майже 82 років пішла з життя Світлана Олександрівна Ігнатова – доктор наук, професор, одна з перших вітчизняних науковців-біотехнологів (рис. 1).

Сьогодні колектив Селекційно-генетичного інституту, якому Світлана Олександрівна віддала 48 років старанної праці, згадує її – одного з найзаслуженіших своїх фахівців.



Рис. 1. Професор, д.б.н. С.О. Ігнатова у робочому кабінеті, 2005 р.



Рис.2. Світланка біля плити на подвір'ї м. Бендери 1945 р.

Світлана Олександрівна народилася 22 березня 1942 року, у м. Нарин Тянь-Шаньської області колишньої Киргизької радянської республіки, у родині військового. Наймолодші роки вона згадувала неохоче – небезпеки та злидні були постійними супутниками тих неспокійних років (рис. 2). Усі світлини, які надані в статті, взято з родинного архіву С.О. Ігнатової з дозволу її чоловіка. Жодні складнощі післявоєнної розрухи, жодні матеріальні труднощі не змогли зламати простий і твердий характер – як насіння, що здатне пробити асфальт, коли проростає.

Ґрунтовна середня освіта стала фундаментом майбутніх перемог. Родина військового – це завжди родина, що часто переїж-

джає. Де б не навчалася Світлана, вона завжди була активною та творчою особистістю; вона навіть була нагороджена путівкою в найкращій піонерський табір «Артек» (рис. 3).

Закінчивши школу в Молдавії, Світлана Олександрівна проходить підготовчі курси і стає студенткою вже в Одесі. В 1968 році вона завершує навчання на біологічному факультеті Одеського державного університету імені І.І. Мечникова (рис. 4). Необхідність мати трудовий стаж змушує Світлану відкласти подальше навчання. Активна життєва позиція не дає зупинитися на досягнутому: через два роки після випуску, відпрацювавши належний термін на посаді старшого лаборанта в Інституті виноградарства та виноробства ім. В.Є. Таїрова, Світлана Ігнатова стає аспірантом Всесоюзного селекційно-генетичного інституту (ВСГІ).

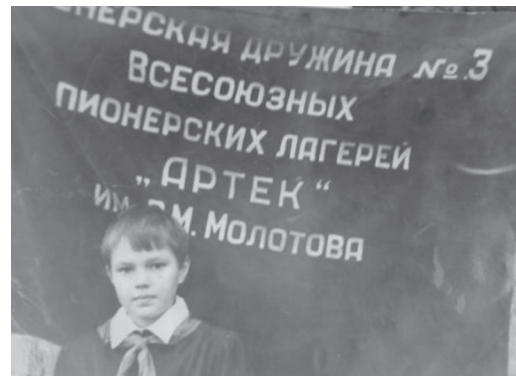


Рис. 3. С. Ігнатова у Таборі «Артек», 1954 рік

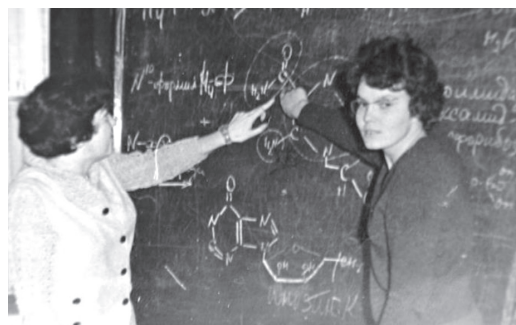


Рис. 4. Навчання в університеті



Рис. 5. Початок роботи в ВСГІ (лабораторії якості зерна)

У 1973 році, після успішного завершення аспірантської підготовки, вона вже молодший науковий співробітник в лабораторії якості зерна ВСГІ (рис. 5). Творча натура, вона шукає, де б докласти свою енергію найефективнішим чином, і до 1977 р. знаходить чіткий вектор. Починаючи з цього року, наукова діяльність Світлани Олександрівни пов'язана з удосконаленням біотехнології для прискореного створення різноманітного селекційно-генетичного матеріалу на основі методів культури клітин, тканин та органів рослин.

Розвиток біотехнології як галузі експериментальної біології розпочався у 70-х роках минулого століття в наукових установах Академії наук СРСР і Академії сільськогосподарських наук (ВАСХНІЛ). Світлана Олександрівна разом із Світланою Федорівною Лук'янюк були піонерами в галузі розробки напряму культури тканин в сільськогосподарській науці на теренах колишнього Радянського Союзу (рис. 6). У 1977 році ці молоді науковиці, працюючи у відділі генетики та цитології рослин Всесоюзного селекційно-генетичного інституту (ВСГІ, Одеса), першими в країні розпочали дослідження щодо впровадження методів *in vitro* у селекційний процес.



Рис. 6. Науковий співробітник С. Ф. Лук'янюк та м.н.с. С. О. Ігнатова під час перегляду пробірок з рослинним матеріалом *in vitro*

В 1977–1991 рр. метою колективу створеної ними (у 1985 році) лабораторії культур та клітинної селекції ВСГІ був пошук можливостей позитивного впливу на ефективність процесу гаплопродукції пшениці та тритикале, яка здійснювалась шляхом культури пиляків. В результаті досліджень було визначено оптимальний ступінь розвитку мікроспор у пиляках рослин-донорів зазначених видів з метою ініціації у них в умовах *in vitro* морфогенетичних шляхів розвитку мікроспор за спорофітною програмою. Так, було виявлено, що живильне середовище відіграє значну роль на всіх етапах гаплопродукційного процесу в культурі пиляків тритикале [10, 16, 21, 22].

Подальші дослідження, спрямовані на вдосконалення складу живильних середовищ та умов культивування пиляків та калюсів, дозволили колективу науковців на чолі зі Світланою Олександрівною (з 1991 року), розробити оптимальні умови, що підходять для культивування ізольованих пиляків м'якої пшениці, ячменю та тритикале та збільшують вихід зелених рослин-регенерантів. В результаті для одержання гаплоїдів за цим напрямом досліджень в співпраці з селекціонерами було отримано і передано для проведення польових випробувань тисячі гомозиготних ліній [1–6, 9, 10, 12, 13, 20].

Цей біотехнологічний метод застосовувався також і для досягнення константності гібридів м'якої пшениці з метою швидкого отримання з їхніх популяцій генетично стабільного різноманіття інтрогресивних та інших гібридних форм. Це багато в чому сприяло розширенню технологічних можливостей методу культури пиляків, а також його ефективного застосування у віддаленій гібридизації в роді *Triticum* [4, 5, 7, 8, 19, 20].

Іншим методом *in vitro*, що став базовим для інтенсивно розроблюваних біотехнологій в 70–90-рр. 20 століття, стає ембріокультура – культура незрілих і зрілих зародків. Міжвидова гібридизація партнерів роду *Hordeum*, спрямована на одержання гаплоїдів, інтенсивно розвивалась у 70-х роках минулого століття як система створення гаплоїдів, що базувалась на функціонуванні механізму генетичної елімінації хромосом дикої форми гібридної зернівки від схрещування культурної форми *H. vulgare* з дикими родичами. Науковим співробітником С. Ф. Лук'янюк та молодшим науковим співробітником С. О. Ігнатовою ще в 1977–1979 рр. було розроблено та проведено всю процедуру цієї методики для сорту ярого ячменю Одеський 36 з використанням клону *H. bulbosum* ($2x=14$) [17, 18].

1985 рік став роком створення у відділі генетики та цитології ВСГІ лабораторії тканинних культур та клітинної селекції. У співпраці лабораторії з відділом селекції ячменю було отримано й передано для вивчення в польових умовах понад 2,5 тисячі подвоєних гаплоїдів ярого ячменя. На їхній основі, у 1985–1993 рр. у значно коротші, ніж традиційні строки, було створено чотири сорти ярого ячменю – Джерело, Прерія, Одеський 115 і Степовий дарунок, авторами яких стали В. В. Наволоцький, С. Ф. Лук'янюк та С. О. Ігнатова. Три останніх сорти і дотепер вирощуються в Україні.

Про свої результати роботи С. Ф. Лук'янюк та С. О. Ігнатова доповідали на багатьох конференціях та симпозиумах, отримуючи високу оцінку від світової наукової спільноти (рис. 7).

Надалі колектив лабораторії культури тканин, який 25 років очолювала Світлана Олександрівна, плідно працював разом із селекційними відділами пшениці, ячменю, бобових культур та відділом фітопатології Селекційно-генетичного інституту. Виходячи з інтересів селекції економічно цінних злаків, за окремими напрямами біотехнології рослин, основою яких є методи культури *in vitro*, розпочаті в СГІ наукові дослідження продовжили в лабораторії культури тканин Південного біотехнологічного центру в рослинництві (2000–2011 рр.), створеного на базі двох теоретичних підрозділів СГІ (відділу молекулярної генетики та лабораторії біотехнології відділу генетики та біотехнології), й пізніше в Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортовивчення (2012–2018 рр.). Метою досліджень було виконання науково-технічних програм з біотехнології пшениці та ячменю за такими напрямами: збільшення ефективності гаплоїдних технологій, що використовуються для одержання лінійного матеріалу з гібридних комбінацій; розробка систем *in vitro* одержання нових гібридних форм від віддалених схрещувань з близькими й далекими родичами, з наступним переводом гібридних рослин на гомозиготний рівень; створення ефективних систем *in vitro* для одержання селекційного матеріалу зі стійкістю до грибних патогенів.

Результати біотехнологічних розробок лабораторії культури тканин на основі культури ізольованих тканин, органів і клітин таких економічно цінних сільськогосподарських рослин як пшениця, ячмінь, тритикале, рис, люцерна [11, 15] та ін. показують широкі можливості методів *in vitro* у створенні нового вихідного матеріалу для селекції цих культур. За результатами багаторічної праці С. О. Ігнатова в 2004 році захистила докторську дисертацію за темою «Біотехнологічні основи одержання гаплоїдів, віддалених гібридів і соматичних регенерантів зернових і бобових культур в різних системах *in vitro*» за спеціальністю 03.00.20 - біотехнологія.

Методами андро- та гіногенезу, *embryo rescue* та селективної селекції *in vitro* було отримано й передано для подальших польових випробувань тисячі дигаплоїдних ліній пшениці, ячменю, тритикале, рису та селекційних форм



Рис. 7. Участь у міжнародних конференціях

цих культур, серед яких було виділено зразки з високою зимостійкістю разом зі стійкістю до іржі, солестійкі та посухостійкі, стійкі до фузаріозу колоса та альтернаріозу [7, 8, 14, 20].

Значним внеском вченого у світову скарбницю науки є створена С. О. Ігнатовою школа біотехнологів. Світлана Олександрівна любила ділитися знаннями та активно виховувала зміну – дружню команду фахівців (рис. 8), які й сьогодні успішно вирішують завдання, поставлені селекціонерами. На запрошення Одеського державного аграрного університету Світлана Олександрівна в 2004 р. читала курс лекцій для студентів II курсу факультету плодоовочівництва та виноградарства з дисципліни «Біотехнологія». Крім того, С. О. Ігнатова читала лекції для спеціалістів на курсах підвищення кваліфікації, працювала членом комісії з прийому вступних іспитів до аспірантури, написала безліч рецензій, здійснювала наукове керівництво аспірантами. Безпосередньо під її керівництвом захищено дев'ять кандидатських дисертацій науковцями Беломильцевою О. В., Шерер Н. В., Задерей Н. С., Літовкіним К. В., Зелениною Г. А., Шепель Л. С., Жосонар М. В., Лобановою К. І. та Корнею Т. М.



Рис. 8. Колектив лабораторії культури тканин Південного біотехнологічного центру в рослинництві: зліва направо 2004 р. – к.б.н. І.С. Замбріборці, аспіранти Г. Мазур, Л. Шепель, Г. Зеленина, д.б.н. С.О. Ігнатова, інженер Є. З. Розжесвайло; 2007 р. – сидять: к.б.н. М.Л. Махновська, д.б.н. С.О. Ігнатова, інженер Є. З. Розжесвайло, стоять: лаборанти Л. Гребенюк, С. Андрусенко, Н. Ламарі, науковий співробітник О.Л. Шестопал, аспіранти Г. Мазур, С. Каланча, лаборант Н. Шейко, к.б.н. Г. Зеленина

Світлана Ігнатова є автором понад 300 наукових праць, серед яких монографія, патенти, науково-методичні посібники, методичні рекомендації, авторські свідоцтва і публікації у провідних наукових виданнях. Монографія «Клітинні технології в рослинництві, генетиці та селекції оброблюваних рослин: завдання, можливості, розробки систем *in vitro*», видана у 2011 році, і сьогодні є важливою підмогою для вчених, які працюють у сфері сучасних біотехнологій

[7]. Наукова спадщина С.О. Ігнатової є фундаментальним внеском у розвиток передових напрямів української та світової науки. Світлий образ С.О. Ігнатової житиме в пам'яті її учнів й послідовників.

Характер С.О. Ігнатової був запорукою таких блискучих досягнень. Навіть ті, хто знав Світлану Олександрівну вже наприкінці її кар'єри, на схилі років, не могли не помітити усієї яскравості її натури. Скажімо без перебільшення, багатьом молодим людям залишається лише позаздрити оптимізму, жвавості, невичерпній енергії та активності Світлани Олександрівни. Спортивна й рухлива, вона завжди випромінювала іскрами свіжих ідей та задумів, вона цікавилася всім навколо, чудовим чином зберігаючи юність та гнучкість розуму. З цими якостями характеру Світлани Олександрівни чудово поєднувалися її працьовитість та оптимізм.

С.О. Ігнатова була не лише талановитим вченим, а й тонким ліриком. Вона кохала весну, любила квіти й рослини, любила тварин, особливо собак, і писала вірші «про час, про життя, про природу, про себе та людей, що оточували мене в різні роки» (рис. 9). Ніщо не може охарактеризувати багатогранну тематику її віршів краще й повніше цієї цитати з поетичної збірки «Сокровенные мысли мои...», виданої у 2012 р. Невелика за обсягом збірка віршів демонструє не просто життя у всій його повноті, а й вміння радіти всьому, що тебе оточує, що відкривається твоїм очам.

«Рух – це життя!» Цей девіз Світлана Олександрівна втілювала в реальність кожної секунди! А на дверях її кабінету з внутрішнього боку красувався ще один девіз: «Ніколи не здавайся!» І вона не здавалася. На всі виклики долі відповідала посмішкою, блиском веселих очей, з гідністю підводила сиву кучеряву голову і швидким, пружним кроком йшла вперед...

Дякуємо Вам, Світлано Олександрівно, що подавали нам приклад як науковець і як людина. Пам'ятатимемо Вас!

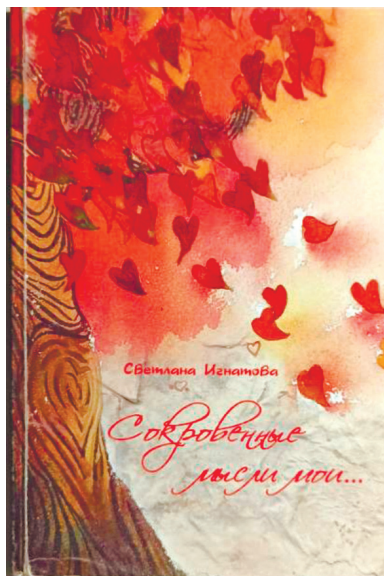


Рис. 9. Збірка поезій С. Ігнатової «Сокровенные мысли мои...», 2012 рік

Стаття надійшла до редакції 7.05.2024

Список використаної літератури

1. Жосонар М.В., Ігнатова С.О., Файт В.І., Федорова В.Р. Регенераційна здатність різних за тривалістю яровизації та фотоперіодичній чутливості сортів озимої м'якої пшениці в культурі пиляків *in vitro*. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Серія: біологія, 2004. Вип.2(5). С. 79–83.
2. Замбріборщ І.С., Шестопап О.Л., Ігнатова С.О. Створення *in vitro* вихідного селекційного матеріалу пшениці та рису. *Сільськогосподарська біотехнологія: теоретичні розробки і впровадження в селекцію рослин*. Одеса: Астропринт, 2016. С. 139–148.
3. Замбріборщ І.С., Шестопап О.Л., Шпак Д.В., Добрава Г.О., Ігнатова С.О. Вплив гелеутворюючого компоненту живильного середовища на ефективність андрогенезу *in vitro* *Oryza sativa* L. *Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів*. 2016. Т. 14, № 2. С. 178–180.
4. Зибарова І.В., Рыбалка А.І., Ігнатова С.А. Аналіз вихода регенерантів при культивуванні пиляків інтрогресивних форм пшениці. *Цитологія і генетика*. 1998. Т. 32, № 6. С. 73–77.
5. Ігнатова С.О. Реалізація тотипотеності мікроспор в культурі пиляків *in vitro* та її використання в селекційно-генетичних експериментах: *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть*. Ред. В.В. Моргун. Київ: Логос, 2001. Т. 1. С. 562–573.
6. Ігнатова С.А. Прогнозування устойчивості м'якої пшениці к фузариозу колоса і отбор толерантних форм в умовах *in vitro*. *Геном рослин*. Зб. наук. статей. 5 між. научн. конфер. Одеса. 2008. С. 187–191.
7. Ігнатова С.О. Клітинні технології в рослинництві, генетиці та селекції оброблених рослин: завдання, можливості, розробки систем *in vitro*: [монографія]. Одеса: Астропринт, 2011. 224 с.
8. Ігнатова С.О. Розробка та застосування методів культури *in vitro* і їх використання в селекції сільськогосподарських рослин. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту–Національного центру насіннєзнавства та сортовицтва* (100-літньому ювілею інституту присвячується). Одеса: НЦНС, 2012. Вип. 20(60). С. 192–213.
9. Ігнатова С.О., Лобанова К.І., Шестопап О.Л. Абсцизова кислота як екзогенний фактор підвищення регенераційного потенціалу в культурі пиляків м'якої пшениці. *Вісник Харківського Національного аграрного університету*. 2007. Вип. 1 (10). С. 102–110.
10. Ігнатова С.А., Лукьянюк С.Ф. Исследование диплоидизации гаплоидов ячменя и тритикале. *Цитология и генетика*. 1980. Т. 14, № 5. С. 60–63.
11. Ігнатова С.А., Овсюк Т.Н. Прием клеточной селекции в получении фузариозоустойчивых растений люцерны *Международный агропромышленный журнал СЭВ*. 1989, № 5. С. 95–100.
12. Ігнатова С.О., Шестопап О.Л. Цитологічний моніторинг ефективності морфогенезу в культурі пиляків м'якої пшениці для оцінки її здатності до андрогенезу. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. Збірн. наук. праць. К: Логос, 2006. Т. 3. С. 527–531.
13. Махновская М.Л., Литвиненко Н.А., Ігнатова С.А. Технология получения удвоенных гаплоидов и источников высокой андрогенетической способности у пшеницы. *Цитология и генетика*. 1999. Т. 33, № 2. С. 45–49.
14. Шепель Л.С., Ігнатова С.О., Махновська М.Л., Бабаш А.Б. Шляхи використання біотехнології в селекції ярого ячменю до фіто захворювань. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2005. Вип. 29. С. 167–173.
15. Ignatova S., Ovsjuk T., Lucjanjuk S. Elaboration of the principles of Alfalfa cell breeding for resistance to *Fusarium*. *Proc. Eucarpia. sativa group meeting*. Komplot. Hungary, 1991. P. 184–187.
16. Lukjanjuk S. F., Ignatova S. A., Sozinov A. A. Use of *in vitro* techniques to create haploids in barley and triticale. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR, Berlin*. 1983. Bd. 207. P. 41–48.
17. Lukjanuk S. P., Ignatova S. A., Navolotsky V. D. The investigation of the process of haploid development in *Hordeum vulgare* with the help of haploproducers / *Proceed. Intern. Symp. Plant Tissue and Cell Culture Application to Crop Improvement* cd. Novak. Olomouc. Czechoslovakia, 1984. P. 251–252.
18. Lukjanjuk S. F., Ignatova S. A. III 2 Triticale: Production of Haploid and Homozygous Plants. *Biotechnology in Agricultural and Forestry Crop I* (Ed Y.P.S. Bajaj) Springer-Verlag, Berlin. 1986. Vol 2. P. 530–543.
19. Machnovskaya M. L., Ignatova S. A. The embryogeny and regeneration in culture of immature embryos of winter durum and bread wheat / *Abstr. Report. II Intern. Conf. Biology of Plant Cell Cultures and Biotechnology*. Almata, 1993. P. 14.
20. Machnovskaya M., Ignatova S., Litvinenko N., Babayants L. Anther culture in breeding of common wheat for stress resistance / *9 Intern. Wheat Genet. Symp. Proc. Canada. Suckaton*, 1998. Vol. 3. P. 198–199.
21. Sozinov A., Lukjanjuk S., Ignatova S. Anther cultivation and induction of haploid plants in *Triticale*. *Z. Pflanzenzucht*. 1981. Vol. 86. P. 272–285.
22. Sozinov A. A., Lukjanjuk S. F., Maksimova V. I., Ignatova S. A. Study of morphogenesis in the culture of triticale anthers. *Cer. Res. Commun*. 1981. Vol. 9, № 2. P. 103–113.

І. С. Замбріборщ, О. Л. Шестопад, М. С. Чекалова, О. А. Афіногенов

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення, лабораторія культури тканин, Одеса, Овідіопольська дорога, 3, 65036, Україна, e-mail: izambriborsh@gmail.com

ПАМ'ЯТІ ДОКТОРА БІОЛОГІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРА СВІТЛАНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ ІГНАТОВОЇ

Резюме

Проблема. Доктор біологічних наук, професор Світлана Олександрівна Ігнатова все життя працювала в декількох наукових закладах м. Одеси: Інституті виноградарства та виноробства ім. В. Є. Таїрова (1964–1970), Всесоюзний селекційно-генетичний інститут (1970–1991), Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення (1991–1999 та 2012–2018), Південний біотехнологічний центр у рослинництві УАН (2000–2012). Її життя та діяльність нерозривно пов'язані з розвитком сільськогосподарської біотехнології в Україні.

Мета. Метою нашого дослідження стало шанування пам'яті професора С. О. Ігнатової, висвітлення основних біографічних даних і результатів її науково-педагогічної діяльності.

Основні результати. С. О. Ігнатова плідно працювала над теоретичними і прикладними проблемами біотехнології сільськогосподарських культур і є піонером використання в Україні досягнень щодо успішного застосування в селекційному процесі вихідного матеріалу, отриманого методами культури тканин, органів і клітин *in vitro*. Під керівництвом Світлани Олександрівни розроблено принципи і повну технологію прискореного отримання лінійних сортів ячменю і пшениці з використанням гаплопродюсерів. За цією технологією створені сорти ячменю Одеський 115 і Прерія, що висіваються на значній площі в Україні. Велику увагу С. О. Ігнатова приділяла підготовці наукових кадрів (аспірантів, стажерів і студентів).

Висновки. Наукова спадщина С. О. Ігнатової – це багаторічні фундаментальні дослідження в питаннях біотехнології основних сільськогосподарських культур, які є значним внеском у розвиток передових напрямів української та світової науки. Світлана Олександрівна є автором понад 300 наукових праць, серед яких монографія, патенти, науково-методичні посібники, методичні рекомендації, авторські свідоцтва і публікації у провідних наукових виданнях. Справу життя С. О. Ігнатової продовжують її учні, пам'ятаючи світлий образ свого професора – енергійної, рішучої та натхненної жінки.

Ключові слова: доктор біологічних наук; професор; Ігнатова Світлана; біотехнологія.

I. S. Zambriborshch, O. L. Shestopal, M. S. Chekalova, O. A. Afinogenov
Plant Breeding & Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar
Investigation, Laboratory of Tissue Culture, 3 Ovidiopolska Road, Odesa, 65036,
Ukraine, e-mail: izambriborsh@gmail.com

IN MEMORY OF DOCTOR OF BIOLOGICAL SCIENCES, PROFESSOR SVITLANA IGNATOVA

Summary

Problem. Doctor of Biological Sciences, Professor Svitlana Oleksandrivna Ignatova dedicated her entire life to several scientific institutions in Odesa: V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking (1964–1970), All-Union Plant Breeding and Genetics Institute (1970–1991), the Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation (1991–1999 and 2012–2018), and the South Plant Biotechnological Center of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences (2000–2012). Her life and work were inextricably linked to the development of agricultural biotechnology in Ukraine.

Aim. The purpose of our research was to honor the memory of Professor S. O. Ignatova, to highlight the main biographical data and the results of her scientific and pedagogical activities.

Results. S. O. Ignatova fruitfully worked on theoretical and applied problems of agricultural crops biotechnology and was a pioneer in the use of achievements in Ukraine regarding the successful application in the selection process of the source material obtained by *in vitro* methods of tissue, organ and cell culture. Under the leadership of Svitlana Oleksandrivna, the principles and complete technology of accelerated production of linear varieties of barley and wheat with the use of haploproducers were developed. The barley varieties – Odessky 115th and Prairie, which were sown on a large area in Ukraine, were created using this technology. The great attention of S. O. Ignatova was devoted to the training of scientific personnel (graduate students, interns and students).

Conclusions. S. O. Ignatova's scientific legacy was a long-term fundamental research in the biotechnology of major agricultural crops, which was a significant contribution to the development of advanced areas of Ukrainian and world science. Svitlana Oleksandrivna was the author of more than 300 scientific works, including monographs, patents, scientific and methodological manuals, methodological recommendations, author's certificates and publications in leading scientific journals. The life story of S. O. Ignatova is continued by her students, remembering the bright image of their professor – an energetic, determined and inspired woman.

Key words: Doctor of Biological sciences; professor; Svitlana Ignatova; biotechnology.

Referenses

- Zhomonar M. V., Ignatova S.O., Fait V.I., Fedorova V.R. Regenerative ability of winter soft wheat varieties of different duration of vernalization and photoperiodic sensitivity in anther culture *in vitro* [Reheneratsiina zdattist riznykh za tryvalystiu yarovyzatsii ta fotoperiodychnii chustlyvosti sortiv ozymoi miahkoi pshenytsi v kulturi pyliakiv *in vitro*]. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*. Series: biology, 2004. Issue 2(5). P. 79–83. [in Ukrainian]
- Zambriborshch I.S., Shestopal O.L., Ignatova S.O. Creation of *in vitro* initial breeding material of wheat and rice [Stvorennia *in vitro* vykhidnoho selektsiinoho materialu pshenytsi ta rysu]. *Agricultural biotechnology: theoretical developments and implementation in plant breeding*. Odesa: Astroprint, 2016. P. 139–148. [in Ukrainian]
- Zambriborshch I.S., Shestopal O.L., Shpak D.V., Dobrova G.O., Ignatova S.O. The influence of the gel-forming component of the nutrient medium on the efficiency of androgenesis *in vitro* of *Oryza sativa* L. [Vplyv helevtorivniuchoho komponentu zhyvlynoho seredovyscha na efektyvnist androhenezu *in vitro* *Oryza sativa* L.]. *Bulletin of the Ukrainian Society of Geneticists and Breeders*. 2016. Vol. 14, No. 2. P. 178–180. [in Ukrainian]
- Zibarova I. V., Rybalka A. I., Ignatova S. A. Analysis of the yield of regenerants during the cultivation of anthers of introgressive forms of wheat [Analiz vyhoda regenerantov pri kul'tivirovanii pyl'nikov introgressivnykh form pshenytsi]. *Cytology and genetics*. 1998. T. 32, № 6. P. 73–77. [in Russian]
- Ignatova S. O. Realization of totipotency of microspores in the culture of pilus *in vitro* and research in selection and genetic experiments: Genetics and selection in Ukraine for thousands of years. [Realizatsiia totypotenosti mikrospor v kulturi pyliakiv *in vitro* ta ii vykorystannia v selektsiino-henetychnykh eksperymentakh: Henetyka i selektsiia v Ukraini na mezhi tysiacholit.]. Red. V.V. Morgun. Kyiv: Logos, 2001. T. 1. P. 562–573. [in Ukrainian]
- Ignatova S.A. Prediction of resistance of common wheat to Fusarium head blight and selection of tolerant forms in *in vitro* conditions [Prohnozrovanye ustoichyvosti miahkoi pshenytsi k fuzaryozu kolosa i othor tolerantnykh form v uslovyakh *in vitro*]. *Plant genome*. Collec. of science articles 5 Inter. scientific conference Odesa. 2008. P. 187–191. [in Russian]
- Ignatova S. O. Cell technologies in plant breeding, genetics and breeding of cultivated plants: tasks, possibilities, development of *in vitro* systems: [monograph] [Klitynni tekhnologii v roslynytstvi, henetytsi ta selektsii obrobliuvanykh roslyn: zavdannia, mozhyvosti, rozrobky system *in vitro*]. Odesa: Astroprint, 2011. 224 p. [in Ukrainian]
- Ignatova S.O. Development and application of *in vitro* culture methods and their use in the selection of agricultural plants [Rozrobka ta zastosuvannia metodiv kultury *in vitro* i yikh vykorystannia v selektsii silskohospodarskykh Roslyn]. *Collection of scientific works of the Breeding and Genetics Institute – National Center for Seed Science and Varietal Research* (dedicated to the 100th anniversary of the institute). Odesa: National Academy of Sciences, 2012. Vol. 20(60). P. 192–213. [in Ukrainian]
- Ignatova S. O., Lobanova K.I., Shestopal O.L. Abscisic acid as an exogenous factor for increasing regeneration potential in soft wheat anther culture [Abstysyova kyslota yak ekzohennyi faktor pidvyshchennia reheneratsiinoho potentsialu v kulturi pyliakiv miakoi pshenytsi]. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*. Series: biology, 2007. Issue. 1 (10). P. 102–110. [in Ukrainian]
- Ignatova S. A., Lukjanjuk S. F. Study of diploidization of barley and triticale haploids [Issledovanye diploidydzatsyi haploydov yachmenia y tritikale]. *Cytology and genetics*. 1980. T. 14, № 5. P. 60–63. [in Russian]
- Ignatova S., Ovsjuk T. Method of cell selection in obtaining fusiform-resistant alfalfa plants [Priem kletochnoj selektsii v poluchenii fuzfriooustojchivyyh rastenij lucerny] *Mezhdunarodnyj agropromyshennyj zhurnal*. 1989, № 5. P. 95–100. [in Russian]
- Ignatova S. O., Shestopal O. L. Cytological monitoring of the efficiency of morphogenesis in anther culture of soft wheat to assess its ability to androgenesis [Tsitologichnyi monitorynh efektyvnosti morfohenezu v kulturi pyliakiv m'iakoi pshenytsi dlia otsinky ii zdattosti do androhenezu]. *Factors of experimental evolution of organisms*. *Collection of sciences. works* K: Logos, 2006. T.3. P. 527–531. [in Ukrainian]
- Machnovskaya M. L., Litvinenko N.A., Ignatova S.A. Technology for obtaining doubled haploids and sources of high androgenetic ability in wheat [Tehnologiya polucheniya udvoennykh gaploidov i istochnikov vysokoy androgeneticheskoy sposobnosti u pshenytsi]. *Cytology and genetics*. 1999. T. 33, № 2. P. 45–49. [in Russian]
- Shepel L. S., Ignatova S. O., Makhnovska M. L., Babash A. B. Ways of using biotechnology in the selection of spring barley against phytodiseases [Shliakhy vykorystannia biotekhnologii v selektsii yaroho yachmeniu do fito zakhvoriuvan]. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region*. 2005. Vol. 29. P. 167–173. [in Ukrainian]

15. Ignatova S., Ovsjuk T., Lucjanjuk S. Elaboration of the principles of Alfalfa cell breeding for resistance to *Fusarium*. *Proc. Eucarpia. sativa group meeting*. Komplot. Hungary, 1991. P. 184–187.
16. Lukjanjuk S. F., Ignatova S. A., Sozinov A. A. Use of in vitro techniques to create haploids in barley and triticales. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch. Wiss. DDR, Berlin*. 1983. Bd. 207. P. 41–48.
17. Lukjanuk S. P., Ignatova S. A., Navolotsky V. D. The investigation of the process of haploid development in *Hordeum vulgare* with the help of haploproducers / *Proceed. Intern. Symp. Plant Tissue and Cell Culture Application to Crop Improvement* ed. Novak. Olomouc. Czechoslovakia, 1984. P. 251–252.
18. Lukjanjuk S. F., Ignatova S. A. III 2 Triticales: Production of Haploid and Homozygous Plants. *Biotechnology in Agricultural and Forestry Crop I* (Ed Y. P. S. Bajaj) Springer-Verlag, Berlin. 1986. Vol 2. P. 530–543.
19. Machnovskaya M. L., Ignatova S. A. The embryogeny and regeneration in culture of immature embryos of winter durum and bread wheat / *Abstr. Report. II Intern. Conf. Biology of Plant Cell Cultures and Biotechnology*. Almata, 1993. P. 14.
20. Machnovskaya M., Ignatova S., Litvinenko N., Babayants L. Anther culture in breeding of common wheat for stress resistance / *9 Intern. Wheat Genet. Symp. Proc. Canada. Suckaton*, 1998. Vol. 3. P. 198–199.
21. Sozinov A., Lukjanjuk S., Ignatova S. Anther cultivation and induction of haploid plants in *Triticale*. *Z. Planzenzuchtg.* 1981. Vol. 86. P. 272–285.
22. Sozinov A. A., Lukjanjuk S. F., Maksimova V. I., Ignatova S. A. Study of morphogenesis in the culture of triticales anthers. *Cer. Res. Commun.* 1981. Vol. 9, № 2. P. 103–113.

[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1\(54\).309042](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.1(54).309042)
УДК 378.4(477.74-25):582.28-047.37(091)“1865/1890”

В. О. Кузнєцов, к.і.н., доцент; <https://orcid.org/0000-0002-3603-1584>

Ф. П. Ткаченко, д.б.н., професор; <https://orcid.org/0000-0001-5769-5120>

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, кафедра ботаніки, фізіології рослин та садово-паркового господарства, Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: cuznetsov@onu.edu.ua

ІСТОРІЯ МІКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ОДЕСЬКОМУ (НОВОРОСІЙСЬКОМУ) УНІВЕРСИТЕТІ (1865–1890 рр.)

Проаналізовано початок мікологічних досліджень на півдні України у другій половині XIX століття. Встановлено, що спеціальні дослідження грибів і лишайників регіону здійснювали професори Одеського (Новоросійського) університету: Л.С. Ценковський, О.О. Янович, Я.Я. Вальц, Л.А. Рішаві, І.І. Мечников, а пізніше і їх учні – випускники університету – М.К. Срединський, І.Ф. Кошуг, В.Ф. Хмелевський, І.М. Красильщик, В.І. Шманкевич, О.І. Погібко та Є.Л. Рекало. У їх працях представлені перші узагальнення мікобіоти регіону. До них додавалися списки і перші описи деяких видів слизовиків та лишайників. Особлива увага вчених цього періоду була акцентована на розробці методів біологічної боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур (пшениці та цукрового буряку) з використанням грибів-паразитів. Вивчалися хвороби рослин, збудниками яких є паразитичні гриби і розроблялися заходи боротьби з ними. Досліджувалася біологія розвитку окремих видів грибів.

Ключові слова: історія Одеського університету, мікологічні дослідження.

Розвиток мікологічних досліджень на півдні України в середині XIX ст. був обумовлений рядом чинників: зародження мікології як наукового напрямку, зростання чисельності населення, для якого актуальними були медичні аспекти вивчення грибів збудників небезпечних захворювань людей та тварин; активний розвиток сільського господарства, якому грибокві захворювання культурних рослин завдавали значної шкоди. З відкриттям Новоросійського університету на ці проблеми починають звертати увагу його вчені-біологи. Про їх дослідження в літературі існують лише фрагментарні, розсіяні по різних джерелах факти, тому вважаємо також за необхідне навести знайдені матеріали з їх особистих біографій.

Метою нашої роботи стало вивчення історії мікологічних досліджень у Одеському (Новоросійському) університеті у третій чверті XIX ст.

Методи дослідження

Вивчали протоколи засідань: вченої ради Імператорського Новоросійського університету (ІНУ), Новоросійського товариства природознавців (НТП),

Імператорського товариства сільського господарства півдня Росії (ІТСГПР), Одеського відділення Імператорського російського товариства садівництва (ОВІРТС); опрацьовували наукові видання цих закладів і товариств; за документами різних установ уточнювали біографічні дані маловідомих учених. Для створення єдиної цілісної картини розвитку мікологічних досліджень у другій половині ХІХ ст. вивчали хронологію накопичення нових знань у цій галузі.

Результати та їх обговорення

До відкриття ІНУ в м. Одесі цілеспрямованих досліджень з мікології на півдні України не проводили, існували лише окремі фрагментарні свідчення учених, які відвідували цю територію.

Перший достовірний список грибів для м. Одеси був складений О. Д. Нордманом – професором Рішельєвського ліцею і директором Імператорського Одеського ботанічного саду (ІОБС). Список містив 26 видів грибів і 8 видів лишайників [40]. Попереднє визначення грибів і лишайників виконав автор, а уточнив французький ботанік і міколог Жозеф-Анрі Левейє під час Демидівської експедиції в 1837 р. [17]. Цей список передруковувався декілька разів [41,42], а в 1863 р. головний садівник ІОМБС П. Хрустальов подав його для «Материалы для географии и статистики России» [85]. Укладач підкреслює, що наведений список «...є досить повним оглядом всіх таємношлюбних рослин, що з'являються на різних деревних породах у саду, з яких однак лише невелика частина шкодить деревам:

1) *Fungi*, гриби.

Agaricus rotula, Scop. (= *Marasmius rotula* (Scop.) Fr.), на дубовому листі; *Peziza nigra* Bull., на дубовій корі; *Rhytisma acerinum* Pers. Fr. та *R. punctatum* Pers. Fr., на листі *Acer campestre* L; *Sphaeria insitiva* Tode, на виноградних вусях, *S. macrostoma* (= *Lophiostoma macrostomum* (Tode) Ces. & De Not на листі *Paliurus australis* Gaertn., *S. maculaesformis* Pers. та *S. punctiformis* на дубовому листі; *Dothidea rubra* (= *Polystigma rubrum* (Pers.) DC., на листі *Prunus domestica* L, *D. ulmi* Fr. (= *Dothidella ulmi* (C.-J. Duval) G. Winter, на листі *Ulmus campestris* L, *D. paliuri*, Lev. (= *Asteromella paliuri* (Lev.) Arx., на листі *Paliurus*; *Stigmella druina* Lev., на дубовому листі; *Septoria ulmi* Ellis & Everh., на листі *Ulmus* L., *S. rhois* Lev., на листі *Rhus cotinus* L; *Ascochyta acerina* Lev., на листі *Acer campestre* L; *Erysiphe oxyacanthae*, D.C. (= *Podosphaera clandestine* (Wallr.) Lv., на листі *Crataegus oxyacantha* L., *E. berberides*, D.C., на листі *Berberis vulgaris* L., *E. comata* Link (= *Erysiphe euonymi* DC.), на листі *Euonymus europaea* L, *E. aceris*, D.C. (= *Sawadaea bicornis* (Wallr.) Homma), на листі *Acer campestre* L *Aecidium laceratum* Sow (= *Gymnosporangium clavariiformae* (Wulfen) Dc.) на сучках, плодах та листі *Crataegus oxyacantha* L; *Phlebomorpha incrassatum*, Link., на листі троянд; *Uredo rosae* Pers., на листі *Rosa centifolia* L., *U. prunastrii*, D.C., на листі *Prunus domestica* L., та *Armeniaca vulgaris* Lam; *Melanconium ovatum* (Pers.)

Link., на стовбурі *Juglans regia* L.; *Stilbospora pyriformis* Hoffm, на гілках *Acer campestre* L.; *Tubercularia confluens* Pers. (= *Nectria cannabarina* (Tode) Fr.), на гілках *Ulmus campestris* L.

2) *Lichenes*, лишайники.

Verucaria cerasi, Ach., на корі вишневих дерев; *Lecanora parella*, Ach. (= *Ochrolechia parella* (L.) A. Massal.), на стовбурах різних дерев; *Parmelia tiliacea* Ach. (= *Parmelia tiliaceae* (Hattm.) Fr.), на стовбурі *Quercus pubescens* Willd, *P. pulverulenta*, Ach. (= *Physconia pulverulenta* (Schreb.) Poel), на стовбурах різних порід дерев, *P. aipolia*, Ach. (= *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Fűrnr.), на стовбурах різних порід дерев, *P. ciliaris* Ach. (= *Anaptychia ciliaris* (L.) Flot.), також; *Ramalina calicaris*, Ach. (= *Ramalina calicaris* (L.) Rohl.), також; *Ewernia prunastri* Ach (= *Evernia prunastri* (L.) Ach.) [85. С. 381–382]. Назви видів грибів і лишайників подані за оригінальним написанням, а в дужках – їх сучасні назви.

Подальші мікологічні дослідження в регіоні здійснювали професори університету та їх учні.

Першим ординарним професором з кафедри ботаніки в 1865 р. було призначено Л. С. Ценковського, який обіймав цю посаду до 1871 р.

Лев (Леон) Семенович Ценковський (1822–1887)

Народився 1(13) жовтня 1822 р. у м. Варшаві в збіднілій польській дворянській родині. Закінчив губернську гімназію і був відряджений як стипендіат Царства Польського до Петербурзького університету. У студентські роки навчався в гуртку академіка К. М. Бера, де вперше ознайомився з методами мікроскопічних досліджень.

Після закінчення університету був залишений в університеті на рік для підготовки до професорського звання. У 1846 р. захистив дисертацію на ступінь магістра ботаніки і в травні 1850 р. був призначений професором природничої історії в Демидівський ліцей. У травні 1856 р. удостоєний ступеня доктора ботаніки, за яку одержав Демидівську премію, а в липні затверджений у званні професора ботаніки [3; 36]. Слід відзначити, що хоча його дисертації були присвячені вивченню рослин і найпростіших тварин, у них він також приділяє велику увагу і грибним організмам. Л. А. Рішаві підкреслював, що вже у своїй магістерській дисертації «... Ценковський на закінчення повідомляє про спостереження над історією розвитку найпростішого гриба *Achlya proliferata* Nees [De Bary], ...» [5, с. 65]. П. М. Бучинський також відзначав, що: «Усі роботи Ценковського взагалі можна розділити на дві великі групи, у першій із них він розглядає такі організми, які безперечно належать до тваринного світу, а в іншій – такі, що, безсумнівно, належать до рослинного царства. Є, втім, і змішані роботи, в яких він зачіпає представників обох царств. До числа останніх робіт належить його докторська дисертація (...), – у ній він представляє історію розвитку багатьох водоростей, грибів, історію розвитку флагеллят...» [5, с. 27–

28]. У цій роботі Л. С. Ценковський приділяє грибу *A. prolifera* цілий параграф [79]. Він докладно описує його будову, особливості розвитку міцелію, формування спорангіїв і розвиток у них спор. Недосконалість систематики живих організмів на той час відобразилося і в його роботі. Спочатку він говорить про *A. prolifera* як про водорість: «Навряд чи існує інша мікроскопічна рослина, в якій би можна було так зручно стежити за найголовнішими гістологічними процесами, як *A. prolifera*» – і далі – «Я намагався безпосереднім мікроскопічним аналізом підглянути початок розвитку цієї паразитичної водорості» [79, с. 199–203]. А наприкінці називає її тільки «грибом», наприклад, у коментарях до таблиць: «12. Паразитний гриб (ймовірно *A. prolifera*), що проростає в abdomen мухи. 13. Клітинки цього ж гриба з оточуючою їх драглистою оболонкою» [80, с. 65].

У 1871 р. Л. С. Ценковський залишив м. Одесу і перейшов до Харківського університету, у травні 1887 р. виїхав за кордон для лікування; помер 13(25) вересня 1887 р. у м. Лейпцигу [2;15].

Л. С. Ценковський залишив в Одесі багато учнів, проте лише двоє з них продовжили дослідження в галузі мікології – М. К. Срединський і В. І. Шманкевич.

Микола Кирилович Срединський (1843–1908)

М. К. Срединський, народився у 1843 р. у сім'ї священника. Після навчання в Катеринославській духовній семінарії вступив у 1867 р. до природничого відділення ІНУ, який закінчив зі ступенем кандидата в 1871 р. [67] і був залишений на кафедрі ботаніки, де працював по 1874 р. Обдарованість, працьовитість і допитливість студента привернули до себе увагу професорів природничого відділення, тому ще в листопаді 1870 р., коли М. К. Срединський був студентом IV курсу, з ініціативи Л. С. Ценковського фізико-математичний факультет клопотав про залишення його для підготовки до професорського звання як стипендіата з 1 травня 1871 р. строком на 2 роки. За цей час М. К. Срединський успішно витримав магістерський іспит [36].

У 1872 р. НТП з метою вивчення природи південного регіону організувало геологічні, зоологічні та ботанічні екскурсії. Як зазначено у звіті: «Н. К. Срединський взяв на себе вивчення водоростей наших лиманів (...). Під час екскурсій увагу п. Срединського привернули представники інших відділів таємношлюбних рослин, головним чином з класу грибів (...). [Він] передав Товариству колекцію грибів (96 форм), водоростей (25 ф.) та інших криптогамів (48 ф.) – загалом 169 форм, з яких не визначено ще лишайники і мохи» [45, с. 143–144]. На основі отриманих даних М. К. Срединський опублікував роботу «Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии» [72]. У двох розділах праці – «Альгологические и микологические экскурсии по низовьям Днепра и Днестра» та «Список водорослей и грибов, встречающихся в Новороссии и Бессарабии» наводить 242 види грибів цього регіону, які відносяться до 23 родин і 86 родів (*Phycomycetes* De Bari. (= Schrot) – 2 родини, 4 род., 6

вид.; *Zygomycetes* Brefeld. (=G. Winter) – 2 родини, 4 род., 5 вид.; *Hypodermii* De Bari (=Fr.) – 2 родини, 7 род., 55 вид.; *Ascomycetes* De Bari. (=G. Winter) – 8 родин, 43 род., 105 вид.; *Basidiomycetes* De Bari. (=G. Winter) – 9 родин, 24 род., 65 вид.; *Mucormycetes* G. Winter – 4 род.– 6 вид.) [55; 56; 72; 73]. (Назви таксонів наведені згідно з оригіналом, а в дужках подані сучасні уточнені їх автори).

Необхідно особливо відзначити, що в роботі ретельно проаналізовані історичні джерела щодо дослідження криптогамів у регіоні.

Доповнена і виправлена робота була надрукована окремим виданням і подана у 1874 р. як дисертація до Петербурзького університету. Після блискучого захисту М. К. Срединський отримав пропозицію від Міністерства землеробства і державних маєтностей на службу в корпус лісничих і прийняв її. З 1895–1907 рр. обіймав посаду віце-директора Корпусу лісничих Міністерства землеробства і державних маєтностей, керував розробкою асортименту і методів вирощування захисних лісосмуг уздовж залізниць імперії [74].

Помер 1908 р. у м. Санкт-Петербурзі.

Володимир Іванович Шманкевич (1836–1880)

В. І. Шманкевич народився 15 червня 1836 р. у с. Куча, Ушицького повіту Подільської губернії (нині – Кам'янець-Подільський р-н., Хмельницької обл.) у родині протоієрея. Закінчив Кишинівську духовну семінарію в 1861 р. [34]. Деякий час викладав у повітових училищах м. Сорок і м. Кишинева. У 1866 р. вступив до природничого відділення ІНУ, яке закінчив у 1870 р., розпочав викладацьку роботу в Рішельєвській гімназії [18; 19]. У 1875 р. він публікує велику роботу «Некоторые ракообразные соляно-озерных и пресных вод и отношение их к среде» [82], в якій показав вплив екологічних чинників на модифікаційну мінливість деяких ракоподібних і завдяки їй В. І. Шманкевич увійшов в історію біологічної науки як засновник експериментальної екології. Він продовжив свої дослідження з організмами різних царств [83]. У цих роботах все більше починають проглядатися механо-ламаркистські тенденції у поглядах В. І. Шманкевича щодо переродження видів під впливом зовнішнього середовища [51].

У 1879 р. В. І. Шманкевич видає роботу «Об отношении некоторых бесцветных *Flagellata* к водорослям и грибам» [84]. Предметом дослідження були гриби родів *Penicillium* Link. і *Aspergillus* P. Micheli. Автор розробив оригінальну методику для спостереження за проростанням їхніх спор і розвитком міцелію в «напівзакритому препараті», що давало змогу контролювати температуру, освітлення, концентрацію солей і газообмін. Паралельно гриби культивувалися в невеликих посудинах.

У процесі досліджень В. І. Шманкевич робить дивні «відкриття»: «Потрібно зауважити, що під час використання, замість малих, досить великих посудин, з достатньою кількістю води, на сонячному освітленні утворюються зі свіжих спор *Aspergillus* спочатку не тільки амеби, а й безбарвні рухомі монади,

які розмножуються діленням, і мають будову недорозвиненої або затриманої в розвитку *Anisonema acinus* (без глоткової трубки) і такі ж за розміром, як спори *Aspergillus*» [84, с. 36]. З часом він іде ще далі: «Тому, така порівняно високо розвинена між *Flagellata* ми форма, як *Anisonema acinus* (...), може (...) перетворитися на блукаючі спори гриба або зародки водорості, відповідно до зовнішніх умов (...)» [84, с. 58].

Зрештою він робить висновок: «Після цього я не бачу для себе потреби припускати тут значення природного добору, що ґрунтується на боротьбі організмів за існування, і вносить у розв'язання задачі нову невідому величину, сформульовану при тому в дусі Мальтуса» [84, с. 64].

Саме ця робота викликала збурення в середовищі вчених-біологів. Б. Н. Мазурмович пише, що від В. І. Шманкевича вимагали відректися від цих «відкриттів», усіяло висміювали і критикували. Не витримавши всього цього, 22 квітня 1880 р. Володимир Іванович покінчив життя самогубством [4; 35].

Разом з Л. С. Ценковським на кафедрі ботаніки працював О. О. Янович (з 1865 р. – доцент, з 1866 р. – екстраординарний, а з 1867 р. – ординарний професор), який зробив значний внесок у розвиток мікології.

Олексій Онисимович Янович (1831–1871)

Народився у м. Ростові-на-Дону в дворянській родині, точна дата народження невідома. Закінчив фізико-математичний факультет Київського університету Св. Володимира 1856 р. зі ступенем кандидата, там же у 1858 р. здобув вчений ступінь магістра ботаніки і став приват-доцентом. З 1859 р. до 1863 р. викладав у Казанському університеті (з 1861 р. екстраординарний професор). У 1863 р. був відряджений за кордон, де проводив дослідження з особливостей розвитку органів спороношення у грибів роду *Nectria* (Fr.) Fr. у лабораторії Г. А. де Барі у Фрайбурзі [43; 88].

Після повернення призначений доцентом ботаніки в ІНУ. У 1866 р. захистив дисертацію на ступінь доктора ботаніки («Про розвиток перитеціїв у *Pleospora herbarum* (Pers.) Rabenh. [= *Stemphylium vesicarium* (Wallr.) E. G. Simmons]») і незабаром його обрали екстраординарним, а 1867 р. – ординарним професором [52].

Захист дисертації О. О. Яновича на вчений ступінь доктора ботаніки відбувся 1 травня 1866 р. Основним рецензентом було призначено професора Л. С. Ценковського, який у своїй промові дав дуже високу оцінку дисертаційній роботі і особливо відзначив: «Пану Яновичу вдалося знайти такий засіб, за допомогою якого можливо, так би мовити, перед очима спостерігача виростити гриб, починаючи від посіяної спори до появи плоду». Далі Л. С. Ценковський продовжував: «Крім зазначених результатів звертаю увагу факультету ще на один факт, знайдений паном Яновичем (...) У своїх дослідженнях над плеоспорою автор знайшов (...), що клітини міцелію, які занурені в рідину, проду-

кують овальні шизогонідії, які на кшталт дріжджових грибків розмножуються опуклинами» [52, с. 60–61]. Багато дослідників на той час вважали дріжджові клітини не самостійними організмами, а спорами, які самостійно розмножуються, або клітинами міцелію різних нижчих грибів, які потрапили в живильне середовище. Він остаточно довів помилковість цих поглядів.

У 1868 р., почав хворіти, його помістили в приватну лікарню для нервово хворих у м. Петербурзі, де він помер 20.01 (1.2) 1871 р. [87].

Іван Федорович Коцуг (1844–1878)

Народився в Сороському повіті Бессарабської губернії у 1844 р. (нині Сороський р-н, Республіки Молдова). Після закінчення Кишинівської гімназії у 1865 р. вступив на природниче відділення ІНУ [66]. Науковою роботою захопився ще будучи студентом, працював у гуртку Л. С. Ценковського, але мікологічні дослідження виконував під керівництвом О. О. Яновича.

У 1869 р. закінчив ІНУ зі ступенем кандидата і за ініціативою професорів Л. С. Ценковського і О. О. Яновича був залишений при ньому на один рік для приготування до професорського звання [30; 53]. У 1869 р. успішно склав іспит на ступінь магістра [32]. У звіті ІНУ читаємо: «У фізико-математичному факультеті витримав випробування *pro venia legendi* кандидат Новоросійського університету Коцуг під заголовком «*Mухomicetes, micetosa* D. В., їхня будова, розвиток і положення в ряду організмів» (...). Публічний захист визнано задовільним (...), п. Коцуг удостоєний звання доцента» [30, с. 36]. Це був перший із випускників ІНУ, який став у ньому викладачем.

Хвороба і смерть О. О. Яновича сильно вплинула на І. Ф. Коцуга, у 1873 р. він вийшов у відставку, переїхав до м. Петербургу, де вступив до Медико-хірургічної академії і у 1876 р. успішно завершив навчання, був залишений при академії і невдовзі отримав без захисту науковий ступінь доктора медицини. Як військовий лікар брав участь у Російсько-Турецькій війні, сильно захворів і незабаром помер в м. Одесі (1878 р., а за деякими джерелами 1880 р.) [24].

Розглядаючи історію розвитку мікологічних досліджень в ІНУ, необхідно відзначити також праці зоолога і ембріолога професора І. І. Мечникова, який у цей період працював над проблемою боротьби зі шкідниками сільськогосподарських рослин.

Ілля Ілліч Мечников (1845–1916)

Народився в с. Іванівка, але невдовзі батьки переїхали до с. Панасівка Куп'янського повіту Харківської губернії (село Панасівка перейменовано в Мечнікове Купянського району Харківської обл. 9 червня 1945 р.). У 1864 р. закінчив Харківський університет. Працював у ІНУ (1867–1868) і Петербурзькому університеті (1868–1870). З 1870 р. обіймав посаду ординарного професора з кафедри зоології та порівняльної анатомії ІНУ [57].

І.І. Мечников був активним членом ІТСГПР, товариство залучило його до вирішення проблем у боротьбі зі шкідниками сільськогосподарських культур. З осені 1878 р. він починає вивчати гриби-паразити комах і в січні 1879 р. публікує роботу «К учению о болезнях насекомых». В роботі розглядає історію вивчення комах-шкідників культурних рослин та їхні захворювання за попередні п'ятдесят років. Описує природні епідемії серед комах, які викликані паразитичними грибами [38]. Говорячи про виявлений ним паразитичний грибок, він зазначає: «Грибна хвороба має надзвичайно багато спільного з мускардиною шовковичних черв'яків; але оскільки наліт, що з'являється на трупах личинок, які померли від неї, набуває характерного зеленого кольору, то саму хворобу я буду називати зеленою мускардиною» [37, с. 343]. Робить припущення, що цей грибок, можливо, буде мати велике значення в боротьбі з філоксерою (*Phylloxera vastatrix*) і буряковим довгоносом (*Cleonus punctiventris*). Детально описує особливості перебігу хвороби у комах, надає ілюстрації особливостей будови міцелію гриба на різних стадіях його розвитку. Описує методику штучного зараження личинок жуків. Відносить виявлений паразитичний грибок до роду *Entomophthora* (Fres) і дає йому назву *E. anisopliae*. Описує оптимальні умови для штучного зараження комах на різних стадіях розвитку.

Ідею про використання зеленої мускардини проти філоксери І.І. Мечников пропонував О.О. Ковалевському [21]. Очевидно, що ця ідея зацікавила О.О. Ковалевського і він проводив дослідження з мускардиною. З доповіді Л.С. Ценковського ми дізнаємося, що О.О. Ковалевський знайшов в околицях Одеси «... справжню мускардину (*Botrytis Bassii*). Цей грибок, як відомо з дослідів Де-Баррі, має сильні контагіозні властивості, і дуже ймовірно, що він буде руйнівно впливати і на личинок хлібного жука» [81, с. 68]. І далі він повідомляє, що О.О. Ковалевському вдалося вирощувати грибок у суслі, що значно посилює шанси мускардини на успіх.

У статті «К учению о болезнях насекомых» І.І. Мечников підбиває попередні підсумки використання зеленої мускардини в 1878–79 рр. Він зазначає: «Дев'яносто личинок *Cleonus*, що стикалися протягом короткого часу зі спорами мускардини, померли протягом 12 днів, причому на шкірі багатьох дуже легко було простежити проростання спор. Летальна дія хвороби починалася вже на 5-й день після зараження...» [38, с. 362]. Необхідно зазначити, що це були лабораторні дані, які не підтвердилися остаточно надалі в польових умовах [25]. Високу оцінку роботам І.І. Мечникова з мускардинами дав Л.С. Ценковський у доповіді на особливій нараді, скликаній для обговорення питання про хлібного жука: «за оригінальністю думки, за енергією, з якою її було здійснено, за обдаруванням, з яким було проведено дослідження, я впевнений, що праця професора Мечникова буде зустрінута в науці з глибокою повагою» [81 с. 65].

У 1884 р. І.І. Мечников, досліджуючи прісноводних ракоподібних *Daphnia*, відкрив паразитичний грибок, який назвав *Monospora bicuspidate* Metschn.

У 1899 р. мікологами-систематиками він був віднесений до нового роду, названого на честь І.І. Мечникова – *Metschnikowia* (*Monospora* Metschn.) [23].

У 1886 р. І.І. Мечникова призначають завідувачем Одеської бактеріологічної станції, яку він очолював до 1887 р., з 1888 р. до 1916 р. працював завідувачем лабораторії Пастерівського інституту в Парижі.

Помер 16 липня 1916 р. у м. Парижі, урна з прахом зберігається в Пастерівському інституті.

Після від'їзду з Одеси професора Л. С. Ценковського 4 жовтня 1871 р. за поданням І. М. Сеченова ординарним професором кафедри ботаніки було обрано доктора ботаніки Я. Я. Вальца [36].

Яків Якович Вальц (1841–1904)

Народився у Києві у 1841 р. У 1857 р. закінчив 1-шу київську гімназію із золотою медаллю і вступив до природничого відділення фізико-математичного факультету університету Св. Володимира, який закінчив зі ступенем кандидата в 1861 р. З лютого 1863 р. викладав у 1-й київській гімназії природничу історію.

У листопаді 1863 р. захистив дисертацію на ступінь магістра ботаніки і перейшов під патронат Міністерства народної освіти, яке у листопаді 1863 р. відрядило Я. Я. Вальца на два роки стипендіатом за кордон [16; 22].

У звіті про відрядження він пише: «Таким чином заняття мої тривали у Фрайбурзі до половини серпня (...). Я відвідував лекції професора de Bary, працював у його лабораторії (...). З грибів цікавий один паразит, знайдений мною всередині клітинок *Spirogyra sp.* (...) Я намагався також розвести його в інших видах *Spirogyra* і в *Closterium*, але досліди ці були невдалі. Очевидно, що цей паразит відноситься до роду *Pythium* Pringsh., (...), але наскільки мені відомі літературні дані, а також і думка професора de Bary, паразит цей є особливим, ще не описаним видом» [6, с. 20–21].

Дослідники-біографи відзначають, що, на жаль, декілька важливих досліджень, проведених Я. Я. Вальцем, були надруковані тільки в його звітах про відрядження і недостатньо відомі: «Про гриб *Myzocyttium sp.*, який зустрічається в клітинах *Spirogyra*; про гриб *Chytridium rhizinum* Schenk (= *Entophlyctis confervae-glomeratae* (Cienk.) Sparrow) – паразита водорості *Vaucheria*; анатомічні дослідження *Racodium rupestre*; про розвиток спор у лишайників та деяких грибів (констатував наявність клітинних ядер у базидіях гриба *Dacrymyces deliquescens* (Bull.) Duby; знахідка ядер у молодих сумках лишайників, до розвитку в них спор, у лишайників *Lecidea parasemata*, *Physcia parietina* (L.) De Not., дослідження антеридіїв і сперматозоїдів *Osmunda regalis*» У Фрайбурзі він підготував докторську дисертацію, яку захистив у Київському університеті в грудні 1865 р. В ній автор відмітив наявність

паразитичних грибів, які живуть на представниках роду *Vaucheria*, і описав новий вид водорості у цьому роді [10].

З 1865 р. Я. Я. Вальц читав у Київському університеті курс ботаніки як приват-доцент, а з листопада 1868 р. його обрано професором з кафедри ботаніки і завідувачем ботанічного саду Київського університету. З жовтня 1871 р. Я. Я. Вальц обіймає посаду ординарного професора кафедри ботаніки і призначається директором ботанічного саду ІНУ. В Одесу він приїхав як відомий альголог і міколог. З його мікологічних праць були широко відома ученим і сільськогосподарським діячам стаття, яка була надрукована у трьох номерах наукового журналу «Натураліст» – «О некоторых болезнях полевых растений» [7]. Ще, не менш відома, праця «О болезнях культурных растений, зависящих от грибов», три відділи якої були надруковані в 1871 р. в журналі «Русское сельское хозяйство» Московського товариства сільського господарства [9].

Високо була оцінена також робота Я. Я. Вальца «О сапролегниях» [8] на засіданні Ради університету Св. Володимира: «Я. Я. Вальц зробив кілька найвищою мірою цікавих досліджень з фізіології рослин, з яких в одному, під назвою «Про сапроленгії», розглядається вельми оригінальний розвиток *Saprolegnia de Bari*, ним же описаного нового виду, що становить сполучну ланку між двома родами *Pythium* Nees і *Saprolegnia*, і за тим на підставі цих даних з історії розвитку вказує на необхідність з'єднати види Шенка *Pythium globosum* Schenk і *P. proliferum* Schenk в один. Нарешті п. професором Вальцем описуються в цій же статті конідії видів сапроленгій, у яких вони досі не були відомі» [54, с. 36].

За час роботи в Новоросійському університеті Я. Я. Вальц опублікував три мікологічні праці, перша з яких узагальнювала результати обробки колекцій грибів різних систематичних груп, зібраних Я. Я. Вальцем, О. С. Роговичем та Л. А. Рішаві. У цій роботі, разом зі сапрофітами, наведено і паразитичні гриби з родів *Puccinia* Pers., *Ustilago* (Pers.) Roussel, *Claviceps* Tul. та ін., що викликають хвороби рослин, які були зібрані в околицях Новомиргорода Єлісаветградського повіту Херсонської губернії [13; 57].

Друга робота – «Значение грибов в экономии природы» має науково-популярний характер, автор адресує її неспеціалістам. Він знайомить читача з особливостями будови, розмноження та живлення шапинкових і нижчих грибів на прикладах *Agaricus campestris* L., *Peronospora infestans* (Mont.) Casp. і *Sacharomyces cerevisiae* (Desm.) Meyen. Акцентує увагу на особливостях паразитичних грибів і захворюваннях, які вони спричиняють. Показує роль грибів у природі та житті людини [11; 31].

У 1873 р. він друкує четвертий відділ своєї праці «О болезнях культурных растений, зависящих от грибов» у Записках ІТСГПР [12]. Робота присвячена особливостям будови, розмноження та розвитку паразитичного гриба *Eoascus gruni* на різних культурних рослинах. Робота ілюстрована малюнками мікропрепаратів спор, уражених плодів і листя.

З лютого 1873 р. Я. Я. Вальца було обрано деканом фізико-математичного факультету і відтоді через велике навчальне та адміністративне навантаження він майже не проводив наукових досліджень.

З 1879 р. Я. Я. Вальц важко захворів і вийшов у відставку.

Помер 29 листопада 1904 р.

У подальшому мікологічні дослідження в Одеському регіоні продовжив учень професора Я. Я. Вальца – Л. А. Рішаві, який працював з ним у Київському університеті і перевівся в ІНУ після його від'їзду до Одеси в 1871 р. Згодом до цієї роботи долучилися і випускники ІНУ 1882 р. І. М. Красильщик, О. І. Погібко і Є. Л. Рекало [69], які разом відвідували позааудиторні заняття Я. Я. Вальца. Потім вони перейшли до гуртка О. О. Ковалевського, який залучив їх до роботи у Філоксерній комісії ІТСПР, де продовжили працювати після закінчення ІНУ на посадах дослідників-експертів.

Людвиг Альбертович Рішаві (1851–1915)

Народився 25.08. (06.09). 1851 р. у м. Немирові Подільської губернії в сім'ї вченого-садівника. Навчався в Білоцерківській гімназії, потім у Київському (з 1868) і Новоросійському (з 1871) університетах [65;68]. Закінчив природниче відділення фізико-математичного факультету ІНУ зі ступенем кандидата у 1872 р. Після закінчення університету був обраний на посаду зберігача ботанічного кабінету ІНУ, яку обіймав до 1878 р. Ще у студентські роки захопився мікроскопічними дослідженнями. Під впливом професора Я. Я. Вальца перейшов до вивчення історії розвитку і систематики нижчих рослин і впродовж перших десяти років своєї наукової діяльності надрукував кілька праць з морфології та систематики водоростей, грибів і лишайників [20]. Що стосується грибів, то це була перша робота Л. А. Рішаві, написана ще за студентські роки у співавторстві з Я. Я. Вальцем [13]. Дві наступні роботи дослідника доповнюють одна одну, першу можна вважати – «попереднім повідомленням», а другу – закінченням дослідження з флори лишайників Київської, Подільської та частини Херсонської губерній [61; 62]. Л. А. Рішаві ретельно проаналізував основні підходи вітчизняних і зарубіжних мікологів до систематики грибів, лишайників і міксоміцетів та їхнього генетичного зв'язку з водоростями. Стисло навів історію вивчення лишайників у Київській та суміжних губерніях. Автор зазначав, що «...колекцію переглянуто відомим ліхенологом А. А. Бруттаном і ним перевірено мої визначення» [62, с. 119]. У списку автор наводить 43 види лишайників, які належать до 13 родин.

У 1874 р. Л. А. Рішаві друкує велику працю, присвячену спиртовому бродінню. Він підкреслює, що на той час ці дослідження мали велике практичне значення «...у зв'язку з тією величезною важливістю і розвитком, якого набули останнім часом виноробство, винокуріння і пивоваріння» [63, с. 297]. Автор дає ретельний історичний огляд наявних підходів до вивчення процесу бродіння, як з хімічної, так і біологічної точок зору. Наводить і аналізує відомі

теорії з цього питання, докладно викладає дослідження німецького міколога Ю. О. Брефельда і дає практичні рекомендації на їх основі.

Останньою мікологічною роботою Л. А. Рішаві була стаття «Материалы для лихенологической флоры Крыма». У ній він описав лишайники, які збирав під час подорожі до Криму в 1873 р. на горі Кагель (72 види). На прохання Л. А. Рішаві, колекцію визначив доктор А. А. Брутанн. Для порівняння автор наводить також списки лишайників, знайдених Ж. А. Левейє (69 видів) у Демидівській експедиції [64].

У подальшому він зацікавився вивченням фізіології рослин і останні роки працював у цій галузі.

У січні 1878 р. здобув ступінь магістра ботаніки, а в 1879 р. був призначений екстраординарним професором з кафедри ботаніки до Варшавського університету, але у 1884 р. знову повернувся до ІНУ.

У 1885 р. захистив докторську дисертацію і в березні затвердженій екстраординарним професором ІНУ, а з 1895 р. – ординарним професором з кафедри ботаніки. У 1901 р., за вислугою 30 років, залишений в університеті як позаштатний професор. З 1904 р. – заслужений професор [43].

Помер Л. А. Рішаві 17 січня 1915 р. в Одесі.

Ісаак Матвійович Красильщик (1857–1920)

Народився 14.04.1857 у м. Кишиневі в купецькій родині. Після завершення з відзнакою Ананьївської гімназії вступив у 1887 р. до природничого відділення фізико-математичного факультету ІНУ, яке закінчив зі ступенем кандидата [29; 70]. Після закінчення університету (1882) І. М. Красильщик у 1883 р. був зарахований на посаду дослідника-експерта в Комісію з боротьби із філоксерою, створену ІТСПР.

У процесі обстеження виноградників у 1885р. в Кишинівському і Бендерському повітах він вперше виявив на півдні України хворобу виноградної лози – несправжню борошністу росу (*Plasmopara viticola* (Berk. & V.A. Curtis Berl. & De Toni) [89]. Іншим напрямком роботи І. М. Красильщика в галузі прикладної ентомології була розробка методів боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Вивчаючи комах-шкідників, він встановив, що періодично їх чисельність раптово знижується під дією грибів-паразитів і довів, що відкриті І. І. Мечниковим паразитичні гриби роду мускардина (*Entomophthora* (= *Metarhizium*) *anisopliae* (Metschn.) Sorokin) є найпоширенішими природними ворогами багатьох комах.

За підтримки І. І. Мечникова І. М. Красильщик провів ряд експериментів, які підтвердили його думку, і в 1884 р. він їде у відрядження до м. Смела, Київської губернії для організації отримання спор грибів зеленої мускардини у промислових кількостях та їх використання для боротьби зі шкідниками цукрових буряків. Під час досліджень він з'ясував, що зелена мускардина показує високу ефективність, але не для всіх шкідників буряків. У подальшому він знайшов

ще один більш ефективний паразитичний грибок: «Мною знайдений у Смілі грибок червоної мускардини, що вражає тільки личинок бурякового жука, але зате з надзвичайною силою» [25, с. 37]. Сумісне використання спор обох грибів дало довгоочікуваний результат. На VI ентомологічному з'їзді в Одесі в 1886 р. І. М. Красильщик зробив доповідь, у якій узагальнив свій досвід з організації «фабричного виробництва» спор грибів для використання їх у сільському господарстві [26].

У 1886 р. І. М. Красильщик видає дуже цікаву працю «О грибных болезнях у насекомых». Спочатку він описує загальну історію вивчення паразитарних хвороб комах, зазначаючи: «Я обмежуся лише зазначенням головних моментів, які пережило питання про гриби на комах у цьому столітті [XIX ст.]» [27, с. 83]. В таблиці він наводить 135 видів комах, на яких були виявлені паразитичні гриби, із зазначенням стадії розвитку кожної комахи; надає примітку про те, чи проводилися експерименти зі штучного зараження певного виду і дає посилання на літературні джерела.

У додатку наводить інформацію про виявлення на виноградниках, нових для півдня, двох видів паразитичних грибів: *Perenospora* (= *Plasmopara*) *viticola*), що викликає захворювання мілдью та дає опис нового для науки виду – *Paraphysella dicicola*, виявленого ним на коріннях винограду.

З мікологічних праць можна назвати ще статтю, присвячену одноклітинним грибам, які використовувалися у виноробній промисловості: «Бродильные грибки и их влияние на улучшение качества виноградного вина» [28].

У 1910 році за ініціативою І. М. Красильщика в Бесарабії створена станція для проведення експериментів з випробування методів боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Під його керівництвом станція працювала до 1919 року [89].

Помер І. М. Красильщик 3 листопада 1920 року і був похований на єврейському кладовищі в Кишиневі.

Опанас (Афанасій) Іванович Погібко (1857–1939)

Народився 15.V.1857 р. в с. Оробіївка (Вороб'ї, Вороб'ївка) Прилуцького повіту Полтавської губернії (нині с. Горобіївка, Прилуцький р-н, Чернігівської обл.). Після завершення Полтавської духовної семінарії (1877) вступив на природниче відділення фізико-математичного факультету ІНУ, яке закінчив у 1882 р. Ще за студентські роки брав активну участь у дослідженні філоксери у Тираспольському повіті, а з 1883 р. він працював експертом Одеського філоксерного комітету.

З 1885 р. по 1888 р. був у відрядженні до Румунії та Угорщини, де продовжував свої наукові дослідження. Після повернення працював у Тираспольському повіті з боротьби з філоксерою. При обстеженні виноградників О. І. Погібко фіксує спалах серйозної хвороби виноградної лози – мілдью (несправжньої борошністої роси винограду), яка була до того невідомою в цій місцевості, й

поширення збудника цієї хвороби (*Plasmopara viticola*). Фахівець пропонує організувати експериментальні ділянки вздовж річок Дністер, Прут і Дунай для вивчення захворювання і розробки заходів з боротьби з нею [90].

У 1887 р. одеським генерал-губернатором всі дії з боротьби з грибковими захворюваннями винограду були покладені на Філоксерну комісію. О. І. Погібко відзначає: «На нашу думку, така участь з боку нашої комісії має виразитися в керівництві цією боротьбою: у рекомендації ліків для боротьби, визначенні часу їхнього вживання, у рекомендації приладів, необхідних для застосування ліків, у навчанні, як користуватися цими приладами» [47, с. 65]. І він починає просвітницьку роботу серед населення і залучає до неї всіх експертів філоксерної комісії.

У 1889 р. він майже у кожному номері Записок ІТСГПР друкує статті з описанням знайдених хвороб і методами боротьби з ними [47; 48]. Так, у своїй статті «Оїдіум» О. І. Погібко робить ретельний огляд поширення *Oidium Link.* у світі, наводить ознаки захворювання, які з'являються на органах винограду, порівнює стійкість різних сортів винограду до *Oidium* і надає рекомендації з лікування винограду від нього [46].

О. І. Погібко у 1889 р. публікує в Записках ІТСГПР інформацію про поширення на виноградниках Тираспольського і Орґеївського повітів хвороби оїдіум – борошністої роси, також невідомої до того часу [48], збудником якої виявився (*Uncinula necator* (Schwein) Burril). Як тільки у 1888 р. О. І. Погібко виявив різновид мілдью, який вражав суцвіття винограду, він ініціює переклад і видання роботи італійського професора Ж. Кубоні в Записках ІТСГПР [33].

У 1889 р. О. І. Погібко призначено експертом і головою Кримського філоксерного комітету. При обстеженні виноградників Криму він знаходить зараження їх грибковими хворобами, які раніше тут не були зафіксовані. 6 березня 1892 р. він виступає з доповіддю на засіданні товариства садівництва в м. Одесі: «О милдью и условиях ее развития в Таврической губернии в 1891 году». Автор детально описує процес розвитку захворювання, ілюструє світлинами хворих органів винограду. Характеризує сприятливі умови для проходження стадій розвитку гриба, дає рецепти приготування розчинів і порошкових сумішей для боротьби із захворюванням [49].

З 1892 р. по 1894 р. О. І. Погібко очолює філоксерну комісію з виноградників Молдови. У 1895–1896 роки – редагує Одеський журнал «По морю и суше», а з 1896 р. його призначено на посаду завідувача Одеських полів зрошення, на якій він перебував до 1917 р. Він також брав активну участь у громадській роботі міста. 5 жовтня 1917 р. О. І. Погібка обрано заступником голови комітету сільськогосподарських курсів при ТСГПР, на базі яких у подальшому було створено Одеський сільськогосподарський інститут [75].

У 1921 р. О. І. Погібко залишає всі посади в м. Одесі і стає ініціатором організації в Тирасполі меліоративного товариства, ставши його першим головою [90].

У листопаді 1930 р. О.І. Погібко організував Молдавську меліоративну дослідницьку станцію на базі своєї садиби. В подальшому це – Придністровський науково-дослідний інститут сільського господарства [86].

Помер О.І. Погібко 4 листопада 1939 року та похований на кладовищі Калкатової балки в Тирасполі.

Євген Лукич Рекало (1857-?)

Народився у 1857 р. в містечку Переяслав Полтавської губернії (нині Переяслав-Хмельницький Київської області). У 1877 р. завершив навчання у Полтавській духовній семінарії і в 1878 р. вступив на природниче відділення фізико-математичного факультету ІНУ, яке закінчив у 1882 р. [71].

З 1883 р. до 1892 р. працював у Філоксерній комісії ІТСГПР на посаді експерта. З 1885 р. по 1888 р. разом з О.І. Погібко та І.М. Красильщиком був у відрядженні до Румунії та Угорщини, де продовжував свої наукові дослідження, в основному займався ентомологією. Після повернення вивчав розповсюдження філоксери та грибкових захворювань винограду у Кишинівському та Ізмаїльському повітах [58;60].

Відома лише одна мікологічна робота Є.Л. Рекало – «Виноградная болезнь мильдю и способы борьбы с нею» [59].

З 1892 р. він переходить на педагогічну діяльність, викладає в Королівській гімназії в м. Кишиневі, а в 1912 р. стає директором Земського вищого сільсько-господарського училища в м. Херсоні.

Помер Є.Л. Рекало у Херсоні після 1912 р. [39].

Вікентій Фердинандович Хмелевський (1860–1932).

Народився 20.03 (01.04) 1860 р. у м. Петропавлівську-Камчатському у дворянській родині. Після закінчення Томської гімназії вступив до Московського університету, але 1881 р. перевівся до ІНУ на перший курс природничого відділення, яке закінчив зі ступенем кандидата у 1885 р. [50; 71].

У 1886 р. публікує працю «К морфологии *Haplotrichum roseum* (Link) Corda». В роботі ретельно описує морфологію гриба, проводить витончені експерименти з міцелієм і спорами *Haplotrichum roseum* і *Polyactis fascicularis* Corda і доходить висновку: «На підставі досліду з *Haplotrichum* (= *Botryobasidium* Donk) я готовий стверджувати, що і у *Polyactis* (= *Botritis* P. Micheli ex Pers.) пора продірявлена, а також і в *Agaricus* (...), у двох видів якого знайдені пори Е. Страсбургером при поперечних розрізах плодоніжки» [76, с. 36]. Таким чином, В.Ф. Хмелевський уперше довів існування плазмодесм у клітинах міцелію грибів.

Восени 1886 р. ІНУ відрядив В.Ф. Хмелевського за кордон на два роки для занять ботанікою у лабораторію Г.А. де Барі. У Фрайбурзі він вивчав статевий процес у грибів. У переноспорового гриба *Cystopus candidus* він уперше спостерігав перехід від антеридія до оогонія чоловічого ядра та злиття його з жіно-

чим ядром. В. Ф. Хмелевський зазначає, що: «Одночасно з процесом утворення ооспори та хімічної зміни гоноплазми відбувається процес запліднення, тобто злиття гоноплазми і ядра антеридія з гоноплазмою і ядром ооспори» [77, с. 119].

Після повернення з відрядження навесні 1887 р. В. Ф. Хмелевський працював експертом у філоксерній комісії ІТСГПР. Він досліджував виноградники Ізмаїльського повіту на наявність захворювань, викликаних паразитичними грибами і методи боротьби з ними [78]. Треба відзначити, що він один з перших зацікавився впливом фунгіцидів на запилення винограду і провів з цього питання окремі дослідження, на підставі яких зробив висновок, що: «Обприскування під час цвітіння затримує зав'язування деяких плодників, перешкоджаючи проникненню пилоквих трубок у тканини стовпчика і отже, перешкоджає заплідненню» [78, с. 11]. Він також бере активну участь у роботі НТП [42].

У 1888 р. В. Ф. Хмелевський переїхав до Харкова, де викладав фізику та природничу історію в приватній гімназії, проте продовжував альгологічні дослідження і публікував їхні результати. У 1889 р. після складання магістерського іспиту був допущений до читання лекцій та проведення практичних занять на медичному факультеті Харківського університету [1]. Того ж року його призначено викладачем німецької мови інституту сільського господарства і лісівництва в Новій Олександрії, де в березні 1891 р. після захисту магістерської дисертації з теми «Матеріали к морфологии и физиологии полового процесса у низших организмов» його призначили професором з кафедри ботаніки. У 1901 р. – екстраординарний, у 1906–1915 рр. – ординарний професор Варшавського університету з кафедри морфології та систематики рослин і одночасно – директор університетського ботанічного саду. З 1915 р. по 1920 р. викладав на кафедрі ботаніки Ростовського університету. З 1919 р. – заслужений професор [14].

Помер В. Ф. Хмелевський 14 березня 1932 р. у м. Ленінграді, похований на Волковському цвинтарі.

Висновки

У представленій роботі вперше зібрано та систематизовано історію розвитку мікологічних досліджень, які проводили науковці Одеського (Новоросійського) університету у другій половині XIX століття, що дає цілісне уявлення про розвиток цієї галузі науки і висвітлює внесок одеських мікологів у вітчизняну і світову науку. У раніше виданих історико-біографічних публікаціях наводилися лише фрагментарні дані з мікологічних досліджень окремих учених університету [22; 36; 43; 57 т.ін.].

На початковому етапі досліджень у Одеському (Новоросійському) університеті увага вчених була спрямована на вивчення мікорізноманіття регіону (Я. Я. Вальц, І. Ф. Кошуг, Л. А. Рішаві, М. К. Срединський, Л. С. Ценковський).

Пізніше науковці зосередилися на вивченні хвороб сільськогосподарських рослин, збудниками яких були паразитичні гриби, біології цих збудників і методах боротьби з ними (І. М. Красильщик, О. І. Погібко, Є. Л. Рекало, В. Ф. Хмелевський, О. О. Янович).

Вперше на півдні України були досліджені гриби-паразити шкідливих комах (хлібного жука та бурякового довгоноса) і запроваджена методика використання грибів у біологічній боротьбі з ними (І. І. Мечников, І. М. Красильщик).

Вперше наведені і уточнені біографічні дані науковців, які були випускниками ІНУ, але не викладали в ньому, тому не увійшли до біографічних словників Одеського університету (І. М. Красильщик, О. І. Погібко, Є. Л. Рекало, М. К. Срединський, В. Ф. Хмелевський, В. І. Шманкевич).

Надані в роботі нові факти з розвитку мікології також поглиблюють знання щодо історії появи і розповсюдження хвороб культурних рослин на півдні України в кінці XIX століття, що має велике значення для вивчення історії фітопатології в Україні.

Стаття надійшла до редакції 23.05.2023

Список використаної літератури

1. Арнольди В.М. 1908. Хмелевский Викентий Фердинандович. *Физико-математический факультет Харьковского университета за первые сто лет его существования (1805–1905)* / под ред. проф. И. П. Осипова и проф. Д. И. Багалея. Харьков: Типография фирмы Адольф Дарре, 1908. 80, 147, 327 с.
2. Архів музею історії ОНУ імені І. І. Мечникова. Ф. Ценковський. Од. зб 3. Арк. 4.
3. Бабий Т.П., Коханова Л.Л., Костюк Г.Г. и др. 1984. *Биологи: биографический справочник* / отв. ред. Ф. И. Серков. Киев: «Наукова думка», 1865. 816 с.
4. Браунер А. А. Воспоминания бывшего студента естественного отделения физико-математического факультета Новороссийского (ныне Одесского) университета 1867–1881 гг. *Памяти профессора Александра Александровича Браунера (1857–1941: Сборник воспоминаний и научных трудов, посвященный 140-летию со дня рождения А. А. Браунера*. Одесса: Музейный фонд им. А. А. Браунера; Астропринт, 1997. С. 13–26.
5. Бучинский П.Н. 1888. *Лев Семенович Ценковский: биографический очерк*. Одесса: Тип. «Одесского вестника», 1888. 84 с.
6. Вальц Я. Я. Сведения о научных занятиях за границей магистра ботаники Я. Вальца с июня по октябрь 1864 года [*Киевские*] *Университетские известия*. 1864. Т. 11. С. 20–37.
7. Вальц Я. Я. О некоторых болезнях полевых растений. *Натуралист: журнал естествознания и сельского хозяйства*. 1867. Т. 7–9. С. 105–107; Т. 10–12 С. 177–180; Т. 13–20 С. 274–282.
8. Вальц Я. Я. О сапролегниях. *Записки Киевского общества естествоиспытателей*. 1870. Т. 1. С. 27–43.
9. Вальц Я. Я. О болезнях культурных растений, зависящих от грибов. *Русское сельское хозяйство*. 1871а. Т. 9. Вып. 5. С. 78–95; Т. 7. Вып. 2. С. 188–213; Т. 7. Вып 3. С. 35–43.
10. Вальц Я. Я. О новом виде *Vaucheria DC*. *Записки Киевского общества естествоиспытателей*. 1871б. Т. 2. Вып. 1. С. 93–96.
11. Вальц Я. Я. Значение грибов в экономии природы. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1872. Т. 1. Вып. 1. С. 9–20.
12. Вальц Я. Я. О болезнях культурных растений, зависящих от грибов. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1873. Т. 1. Вып. 4. С. 1–11.
13. Вальц Я. Я., Ришави Л. А. Список коллекций миксомицетов и грибов, собранных А. С. Роговичем, Я. Я. Вальцем и Л. А. Ришави. *Записки Киевского общества естествоиспытателей*. 1871. Т. 2. Вып. 2. С. 187–195.
14. Вершковский В. В. Ф. Хмелевский (некролог). *Природа*. 1932. № 10. С. 954–956.
15. Волков В. А., Куликова М. В. *Российская профессура. XVIII – начало XX вв. Биологические и медико-биологические науки. Биографический словарь*. СПб.: РХГИ, 2003. 548 с.

16. Гамалія В.М. 2013. Розвиток мікології та фітопатології в Київському університеті у другій половині XIX століття. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Історія науки і техніки*. Харків: НТУ «ХПІ». 2013. № 10. С. 13–21.
17. Демидов А. Н. *Путешествие в Южную Россию и Крым, через Венгрию, Валахию и Молдавию, совершенное в 1837 году, Анатолием Демидовым*. Москва: Типография Александра Семена, 1853.– [4], 543, [1].
18. Держархів Одеської області Ф. 42. Оп. 35. Сп. 114.
19. Заузе Р. Э. *Исторический очерк Ришельевской гимназии*. Одесса: Тип. П. Францова, 1881. 88 с.
20. Зеленецкий Н. М. Профессор Людвиг Альбертович Ришави (Некролог). *Отчет о состоянии и деятельности ИИУ за 1915 год*. Одесса: Типография «Техник», 1916. С. 98–106.
21. *Илья Ильич Мечников. Письма (1863–1916)*. / под ред. д.б.н. А. Е. Гайсиновича и к.и.н. Б. В. Левшина. Москва: Издательство «Наука», 1974. 296 с.
22. *Історія Одеського університету за 100 років [1865–1965]* / Одеський ун-т ім. І. І. Мечникова; Редкол. Н. І. Букатевич, Т. А. Вя'зовський, І. М. Дузь та ін.; Відп. ред. О. І. Юрженко. К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1968. 423 с.
23. Каменский Ф. М. О новом виде рода *Metschnikowia* (*Monospora Metschn.*). *Труды Императорского Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей*. 1899. (Январь-февраль). 1899. Т. 30. Вып. 1. С. 344–364.
24. Кошуг Иван Федорович. *Русские ботаники: Биографо-библиографический словарь*. Сост. С. Ю. Липшиц. Т. IV (Кабанов-Кюз). М.: Изд-во МОИП, 1952. С. 428.
25. Красильщик И. М. Грибная эпидемия как средство в борьбе с насекомыми, повреждающими свекловичные плантации. *Записки Киевского отделения Императорского русского технического общества*. 1885. Т. 15. Вып. 3. С. 29–46.
26. Красильщик И. М. О фабричном производстве заразных грибов с целью распространения их у вредных насекомых. *Труды VI энтомологического областного съезда в Одессе*. 1886а. 276 с.
27. Красильщик И. М. 1886б. О грибных болезнях у насекомых. С приложением описания двух новых для виноградных кустов в Бессарабии грибных болезнях. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1886б. Т. 11. Вып. 1. С. 75–137.
28. Красильщик И. М. 1891. Бродильные грибки и их влияние на улучшение качества виноградного вина. *Земледельческая газета*. Санкт-Петербург. 1886б. С. 979–981; 1007–1009.
29. Красильщик Исаак Матвеевич. 1952. *Русские ботаники: Биографо-библиографический словарь* / Сост. С. Ю. Липшиц. Т. IV (Кабанов-Кюз). Москва: Изд-во МОИП, 1952. С. 450.
30. Краткий отчет Императорского Новороссийского университета в 1869–70 академическом году. Одесса: б/и, 1870. 42 с.
31. Краткий отчет Императорского Новороссийского университета в 1871/72 академическом году. Одесса: б/и, 1872. 48 с.
32. Краткий отчет о состоянии и действиях Императорского Новороссийского университета в 1870–71 академическом году Одесса: б/и, 1871. 46 с.
33. Кубони Ж. 1890. Мильдиу (*Peronospora viticola*) на виноградных кистях. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 60. (1–2): 41–67.
34. Лотоцкий П. А. *Список и краткие биографии окончивших полный курс Кишиневской духовной семинарии за сто лет ее существования (1813–1913)*. Кишинев: Епархиальная типография, 1913. 176 с.
35. Мазурмович Б. Н. *Розвиток зоології на Україні*. Київ: Вид-во КДУ, 1972. 230 с.
36. Маркевич А. И. *Двадцатипятилетие императорского Новороссийского университета*: Историческая записка и академические списки. Одесса: Экономическая типография, 1890. XV, 734, X с.
37. Мечников И. И. Болезни личинок хлебного жука (01.01.1879). *И. И. Мечников Академ. собр. соч.* Т. 4. Москва: АМН СССР, 1960а. С. 339–360.
38. Мечников И. И. К учению о болезнях насекомых (27.12.1879). *И. И. Мечников Академ. собр. соч.* Т. 4. Москва: АМН СССР, 1960б. С. 3361–363.
39. Нагрибельный Я. А. Развитие сельского хозяйства и освещенности на Херсонщине в другой половине XIX – на початку XX ст. *Черноморский летопис.* 2012. № 5. С. 169–173.
40. Нордман А. Д. Краткое обозрение настоящего положения Императорского Одесского ботанического сада. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1838. Т. 1. С. 1–32.
41. Нордман А. Д. Описание Императорского Одесского ботанического сада и взгляд на растительное и климатическое отношение окрестностей г. Одессы. Одесса, *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1847-а. № 6 С. 108–111; № 7. С. 124–129; № 8 С. 141–148.
42. Нордман А. Д. Описание Императорского Одесского ботанического сада и взгляд на растительное и климатическое отношение окрестностей г. Одессы. Одесса, б/и, 1847-б. 43 с.

43. Одеський національний університет імені І.І. Мечникова. Історія та сучасність (1865–2015) / ОНУ ім. І.І. Мечникова; гол. ред.: І.М. Коваль; вступ. слово: І.М. Коваль, В.М. Хмарський. Одеса: Одеський нац. ун-т, 2015. 963 с.
44. Отчет о деятельности Новороссийского общества естествоиспытателей за 1887 год. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1888. Т. 13. Вып.1. С. I–VIII.
45. Отчет о деятельности Общества Естествоиспытателей при Императорском Новороссийском Университете за 1872 год. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1873–1874. Т. 2. С. 142–150.
46. Погибко А.И. Оидиум (*Oidium Tuckeri*). *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1889 а. Т. 59. № 5–6. С. 75–96.
47. Погибко А.И. О милдью в Бессарабии. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1889 б. Т. 59. № 2. С. 49–65.
48. Погибко А.И. Отчет о работах в Оргеевском уезде в 1889 году эксперта А.И. Погибко. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1889 в. Т. 59. № 10. С. 28–32.
49. Погибко А.И. О милдью и условиях ее развития в Таврической губернии в 1891 году: Сообщение сделанное А.И. Погибко в собрании отдела 6 марта 1892 г. *Отчет и труды Одесского отдела Императорского Российского общества садоводства за 1892 год*. Одесса: Типография А. Шульце, 1893. С. 1–15.
50. Потапенко Г.И. История кафедры ботаники Одесского государственного университета за 75 лет существования: 1865–1940 [сост. Н.М. Пашковская, В.А. Дьяков]. Одесса: Печатный дом. 2010. 88 с.
51. Протокол заседания Новороссийского общества естествоиспытателей 19 марта 1877 г. 1877. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. № 4. Ч. 2. С. 7–10.
52. *Протоколы заседаний совета Императорского Новороссийского университета*. 1866 г. 1866. № 2. 78 с.
53. Протокол заседания совета Императорского Новороссийского университета. 9 октября 1869 года. *Протоколы заседаний Императорского Новороссийского университета*. 1869. № 5. С. 1–11.
54. Протокол заседания совета 5 декабря 1869 г. [*Киевские*] *Университетские известия*. 1870. Т. 2. С. 30–61.
55. Протокол седьмого очередного заседания Новороссийского общества естествоиспытателей 12 октября 1872 г. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1873–1874. Т. 2. Вып. 1. С. 137–139.
56. Протокол четвертого очередного заседания Новороссийского общества естествоиспытателей 8 апреля 1872 г. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1873–1874 Т. 2. Вып.1. С. 132–134.
57. *Профессори Одесского (Новороссийского) университета: биограф. слов. Т. 1–4 /* відп. ред. В.А. Сминтина; заст. відп. ред. М.О. Подрезова; упоряд. та бібл. ред.: В.П. Пружина, В.В. Самодурова. 2-ге вид., доп. Одеса: Астропринт, 2005.
58. Рекало Е.Л. Отчет об осмотре виноградников Измаильского уезда (от озера Каргал до озера Сасык) в 1885 году. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1886. Т. 56. № 2. С. 1–64.
59. Рекало Е.Л. Виноградная болезнь милдью и способы борьбы с нею. Кишинев, б/и, 1888. 36 с.
60. Рекало Е.Л. Отчет об исследовании виноградников в Кишиневском уезде Бессарабской губернии с 3 июня по 31 июля 1888 г. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1889. Т. 59. Вып. 2. С. 41–45.
61. Ришави Л.А. Заметка о лишаях на растениях Киевской и Подольской губернии. *Записки Киевского общества Естествоиспытателей*. 1871. Т. 2. Вып. 2. С. 269–272.
62. Ришави Л.А. Материалы для флоры лишайников Киевской и Подольской губернии. *Записки Киевского общества Естествоиспытателей*. 1872. Т. 3. Вып.1. С. 105–128.
63. Ришави Л.А. Новые исследования над спиртовым брожением. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1874. № 3–4. С. 295–342; № 5. С. 365–394.
64. Ришави Л.А. 1881. Материалы для лихенологической флоры Крыма. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1881. Т. 7. Вып. 2. С. 1–10.
65. Список студентов Императорского университета Св. Владимира, за первое полугодие 1869–1870 учебного года. [*Киевские*] *Университетские известия*. 1870. № 2. (февраль) Киев: Изд. Киев. ун-та. 84 с.
66. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1865/66 академический год. Одесса: б/и, 1865. 20 с.
67. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1867–1868 академический год. Одесса: б/и, 1867. 35 с.
68. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1871–1872 академический год. Одесса: б/и, 1871. 48 с.
69. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1878–1879 академический год. Одесса: б/и, 1878. 76 с.

70. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1880–1881 академический год. Одесса: б/и, 1880. 60 с.
71. Список студентов и посторонних слушателей Императорского Новороссийского Университета за 1882–83 академический год. Одесса: б/и, 1882. 73 с.
72. Срединский Н.К. 1873–1874. Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1873–1874. Т. 2. Вып. 1. С. 17–131.
73. Срединский Н.К. Материалы для флоры Новороссийского края и Бессарабии. – Одесса: Типография Л. Нитче, 1872–1873. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1874. Т. 2. Вып. 3. 291 с.
74. Срединский Н.К. Защитные насаждения. *Вестник Императорского русского общества садоводства*. 1880б, № 7. С. 363–372.
75. Точидловский И.Я. К истории Одесского сельско-хозяйственного института. *Вісті Одеського сільсько-господарського інституту*. 1925–1926. Т. 1. С. 191–196.
76. Хмелевский В.Ф. К морфологии *Naplotrichum roseum* Corda. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей* 1886. Т. 11. Вып. 1. С. 23–38.
77. Хмелевский В.Ф. К вопросу о копуляции ядер при половом процессе у грибов. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1888. Т. 13. Вып. 1. С. 113–121.
78. Хмелевский В.Ф. 1890. Отчет об опытах лечения винограда в г. Измаиле и окрестностях от мильдю. *Записки Общества сельского хозяйства южной России*. 1890. № 1–2. С. 1–20.
79. Ценковский Л.С. О низших водорослях и инфузориях *Журнал министерства народного просвещения*. 1856а. Т. 40. Вып. 2. С. 177–234.
80. Ценковский Л.С. О низших водорослях и инфузориях *Журнал министерства народного просвещения*. 1856б. Т. 41. Вып. 2. С. 35–70.
81. Ценковский Л.С. 1881. О заражении личинок жука грибною болезнью. *Протоколы и доклады особого совещания представителей земств, созванного для обсуждения вопроса о хлебном жуке в Одессе 28 февраля- 6 марта 1881 г.* Одесса: Тип. Л. Нитче, 1881. С. 63–71.
82. Шманкевич В.И. Некоторые ракообразные соляно-озерных и пресных вод и отношение их к среде. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1875. Т. 3. Вып. 2. С. 1–344.
83. Шманкевич В.И. Об отношении рода *Anisonema* Dujard. к соляно-озерной *Diselmis Dunalii* Dujard. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1876. Т. 4. Вып. 1. С. 125–152.
84. Шманкевич В.И. Об отношении некоторых бесцветных *Flagellata* к водорослям и грибам. *Записки Новороссийского общества естествоиспытателей*. 1879. Т. 6. Вып. 1. С. 1–68.
85. Шмидт А. *Материалы для географии и статистики России, собранные офицерами генерального штаба. Херсонская губерния*. Ч. I. Санкт-Петербург: Военная типография, 1863. 601 с.
86. Энциклопедия виноградарства. 1986. Кишинев: Главная редакция Молдавской Советской Энциклопедии, Т. 2. (Карантин-Пыльник) 504 с.
87. Янович Олексій Онисимович (Некролог). *Русский архив*. 1873. № 8. С. 1514.
88. Janowicz A. Ueber die Entwicklung der Fructificationsorgane von *Nectria*, *Botan. d Zeitung*. herausgeg.v. H. V. Mohl u. Schelechtendal. № 19, 1865. P. 149–152.
89. Manolache C., Ursu M. Isaak Krassilchik – fondatorul școlii basarabene de microbiologie și entomologie. *Enciclopedia Revistă de istorie a științei și studii enciclopedice*. Chișinău, 2013. № 2 (5), iulie-decembrie. P. 71–79.
90. Timuș A. Secvențe despre cercetătorii filoxerei viței-de-vie în basarabia cu 130 de ani în urmă. Probleme actuale ale istoriei științei. Chișinău: Biblioteca Științifică (Institut “Andrei Lupan”, 2017 (F.E.-P. “Tipografia Centrală”). 122–135 p.

В. О. Кузнєцов, Ф. П. Ткаченко

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра ботаніки, фізіології рослин та садово-паркового господарства,
Одеса, вул. Дворянська, 2, 65082, Україна, e-mail: cuznetsov@onu.edu.ua

ІСТОРІЯ МІКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ОДЕСЬКОМУ (НОВОРОСІЙСЬКОМУ) УНІВЕРСИТЕТІ (1865–1890 РР.)

Резюме

Вступ. Розвиток мікологічних досліджень на півдні України в середині XIX ст. був обумовлений рядом чинників: зародження мікології як наукового напрямку, зростання чисельності населення, для якого актуальними були медичні аспекти вивчення грибів збудників небезпечних захворювань людей та тварин; активний розвиток сільського господарства, якому грибові захворювання культурних рослин завдавали значної шкоди. З відкриттям Новоросійського університету на ці проблеми починають звертати увагу його вчені-біологи. Про їх дослідження в літературі існують лише фрагментарні, розсіяні по різних джерелах факти, тому вважаємо також за необхідне навести знайдені матеріали з їх особистих біографій.

Метою нашої роботи стало вивчення історії мікологічних досліджень у Одеському (Новоросійському) університеті у третій чверті XIX ст.

Методи дослідження. Вивчали протоколи засідань: вченої ради Імператорського Новоросійського університету (ІНУ), Новоросійського товариства природознавців (НТП), Товариства сільського господарства півдня Росії (ТСГПР), Одеського відділення Імператорського російського товариства садівництва (ОВІРТС); опрацьовували наукові видання цих закладів і товариств; за документами різних установ уточнювали біографічні дані маловідомих учених. Для створення єдиної цілісної картини розвитку мікологічних досліджень у другій половині XIX ст. вивчали хронологію накопичення нових знань у цій галузі.

Основні результати. На початковому етапі мікологічних досліджень у Одеському університеті (у другій половині XIX століття) на півдні України увага вчених (М. К. Срединський, І. Ф. Кошуг, В. Ф. Хмелевський) була зосереджена на вивченні мікорізноманіття регіону. Досліджували (І. Ф. Кошуг, В. Ф. Хмелевський, І. М. Красильщик) хвороби сільськогосподарських рослин, збудниками яких були паразитичні гриби і методи боротьби з ними, біологію окремих збудників цих захворювань (Л. С. Ценковський, Я. Я. Вальц, Л. А. Рішаві). Вперше на півдні України були досліджені гриби-паразити шкідливих комах (хлібного жука та бурякового довгоносика) і запроваджена методика їх розмноження і використання у біологічній боротьбі з цими комахами (І. І. Мечников, І. М. Красильщик, В. І. Шманкевич, О. О. Янович, О. І. Погібко та Є. Л. Рекало).

Ключові слова: історія Одеського університету, мікологічні дослідження.

V. O. Kuznetsov, F. P. Tkachenko

Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Botany,
Plant Physiology and Gardening, 2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine,
e-mail: cuznetsov@onu.edu.ua

HISTORY OF MYCOLOGICAL RESEARCH AT ODESA (NOVOROSSIA) UNIVERSITY (1865–1890)

Summary

Introduction. The development of mycological research in the south of Ukraine in the mid-nineteenth century was caused by a number of factors: the emergence of mycology as a scientific field, the growth of the population, for which the medical aspects of studying fungi causing dangerous diseases of humans and animals were relevant; active development of agriculture, which was significantly damaged by fungal diseases of cultivated plants. With the opening of Novorossiysk University, its biologists began to pay attention to these problems. There are only fragmentary facts about their research in the literature, scattered in different sources, so we also considered it necessary to present the materials we found from their personal biographies.

The aim of our work was to study the history of mycological research at Odesa (Novorossiysk) University in the third quarter of the nineteenth century.

Research methods. We studied the minutes of the meetings of the Academic Council of the Imperial Novorossiysk University (INU), the Novorossiysk Society of Naturalists (NNS), the Society of Agriculture of Southern Russia (SSAR), and the Odesa Branch of the Imperial Russian Society of Horticulture (OVIRTS); we studied the scientific publications of these institutions and societies; and we clarified the biographical data of little-known scientists from the documents of various institutions. In order to create a single holistic picture of the development of mycological research in the second half of the nineteenth century, the chronology of the accumulation of new knowledge in this field was studied.

Main results. At the initial stage of mycological research at Odesa University (in the second half of the nineteenth century) in the south of Ukraine, the attention of scientists (M. K. Sredynskyi, I. F. Koshchuk, V. F. Khmelevskyi) was focused on the study of mycological diversity in the region. They studied (I. F. Koshchuk, V. F. Khmelevskyi, I. M. Krasylshchuk) diseases of agricultural plants caused by parasitic fungi and methods of controlling them, the biology of individual pathogens of these diseases (L. S. Tsenkovskyi, Y. Y. Valts, L. A. Rishavi). For the first time in the south of Ukraine, fungi-parasites of harmful insects (bread beetle and beet weevil) were studied and the method of their reproduction and use in biological control of these insects was introduced (I. I. Mechnikov, I. M. Krasylshchuk, V. I. Shmankevych, O. O. Yanovych, O. I. Pohibko and E. L. Rekalov).

Key words: history of Odesa University, mycological research.

References

1. Arnoldi V.M. (1908). Khmelevskii Vikentii Ferdinandovich [Khmelevskii Vikentii Ferdinandovich]. *Fiziko-matematicheskii fakultet Kharkovskogo universiteta za pervie sto let yego sushchestvovaniya (1805–1905)* / pod red. prof. I.P. Osipova i prof. D.I. Bagaleyeva. Tipografiya firmi Adolf Darre. 80, 147, 327 s. [in Russian].
2. Arkhiv muzeia istorii ONU imeni I.I. Mechnykova. 1865. F. Tsenkovskiy. Od. zb. 3. Ark. 4 [Archive of the Museum of History of the I.I. Mechnikov ONU. 1865. F. Tsenkovsky. Folio 3. Fol. 4].
3. Babii T.P., Kokhanova L.L., & Kostyuk G.G. i dr. (1984). Biologi: biograficheskii spravochnik [Biologists: biographical guide] / otv. red. F.I. Serkov. Naukova dumka. 816 s. [in Russian].
4. Brauner A.A. (1997). Vospomynaniya bivsheho studenta estestvennogo otdeleniya fizyko-matematicheskogo fakulteta Novorossiyskogo (nine Odesskoho) unyversyteta 1867–1881 hh. [Memories of a former student of the Natural Department of the Physics and Mathematics Faculty of the Novorossiysk (now Odessa) University 1867–1881]. *Pamiaty professora Aleksandra Aleksandrovycha Braunera (1857–1941: Sbornik vospomynaniy y nauchnikh trudov, posviashchennii 140-letiyu so dnia rozhdeniya A.A. Braunera*. Odessa: Muzeinii fond ym. A.A. Braunera; Astroprint. S. 13–26. [in Russian].
5. Buchinsky P.N. (1888). *Lev Semenovich Tsenkovskii: biograficheskii ocherk* [Lev Semyonovich Tsenkovsky: biographical sketch]. Odessa: Tip. «Odessa Herald». 84 s. [in Russian].
6. Waltz Ya. Ya. (1864). Svedeniya o nauchnikh zanyatiyakh za granitsej magistra botaniki Ya. Valtza s iyunya po oktyabr 1864 goda [Information about scientific studies abroad of the master of botany Ya. Waltz from June to October 1864]. *[Kievskie] Universitetskie izvestiya*. 11, 20–37. [in Russian].
7. Waltz Ya. Ya. (1867). O nekotorykh boleznyakh polevikh rastenii. [On some diseases of field plants]. *Naturalist: zhurnal yestestvoznaniya i selskogo khozyaistva*. 7–9, 105–107; 10–12, 177–180; 13–20, 274–282. [in Russian].
8. Waltz Ya. Ya. (1870). O saprolegniyakh [On the saprolegnias]. *Zapiski Kievskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 1, 27–43. [in Russian].
9. Waltz Ya. Ya. (1871-a). O boleznyakh kulturnikh rastenii, zavisyashchikh ot gribov [On diseases of cultivated plants dependent on fungi]. *Russkoe selskoe khozyaistvo*. 9(5), 78–95; 7(2), 188–213; 7(3), 35–43. [in Russian].
10. Waltz Ya. Ya. (1871-b). O novom vide *Vaucheria* DC. [On a new species of *Vaucheria* DC]. *Zapiski Kievskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 2(1), 93–96. [in Russian].
11. Waltz Ya. Ya. (1872). Znachenie gribov v ekonomii prirodi [The importance of fungi in the economy of nature]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 1(1), 9–20. [in Russian].
12. Waltz Ya. Ya. (1873). O boleznyakh kulturnikh rastenii, zavisyashchikh ot gribov [On diseases of cultivated plants dependent on fungi]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 1(4), 1–11. [in Russian].
13. Waltz Ya. Ya., & Rishavi L.A. (1871). Spisok kollektzii miksomitsetov i gribov, sobrannikh A. S. Rogovichem, Ya. Ya. Valtsem i L.A. Rishavi [List of collections of myxomycetes and fungi collected by A. S. Rogovich, J.J. Walz and L.A. Rishavi]. *Zapiski Kievskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 2(2), 187–195. [in Russian].
14. Vershkovsky V. (1932). V.F. Khmelevskii (nekrolog) [V.F. Khmelevsky (obituary)]. *Priroda*. 10, 954–956. [in Russian].
15. Volkov V.A., & Kulikova M.V. (2003). Rossiiskaya professura. XVIII – nachalo XX vv. Biologicheskii i mediko-biologicheskii nauki. Biograficheskii slovar. [Russian professorship. XVIII – beginning of XX centuries. Biological and medical-biological sciences. Biographical Dictionary]. SPb.: RKhGI. 548 s. [in Russian].
16. Gamaliya V.M. (2013). Rozvitok mikologii ta fitopatologii v Kiiivskomu universiteti u drugii polovini KhIKH stolittya [Development of mycology and phytopathology at Kyiv University in the second half of the nineteenth century]. *Visnik NTU «KhPI». Seriya: Istoriya nauki i tekhniki*. Kharkiv: NTU «KhPI». 10, 13–21. [in Ukrainian].
17. Demidov A.N. (1853). *Puteshestvie v Yuzhnyu Rossiyu i Krim, cherez Vengriyu, Valakhiyu i Moldaviyu, sovershennoe v 1837 godu, Anatoliiem Demidovim* [Journey to Southern Russia and the Crimea, through Hungary, Wallachia and Moldavia, made in 1837, by Anatoly Demidov]. Moscow: Tipography Alexander Semyon. [4], 543, [1] s. [in Russian].
18. Derzharkhiv Odeskoï oblasti F. 42. Op. 35. Sp. 114. [Archdiocese of Odesa Oblast F. 42. Op. 35. Sp. 114].
19. Zauze R.E. (1881). Istoricheskii ocherk Rishelievskoi gimnazii [Historical sketch of the Richelieu gymnasium]. Odessa: Tip. P. Frantsova. 88 s. [in Russian].
20. Zelenetsky N.M. (1916). Professor Lyudvig Albertovich Rishavi (Nekrolog). [Prof. Ludwig Albertovich Rishavi (Obituary)]. *Otchet o sostoyanii i deyatelnosti INU za 1915 god*. Odessa: Tipografiya «Tekhnik». S. 98–106.
21. Ilya Ilyich Mechnikov. Pisma (1863–1916). (1974). [Ilya Ilyich Mechnikov. Letters (1863–1916)] /pod red.d.b.n. A.E. Gaisinovicha i k.i.n. B.V. Levshina Moskva: Izdatelstvo «Nauka». 296 s. [in Russian].

22. Istoriiia Odeskoho universytetu za 100 rokiv (1865–1965) [History of Odesa University in 100 Years [1865–1965].] / Odeskyi un-t im. I.I. Mechnykova; Redkol. N.I. Bukatevych, T.A. Viazovskiy, I.M. Duz ta in.; Vidp. red. O.I. Yurzhenko. K.: Vyd-vo Kyiv. un-tu, 1968. 423 s
23. Kamensky F.M. (1899). O novom vide roda *Metschnikowia* (*Monospora* Metschn.) [On a new species of the genus *Metschnikowia* (*Monospora* Metschn)]. *Trudi Imperatorskogo Sankt-Peterburgskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. (Yanvar-fevral). 30(1), 344–364.
24. Koshchug Ivan Fedorovich. (1952). [Koshchug Ivan Fedorovich]. *Russkie botaniki: Biografiko-bibliograficheskii slovar*. Sost. S. Yu. Lipshits. T. IV (Kabanov-Kyuz). Moskva.: Izd-vo MOIP. S. 428. [in Russian].
25. Krasylshchik I.M. (1885). Gribnaya epidemiya kak sredstvo v borbe s nasekomimi, povrezhdayushchimi sveklovichnie plantatsii. [Fungal epidemic as a means to combat insects damaging beet plantations]. *Zapiski Kievskogo otdeleniya Imperatorskogo russkogo tekhnicheskogo obshchestva*. 15(3), 29–46. [in Russian].
26. Krasylshchik I.M. (1886-a). O fabricnom proizvodstve zaraznykh gribkov s tselyu rasprostraneniya ikh u vrednykh nasekomikh [On the factory production of contagious fungi for the purpose of spreading them in insect pests]. *Trudi VI entomologicheskogo oblastnogo sezda v Odesse*. 20 s. [in Russian].
27. Krasylshchik I.M. (1886-b). O gribnykh boleznyakh u nasekomikh. S prilozheniem opisaniya dvukh novykh dlya vinogradnykh kustov v Bessarabii gribnykh boleznyakh. [On fungal diseases in insects. With an appendix description of two new fungal diseases for grape bushes in Bessarabia]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 11(1), 75–137. [in Russian].
28. Krasylshchik I.M. (1891). Brodilnie gribki i ikh vliyanie na uluchshenie kachestva vinogradnogo vina [Fermentation fungi and their influence on improving the quality of grape wine]. *Zemledelcheskaya gazeta*. Sankt-Peterburg. 979–981; 1007–1009. [in Russian].
29. Krasylshchik Isaak Matveyevich. (1952). [Krasylshchik Isaak Matveyevich] *Russkie botaniki: biografiko-bibliograficheskii slovar* / Sost. S. Yu. Lipshits. T. IV (Kabanov-Kyuz). Moskva. Izd-vo MOIP. S. 450.]. [in Russian].
30. *Kratkyi otchet Ymperatorskoho Novorossiiskoho unyversyteta v 1869–70 akademicheskom godu* [Brief Report of the Imperial Novorossiysk University in the Academic Year 1869–70]. Odessa: s/p, 1870. 32 s. [in Russian].
31. *Kratkyi otchet Ymperatorskoho Novorossiiskoho unyversyteta v 1870–71 akademicheskom godu* [Brief Report of the Imperial Novorossiysk University in the Academic Year 1870–71]. Odessa: s/p, 1871. 30 s. [in Russian].
32. *Kratkyi otchet Ymperatorskoho Novorossiiskoho unyversyteta v 1871–72 akademicheskom godu* [Brief Report of the Imperial Novorossiysk University in the Academic Year 1871–72]. Odessa: s/p, 1872. 30 s. [in Russian].
33. Cuboni J. (1890). Mildiu (*Peronospora viticola*) na viogradnykh kistyakh [Mildew (*Peronospora viticola*) on viograd brushes]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 60(1–2), 41–67. [in Russian].
34. Lototsky P.A. (1913). *Spisok i kratkie biografii okonchivshikh polnii kurs Kishinevskoi dukhovnoi seminarii za sto let yee sushchestvovaniya (1813–1913)* [List and brief biographies of those who completed the full course of the Kishinev Theological Seminary for one hundred years of its existence (1813–1913)]. Kishinev: Yeparkhialnaya tipografiya. 176 s.] Kishinev. Diocesan Printing House. 176 s. [in Russian].
35. Mazurmovych B.N. (1972). *Rozvitok zoologii na Ukraini* [Development of zoology in Ukraine]. Kii: Vid-vo KDU. 230 s. [in Ukrainian].
36. Markevich A.I. (1890). *Dvadtsatipyatiletie imperatorskogo Novorossiiskogo universiteta: Istoricheskaya zapiska i akademicheskie spiski* [Twenty-fifth Anniversary of the Imperial Novorossiysk University: Historical note and academic lists]. Odessa: Ekonomicheskaya tipografiya. XV, 734, X s. [in Russian].
37. Mechnikov I.I. (1960-a). Bolezni lichinok khlebnogo zhuka (01.01.1879) [Diseases of larvae of the bread beetle (01.01.1879)]. I. I. Mechnikov Akadem. sobr. soch. T. 4. Moskva: AMN SSSR. S. 339–360. [in Russian].
38. Mechnikov I.I. (1960-b). K ucheniyu o boleznyakh nasekomikh (27.12.1879) [To the doctrine of insect diseases (27.12.1879)]. I. I. Mechnikov Akadem. sobr. soch. T. 4. Moskva: AMN SSSR. 1960. S. 3361–363. [in Russian].
39. Nagribelnyi Ya.A. (2012). Rozvitok silskogospodarskoï osviti na Khersonshchini u drugii polovini XIX – na pochatku XX st. [Development of agricultural education in the Kherson region in the second half of the nineteenth and early twentieth centuries]. *Chornomorskii litopis*. 5, 169–173. [in Ukrainian].
40. Nordman A.D. (1838). Kratkoe obozrenie nastoyashchego polozheniya Imperatorskogo Odesskogo botanicheskogo sada [A brief review of the present situation of the Imperial Odessa Botanical Garden]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 1, 1–32. [in Russian].
41. Nordman A.D. (1847-a). Opisanie Imperatorskogo Odesskogo botanicheskogo sada i vzglyad na rastitelnoe i klimaticheskoe otnoшение okrestnostei g. Odessi [Description of the Imperial Odessa Botanical Garden and a glance at the vegetative and climatic attitude of the vicinity of Odessa]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 6, 108–111; 7, 124–129; 8, 141–148. [in Russian].

42. Nordman A.D. (1847-b). Opisanie Imperatorskogo Odesskogo botanicheskogo sada i vzglyad na rastitelnoe i klimaticheskoe otnoshenie okrestnostei g. Odessi. [*Description of the Imperial Odessa Botanical Garden and a glance at the vegetative and climatic attitude of the vicinity of Odessa*]. Odessa: b/I, 43 s. [in Russian]/
43. Odeskyi natsionalnyi universytet imeni I.I. Mechnykova. Istorii ta suchasnist (1865–2015) [I.I. Mechnikov Odesa National University. History and Modernity (1865–2015)] / ONU im. I.I. Mechnykova; hol. red.: I.M. Koval; vstup. slovo: I.M. Koval, V.M. Khmarskyi. Odesa: Odeskyi nats. un-t, 2015. 963 s.
44. Otchet o deyatelnosti Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei za 1887 god. (1888). [Report on the activities of the Novorossiysk Society of Naturalists for 1887]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 13(1), I–VIII. [in Russian].
45. Otchet o deyatelnosti Obshchestva Yestestvoispytatelei pri Imperatorskom Novorossiiskom Universitete za 1872 god. (1873–1874) [Report on the activities of the Society of Naturalists at the Imperial Novorossiysk University for 1872]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 2, 142–150. [in Russian].
46. Pogibko A.I. (1889-a). Oidium (*Oidium tuckeri*) [Oidium (*Oidium tuckeri*)]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 59(5–6), 75–96. [in Russian].
47. Pogibko A.I. (1889-b). O mildiu v Bessarabii [On mildiu in Bessarabia]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 59(2), 49–65. [in Russian].
48. Pogibko A.I. (1889-c). Otchet o rabotakh v Orgeevskom uezde v 1889 godu eksperta A.I. Pogibko [Report on works in Orhei uyezd in 1889 by expert A.I. Pogibko]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 59(10), 28–32. [in Russian].
49. Pogibko A.I. (1893). O mildyu i usloviyakh yee razvitiya v Tavricheskoi gubernii v 1891 godu: Soobshchenie sdellanoe A.I. Pogibko v sobranii otdela 6 marta 1892 g. [On mildew and conditions of its development in Taurida province in 1891: Report made by A.I. Pogibko at the department meeting on March 6, 1892]. *Otchet i trudi Odesskogo otdela Imperatorskogo Rossiiskogo obshchestva sadovodstva za 1892 god*. Odessa: Tipografiya A. Shultse. S. 1–15]. [in Russian].
50. Potapenko G.I. (2010). *Istoriya kafedri botaniki Odesskogo gosudarstvennogo universiteta za 75 let sushchestvovaniya: 1865–1940* [History of the Department of Botany of Odessa State University for 75 years of existence: 1865–1940]. Odessa: Pechatnii dom. 88 s. [in Russian].
51. Protokol zasedaniya Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei 19 marta 1877 g.(1877). [Minutes of the meeting of the Novorossiysk Society of Physical Examiners on March 19, 1877]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. № 4. Ch. 2. S. 7–10.
52. *Protokoli zasedanii soveta Imperatorskogo Novorossiiskogo universiteta*. (1866) [Minutes of the meetings of the Council of the Imperial Novorossiysk University]. Ch.2. 78 s. [in Russian].
53. Protokol zasedaniya soveta Imperatorskogo Novorossiiskogo universiteta. 9 oktyabrya 1869 goda. (1869). [Minutes of the meeting of the council of the Imperial Novorossiysk University. October 9, 1869]. *Protokoli zasedanii Imperatorskogo Novorossiiskogo universiteta*. Ch. 5. S. 1–11. 1869. [in Russian].
54. Protokol zasedaniya soveta 5 dekabrya 1869 g [Minutes of the council meeting on December 5, 1869]. [Kievskie] Universitetskie izvestiya. 1870. T.2. S. 30–61.
55. Protokol sedmogo ocherednogo zasedaniya Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei 12 oktyabrya 1872 g. [Minutes of the seventh regular meeting of the Novorossiysk Society of Physical Examiners on October 12, 1872]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 1873–1874. T. 2. Vip. 1. S. 137–139.
56. Protokol chetvertogo ocherednogo zasedaniya Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei 8 aprelya 1872 g. (1873–1874) [Minutes of the fourth regular meeting of the Novorossiysk Society of Naturalists April 8, 1872 g.] *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 29(1), 132–134. [in Russian].
57. Profesory Odeskoho (Novorossiiskoho) universytetu: biogr. slov. [Professors of Odesa (Novorossiysk) University: biogr. of words.]. T. 1–4 / vidp. red. V.A. Smyntyna; zast. vidp. red. M.O. Podrezova; uporiad. ta bibl. red.: V.P. Pruzhyna, V.V. Samodurova. 2-he vyd., dop. Odesa: Astroprint, 2005.
58. Rekaló E. L. (1886). Otchet ob osmotre vinogradnikov Izmail'skogo uezda (ot ozera Kartal do ozera Sasik) v 1885 godu [Report on inspection of vineyards of Izmail district (from Lake Kartal to Lake Sasyk) in 1885]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 1886. T. 56. № 2. S. 1–64.
59. Rekaló E.L. (1888). Vinogradnaya bolezn mildyu i sposobi borbi s neyu [The grape disease mildew and ways to combat it]. Kishinev. 36 s. [in Russian].
60. Rekaló E.L. (1889). Otchet ob issledovanii vinogradnikov v Kishinevskom uezde Bessarabskoi gubernii s 3 iyunya po 31 iyulya 1888 g. [Report on the study of vineyards in Kishinev uyezd of Bessarabian province from June 3 to July 31, 1888]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 59(2), 41–45. [in Russian].
61. Rishavi L.A. (1871). Zametka o lishayakh na rasteniyakh Kievskoi i Podolskoi gubernii [A note on lichens on plants of Kiev and Podolia provinces]. *Zapiski Kievskogo obshchestva Yestestvoispytatelei*. 2(2), 269–272. [in Russian].

62. Rishavi L.A. (1872). Materiali dlya flori lishainikov Kievskoi i Podolskoi gubernii [Materials for the flora of lichens of Kiev and Podolia provinces]. *Zapiski Kievskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 3(1), 105–128. [in Russian].
63. Rishavi L.A. (1874). Novie issledovaniya nad spirtovim brozheniem [New researches on alcoholic fermentation]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 3–4, 295–342; 5, 365–394. [in Russian].
64. Rishavi L.A. (1881). Materiali dlya likhenologicheskoi flori Krimea [Materials for lichenological flora of the Crimea]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 7(2), 1–10. [in Russian].
65. *Spisok studentov Imperatorskogo universiteta Sv. Vladimira, za pervoe polugodie 1869–1870 uchebnogo goda*. (1870). [List of students of the Imperial University of St. Vladimir, for the first half of the academic year 1869–1870]. [Kievskie] *Universitetskie izvestiya*. 2: (fevral) Kiev: Izd. Kiev. un-ta. 35–56 s. [in Russian].
66. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1865/66 akademicheskii god*. (1865) [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1865/66]. Odessa: s/p. 20 s. [in Russian].
67. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1867–1868 akademicheskii god*. (1867) [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1867–1868]. Odessa: s/p. 36 s. [in Russian].
68. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1871–1872 akademicheskii god*. (1871). [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1871–1872]. Odessa: s/p. 36 s. [in Russian].
69. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1878–1879 akademicheskii god*. (1878). [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1878–1879]. Odessa: s/p. 76 s. [in Russian].
70. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1880–1881 akademicheskii god*. (1880) [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1880–1881]. Odessa: s/p. 60 s. [in Russian].
71. *Spisok studentov i postoronnikh slushatelei Imperatorskogo Novorossiiskogo Universiteta za 1882–83 akademicheskii god*. (1882). [List of students and outsiders of the Imperial Novorossiysk University for the academic year 1882–83]. Odessa: s/p. 73 s. [in Russian].
72. Sredinsky N.K. (1872–1873). Materiali dlya flori Novorossiiskogo kraia i Bessarabii [Materials for the flora of the Novorossiysk region and Bessarabia]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 2(3), 291 s. [in Russian].
73. Sredinsky N.K. (1873–1874). Materiali dlya flori Novorossiiskogo kraia i Bessarabii [Materials for the flora of the Novorossiysk region and Bessarabia]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 2(1), 17–131. [in Russian].
74. Sredinsky N.K. (1880). Zashchitnie nasazhdeniya [Protective plantings]. *Vestnik Imperatorskogo rossiiskogo obshchestva sadovodstva*. 7, 363–372. [in Russian].
75. Tochydlvskiy I.Y. (1925–1926). K istorii Odesskogo selsko-khozyaistvennogo instituta [To the history of the Odesa Agricultural Institute]. *Visti Odesskogo silsko-gospodarskogo institutu*. 1, 191–196. [in Russian].
76. Khmelevsky V.F. (1886). K morfologii *Haplotrichum roseum* Corda [To the morphology of *Haplotrichum roseum* Corda]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei* 11(1), 23–38. [in Russian].
77. Khmelevsky V.F. (1888). K voprosu o kopulyatsii yader pri polovom protsesse u gribov [To the question of copulation of nuclei during sexual process in fungi]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 13(1), 113–121. [in Russian].
78. Khmelevsky V.F. (1890). Otchet ob opitakh lecheniya vinograda v g. Izmaile i okrestnostyakh ot mildyu [Report on experiments of treatment of grapes in Izmail and vicinity from mildew]. *Zapiski Obshchestva selskogo khozyaistva yuzhnoi Rossii*. 1–2, 1–20. [in Russian].
79. Tsenkovsky L.S. (1856-a). O nizshikh vodoroslyakh i infuzoriyakh [On lower algae and infusoria]. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 40(2), 177–234. [in Russian].
80. Tsenkovsky L.S. (1856-b). O nizshikh vodoroslyakh i infuzoriyakh [On lower algae and infusoria]. *Zhurnal ministerstva narodnogo prosveshcheniya*. 41(2), 35–70. [in Russian].
81. Tsenkovsky L.S. (1881). O zarazhenii lichinok zhuka gribnoyu boleznью [On infection of beetle larvae with fungal disease]. *Protokoli i dokladi osobogo soveshchaniya predstavitelei zemstv, sozannogo dlya obsuzhdeniya voprosa o khlebnom zhuke v Odesse 28 fevralya- 6 marta 1881 g*. Odessa: Tip. L. Nitche. S. 63–71. [in Russian].
82. Shmankevich V.I. (1875). *Nekotorie rakoobraznie solyano-ozernikh i presnikh vod i otnoshenie ikh k srede* [Some crustaceans of salt-lake and fresh waters and their relation to the environment]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispitatelei*. 3(2), 1–344. [in Russian].

83. Shmankevich V.I. (1876). Ob otnoshenii roda *Anisonema* Dujard. k solyano-ozernoi *Diselmis Dunalii* Dujard. [On the relation of the genus *Anisonema* Dujard. to the salt-lake *Diselmis Dunalii* Dujard]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 4(1), 125–152. [in Russian].
84. Shmankevich V.I. (1879). Ob otnoshenii nekotorykh bestsvetnykh Flagellata k vodoroslyam i gribam [On the relation of some colorless Flagellata to algae and fungi]. *Zapiski Novorossiiskogo obshchestva yestestvoispytatelei*. 6(1), 1–68. [in Russian].
85. Schmidt A. (1863). *Materiali dlya geografii i statistiki Rossii, sobrannye ofitserami generalnogo shtaba. Khersonskaya guberniya. Ch. I.* [Materials for geography and statistics of Russia, collected by officers of the General Staff. Kherson province. Ch. I.]. Sankt-Peterburg. Voennaya tipografiya. 601 s. [in Russian].
86. *Entsiklopediya vinogradorstva.* (1986). [Encyclopedia of viticulture]. Kishinev: Main Editorial Office of Moldavian Soviet Encyclopedia, Vol.2. (Quarantine-Pilnick) 504 s. [in Russian].
87. Janovich Oleksii Onisimovich (Nekrolog) (1873) [Janowicz Alexei Onisimovich (Obituary)]. *Russkii arkhiv*. 8, 1514. [in Russian].
88. Janowich A. (1865) Ueber die Entwicklung der Fructificationsorgane von Nectria, *Botan. d Zeitung.* ed. by H. V. Mohl and Schelechtendal. 19, 149–152. [in German].
89. Manolache C., & Ursu M. (2013) Isaak Krassilchik – the founder of the Basarabian school of microbiology and entomology. *Encyclopedica Review of history of science and encyclopedic studies.* Chisinau. 2(5), July-December. 71–79. [in Romanian].
90. Timus A. (2017) Secvențe despre cercetătorii filoxerei viței-de-vie în basarabia cu 130 de ani în urmă. Probleme actuale ale istoriei științei. Chișinău [Sequences about phylloxera researchers in Bessarabia 130 years ago. Current problems of the history of science: Scientific Library (Institute) «Andrei Lupan». (F.E.-P. «Tipografia Centrale»). 122–135 p. [in Romanian]

Макет В.Г. Вітвицька

Підписано до друку 25.07.2024 р. Формат 70×108/16. Ум. друк. арк. 12,96.
Тираж 50 прим. Зам. № 2845.

Видавець

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: (048) 723 28 39
e-mail: druk@onu.edu.ua

**Надруковано з готового оригінал-макета
у видавництві ФОП Назарчук С. Л.**

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7024 від 23.12.2019
65009, м. Одеса, Фонтанська дорога, 10
Тел.: +38 (050) 905 23 77
selen_odessa@ukr.net