

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 30, випуск 2(57) 2025

Одеса
ОНУ
2025

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. Заморів, канд. біол. наук; О. В. Запорожченко, канд. біол. наук; О. А. Іванова, д-р наук із соц. комунікацій; Н. О. Кравченко, д-р філол. наук; Н. М. Крючкова, канд. екон. наук; В. Г. Кушнір, д-р іст. наук; В. В. Менчук, канд. хім. наук; М. І. Ніколаєва, канд. політ. наук; Ю. А. Ніцук, д-р фіз.-мат. наук; Л. І. Стрій, канд. філол. наук; О. В. Суровцева, директор Наукової бібліотеки; Л. М. Токарчук, д-р юрид. наук; В. В. Яворська, д-р геогр. наук.

Редакційна колегія журналу:

С. В. Чеботар, д-р біол. наук, член-кор. НААНУ (Україна) – головний редактор; А. Бьорнер, д-р біол. наук, професор (Німеччина); С. Верба, канд. біол. наук, доцент (Польща); В. В. Заморів, канд. біол. наук, доцент (Україна); В. О. Іваниця, д-р біол. наук, професор (Україна); К. Ковальчик, д-р габіл. біол. наук, професор (Польща); Г. В. Майкова, канд. біол. наук, доцент (Польща); О. А. Макаренко, д-р біол. наук, ст. наук. співроб. (Україна); С. Мішева, д-р біол. наук, професор (Болгарія); Ю. М. Олійник, канд. біол. наук, доцент (Україна); С. Н. Оленін, д-р біол. наук, професор (Литва), З. Селка, канд. біол. наук, професор (Польща); Г. Федак, д-р біол. наук, професор (Канада); С. С. Чернадчук, канд. біол. наук, доцент (Україна); Т. Г. Алексеева, канд. біол. наук, 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.
Протокол № 5 від 23 грудня 2025 року.

Адреса редакції: вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна
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, 2025

ЗМІСТ

БІОХІМІЯ

- Грідіна І. Р., Чернадчук С. С.
ОЦІНКА МАРКЕРІВ ОКИСНОГО СТРЕСУ ТА КЛІТИННОГО УШКОДЖЕННЯ
В ОРГАНАХ ЩУРІВ ЗА ДІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ 9

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

- Кириллова Ю. В.
БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА *OITHONA DAVISAE* (FERRARI F. D. & ORSI, 1984)
В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ У 2016–2024 РОКАХ 27

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

- Янко Р. В., Завгородній М. О., Портніченко В. І.
ГІСТОМОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ ЩУРІВ
ЗА УМОВ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ ЛЕГКОГО СТУПЕНЮ 41

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

- Кузнєцов В. О., Ткаченко Ф. П.
МІКОЛОГІЧНИЙ ДОРОБОК ОДЕСЬКИХ ВЧЕНИХ:
ПІВСТОЛІТТЯ НАУКОВОГО ПОШУКУ (1890–1940 РР.) 55

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ

- БІОЛОГІЧНА СЕКЦІЯ «ВАЖЛИВІСТЬ ІДЕЙ ГЕОРГІЯ ГАМОВА
ДЛЯ БІОЛОГІЇ 21-ГО СТОЛІТТЯ» (19 СЕРПНЯ 2025 Р.) В МЕЖАХ XXV
ГАМОВСЬКОЇ МІЖНАРОДНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«АСТРОНОМІЯ ТА НЕ ТІЛЬКИ: АСТРОФІЗИКА, КОСМОЛОГІЯ
ТА ГРАВІТАЦІЯ, АСТРОФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК,
РАДІОАСТРОНОМІЯ, АСТРОБІОЛОГІЯ ТА ГЕНЕТИКА»,
ЯКА ПРОВОДИЛАСЬ 18–22 СЕРПНЯ 2025 Р. В ОНУ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА,
ОДЕСА, УКРАЇНА 83

- Бьорнер А.
ЗАЛУЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПОВНОГЕНОМНИХ АСОЦІАЦІЙ (GWAS)
ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ РОСЛИН: ПРИКЛАДИ
НА ПШЕНИЦІ ТА ЯЧМЕНІ 85

- Кумляйн Й.
ПРОГРЕС У ГЕНОМНОМУ РЕДАГУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
КУЛЬТУР 85

- Навратілова П., Павлу С., Чжу Ч., Тулпова З., Копецький О., Штайн Н., Сімкова Г.
ЦИС-РЕГУЛЯТОРНІ ЕЛЕМЕНТИ, ЩО КОНТРОЛЮЮТЬ ТРАНСКРИПЦІЮ
У ЯЧМЕНІ 87

- Васева І.
КЛІТИННО-СПЕЦИФІЧНА АТТЕНУАЦІЯ ЕТИЛЕНОВОГО СИГНАЛІНГУ
У ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ РЕАКЦІЙ РОСЛИН НА СТРЕС 88

Тинкевич Ю., Поцаї П., Волков Р. ГЕНОМНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ЕВОЛЮЦІЙНА ДИНАМІКА ПОВТОРІВ 5S РДНК У РІЗНИХ ПІДРОДАХ <i>ACONITUM</i>	89
Мітіна І., Бахсієв А., Грайдєру К., Туманова Л., Мітін В., Мюллер К. ЗМІНИ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ ТОМАТА ЗА УРАЖЕННЯ ФІТОПЛАЗМОЮ	90
Нуця А., Гжеляк В., Оконь С. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕНІВ СТІЙКОСТІ ВІВСА ДО БОРОШНИСТОЇ РОСИ В ПОЛЬЩІ	91
Чеботар Г., Котні П., Кьоніг П., Опперманн М. УПРАВЛІННЯ, КУРУВАННЯ ТА ПОШИРЕННЯ ПАСПОРТНИХ, ФЕНО- ТА ГЕНОТИПОВИХ ДАНИХ ГЕНЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ РОСЛИН (PGR) ДЛЯ СПРІЯННЯ АГРОБІОРІЗНОМАНІТТЮ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЮ	92
Ребець Ю., Олішкевич В., Стецик Р., Осташ Б. <i>STREPTOMYCES VIRIDOSPORUS</i> ATCC 1462 ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ РОЗРОБКИ АНТИБІОТИКІВ З НОВИМ МЕХАНІЗМОМ ДІЇ.....	93
Рудік В., Чеботар С. РЕЗУЛЬТАТИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВИДІВ КОМПЛЕКСУ <i>ANORHELES MACULIPENNIS</i> S. L. В ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ	94
Сіроха Д., Раєвський О., Халангот М., Городна О., Маєр Х., Неф С., Ярузельська Я., Куш-Замельчик К., Лівшиць Л. НОВІ ГЕНИ-КАНДИДАТИ ДО ОЛІГОГЕННОЇ ПОВНОЇ ГОНАДНОЇ ДИСГЕНЕЗІЇ 46, XY	95
Олексик Т., Вольфсбергер В., Олексик О., Гасинець Ю., Щубелка К. ГЕНОМНЕ РІЗНОМАНІТТЯ В УКРАЇНІ: ПОПУЛЯЦІЙНІ ТА ПОВ'ЯЗАНІ ЗІ ЗДОРОВ'ЯМ ВАРІАЦІЇ ЗА ДАНИМИ ЗАГАЛЬНОНАЦІОНАЛЬНИХ ГЕНОМНИХ І ПОВНОЕКЗОМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	97
ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ	99

CONTENTS

BIOCHEMISTRY

Gridina I. R., Chernadchuk S. S.

ASSESSMENT OF OXIDATIVE STRESS MARKERS AND CELLULAR DAMAGE
IN RAT ORGANS UNDER THE INFLUENCE OF ELECTRONIC CIGARETTES..... 9

HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

Kyryllova Yu. V.

LONG-TERM DYNAMICS OF *OITHONA DAVISAE* (FERRARI F.D. & ORSI, 1984)
IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA IN 2016–2024..... 27

PHYSIOLOGY OF HUMAN AND ANIMALS

YANKO R. V., ZAVHORODNII M. O., PORTNICHENKO V. I.

HISTOMORPHOMETRIC CHANGES IN THE THYROID GLAND
OF RATS UNDER CONDITIONS OF LIGHT THERMAL INJURY 41

HISTORY OF THE FACULTY AND THE UNIVERSITY

KUZNETSOV V. O., TKACHENKO F. P.

MYCOLOGICAL ACHIEVEMENTS OF ODESA SCIENTISTS:
HALF A CENTURY OF SCIENTIFIC RESEARCH (1890–1940)..... 55

CONGRESSES AND CONFERENCES

**THE BIOLOGICAL SECTION “THE IMPORTANCE OF G. GAMOW’S IDEAS
FOR BIOLOGY OF THE 21ST CENTURY” (19 AUGUST 2025) WITHIN THE XXV
GAMOW INTERNATIONAL ASTRONOMICAL CONFERENCE “ASTRONOMY
AND BEYOND: ASTROPHYSICS, COSMOLOGY AND GRAVITATION,
ASTROPARTICLE PHYSICS, RADIO ASTRONOMY, ASTROBIOLOGY AND
GENETICS” HELD ON 18–22 AUGUST 2025 AT ODESA I. I. MECHNIKOV
NATIONAL UNIVERSITY, ODESA CITY, UKRAINE..... 83**

Börner A.

THE UTILIZATION OF GENOME-WIDE ASSOCIATION STUDIES (GWAS)
FOR THE EXPLOITATION OF PLANT GENETIC RESOURCES — EXAMPLES
ON WHEAT AND BARLEY 85

Kumlehn J.

PROGRESS IN GENOME EDITING OF CROP PLANTS 85

Navrátilová P., Pavlů Š., Zhu Z., Tulpová Z., Kopecký O., Stein N., Šimková H.

CIS-REGULATORY ELEMENTS CONTROLLING TRANSCRIPTION IN BARLEY 87

Vaseva I.

CELL TYPE-SPECIFIC ATTENUATION OF ETHYLENE SIGNALING
IN FUNCTIONAL STUDIES OF PLANT STRESS RESPONSES 88

Tynkevich Y., Poczai P., Volkov R.

GENOMIC ORGANIZATION AND EVOLUTIONARY DYNAMICS OF 5S RDNA
REPEATS IN DIFFERENT SUBGENERA OF *ACONITUM*..... 89

Mitina I., Bahsiev A., Grajdieru C., Tumanova L., Mitin V., Muller K. CHANGE IN TOMATO GENE EXPRESSION UPON PHYTOPLASMA INFECTION ...	90
Nucia A., Grzelak W., Okoń S. TAKING STOCK OF HOW EFFECTIVE THE OAT RESISTANCE GENES TO POWDERY MILDEW ARE IN POLAND	91
Chebotar G., Kotni P., König P., Oppermann M. MANAGING, CURATING AND SHARING PASSPORT, PHENO- AND GENOTYPING PGR DATA TO PROMOTE AGRO-BIODIVERSITY AND ITS UTILISATION.....	92
Rebets Y., Olishkevych V., Stetsyk R., Ostash B. <i>STREPTOMYCES VIRIDOSPORUS</i> ATCC1462 AS A PLATFORM FOR DEVELOPMENT OF ANTIBIOTICS WITH NOVEL MODE OF ACTION.....	93
Rudik V., Chebotar S. RESULTS OF MOLECULAR IDENTIFICATION OF SPECIES OF THE ANOPHELES MACULIPENNIS S. L. COMPLEX IN ODESA REGION.....	94
Sirokha D., Rayevsky A., Khalangot M., Gorodna O., Mayere Ch., Nef S., Jaruzelska J., Kusz-Zamelczyk K., Livshits L. NOVEL CANDIDATE GENES FOR OLIGOGENIC 46,XY COMPLETE GONADAL DYSGENESIS.....	95
Oleksyk T., Wolfsberger W., Oleksyk O., Hasynets Y., Shchubelka K. GENOME DIVERSITY IN UKRAINE: POPULATION AND HEALTH-RELEVANT VARIATION FROM NATIONWIDE GENOME AND WHOLE EXOME SURVEYS6	97
INFORMATION FOR AUTHORS	99

БІОХІМІЯ



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2\(57\).352401](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2(57).352401)

УДК 577.152:615.9:599.323

І. Р. Грідіна, аспірант; <https://orcid.org/0009-0000-8862-582X>

С. С. Чернадчук, канд. біол. наук, доцент;

<https://orcid.org/0000-0003-3109-7418>

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики, вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна

e-mail: biochem_bio_onu@ukr.net

ОЦІНКА МАРКЕРІВ ОКИСНОГО СТРЕСУ ТА КЛІТИННОГО УШКОДЖЕННЯ В ОРГАНАХ ЩУРІВ ЗА ДІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ

Досліджено вплив парів електронних сигарет на показники оксидативного стресу та функціональний стан тканин щурів Wistar за тримісячної пасивної інгаляційної експозиції. Виявлено достовірне підвищення окисної модифікації білків та рівня малонового діальдегіду у легенях, печінці, серцевому м'язі, нирках та мозку, що свідчить про системний оксидативний стрес. Зміни активності ферментів ГГТ, АЛТ, АСТ та ЛФ відображають метаболічну перебудову та структурно-функціональні ушкодження органів, підкреслюючи потенційні токсикологічні ризики інгаляційного впливу компонентів електронних сигарет.

Ключові слова: електронні сигарети, біохімічні маркери, токсичність, органоспецифічність, оксидативний стрес.

Вступ

У зв'язку з активними заходами боротьби проти тютюнокуріння та популяризацією «менш шкідливих» альтернатив, на ринку з'явилася нова група продуктів – електронні системи доставки нікотину (ENDS) [19]. Електронні сигарети та інші тютюнові вироби з ароматизаторами наразі мають значний вплив на вживання тютюну серед молоді. В Європі найвищі показники вживання електронних сигарет серед 13–15-річних спостерігаються в Польщі (23,4%), Україні (18,4%), Латвії (18,0%) та Італії (17,5%) [30]. За даними Державної служби статистики, серед підлітків віком 15–17 років 12% є активними користувачами електронних сигарет, причому понад половина з них мають досвід використання як традиційних, так і електронних тютюнових виробів. Згідно з офіційною інформацією Центру громадського здоров'я України, серед підлітків у віці 13–15 років електронні сигарети споживають приблизно 19,6%. У молоді віком 18–29 років спостерігається значне зростання поширеності – близько 45% вже використовують тютюнові або нікотинові вироби, включно з е-сигаретами, системами нагрівання тютюну (НТР) та кальянами [9].

Незважаючи на стрімке поширення електронних сигарет серед молоді, кількість досліджень, що оцінюють їхній вплив на організм, залишається недостатньою. Наявні дослідження виявили цитотоксичний ефект рідин для електронних сигарет у різних типах клітин людини й тварин, а також їх здатність генерувати активні форми кисню в клітинах легень після нагрівання [12].

Попри маркетингові твердження про зниження шкоди, наукові дані свідчать, що електронні сигарети не є безпечними. Рідина для електронних сигарет складається з пропіленгліколю (PG) та/або рослинного гліцеролу (VG) та ароматизаторів. Зазвичай нікотин міститься в концентрації від 0 до 36 мг/мл [29]. Концентрація нікотину та побічні продукти термічного розкладу пропіленгліколю та гліцеролу не є єдиними токсичними чинниками. Технічні характеристики пристрою відіграють вирішальну роль у виділенні токсичних сполук, а отже, і в ризику, пов'язаному з використанням електронних сигарет.

Під час нагрівання наведених речовин утворюються токсичні сполуки різних груп: карбонільні (формальдегід, ацетальдегід, акролеїн) та активних форм кисню (АФО). Крім того, контакт рідини з металевими нагрівальними елементами сприяє вивільненню іонів важких металів – нікелю (Ni), хрому (Cr), кадмію (Cd), свинцю (Pb), тощо. Ці речовини здатні індукувати окисне пошкодження макромолекул, включаючи ліпіди, білки та ДНК [2, 10, 19, 21].

Відомо, що оксидативний стрес – це стан дисбалансу між утворенням активних форм кисню та ефективністю антиоксидантного захисту. Надлишок АФО призводить до перекисного окиснення ліпідів, оксидативної модифікації білків і нуклеїнових кислот, що в результаті спричиняє структурно-функціональні зміни в клітинах різних органів. Для вивчення цих механізмів широко застосовують експериментальні моделі на лабораторних тваринах (зокрема, щурах), які дозволяють оцінити біохімічні, морфологічні та метаболічні порушення на органному рівні.

Метою дослідження було встановлення біохімічних змін у тканинах щурів (серцевий м'яз, мозок, нирки, легені та печінка) під впливом парів електронних сигарет шляхом комплексного аналізу продуктів окисної модифікації білків (ОМБ), інтенсивності перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) за рівнем малонового діальдегіду (МДА), а також активності маркерних ферментів клітинного ушкодження – γ -глутамілтрансферази (ГГТ), лужної фосфатази (ЛФ), аспаратамінотрансферази (АСТ) та аланінамінотрансферази (АЛТ). Застосування такого підходу дозволяє оцінити потенційні ризики, пов'язані з інгаляційним впливом компонентів електронних сигарет, та поглибити сучасні уявлення про їхню роль у формуванні структурно-функціональних ушкоджень тканин.

Матеріали і методи. У нашій роботі було реалізовано модель «пасивного куріння». Згідно з цією моделлю, піддослідний організм отримує токсичні речовини, що надходять в організм при курінні в експозиційній камері з тваринами (рис. 1).



Рис. 1. Модель «пасивного куріння» [31].

Для інгаляційної експозиції використовували камеру об'ємом 5 л, у якій одночасно перебували дві тварини. Система складається з інгаляційної камери об'ємом 5 л, шприца (300 мл), електронної сигарети Elf Bar 1500 Ultra та клапана-перемикача, який дозволяє наповнювати шприц аерозолем з електронної сигарети та подати його в інгаляційну камеру для експозиції тварин [31].

Експеримент було проведено на 20 статевозрілих самцях щурів лінії Wistar віком 8–10 тижнів, масою 180–220 г. Тварин розділили на дві групи – дослідну (10 щурів) та контрольну (10 щурів). Щурів контрольної групи не піддавали вейпінгу. Щурів дослідної групи щоденно поміщали в інгаляційну камеру, в яку закачували рідкий аерозоль електронної сигарети зі швидкістю 100 мл/хв протягом 20 хвилин.

Е-сигарета Elf Bar 1500 Ultra (Китай) складається з чотирьох основних компонентів: пропіленгліколю (PG), гліцерину (VG), сольового нікотину (50 мг/мл) ароматизаторів. Загальний об'єм рідини – 4,8 мл.

При проведенні експериментальних досліджень тварини знаходились в стандартних умовах віварію згідно з нормами і принципами Директиви Ради ЄС з питань захисту хребетних тварин, що використовуються для наукових цілей [8, 16].

Щурів через 3 місяця виводили з експерименту: через 1 годину після завершення останньої інгаляційної сесії, щоб зафіксувати максимально актуальні морфологічні та біохімічні зміни у тканинах. Тварин виводили з експерименту під тіопенталовим наркозом (20 мг /кг). Тканини тварин після евтаназії виділяли, зважували та гомогенізували в 0,9% розчині NaCl у співвідношенні 1:10. Гомогенати центрифугували при $10\,000 \times g$ протягом 15 хв, після чого супернатант використовували для біохімічних аналізів.

Ознакою хронічності впливу у дослідженні слугувала регулярна та повторювана експозиція аерозоллю електронної сигарети протягом усього експериментального періоду, що відповідає прийнятним підходам у моделях вейп-інгаляції [26]. Ключовим підтвердженням хронічності дії були виявлені морфологічні та біохімічні зміни, які свідчать про системний та накопичувальний характер інгаляційного навантаження. З метою кількісної оцінки оксидативного стресу, спричиненого тривалим впливом аерозоллю електронної сигарети, у тканинах щурів визначали вміст малонового діальдегіда (МДА) [23], рівень окисної модифікації білків (ОМБ) [6], активність лужної фосфатази (ЛФ), γ -глутамілтрансферази (ГГТ), аспаратамінотрансферази (АСТ) та аланінамінотрансферази (АЛТ) [4].

Статистичне опрацювання отриманих результатів проводили з використанням t-критерію Стьюдента за допомогою додатку MS Excel. Достовірними відхиленнями вважали ті, що знаходились в межах вірогідності за таблицями Стьюдента, $p \leq 0,05$ [1].

Результати досліджень та їх обговорення

Білки є основними мішенями для радикалів та двоелектронних окиснювачів у біологічних системах завдяки їхній великій кількості та високим константам швидкості реакції [14, 27]. Білки, нейтралізуючи значну частину (50–75%) АФО та інших реактивних молекул, зазнають посттрансляційних змін, що змінюють їх структуру, просторову будову, заряд і гідрофобність/гідрофільність, а отже, і функціональні властивості як рецепторів, ферментів або транспортних молекул. Реверсивні модифікації білків беруть участь у фізіологічних процесах та редокс-сигналіngu, тоді як нереверсивні зміни можуть сприяти розвитку патологічних станів [13, 28]. Враховуючи труднощі прямої детекції вільних радикалів, окисні модифікації білків розглядають як надійний маркер оксидативного стресу.

У дослідженні саме ці показники, разом з малоновим діальдегідом, як маркером ПОЛ та ферментативними параметрами, використовували для оцінки оксидативного впливу компонентів електронних сигарет на тканини щурів.

У ході дослідження встановлено, що експозиція щурів парами електронної сигарети спричиняло достовірне підвищення рівнів окисної модифікації білків у більшості досліджених тканин. Оцінка ОМБ проводилась за показниками оптичної густини при довжинах хвиль 364 нм (нейтральні альдегідо- і кетопохідні) та 440 нм (основні альдегідо- і кетопохідні), що дозволяє диференціювати ступінь ушкодження білкових структур [6] (рис.2).

Найбільше зростання показників ОМБ при 364 нм зафіксовано в легенях (+81,9%) та печінці (+52,6%), що свідчить про активне утворення нейтральних продуктів окиснення білків. У мозку, серці та нирках також спостерігалось підвищення (від +23,9% до +30,7%), що вказує на системний характер окисного стресу. Ці зміни можуть бути пов'язані з дією компонентів пари, таких як

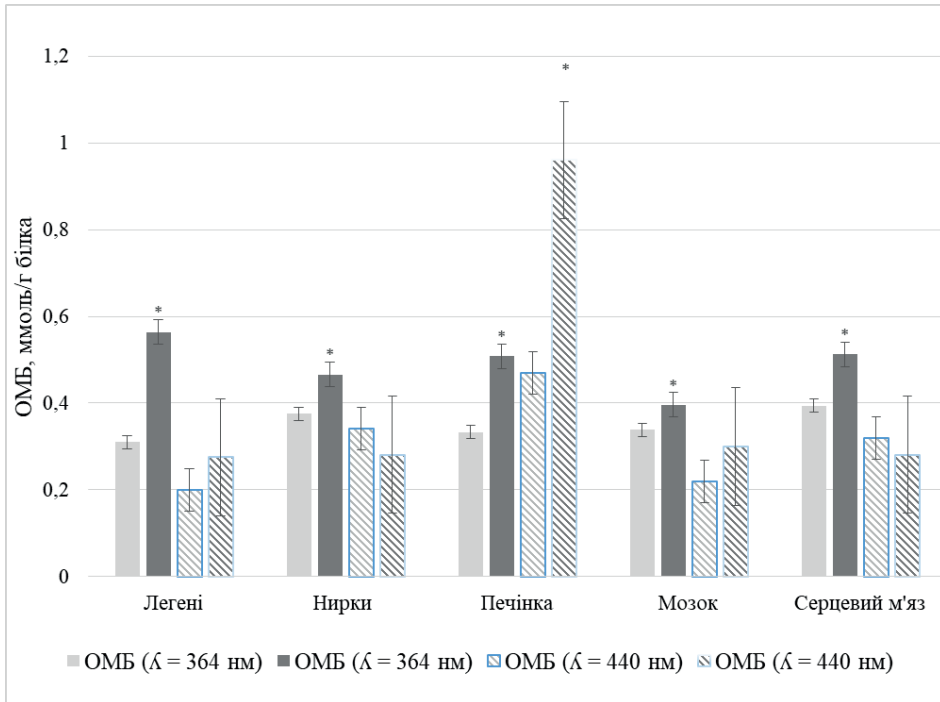


Рис. 2. Вплив парів електронних сигарет на білкові маркери розвитку окисного стресу в тканинах щурів (ммоль/г білка)
* $-p < 0,05$ – різниця вірогідна порівняно з контролем

формальдегід, акролеїн, нікотин та важкі метали, які здатні генерувати активні форми кисню (АФК) та ініціювати перекисне окиснення білків.

Показники ОМБ при 440 нм, що відображають утворення основних альдегідо- і кетопохідних, виявили ще більш виражені зміни. Зокрема, у печінці рівень ОМБ зріс більш ніж удвічі (+104,3%), у серці – на +87,5%, у мозку – на +50%. Такі показники свідчать про глибокі незворотні структурні ушкодження білків, що можуть призводити до втрати їх біологічної активності, агрегації та запуску апоптозу. У легенях також спостерігалось зростання (+37,5%), тоді як у нирках – зниження (–17,6%), що може бути наслідком активації компенсаторних механізмів або особливостей білкового складу тканини.

Отримані результати узгоджуються з даними попередніх досліджень, які демонструють підвищення рівнів ОМБ за дії токсичних агентів. Зокрема, у дослідженні Bernardini et al. (2020) показано, що інгаляція формальдегідом викликає окисдаивне ушкодження білків у печінці та нирках щурів, а також стимулює запальні та генотоксичні процеси [11]. Герасимець І. І. та ін. (2020) виявили зростання продуктів окисної модифікації білків (ОМБ) за умов дії ксенобіотиків, що супроводжувалося посиленням вільнорадикального окиснення [3].

Крім того, Кузьмак І. (2017) продемонструвала, що при гострому отруєнні токсичними речовинами у щурів різного віку спостерігається виснаження антиоксидантного захисту та накопичення ОМБ, особливо в печінці [5].

Окисна модифікація білків є одним із ключових механізмів ушкодження клітин за дії АФК. Накопичення альдегідо- і кетопохідних білків порушує структурно-функціональні властивості ферментів, рецепторів, транспортних білків, що може призводити до дисфункції тканин і органів. Особливо небезпечними є основні похідні, які утворюються при глибоких ушкодженнях білкових залишків і мають незворотний характер.

Надалі ми дослідили вміст МДА, який є кінцевим продуктом перекисного окиснення поліненасичених жирних кислот і широко використовується як маркер інтенсивності процесів ПОЛ в біологічних тканинах.

Аналіз результатів показав достовірне підвищення рівнів МДА у всіх досліджених органах (рис. 3).

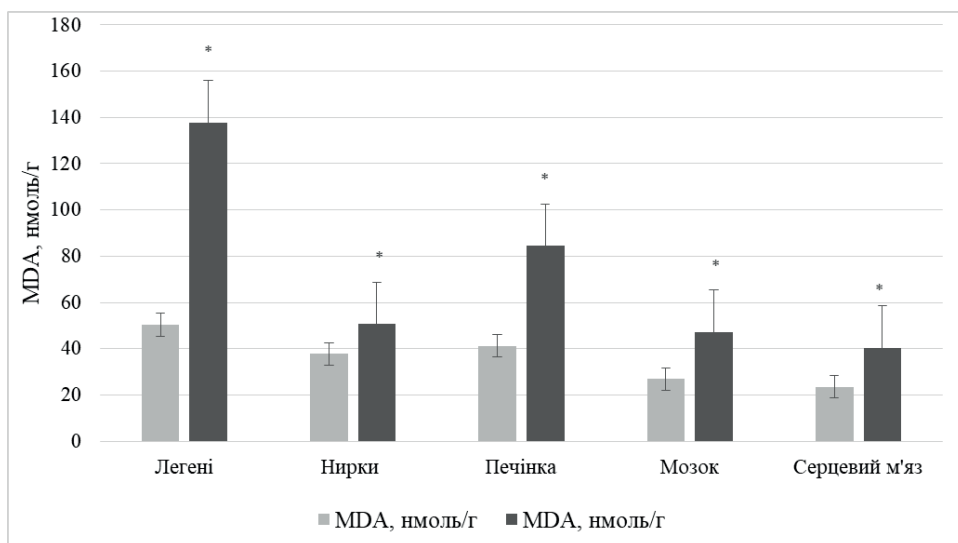


Рис. 3. Вплив парів електронних сигарет на вміст МДА в тканинах щурів (нмоль/г тканини)

* $p < 0,05$ – різниця вірогідна порівняно з контролем

Найбільше зростання МДА спостерігалось в легенях (+160%), що узгоджується з їх прямим контактом із токсичними компонентами пари. Печінка, як головний орган детоксикації, також демонструє значне підвищення (+83,3%), що свідчить про метаболічне навантаження. Зростання в мозку та серці (+77,8% та +80%, відповідно) вказує на системний характер окисного стресу.

Отримані результати узгоджуються з даними Олійніченко Я. О. та ін. (2024), які показали підвищення МДА у кишці щурів при введенні комплексу хімічних

харчових добавок, що свідчить про чутливість показника до різних токсичних впливів [7].

Отже інгаляційний вплив аерозолу електронних сигарет призводить до надходження в організм низки токсичних компонентів, які запускають каскад біохімічних реакцій, що реалізуються через механізми окисного стресу.

Першим етапом є підвищення рівня активних форм кисню, які утворюються внаслідок метаболізму ксенобіотиків або безпосередньо надходять з парів. Надлишок АФО порушує антиоксидантну рівновагу клітин і активує процеси перекисного окиснення ліпідів. У результаті ПОЛ утворюється малоновий діальдегід (МДА) – стабільний токсичний метаболіт, який здатен ковалентно модифікувати фосфоліпіди та білки клітинних мембран. Це призводить до ушкодження мембран і вивільнення мембранозв'язаних ферментів, зокрема лужної фосфатази (ЛФ). Підвищення активності ЛФ є маркером порушення цілісності клітин.

Паралельно активні форми кисню викликають окисну модифікацію білків (ОМБ) – процес, при якому білки зазнають структурних змін внаслідок утворення карбонільних груп. Це порушує їхню функціональну активність, включно з ферментами, рецепторами та транспортними системами.

У відповідь на білкові ушкодження активується глутатіоновий цикл, спрямований на знешкодження продуктів окиснення. У цьому процесі ключову роль відіграє γ -глутамілтрансфераза (ГГТ) – фермент, що забезпечує ресинтез глутатіону. Підвищення активності ГГТ свідчить як про активацію антиоксидантного захисту, так і про ушкодження клітин, де цей фермент локалізується [25].

Крім того, ушкодження клітинних мембран і цитозолу під дією АФО та МДА призводить до вивільнення цитозольних ферментів, таких як аланінамінотрансфераза (АЛТ) та аспаратамінотрансфераза (АСТ). АЛТ є специфічним маркером ушкодження гепатоцитів, тоді як АСТ – більш універсальним показником цитолізу, що відображає ушкодження печінки, серця, нирок і м'язів. Зміна активності цих ферментів в біологічних рідинах свідчить про глибокі порушення клітинної структури [8]. Лужна фосфатаза (ЛФ) – є мембранозв'язаним ферментом, що реагує на запальні процеси, гіпоксію та деструкцію клітинних структур [22].

Для комплексної оцінки як оксидативного стресу, так і структурно-функціональних порушень в органах-мішенях під впливом парів електронних сигарет на органи щурів було обрано ці чотири ключові ферменти: γ -глутамілтрансферазу, аланінамінотрансферазу, аспаратамінотрансферазу та лужну фосфатазу (табл.1).

Аналіз результатів дослідження показав наступне: у тканині легень спостерігалося зниження активності ферментів порівняно з контролем: ГГТ на 12,9%, ЛФ на 39,4%, АЛТ на 7,01%, АСТ на 14,3%. Це свідчить про можливу адаптацію до хронічного токсичного навантаження. Зниження ГГТ може бути наслідком

порушення глутатіонового обміну, що узгоджується з даними про антиоксидантну роль цього ферменту [25]. Статистично значуще зниження активності ЛФ у легенях щурів за умов пасивного куріння свідчить про пригнічення метаболічних процесів та зниження репаративного потенціалу епітеліальних клітин. Ймовірно, це пов'язано з дисфункцією альвеолярних клітин та зниженням здатності до відновлення тканин після ушкодження. Ці зміни можуть бути індикаторами структурно-функціональних ушкоджень легеневої тканини [17].

Таблиця 1

Вплив парів електронних сигарет на активність ферментів (мкмоль/г тканини) у тканинах щурів контрольної групи та після експозиції

Орган	Показник	Контроль	Е-сигарети	Δ% зміни
Легені	ГГТ	14,08 ± 1,03	12,27 ± 1,01	-12,9%
	ЛФ	17,9 ± 1,23	10,86 ± 1,42*	-39,4%
	АЛТ	22,98 ± 1,99	21,365 ± 1,78	-7,04%
	АСТ	127,18 ± 11,05	108,92 ± 9,45	-14,36%
Серцевий м'яз	ГГТ	5,07 ± 0,4	12,5 ± 1,01*	+146,48%
	ЛФ	4,25 ± 0,4	5,29 ± 0,4*	+24,44%
	АЛТ	40,49 ± 3,86	35,184 ± 3,49	-13,12%
	АСТ	1671,13 ± 150,98	928,92 ± 89,76*	-44,41%
Нирки	ГГТ	2714,36 ± 265,98	4067,41 ± 403,65*	+49,78%
	ЛФ	109,36 ± 9,43	71,68 ± 6,38*	-34,37%
	АЛТ	19,64 ± 1,87	26,299 ± 2,07*	+33,91%
	АСТ	540,47 ± 51,87	590,80 ± 57,98	+9,31%
Печінка	ГГТ	23,99 ± 2,21	7,79 ± 0,6*	-67,52%
	ЛФ	1,44 ± 0,1	1,12 ± 0,1	-22,18%
	АЛТ	606,12 ± 58,86	523,86 ± 50,64	-13,57%
	АСТ	450,70 ± 42,08	696,68 ± 70,45*	+54,60%

* $p < 0,05$ – різниця вірогідна порівняно з контролем

У серцевій тканині було виявлено: зростання ГГТ на 146,48% ($p < 0,05$) – ознака активації глутатіонового захисту у відповідь на оксидативний стрес. Зростання активності ЛФ на 24,4% ($p < 0,05$) може свідчити про активацію мембранозв'язаних процесів, ремоделювання клітин або компенсаторну реакцію на ушкодження. ЛФ бере участь у транспорті фосфатів і є маркером стабільності клітинних мембран.

Зниження активності АЛТ на 13,12% може свідчити про зменшення пошкодження або пригнічення ферментативної активності в кардіоміоцитах. АЛТ

є чутливим маркером гіпоксії або хронічного токсичного впливу. Достовірне зменшення активності АСТ може свідчити про пригнічення інтенсивності катаболічних процесів у міокарді. Літературні дані свідчать, що використання електронних систем супроводжується підвищенням рівня оксидативного стресу, судинною дисфункцією та змінами у клітинному метаболізмі серця [24, 32]. Отримані результати узгоджуються з цими спостереженнями та доповнюють їх, вказуючи на формування метаболічної перебудови міокарда під впливом інгаляційного токсичного навантаження, що потенційно передують функціональній дисфункції міокарда.

У нирках активність ГГТ значуще підвищилася майже на 50% порівняно з контролем ($p < 0,05$), що свідчить про активацію глутатіонового метаболізму. Оскільки ГГТ експресується переважно в проксимальних каналцях нирок, її підвищення може бути маркером нефротоксичності або оксидативного стресу, спричиненого інгаляційним впливом. Зростання ГГТ узгоджується з літературними даними про ушкодження нирок при інгаляційному впливі [18].

В нирках було достовірно відмінним порівняно з контролем зниження ЛФ на 34,37%, що може свідчити про порушення мембранної стабільності або зниження функціональної активності епітеліальних клітин нефрону. Статистично підтвержене зростання активності АЛТ ($p < 0,05$) на 40% може свідчити про активацію трансамінування або помірне ушкодження нефроцитів. АЛТ є маркером морфофункціональних змін паренхіматозних органів, і її підвищення в нирках може бути проявом метаболічної перебудови. АСТ, як фермент, локалізований частково в мітохондріях, є індикатором глибших змін метаболізму.

Різде зниження активності ГГТ в тканинах печінки на 67,5% відображало значущу різницю між групами. Це свідчить про пригнічення глутатіонового метаболізму, що може бути наслідком виснаження антиоксидантної системи печінки або порушення експресії ензиму. Така динаміка вказує на зниження здатності до нейтралізації вільних радикалів, що є критично важливим у контексті оксидативного стресу. Зниження активності ЛФ в тканинах печінки на 22,2% може свідчити про порушення мембранної стабільності або зниження функціональної активності гепатоцитів. ЛФ є маркером ушкодження епітеліальних клітин і змін у фосфатному обміні. Зниження активності АЛТ на 13,6% свідчить про зменшення цитопатії або пригнічення ферментативної активності. АЛТ є специфічним маркером ушкодження печінки і її зниження може бути проявом хронічної адаптації до токсичного навантаження.

Відзначалося значущим збільшенням активності АСТ на 54,6%, що може свідчити про мітохондріальне ушкодження або активацію енергетичного метаболізму. Часткова мітохондріальна локалізація ферменту робить це підвищення індикатором глибших морфофункціональних змін у гепатоцитах [15, 20].

Результати підтверджують, що пари електронних сигарет не є біологічно інертними і можуть викликати структурні пошкодження білків, ліпідів, що має потенційні токсикологічні наслідки. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вивчення хронічного впливу електронних сигарет, механізмів адаптації тканин до окисного стресу та можливостей фармакологічної корекції.

Висновки

Пари електронної сигарети призводять до достовірного підвищення рівнів окисної модифікації білків у більшості досліджених тканин, що є маркером активації окисного стресу. Найбільш виражені зміни зафіксовано в печінці, легенях та серцевому м'язі, де спостерігалось зростання як нейтральних ($\lambda = 364$ нм), так і основних ($\lambda = 440$ нм) альдегідо- і кетопохідних білків. Це свідчить про глибокі структурні ушкодження білкових молекул, які можуть мати незворотний характер і призводити до порушення клітинного гомеостазу.

Експозиція щурів парами електронної сигарети призводить до достовірного підвищення концентрації малонового діальдегіду у всіх досліджених органах, що свідчить про активацію процесів перекисного окиснення ліпідів та розвиток системного окисного стресу.

Зміни активності тканинних ферментів (ГГТ, АЛТ, АСТ) відображають перебудову метаболічних процесів у відповідь на окислативний стрес. Підвищення ГГТ може свідчити про активацію глутатіонового метаболізму, тоді як зміни АЛТ та АСТ у тканинах характеризують ферментативну та метаболічну реактивність.

Лужна фосфатаза демонструє органоспецифічну реакцію, що може свідчити про порушення мембранної стабільності.

Стаття надійшла до редакції 18.11.2025

Список використаної літератури

1. Бахрушин В. С. Методи аналізу даних : навч. посіб. для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
2. Білоконь С. В., Алексеева Т. Г., Сачалко В. О. Онтогенез *Drosophila melanogaster* як мішень нікотинної токсичності. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2025. Т. 30, вип. 1(56). С. 43–70. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.1\(56\).337318](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.1(56).337318)
3. Герасимець І. І., Фіра Л. С., Медвідь І. І. Показники окиснювального стресу в щурів з парацетамоловим гепатитом та їх корекція густим екстрактом із грибів майтаке. *Медична та клінічна хімія*. 2020. Т. 22, вип. 3. С. 54–60. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2020.v.i3.11534>
4. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике : справ. пособие. Одесса : Экология, 2005. 607 с.
5. Окиснювальна модифікація білків у щурів різного віку за умов гострого отруєння токсинами блідої поганки / І. П. Кузьмак, Є. Б. Дмухальська, С. Р. Підручна та ін. *Medical and Clinical Chemistry*. 2017. Т. 19, вип. 1. С. 114–118. <https://doi.org/10.11603/mcch.2410-681X.2017.v0.i1.7680>
6. Мещишен І. Ф. Метод визначення окиснювальної модифікації білків плазми (сироватки) крові. *Буковинський медичний вісник*. 1998. Т. 2, № 1. С. 156–158.
7. Олійніченко Я. О., Білаш С. М., Оснач А. П. Зміни концентрації малонового діальдегіду та нітритів у клубовій кишці щурів на ранньому терміні введення комплексу хімічних харчових добавок. *Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект* : матеріали міжнар. наук.-практ. internet-конф. (Харків, 17 жовт. 2024 р.). Харків, 2024. С. 82–84.
8. Про захист тварин від жорстокого поводження : Закон України від 21.02.2006 № 3447-IV. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15> (дата звернення: 10.10.2025).
9. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Куріння сигарет серед підлітків значно знизилось за останні 20 років, натомість кожен п'ятий підліток вживає е-сигарети. 30.05.2025. URL: <https://phc.org.ua/news/kurinnya-sigaret-sered-pidlitkiv-znachno-znizilosya-za-ostanni-20-rokiv-natomist-kozhen-pyatiy> (дата звернення: 01.10.2025).

10. Auschwitz E., Almeda J., Andl C. D. Mechanisms of e-cigarette vape-induced epithelial cell damage. *Cells*. 2023. Vol. 12, iss. 21. Article 2552. <https://doi.org/10.3390/cells12212552>
11. Oxidative damage, inflammation, genotoxic effect, and global DNA methylation caused by inhalation of formaldehyde and the protective effect of melatonin / L. Bernardini, E. Barbosa, M. F. Charão et al. *Toxicol. Res. (Camb.)*. 2020. Vol. 9, no. 6. P. 778–789. <https://doi.org/10.1093/toxres/tfaa079>
12. Lung damage caused by heated tobacco products and electronic nicotine delivery systems: a systematic review / O. A. Bravo-Gutiérrez, R. Falfán-Valencia, A. Ramírez-Venegas et al. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021. Vol. 18, no. 8. Article 4079. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084079>
13. Cai Z., Yan L.-J. Protein oxidative modifications: beneficial roles in disease and health. *J. Biochem. Pharmacol. Res.* 2013. Vol. 1, no. 1. P. 15–26. PMID: 23662248. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3646577/#S2> (дата звернення: 12.11.2025).
14. Davies M. J. Protein oxidation and peroxidation. *Biochem. J.* 2016. Vol. 473, iss. 7. P. 805–825. <https://doi.org/10.1042/BJ20151227>
15. Impact of e-cigarette refill liquid with or without nicotine on liver function in adult rats / N. El Golli, A. Jrad-Lamine, H. Neffati et al. *Toxicol. Mech. Methods*. 2016. Vol. 26, iss. 6. P. 433–440. <https://doi.org/10.3109/15376516.2016.1160963>
16. Council of Europe. Explanatory report on the European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes. Strasbourg : The Council, 1986. 75 p.
17. Chronic e-cigarette exposure alters the human bronchial epithelial proteome / A. Ghosh, R. C. Coakley, T. Mascenik et al. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2018. Vol. 198, iss. 1. P. 67–76. <https://doi.org/10.1164/rccm.201710-2033OC>
18. Impact of e-cigarette refill liquid exposure on rat kidney / N. El Golli, A. Jrad-Lamine, H. Neffati et al. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2016. Vol. 77. P. 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2016.02.012>
19. Toxicological aspects associated with consumption from electronic nicotine delivery system (ENDS): focus on heavy metals exposure and cancer risk / S. Granata, F. Vivarelli, C. Morosini et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2024. Vol. 25, iss. 5. Article 2737. <https://doi.org/10.3390/ijms25052737>
20. E-cigarettes and Western diet: metabolic risk factors for hepatic diseases / K. M. Hasan, T. C. Friedman, X. Shao et al. *Hepatology*. 2019. Vol. 69, iss. 6. P. 2442–2454. <https://doi.org/10.1002/hep.30512>
21. Marques P., Piqueras L., Sanz M.-J. An updated overview of e-cigarette impact on human health. *Respir. Res.* 2021. Vol. 22, iss. 1. Article 151. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01737-5>
22. E-cigarette flavored pods induce inflammation, epithelial barrier dysfunction, and DNA damage in lung epithelial cells and monocytes / T. Muthumalage, T. Lamb, M. R. Friedman, I. Rahman. *Sci Rep.* 2019. Vol. 9. Article 19035. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51643-6>
23. Ohkawa H., Ohishi N., Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*. 1997. Vol. 95, iss. 2. P. 351–358. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
24. Short-term e-cigarette exposure increases the risk of thrombogenesis and impairs microvascular endothelial function in mice / H. Qasim et al. *Journal of the American Heart Association*. 2018. Vol. 7, no. 15. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009264>
25. Rahman I., MacNee W. Oxidative stress and regulation of glutathione in lung inflammation. *Eur. Respir. J.* 2000. Vol. 16, iss. 3. P. 534–554. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.2000.016003534.x>
26. Nicotine promotes e-cigarette vapor-induced lung endothelial permeability and inflammation / E. T. Roxlau, O. Pak, S. Hadzic et al. *Eur. Respir. J.* 2023. Vol. 61, iss. 6. Article 2200951. <https://doi.org/10.1183/13993003.00951-2022>
27. Sies H., Berndt C., Jones D. P. Oxidative stress. *Annu. Rev. Biochem.* 2017. Vol. 86. P. 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>
28. Sultana R., Butterfield D. A. Protein oxidation in aging and Alzheimer's disease brain. *Antioxidants*. 2024. Vol. 13, iss. 5. Article 574. <https://doi.org/10.3390/antiox13050574>
29. On the toxicity of e-cigarettes consumption: focus on pathological cellular mechanisms / F. Vivarelli, S. Granata, L. Rullo et al. *Pharmacol. Res.* 2022. Vol. 182. Article 106315. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2022.106315>
30. World Health Organization. Summary results of the Global Youth Tobacco Survey in Selected Countries of the WHO European Region. WHO Regional Office for Europe, 2020. URL: <https://iris.who.int/items/68d37b29-3e97-4ae9-b4ed-f09798013112> (дата звернення: 01.10.2025).
31. Multimodal diagnostics of changes in rat lungs after vaping / I. Y. Yanina, V. D. Genin, E. A. Genina et al. *Diagnostics*. 2023. Vol. 13, iss. 21. Article 3340. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13213340>
32. E-cigarette aerosol exacerbates cardiovascular oxidative stress in mice with an inactive aldehyde dehydrogenase 2 enzyme / X. Yu, X. Zeng, F. Xiao, R. Chen, P. Sinharoy, E. R. Gross. 2022. *Redox Biology*. Vol. 54. Article 102369. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102369>

І. Р. Грідіна, С. С. Чернадчук

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, біологічний факультет, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики, вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна, e-mail: biochem_bio_onu@ukr.net

ОЦІНКА МАРКЕРІВ ОКИСНОГО СТРЕСУ ТА КЛІТИННОГО УШКОДЖЕННЯ В ОРГАНАХ ЩУРІВ ЗА ДІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИГАРЕТ

Резюме

Проблема. Електронні сигарети стали досить популярними серед української молоді: 19,6% підлітків 13–15 років та близько 45% осіб 18–29 років їх використовують. Дослідження показують, що рідини для електронних сигарет мають цитотоксичний ефект і під час нагрівання утворюють токсичні карбонільні сполуки (формальдегід, ацетальдегід, акролеїн) та активні форми кисню. Контакт рідини з металевими нагрівальними елементами сприяє вивільненню іонів важких металів (нікель, хром, кадмій, свинець), що індукує окисне пошкодження білків, ліпідів і ДНК. Експериментальні моделі на щурах дозволяють оцінити біохімічні, морфологічні та метаболічні порушення на органному рівні, підтверджуючи ризик системного окисного стресу та ушкодження тканин.

Мета. Метою дослідження було встановлення біохімічних змін у тканинах щурів (серцевий м'яз, мозок, нирки, легені та печінка) під впливом парів електронних сигарет шляхом комплексного аналізу продуктів окисної модифікації білків (ОМБ), інтенсивності переокисного окиснення ліпідів за рівнем малонового діальдегіду (МДА), а також активності маркерних ферментів цитопатії клітин – γ -глутамілтрансферази, лужної фосфатази, аспартатамінотрансферази та аланінамінотрансферази.

Методика. У роботі реалізовано модель пасивного куріння на 20 статевозрілих самцях щурів лінії Wistar (вік 8–10 тижнів, маса 180–220 г), розподілених на дослідну (n = 10) та контрольну (n = 10) групи. Тварин дослідної групи щоденно протягом 20 хвилин поміщали в інгаляційну камеру, куди закачували аерозоль електронної сигарети Elf Bar 1500 Ultra (Китай) зі швидкістю 100 мл/хв; контрольні щури не піддавались впливу вейпінгу. Після тримісячного експерименту тварин евтаназували відповідно до стандартних етичних протоколів, після чого проводили збір тканин для аналізу.

Основні результати. У легенях та печінці щурів відзначено найбільше зростання показників окисної модифікації білків, що свідчить про активне утворення продуктів окиснення. Найбільше підвищення малонового діальдегіду зафіксовано в легенях. У легенях спостерігається зниження активності ГГТ, ЛФ, АЛТ та АСТ, що може свідчити про адаптацію до хронічного токсичного впливу. У серцевій тканині підвищення ГГТ та ЛФ вказує на активацію антиоксидантного захисту та компенсаторні процеси. У нирках відзначено майже 50% зростання активності γ -глутамілтрансферази, що відображає активацію глутатіонового захисту. Підвищення активності АЛТ і АСТ відображає помірну деструкцію клітин та мітохондріальну активацію, що свідчить про метаболічну перебудову і системний оксидативний стрес у нирках під впливом токсичного навантаження. Печінка демонструє зниження активності ГГТ, ЛФ, АЛТ і підвищення активності АСТ, що відображає адаптаційно-компенсаторні

реакції на хронічне токсичне навантаження та можливе мітохондріальне ушкодження.

Висновки. Інгаляційний вплив електронних сигарет формує системний оксидативний стрес, що супроводжується метаболічною та структурною перебудовою органів. Це підтверджується експериментальними даними, які демонструють достовірне підвищення продуктів окисної модифікації білків у печінці, легенях та серцевому м'язі. Концентрація малонового діальдегіду зростає у всіх досліджених органах, відображаючи активацію перекисного окиснення ліпідів. Підвищення активності ГГТ свідчить про активацію антиоксидантного захисту, тоді як зміни АЛТ і АСТ відображають адаптаційні реакції та стан можливого цитолізу органів. Лужна фосфатаза демонструє органоспецифічну відповідь, що вказує на порушення мембранної стабільності та зниження репаративного потенціалу клітин.

Ключові слова: електронні сигарети, біохімічні маркери, токсичність, органоспецифічність, оксидативний стрес.

I. R. Gridina, S. S. Chernadchuk

Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Molecular Biology, Biochemistry and Genetics, 2 Zmiiienka Vsevoloda St, Odesa, 65082, Ukraine
e-mail: biochem_bio_onu@ukr.net

ASSESSMENT OF OXIDATIVE STRESS MARKERS AND CELLULAR DAMAGE IN RAT ORGANS UNDER THE INFLUENCE OF ELECTRONIC CIGARETTES

Summary

Problem. Electronic cigarettes have become increasingly popular among Ukrainian youth, with 19,6% of adolescents aged 13–15 and approximately 45% of young adults aged 18–29 using them. Studies indicate that e-cigarette liquids exhibit cytotoxic effects and generate toxic carbonyl compounds (formaldehyde, acetaldehyde, acrolein) and reactive oxygen species upon heating. Contact with metal heating elements also releases heavy metal ions (nickel, chromium, cadmium, lead), inducing oxidative damage to proteins, lipids, and DNA. Experimental rat models allow assessment of biochemical, morphological, and metabolic disturbances at the organ level, confirming the risk of systemic oxidative stress and tissue injury.

Aim. The study aimed to evaluate biochemical changes in rat tissues (heart, brain, kidneys, lungs, and liver) under exposure to e-cigarette aerosol through a comprehensive analysis of protein oxidative modification (OMP) products, lipid peroxidation measured by malondialdehyde (MDA) levels, and the activity of cytolysis marker enzymes — γ -glutamyltransferase (GGT), alkaline phosphatase (ALP), aspartate aminotransferase (AST), and alanine aminotransferase (ALT).

Methods. A passive smoking model was implemented using 20 adult male Wistar rats (8–10 weeks old, 180–220 g), divided into experimental (n = 10) and control (n = 10) groups. Rats in the experimental group were exposed daily for 20 minutes to aerosol from an Elf Bar 1500 Ultra e-cigarette (China) at a rate of 100 ml/min, while control rats were not exposed. After three months, animals were euthanized in accordance with standard ethical protocols, and tissues were collected for analysis.

Main results. The highest increases in protein oxidative modification were observed in the lungs and liver, indicating active formation of oxidative products. Malondialdehyde levels were most elevated in the lungs, reflecting lipid peroxidation. In lung tissue, decreased activities of GGT, ALP, ALT, and AST suggest adaptation to chronic toxic exposure. In the heart, increased GGT and ALP activities indicate activation of antioxidant defense and compensatory responses. In the kidneys, GGT activity increased by nearly 50%, reflecting activation of glutathione-mediated antioxidant defense. Elevated ALT and AST activities indicate moderate cytolysis and mitochondrial activation, suggesting metabolic remodeling and systemic oxidative stress. Liver tissue showed decreased GGT, ALP, ALT activities, with increased AST activity, reflecting adaptive-compensatory responses to chronic toxic exposure and possible mitochondrial injury.

Conclusions. Inhalation of electronic cigarette aerosol induces systemic oxidative stress accompanied by metabolic and structural organ remodeling. This is confirmed by experimental data showing significant increases in protein oxidative modification products in the liver, lungs, and heart. Malondialdehyde levels rose in all studied organs, indicating activation of lipid peroxidation. Increased GGT activity reflects activation of antioxidant defense, while changes in ALT and AST indicate adaptive responses and cytolysis status. Alkaline phosphatase exhibited organ-specific responses, suggesting impaired membrane stability and reduced reparative capacity of cells.

Keywords: electronic cigarettes, biochemical markers, toxicity, organ specificity, oxidative stress.

References

1. Bakhrushyn, V. Ye. (2011). *Metody analizu danykh* [Methods of data analysis]. KPU. [in Ukrainian].
2. Bilokon, S. V., Aliksieieva, T. H., & Sachalko, V. O. (2025). Ontohenez *Drosophila melanogaster* yak mishen nikotynovoi toksychnosti [Ontogenesis of *Drosophila melanogaster* as a target of nicotine toxicity]. *Visnyk Odeskoho Natsionalnoho Universytetu. Biolohiia*, 30(1(56)), 43–70. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.1\(56\).337318](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.1(56).337318) [in Ukrainian].
3. Herasymets, I. I., Fira, L. S., Medvid, I. I. (2020). Pokaznyky oksysniuvального stresu v shchuriv z parasetamolovym hepatytom ta yikh korektsiia hustym ekstraktom iz hrybiv maitake [Indicators of oxidative stress in rats with paracetamol hepatitis and correction with a dense extract from maitake mushrooms]. *Medychna ta Klinichna Khimiia* [Medical and Clinical Chemistry], 22(3), 54–60. <https://doi.org/10.11603/mch.2410-681X.2020.v.i3.11534> [in Ukrainian].
4. Horiachkovskiy, A. M. (2005). *Klinicheskaia biokhimiia v laboratornoi diagnostike* [Clinical biochemistry in laboratory diagnostics]. Ekolohiia. [in Ukrainian].
5. Kuzmak, I. P., Dmukhalska, Ye. B., Pidruchna, S. R., Yaroshenko, T. Ya., Krynytska, I. Ya., & Kulitska, M. I. (2017). Okysniuvalna modyfikatsiia bilkiv u shchuriv riznogo viku za umov hostroho otruiennia toksynamy blidoi pohanky [Oxidative modification of proteins in rats of different ages under acute poisoning by death cap mushroom toxins]. *Medychna ta Klinichna Khimiia* [Medical and Clinical Chemistry], 19(1), 114–118. <https://doi.org/10.11603/mch.2410-681X.2017.v0.i1.7680> [in Ukrainian].
6. Meshchysen, I. F. (1998). Metod vyznachennia oksysniuvальноi modyfikatsii bilkiv plazmy (syrovatky) krovi [Method for determining oxidative protein modification in blood plasma/serum]. *Bukovynskiy Medychniy Visnyk*, 2(1), 156–158. [in Ukrainian].
7. Oliinychenko, Ya. O., Bilash, S. M., & Osnach, A. P. (2024). Zminy kontsebratsii malonovoho dialdehidu ta nitrytiv u klubovii kyshtsi shchuriv na rannomu termini vvedennia kompleksu khimichnykh kharchovykh dobavok [Changes in malondialdehyde and nitrites levels in the ileum of rats during early exposure to a mixture of food additives]. In *Metodychni ta biolohichni nauky: mizhdystsylinarnyi aspekt : materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (Kharkiv, 17 zhovtnia 2024 r.)* [Medical and biological sciences: interdisciplinary aspect: Proceedings of the International scientific and practical Internet conference (Kharkiv, 17 October 2024)] (pp. 82–84). Kharkiv. [in Ukrainian].

8. *Pro zakhyst tvarny vid zhorstokogo povodzhennia* [On protection of animals from cruelty]. (2006). *Zakon Ukrainy No 3447-IV vid 21.02.2006* [Law of Ukraine No 3447-IV dated 21.02.2006]. Official website of the Parliament of Ukraine. Legislation of Ukraine. Retrieved October 10, 2025, from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3447-15> [in Ukrainian].
9. Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. (2025, May 30). *Kurinnia syharet sered pidlitkiv znachno znyzylsia za ostanni 20 rokiv, natomist kozhen piaty pidlitok vzhyaie e-syharety* [Teen cigarette smoking has significantly decreased over the past 20 years, while every fifth teen uses e-cigarettes]. Retrieved October 01, 2025, from <https://phc.org.ua/news/kurinnya-sigaret-sered-pidlitkiv-znachno-znizilosya-za-ostanni-20-rokiv-natomist-kozhen-pyaty> [in Ukrainian].
10. Auschwitz, E., Almeda, J., & Andl, C. D. (2023). Mechanisms of e-cigarette vape-induced epithelial cell damage. *Cells*, 12(21), 2552. <https://doi.org/10.3390/cells12212552>
11. Bernardini, L., Barbosa, E., Charão, M. F., Goethel, G., Muller, D., Bau, C., Steffens, N. A., Stein, C. S., Moresco, R. N., Garcia, S. C., Vencato, M. S., & Brucker, N. (2020). Oxidative damage, inflammation, genotoxic effect, and global DNA methylation caused by inhalation of formaldehyde and the protective effect of melatonin. *Toxicology Research*, 9(6), 778–789. <https://doi.org/10.1093/toxres/taaa079>
12. Bravo-Gutiérrez, O. A., Falfán-Valencia, R., Ramírez-Venegas, A., Sansores, R. H., Ponciano-Rodríguez, G., & Pérez-Rubio, G. (2021). Lung damage caused by heated tobacco products and electronic nicotine delivery systems: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4079. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084079>
13. Cai, Z., & Yan, L.-J. (2013). Protein oxidative modifications: Beneficial roles in disease and health. *Journal of Biochemical and Pharmacological Research*, 1(1), 15–26. PMID: 23662248. Retrieved December 11, 2025, from <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3646577/#S2>
14. Davies, M. J. (2016). Protein oxidation and peroxidation. *Biochemical Journal*, 473(7), 805–825. <https://doi.org/10.1042/BJ20151227>
15. El Golli, N., Jrad-Lamine, A., Neffati, H., Rahali, D., Dallagi, Y., Dkhili, H., Ba, N., El May, N. V., & El Fazaa, S. (2016). Impact of e-cigarette refill liquid with or without nicotine on liver function in adult rats. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 26(6), 433–440. <https://doi.org/10.3109/15376516.2016.1160963>
16. Council of Europe. (1986). *Explanatory report on the European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes*. Strasbourg: The Council.
17. Ghosh, A., Coakley, R. D., Mascenik, T., Rowell, T. R., Davis, E. S., Rogers, K., Webster, M. J., Dang, H., Herring, L. E., Flori Sassano, M., Livraghi-Butrico, A., van Buren, S. K., Graves, L. M., Herman, M. A., Randell, S. H., Alexis, N. E., & Tarran, R. (2018). Chronic e-cigarette exposure alters the human bronchial epithelial proteome. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 198(1), 67–76. <https://doi.org/10.1164/rccm.201710-2033OC>
18. El Golli, N., Jrad-Lamine, A., Neffati, H., Dkhili, H., Rahali, D., Dallagi, Y., El May, M. V., & El Fazaa, S. (2016). Impact of e-cigarette refill liquid exposure on rat kidney. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 77, 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2016.02.012>
19. Granata, S., Vivarelli, F., Morosini, C., Canistro, D., Paolini, M., & Fairclough, L. C. (2024). Toxicological aspects associated with consumption of electronic nicotine delivery systems (ENDS): Focus on heavy metals exposure and cancer risk. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(5), 2737. <https://doi.org/10.3390/ijms25052737>
20. Hasan, K. M., Friedman, T. C., Shao, X., Parveen, M., Sims, C., Lee, D. L., Espinoza-Derout, J., Sinha-Hikim, I., & Sinha-Hikim, A. P. (2019). E-cigarettes and Western diet: Metabolic risk factors for hepatic diseases. *Hepatology*, 69(6), 2442–2454. <https://doi.org/10.1002/hep.30512>
21. Marques, P., Piqueras, L., & Sanz, M.-J. (2021). An updated overview of e-cigarette impact on human health. *Respiratory Research*, 22(1), 151. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01737-5>
22. Muthumalage, T., Lamb, T., Friedman, M. R., & Rahman, I. (2019). E-cigarette flavored pods induce inflammation, epithelial barrier dysfunction, and DNA damage in lung epithelial cells and monocytes. *Scientific Reports*, 9, 19035. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51643-6>
23. Ohkawa, H., Ohishi, N., & Yagi, K. (1977). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351–358. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
24. Qasim, H., Karim, Z. A., Silva-Espinoza, J. C., Khasawneh, F. T., Rivera, J. O., Ellis, C. C., Bauer, S. L., Almeida, I. C., & Alshbool, F. Z. (2017). Short-term e-cigarette exposure increases the risk of thrombogenesis and impairs microvascular endothelial function in mice. *Journal of the American Heart Association*, 7(15). <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009264>
25. Rahman, I., & MacNee, W. (2000). Oxidative stress and regulation of glutathione in lung inflammation. *European Respiratory Journal*, 16(3), 534–554. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3003.2000.016003534.x>

26. Roxlau, E. T., Pak O., Hadzic S., Garcia-Castro, C. F., Gredic, M., Wu, C.-Y., Schäffer, J., Selvakumar, B., Pichl, A., Spiegelberg, D., Deutscher, J., Bednorz, M., Schäffer, K., Kraut, S., Kosanovic, D., Zeidan, E. M., Kojonazarov, B., Herold, S., Strielkov, Ie., Guenther, A., Wilhelm, J., Khalifa. M. M. A., Taye, A., Brandes, R. P., Hecker, M., Grimminger, F., Ghofrani, H. A., Schermuly, R. T., Seeger, W., Sommer, N., & Weissman, N. (2023). Nicotine promotes e-cigarette vapor-induced lung endothelial permeability and inflammation. *European Respiratory Journal*, 61(6), 2200951. <https://doi.org/10.1183/13993003.00951-2022>
27. Sies, H., Berndt, C., & Jones, D. P. (2017). Oxidative stress. *Annual Review of Biochemistry*, 86, 715–748. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-061516-045037>
28. Sultana, R., & Butterfield, D. A. (2024). Protein oxidation in aging and Alzheimer’s disease brain. *Antioxidants*, 13(5), 574. <https://doi.org/10.3390/antiox13050574>
29. Vivarelli, F., Granata, S., Rullo, L., Mussoni, M., Candeletti, S., Romualdi, P., Fimognari, C., Cruz-Chamorro, I., Carrillo-Vico, A., Paolini, M., & Canistro, D. (2022). On the toxicity of e-cigarettes consumption: focus on pathological cellular mechanisms. *Pharmacological Research*, 182, 106315. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2022.106315>
30. World Health Organization. (2020). *Summary results of the Global Youth Tobacco Survey in selected countries of the WHO European Region*. WHO Regional Office for Europe. Retrieved October 01, 2025, from <https://iris.who.int/items/68d37b29-3e97-4ae9-b4ed-f09798013112>
31. Yanina, I. Yu., Genin, V. D., Genina, E. A., Mudrak, D. A., Navolokin, N. A., Bucharskaya, A. B., Kistenev, Y. V., & Tuchin, V. V. (2023). Multimodal diagnostics of changes in rat lungs after vaping. *Diagnostics*, 13(21), 3340. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13213340>
32. Yu X., Zeng X., Xiao F., Chen R., Sinharoy P., Gross E. R. (2022). E-cigarette aerosol exacerbates cardiovascular oxidative stress in mice with an inactive aldehyde dehydrogenase 2 enzyme. *Redox Biology*, 54, 102369. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102369>

**ГІДРОБІОЛОГІЯ
ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ**



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2\(57\).352402](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2(57).352402)

УДК 574.583.2(262.5)

Ю. В. Кириллова, д-р філос., молод. наук. співроб.;

<https://orcid.org/0000-0002-3665-4749>

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»,

вул. Італійська, 37, м. Одеса, 65011, Україна

e-mail: kyryllova_julia@ukr.net

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА *OITHONA DAVISAE* (FERRARI F. D. & ORSI, 1984) В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ У 2016–2024 РОКАХ

В екосистемі Чорного моря велике значення мають веслоногі ракоподібні (Copepoda), які є основним компонентом трофічної бази для риб планктофагів. За період з 2005 по 2013 роки структура зоопланктону в північно-західній частині Чорного моря поповнилася новим чужорідним видом — *Oithona davisae* (Ferrari F. D. & Orsi, 1984). За період дослідження з 2016 по 2024 рік найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae* в Одеському морському регіоні зафіксовані у 2016 році, у Дунайському регіоні — у 2020 році, у Дністровському регіоні — у 2018 році, у Дніпровсько-Бузькому регіоні — у 2017 році. Для *O. davisae* характерний літньо-осінній максимум чисельності та біомаси. У 2016–2024 роках в ПнЗЧМ спостерігались значні коливання частки *O. davisae* від загальної біомаси зоопланктону (від 0,7% до 19,85%) та від біомаси веслоногих ракоподібних (від 5,99% до 73,59%) з максимальними значеннями в окремих регіонах у 2018 (у Дністровському та Дніпровсько-Бузькому регіонах) та в 2023 роках (в Одеському регіоні).

Ключові слова: північно-західна частина Чорного моря, зоопланктон, чисельність, біомаса, Copepoda, *O. davisae*.

В екосистемі Чорного моря велике значення мають веслоногі ракоподібні (Copepoda), які виступають зв'язуючою ланкою між первинними продуцентами (фітопланктоном) і більш високими трофічними рівнями. Аналіз стану популяцій масових видів веслоногих ракоподібних дозволяє оцінити трофічну базу риб-планктофагів, а також виявити тенденції зміни угруповання зоопланктону [3]. Також ці організми використовуються як індикатор екологічного стану акваторій [13, 14].

Одними з масовими представниками Copepoda у Чорному морі є рід *Oithona* [11]. До кінця 80-х років ХХ століття Чорне море населяли два види епіпланктонних ойтонід – евритермний *Oithona nana* Giesbrecht, 1893 і холодолюбивий *Oithona similis* Claus, 1866. *O. nana* практично зникла з планктонного угруповання Чорного моря в 1989 році, майже відразу після вселення реброплава *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 [7]. Після появи в Чорному морі реброплава *Beroe ovata* Vruguière, 1789 (*Берое овальна*), який харчується переважно *M. leidyi*, та встановлення балансу між двома цими видами реброплавів, у Се-

вастопиській бухті у грудні 2001 році з'явився новий вид *Oithona davisae* (Ferrari F. D. & Orsi, 1984), що поширився в наступне десятиліття по всьому мілководному шельфу Чорного моря [2, 8, 10].

Батьківщиною *O. davisae* є Японське та Южнокитайське моря [24]. Однак він успішно проник в такі моря як Середземне, Північне та Чорне [15, 16, 25]. Спочатку він був ідентифікований як *Oithona brevicornis* Giesbrecht, 1891, але згодом, після проведення додаткових досліджень, визначений як *O. davisae* [2, 19].

O. davisae – пелагічний циклоп, наупліарна та копеподитна фази якого мають по шість стадій. *O. davisae* є евригалом, виявляє високу рухову активність і швидкість споживання кисню [9]. Межі солоності, в яких може жити *O. davisae*, коливається від 3 до 40‰ [20]. Такі осморегуляторні здібності *O. davisae* сприяли її успішній адаптації до солонуватого Чорного моря [18]. *O. davisae* зустрічається при температурах від 8,9 до 28,2 °С. Висока толерантність до мінливих умов навколишнього середовища дозволяє *O. davisae* виживати та розмножуватися в Чорному морі [12, 14, 21, 22].

Отже, *O. davisae* розвивається в прибережних регіонах моря на глибині до 30–50 м, але також цей вид був зафіксований і в глибоких водах відкритого моря [19]. Її раціон складають дрібні гетеротрофні джгутикові, частка яких різко зросла в прибережних зонах Чорного моря в останні десятиліття. Завдяки своїй здатності формувати щільні популяції за короткий час *O. davisae* може впливати структуру та функціонування всієї екосистеми [9, 12, 17]. Деякі автори вважають, що однією з причин розвитку роду *Oithona* є порівняно низькі витрати енергії на дихання і розмноження [12, 17, 25].

Мета роботи – прослідкувати динаміку чисельності та біомаси *O. davisae* в північно-західній частині Чорного моря (далі ПнЗЧМ) у 2016–2024 роках.

Матеріали і методи дослідження

Для проведення аналізу багаторічної динаміки *O. davisae* в ПнЗЧМ були використані первинні бази даних ДУ «Інститут морської біології НАН України», а також дані, що були зібрані в рамках міжнародного проекту «EMBLAS-plus» під час українсько-грузинських експедицій протягом 2016, 2017 та 2019 років.

Карти-схеми зі станціями відбору проб зоопланктону під час багаторічного моніторингу ДУ «Інститут морської біології НАН України» в Одеському та Дунайському регіонах Чорного моря представлені на рис. 1 та 2.

У всіх експедиціях проби зоопланктону відбирали стандартною планктонною сіткою Juday з розміром вічка 150 мкм. Зразки фіксували забуференим розчином формальдегіду (кінцева концентрація 4%). Проби обробляли під бінокулярним мікроскопом. Чисельність та біомасу *O. davisae* визначали за стандартною методикою гідробіологічних досліджень [1, 4, 6, 23]. Визначення таксономічного складу веслоногих ракоподібних проводили за визначником [6]. Назви таксонів зоопланктону надані згідно з базою World Register of Marine Species [23].

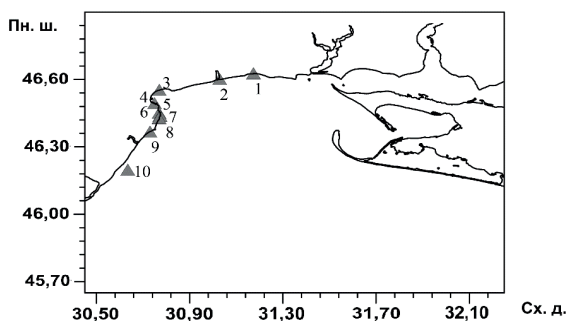


Рис. 1. Карта-схема станцій відбору проб зоопланктону в ході багаторічного моніторингу Одеського морського регіону [13]

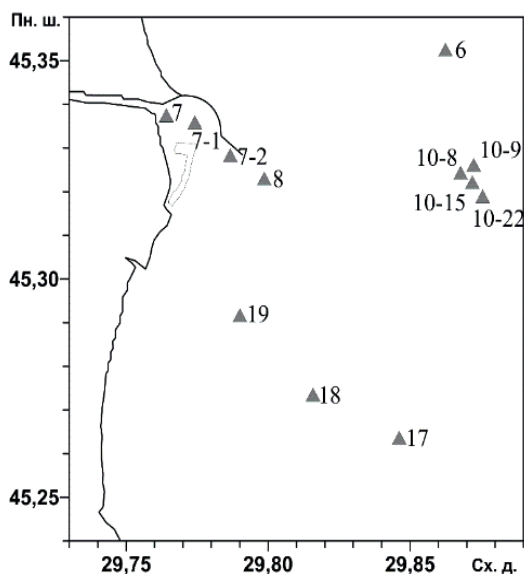


Рис. 2. Карта-схема станцій відбору проб зоопланктону в ході багаторічного моніторингу Дунайського регіону [13]

Результати дослідження та обговорення

За період з 2005 по 2013 роки структура зоопланктону в ПнЗЧМ поповнилася новим чужорідним видом – *O. davisae*. Спалах розвитку *O. davisae* в акваторіях ПнЗЧМ відзначено у вересні 2012 року, коли цей вид повністю замінив нативну форму *Oithona minuta* (Т. Scott, 1894). На той час чисельність цього зоопланктера становила $35459 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$, а біомаса – $85,53 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ [5].

В Одеському морському регіоні у 2013 та 2014 роках також виявлено *O. davisae* з чисельністю $159 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та біомасою – $4 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Зі збільшен-

ням чисельності *O. davisae* спостерігалось подальше зменшення чисельності *O. similis*, чого не було зафіксовано у 2013 році [5].

За результатами багаторічного моніторингу в Одеському морському регіоні найбільший розвиток *O. davisae* відмічений у 2016 році. Починаючи з 2017 року бачимо різке зменшення кількісних показників з 14789,78 екз.*м⁻³ (чисельність) та 88,74 мг*м⁻³ (біомаса) до 2505,9 екз.*м⁻³ та 15,04 мг*м⁻³ відповідно (рис. 3). У період 2021–2023 років відмічено незначне збільшення чисельності та біомаси цього зоопланктера, зокрема у 2023 році чисельність збільшилась до 4740 екз.*м⁻³, а біомаса – до 28,44 мг*м⁻³. Проте, вже у 2024 році ці показники знову зменшилися до 807,14 екз.*м⁻³ та 4,84 мг*м⁻³.

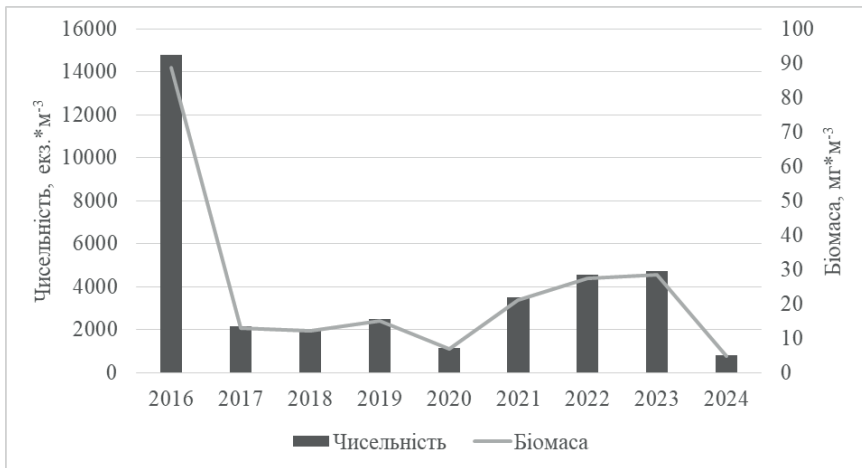


Рис. 3. Багаторічна динаміка чисельності (екз.*м⁻³) та біомаси (мг*м⁻³) *O. davisae* в Одеському морському регіоні у 2016–2024 роках

У Дунайському регіоні *O. davisae* спостерігали з 2011 року. У 2016 році біомаса цього виду досягла 328 мг*м⁻³, що становило приблизно 35% біомаси від всього зоопланктону в цей період [14]. Найбільші значення чисельності та біомаси *O. davisae* відмічені у 2020 році, коли чисельність та біомаса досягли свого максимуму – 14912,16 екз.*м⁻³ та 89,47 мг*м⁻³ відповідно. В 2016–2018 роках ці показники знаходились у приблизно однакових значеннях (від 3790,49 екз.*м⁻³ у 2018 по 4479,9 екз.*м⁻³ у 2016 та від 22,74 мг*м⁻³ у 2018 по 26,88 мг*м⁻³ у 2016 році). Найменші значення чисельності та біомаси *O. davisae* в Дунайському регіоні були у 2019 та в 2021 роках (від 607,44 екз.*м⁻³ у 2019 до 983,77 екз.*м⁻³ у 2021 та біомаса від 3,64 мг*м⁻³ у 2019 до 5,9 мг*м⁻³ у 2021 році) (рис. 4).

У Дністровському регіоні за період з 2016 по 2019 роки найменші значення чисельності та біомаси *O. davisae* спостерігались у 2019 році (784,37 екз.*м⁻³ та 4,7 мг*м⁻³ відповідно), а найбільші у 2018 році (7111,18 екз.*м⁻³ та 42,66 мг*м⁻³).

У Дніпровсько-Бузькому регіоні подібні коливання: найменші значення чисельності також були у 2019 році $132 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та біомаси – $0,3 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, а найбільші – у 2017 році ($2362,49 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $14,17 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ відповідно) (рис. 5).

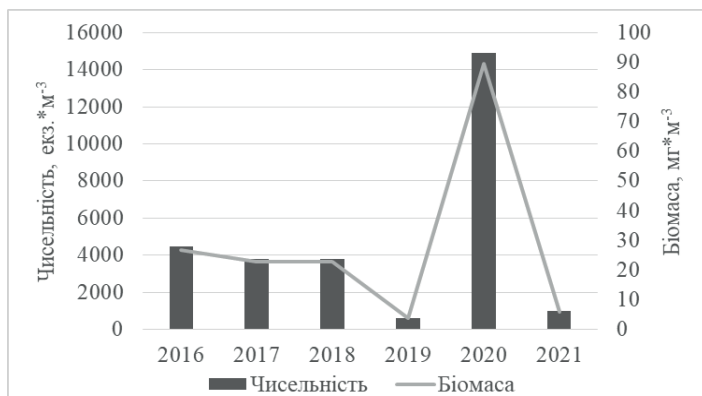


Рис. 4. Багаторічна динаміка чисельності (екз. * м⁻³) та біомаси *O. davisae* (мг * м⁻³) у Дунайському регіоні у 2016–2021 роках.

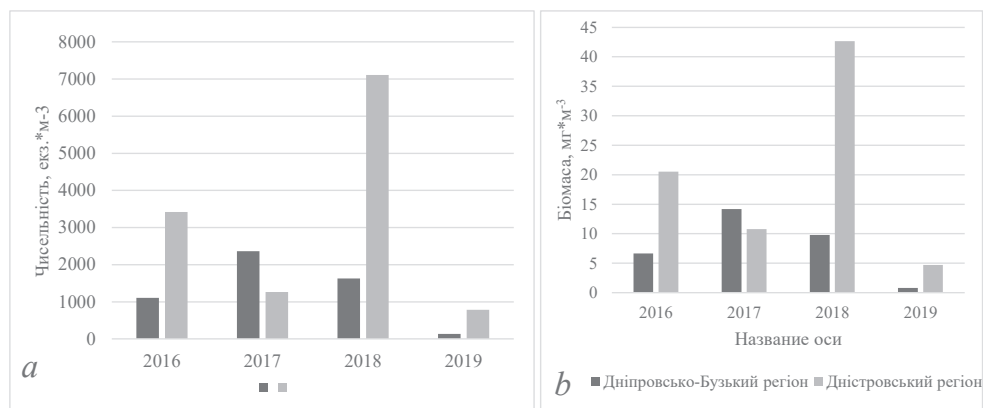


Рис. 5. Багаторічна чисельність (а, екз. * м⁻³) та біомаса (б, мг * м⁻³) *O. davisae* в Дніпровсько-Бузькому та Дністровському регіонах у 2016–2019 роках

Таким чином, в Одеському морському регіоні відмічені найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae*, особливо в 2016 і 2020 роках серед всіх досліджуваних акваторій.

Загальною багаторічною тенденцією міжсезонної динаміки *O. davisae* є літньо-осінній максимум її чисельності та біомаси. В Одеському морському регіоні найвищі показники чисельності та біомаси спостерігаються в серпні 2016 року ($27310,67 \text{ екз.} \cdot \text{м}^{-3}$ та $163,86 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) та в жовтні 2019 року

(7106,33 екз.*м⁻³ та 42,64 мг*м⁻³). Найнижчі значення чисельності та біомаси зазвичай реєструються в зимові (особливо лютий 2017 року: 2,31 екз.*м⁻³ та 0,0139 мг*м⁻³), а також в весняні місяці (березень 2017 року – 3,88 екз.*м⁻³ та 0,0233 мг*м⁻³).

У Дунайському регіоні максимальні значення чисельності та біомаси *O. davisae* зафіксовані у серпні 2020 року, а саме 14912,16 екз.*м⁻³ та 89,74 мг*м⁻³. Найнижчі – у травні 2021 року (446,83 екз.*м⁻³ та 2,68 мг*м⁻³).

У Дністровському регіоні найвищі значення цього зоопланктера відмічені у серпні 2016 року (5587,34 екз.*м⁻³ та 33,52 мг*м⁻³), найменші – у листопаді 2016 року (716 екз.*м⁻³ та 4,28 мг*м⁻³).

У Дніпровсько-Бузькому регіоні максимального розвитку *O. davisae* набула у серпні 2017 році – 4456,4 екз.*м⁻³ та 26,74 мг*м⁻³, мінімального – у травні 2019 року (138,01 екз.*м⁻³ та 0,83 мг*м⁻³).

В Одеському регіоні в період з 2016 по 2024 *O. davisae* формувала від 6% до 60% від біомаси веслоногих ракоподібних та від 2,14% до 19,85% від загальної біомаси зоопланктону. Починаючи з 2016 року спостерігалось значне зниження частки *O. davisae* від біомаси веслоногих ракоподібних: з 60% до 14,55%. З 2017 по 2022 роки були незначні коливання в межах 6–14,5%. У 2023 році відбувся спалах частки цього виду. Цікаво, що коли біомаса *Copepoda* зменшилася до 48,47 мг*м⁻³, частка *O. davisae* стрибнула до 58,68%, що може свідчити про перевагу цього виду серед інших представників веслоногих ракоподібних. Проте вже у 2024 році бачимо повернення до низьких значень цього показника (12,77%), що може свідчити про нестабільність її популяції (рис. 6).

У Дунайському регіоні частка цього ракоподібного у всі роки, крім 2021 трималась на рівні приблизно 19–29% від біомаси *Copepoda*. Від загальної біомаси зоопланктону частка *O. davisae* зменшувалась від майже 15% до 5,5%.

У Дніпровсько-Бузькому та Дністровському регіонах найбільша частка *O. davisae* від біомаси веслоногих ракоподібних спостерігалась у 2018 році (60,6% та 73,6% відповідно), а від загальної біомаси зоопланктону – 19,8% та 15% (табл. 1).

Таким чином, на сучасному етапі *O. davisae* повністю натуралізувалася в ПнЗЧМ та відіграє важливу роль у формуванні чисельності та біомаси кормового зоопланктону. Цей вид має найкоротший життєвий цикл серед веслоногих ракоподібних, і завдяки цьому отримує перевагу в евтрофних умовах, що частково підтвердилось у 2023 році після аварії на Каховській ГЕС.

Висновки

Найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae* в Одеському морському регіоні зафіксовані у 2016 році. З 2017 року спостерігається різке зниження з короткочасним зростанням у 2021–2023 роках і подальшим спадом у 2024 році.

Таблиця 1

Багаторічні зміни частки (%) *O. davisae* від біомаси *Sopropoda* (Сор) та загальної біомаси зоопланктону (В) в ПнЗЧМ у 2016–2024 роках

	Одеський регіон		Дніпровсько-Бузький регіон		Дністровський регіон		Дунайський регіон	
% <i>O. davisae</i>								
Роки	від біомаси Сор	від В	від біомаси Сор	від В	від біомаси Сор	від В	від біомаси Сор	від В
2016	60,14	19,85	31,3	2,3	22,44	8,1	29,2	14,96
2017	14,55	2,14	14,4	2,6	29,3	0,73	20,4	5,77
2018	12,55	5,77	60,6	19,8	73,59	15,05	21,39	10,92
2019	12,15	6,98	16,7	4,91	23,08	4,18	23,46	5,69
2020	9,18	6,23	–*	–	–	–	19,09	13
2021	5,99	6,65	–	–	–	–	8,23	5,54
2022	12,42	8,42	–	–	–	–	–	–
2023	58,68	15,76	–	–	–	–	–	–
2024	12,77	5,21	–	–	–	–	–	–

Примітки: -* – дані відсутні

У Дунайському регіоні найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae* зафіксовані у 2020 році. У 2016–2018 роках значення були стабільними, а найнижчі спостерігались у 2019 та 2021 роках.

У Дністровському регіоні у 2016–2019 роках найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae* зафіксовані у 2018 році, а найнижчі – у 2019 році. У Дніпровсько-Бузькому регіоні максимум спостерігався у 2017 році, а мінімум – також у 2019.

Для *O. davisae* характерний літньо-осінній максимум чисельності та біомаси. Найвищі показники спостерігаються в серпні–жовтні, а найнижчі – взимку та раною весною.

У 2016–2024 роках в Одеському регіоні *O. davisae* формувала від 6% до 60% від біомаси *Sopropoda* та від 2,1% до 19,9% від загальної біомаси зоопланктону. З 2016 року її частка зменшувалася, за винятком спалаху в 2023 році (58,7%), але вже у 2024 знову знизилася (12,8%), що свідчить про нестабільність популяції. У Дунайському регіоні частка *O. davisae* від біомаси *Sopropoda* коливалась в межах від 19 до 29%, а від загальної біомаси зоопланктону зменшувалась від 15,5% до 5,5%. В Дніпровсько-Бузькому і Дністровському регіонах найвищі показники частки *O. davisae* від біомаси веслоногих ракоподібних та від загальної біомаси зоопланктону відмічені у 2018 році.

Стаття надійшла до редакції 30.06.2025

Список використаної літератури

1. Александров Б. Г., Харитонов Ю. В. Керівництво з моніторингу зоопланктону морських вод України та визначення їх екологічного стану за стандартами Директиви ЄС про Морську стратегію. Проект нормативного документу, переданий до розгляду у Міністерство екології України 29.07.2019. Одеса, 2019. 33 с.
2. Алтухов Д. А., Губанова А. Д. *Oithona brevicornis* Giesbrecht в Севастопольской бухте в октябре 2005 – марте 2006 гг. *Морской экологический журнал*. 2006. № 5(2). С. 32.
3. Дворецкий В. Г., Дворецкий А. Г. Структура эпизоопланктона и уровни продукции копепод в северо-восточной части Черного моря (лето 2012 года). *Вестник Южного научного центра РАН*. 2012. № 8(2). С. 48–52.
4. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Определитель фауны Черного и Азовского морей: свободноживущие беспозвоночные. Киев: Наукова думка, 1969. Т. 2 : Ракообразные. 535 с.
5. Одесский регион Черного моря: гидробиология пелагиали и бентали : монография / Л. В. Воробьева, И. И. Кулакова, И. А. Синегуб и др. ; отв. ред. Б. Г. Александров. Одесса, 2017. 324 с.
6. Салазкин А. А., Иванова М. Б., Огородникова В. А. Зоопланктон и его продукция. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Ленинград : ГосНИОРХ, 1984. 33 с.
7. Полищук Л.Н., Настенко Е. В. Мезо- и макро-зоопланктон. *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология* / под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой. Киев : Наукова думка, 2006. С. 229–237.
8. Altukhov D. A., Gubanova A. D., Mukhanov V. S. New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts. *Marine ecology*. 2014. Vol. 35(1). P. 28–34. <https://doi.org/10.1111/maec.12168>
9. On the foraging and feeding ability of *Oithona davisae* (Crustacea, Copepoda) / W. Cheng, T. Akiba, T. Omura, Y. Tanaka. *Hydrobiol.* 2014. Vol. 741, iss. 1. P. 167–176. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1867-8>
10. Funda Ü., Tuba T. K. First report of the occurrence of *Oithona davisae* Ferrari F. D. & Orsi, 1984 (Copepoda: Oithonidae) in the Southern Black Sea, Turkey. *Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*. 2016. Vol. 16. P. 413–420.
11. Galliene C. P., Robins, D. B. Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *J. Plankton Res.* 2001. Vol. 23(12). P. 1421–1432.
12. *Oithona davisae*: naturalization in the Black Sea, interannual and seasonal dynamics, and effect on the structure of the planktonic Copepod community / A. D. Gubanova, O. A. Garbazyev, E. V. Popova, D. A. Altukhov, V. S. Mukhanov. *Oceanology*. 2019. Vol. 59, iss. 6. P. 912–919. <https://doi.org/10.1134/S0001437019060079>
13. Current state and long-term changes in the mesozooplankton community of the Ukrainian and Georgian parts of the Black Sea as indicators of its ecological status / Y. V. Kharytonova, M. V. Nabokin, M. M. Mgeladze, P. A. Vadachkoria, V. G. Dyadichko. *Biosystems diversity*. 2021. Vol. 29, iss. 1. P. 47–58. <https://doi.org/10.15421/012107>
14. Kharytonova Yu. V., Dyadichko V. G. Long-term changes of Copepoda (Crustacea) abundance and biomass in the Danube and Odessa regions of the Black sea as indicator of water quality. *European vector of development of the modern scientific researches* : collective monograph. Riga : Baltija Publishing, 2021. P. 22–41. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-21>
15. Mihneva V., Stefanova K. The non-native copepod *Oithona davisae* (Ferrari F. D. and Orsi, 1984) in the Western Black Sea: seasonal and annual abundance variability. *BioInvasions Records*. 2013. Vol. 2, iss. 2. P. 119–124. <https://doi.org/10.3391/bir.2013.2.2.04>
16. Pansera M., Camatti E., Schroeder A. The non-indigenous *Oithona davisae* in a Mediterranean transitional environment: coexistence patterns with competing species. *Sci Rep*. 2021. Vol. 11. Article 8341. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87662-5>
17. Adaptive strategy of thermophilic *Oithona davisae* in the cold Black Sea environment / L. Svetlichny, E. Hubareva, A. Khanaychenko, A. Gubanova, D. Altukhov, S. Besiktepe. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci*. 2016. Vol. 16, iss. 1. P. 77–90. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_09
18. Svetlichny L., Hubareva E., İşinibilir, M. Population dynamics of the copepod invader *Oithona davisae* in the Black Sea. *Turk. J. Zool*. 2018. Vol. 42, no. 6. P. 684–693. <https://doi.org/10.3906/zoo-1804-48>
19. Temnykh A., Nishida, S. New record of the planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi in the Black Sea with notes on the identity of *Oithona brevicornis*. *Aquat. Invasions*. 2012. Vol. 7, iss. 3. P. 425–431. <https://doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.013>
20. Turner T. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zool. Stud*. 2004. Vol. 43, iss. 2. P. 255–266.

21. Uye S. I. Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: Cause and consequence. *Hydrobiol.* 1994. Vol. 292, iss. 1. P. 513–519. <https://doi.org/10.1007/BF00229979>
22. Uye S. I., Sano K. Seasonal reproductive biology of the smallcyclopid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1995. Vol. 118. P. 121–128. <https://doi.org/10.3354/meps118121>
23. World Register of Marine Species (WoRMS). 2024. URL: <http://www.marinespecies.org/> (дата звернення 22 травня 2025 року).
24. Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union' Marine Strategy Framework Directive (MSFD) Part I. Spatial distribution / A. Zenetos, S. Gofas, M. Verlaque et al. *Mediterr. Mar. Sci.* 2010. Vol. 11, no. 2. P. 381–493. <https://doi.org/10.12681/mms.87>
25. Biogeographical distribution and ecology of the planktonic copepod *Oithona davisae*: Rapid invasion in Lakes Faro and Ganzirri (Central Mediterranean Sea) / G. Zagami, C. Brugnano, A. Granata, L. Guglielmo, R. Minutoli, A. Aloise. *Trends in Copepod Studies. Distribution, Biology and Ecology* / ed. M. Uttieri. New York : Nova Science Publisher, 2018. Chap. 4. P. 59–82.

Ю. В. Кириллова

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»,
вул. Італійська, 37, м. Одеса, 65011, Україна, e-mail: kyryllova_julia@ukr.net

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА *OITHONA DAVISAE* (FERRARI F. D. & ORSI, 1984) В ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ У 2016–2024 РОКАХ

Резюме

Вступ. В екосистемі Чорного моря велике значення мають веслоногі ракоподібні (Copepoda), які виступають зв'язуючою ланкою між первинними продуцентами (фітопланктоном) і більш високими трофічними рівнями. Аналіз стану популяцій масових видів веслоногих ракоподібних дозволяє оцінити трофічну базу риб-планктофагів, а також виявити тенденції зміни угруповання зоопланктону. Також ці організми використовуються як індикатор екологічного стану акваторій. В акваторіях Чорного моря у грудні 2001 року з'явився новий вид *Oithona davisae* (Ferrari F. D. & Orsi, 1984), що поширився в наступне десятиліття по всьому мілководному шельфу Чорного моря.

Мета роботи – прослідкувати динаміку чисельності та біомаси *O. davisae* в північно-західній частині Чорного моря (ПнЗЧМ) у 2016–2024 роках.

Методика. Для аналізу багаторічної динаміки *O. davisae* в ПнЗЧМ були використані первинні бази даних ДУ «Інститут морської біології НАН України», а також дані, що були зібрані в рамках міжнародного проєкту «EMBLAS-plus» під час українсько-грузинських експедицій протягом 2016, 2017 та 2019 років. Дослідження проводили у акваторіях Одеського, Дунайського, Дністровського та Дніпровсько-Бузькому регіонах. У всіх експедиціях проби зоопланктону відбирали стандартною планктонною сіткою Juday з розміром вічка 150 мкм. Проби оброблялись за стандартною методикою гідробіологічних досліджень. Розраховували чисельність та біомасу *O. davisae*, а також її відсоткову частку від біомаси веслоногих ракоподібних та загальної біомаси зоопланктону (%).

Основні результати. За період дослідження з 2016 по 2024 рік найвищі показники чисельності та біомаси *O. davisae* в Одеському морському регіоні зафіксовані у 2016 році, у Дунайському регіоні – у 2020 році, у Дністровському регіоні – у 2018 році, у Дніпровсько-Бузькому регіоні – у 2017 році. Встановлено, що для *O. davisae* характерний літньо-осінній максимум чисельності та біомаси. У 2016–2024 роках в ПнЗЧМ спостерігались значні коливання част-

ки *O. davisae* від загальної біомаси зоопланктону (від 0,7% до 19,85%) та від біомаси веслоногих ракоподібних (від 5,99% до 73,59%) з максимальними значеннями в окремих регіонах в 2018 (у Дністровському та Дніпровсько-Бузькому регіонах) та в 2023 роках (в Одеському регіоні).

Висновки. Виявлено, що на сучасному етапі *O. davisae* повністю натуралізувалася в ПнЗЧМ та відіграє важливу роль у формуванні чисельності та біомаси кормового зоопланктону. Цей вид має найкоротший життєвий цикл серед веслоногих ракоподібних, і завдяки цьому отримує перевагу в евтрофних умовах, що частково підтвердилось у 2023 році після аварії на Каховській ГЕС.

Ключові слова: північно-західна частина Чорного моря, зоопланктон, чисельність, біомаса, Copepoda, *O. davisae*.

Yu. V. Kyryllova

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine,
37 Italiiska St, 65011, Odesa, Ukraine, e-mail: kyryllova_julia@ukr.net

LONG-TERM DYNAMICS OF *OITHONA DAVISAE* (FERRARI F. D. & ORSI, 1984) IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA IN 2016–2024

Summary

Introduction. Copepoda play an importance role in the Black Sea ecosystem caused acting as a link between primary producers (phytoplankton) and higher trophic levels. Analyzing the population state of dominant Copepoda species allows for the assessment of the trophic base of planktivorous fish and identification of changes in zooplankton communities. Also, these organisms are used as an indicator of the ecological state of water areas. A new species *Oithona davisae* (Ferrari F. D. & Orsi, 1984), appeared in the Black Sea in December 2001 and spread throughout the shallow shelf of the Black Sea in the following decade.

Aim. The aim of this study is to monitor the dynamics of the abundance and biomass of *O. davisae* in the northwestern part of the Black Sea from 2016 to 2024.

Methods. To analyze the long-term dynamics of *O. davisae* in the northwestern part of the Black Sea were used the databases of the Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine and data collected within the framework of the international project “EMBLAS-plus” during Ukrainian-Georgian expeditions in 2016, 2017, and 2019. The research was conducted in the marine waters of the Odesa, Danube, Dniester, and Dnieper regions. Zooplankton samples were collected during all expeditions using a standard Juday plankton net with a mesh size of 150 μm . The samples were processed according to standard hydrobiological research methods. The abundance and biomass of *O. davisae* and its percentage of Copepoda biomass and total zooplankton biomass (%) were calculated.

The main results. The highest abundance and biomass of *O. davisae* in the Odessa marine region were recorded in 2016, in the Danube region – in 2020, in the Dniester region — in 2018, and in the Dnieper region — in 2017 during the investigation period from 2016 to 2024. It has been established that *O. davisae* is characterized by a summer-autumn maximum in abundance and biomass. From 2016 to 2024 significant fluctuations were observed in the part of *O. davisae* of the total biomass

of zooplankton (from 0.7% to 19.85%) and of the biomass of Copepoda (from 5.99% to 73.59%) in the northwestern part of the Black Sea with maximum values recorded in separate regions in 2018 (Dniester and Dnieper regions) and in 2023 (in the Odesa region).

Conclusions. It was detected that *O. davisae* has fully naturalized in the northwestern part of the Black Sea and currently plays an important role in formation of the abundance and biomass of forage zooplankton. Among Copepoda this species has the shortest life cycle which gives it a competitive advantage under eutrophic conditions which was partially confirmed in 2023 after the accident at the Kakhovska hydroelectric power station.

Keywords: northwestern part of the Black Sea, zooplankton, abundance, biomass, Copepoda, *O. davisae*.

References

1. Aleksandrov, B. G., & Kharytonova, Yu. V. (2019). Kerivnytsstvo z monitorynhu zooplanctonu morskyykh vod Ukrainy ta vyznachennia yikh ekolohichnoho stanu za standartamy Dyrektvyvy YeS pro Morsku stratehiuu [Guidelines for monitoring zooplankton of marine waters of Ukraine and determining their ecological status according to the standards of the EU Directive on Marine Strategy]. Proiekt normatyvnoho dokumentu, peredanyi do rozhladiu u Ministerstvo ekolohii Ukrainy 29.07.2019 [The project of the regulatory document submitted for consideration to the Ministry of Ecology of Ukraine on 29.07.2019]. Odesa. [in Ukrainian].
2. Altukhov, D. A., & Gubanova, A. D. (2006). *Oithona brevicornis* Giesbrecht v Sevastopolskoy bukhte v oktyabre 2005 – marte 2006 gg. [*Oithona brevicornis* Giesbrecht in Sevastopol Bay in October 2005 – March 2006]. *Morskoy Ekologicheskyy Zhurnal*, (5(2)), 32. [in Russian].
3. Dvoretzkiy, V. G., & Dvoretzkiy, A. G. (2012). Struktura epizooplanktona i urovni produktsii kopepod v severo-vostochnoy chasti Chernogo morya (leto 2012 goda). [Epizooplankton structure and copepod production levels in the north-eastern Black Sea (summer 2012)]. *Vestnik Yuzhnogo Nauchnogo Tsentra RAN*, (8(2)), 48–52. [in Russian].
4. Mordukhay-Boltovskoy, F. D. (1969). *Opredelitel' fauny Chernogo i Azovskogo morey: svobodnozhivushchie bespozvonochnye* [Key to the fauna of the Black and Azov Seas: Free-living invertebrates. Crustaceans]. Vol. 2: Rakoobraznye. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
5. Vorobyova, L. V., Kulakova, I. I., Synehub, I. A., Snigireva, A. A., & Rybalko, A. A. (2017). *Odesskii region Chernogo morya: gidrobiologiya pelagialii i bentali* [Odessa region of the Black Sea: hydrobiology of pelagic and benthic zones]. Odesa. [in Russian].
6. Salazkin, A. A., Ivanova, M. B., & Ogorodnikova, V. A. (1984). Zooplankton i ego produktsiya: Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoyemakh [Zooplankton and its products. Methodological recommendations for collecting and processing materials during hydrobiological studies of freshwater bodies]. Leningrad: GosNIORKh. [in Russian].
7. Polishchuk, L. N., & Nastenka, E. V. (2006). Mezo- i makro-zooplankton [Meso- and macro-zooplankton]. In Y. P. Zaytsev, B. H. Alexandrov, & G. G. Minicheva (Eds.), *Severozapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ekologiya* [Northwestern part of the Black Sea: biology and ecology] (pp. 229–237). Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
8. Altukhov, D. A., Gubanova, A. D., & Mukhanov, V. S. (2014). New invasive copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi, 1984: seasonal dynamics in Sevastopol Bay and expansion along the Black Sea coasts. *Marine Ecology*, 35(1), 28–34. <https://doi.org/10.1111/maec.12168>
9. Cheng, W., Akiba, T., Omura, T., & Tanaka, Y. (2014). On the foraging and feeding ability of *Oithona davisae* (Crustacea, Copepoda). *Hydrobiol.*, 741(1), 167–176. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1867-8>
10. Funda, Ü., & Tuba, T. K. (2016). First report of the occurrence of *Oithona davisae* Ferrari F. D. & Orsi, 1984 (Copepoda: Oithonidae) in the Southern Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 413–420.
11. Galliene, C. P., & Robins, D. B. (2001). Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? *J. Plankton Res.*, 23(12), 1421–1432.
12. Gubanova, A. D., Garbazey, O. A., Popova, E. V., Altukhov, D. A., & Mukhanov, V. S. (2019). *Oithona davisae*: naturalization in the Black Sea, interannual and seasonal dynamics, and effect on the structure of the planktonic Copepod community. *Oceanology*, 59(6), 912–919. <https://doi.org/10.1134/S0001437019060079>.

13. Kharytonova, Y. V., Nabokin, M. V., Mgeladze, M. M., Vadachkoria, P. A., & Dyadichko, V. G. (2021). Current state and long-term changes in the mesozooplankton community of the Ukrainian and Georgian parts of the Black Sea as indicators of its ecological status. *Biosystems Diversity*, 29(1), 47–58. <https://doi.org/10.15421/012107>
14. Kharytonova, Yu. V., & Dyadichko, V. G. (2021). Long-term changes of Copepoda (Crustacea) abundance and biomass in the Danube and Odessa regions of the Black sea as indicator of water quality. *European vector of development of the modern scientific researches* (pp. 22–41). Riga: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-077-3-21>
15. Mihneva, V., & Stefanova, K. (2013). The non-native copepod *Oithona davisae* (Ferrari F. D. and Orsi, 1984) in the Western Black Sea: seasonal and annual abundance variability. *BiolInvasions Records*, 2(2), 119–124. <https://doi.org/10.3391/bir.2013.2.2.04>
16. Pansera, M., Camatti, E., & Schroeder, A. (2021). The non-indigenous *Oithona davisae* in a Mediterranean transitional environment: coexistence patterns with competing species. *Sci Rep.*, 11, 8341. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87662-5>
17. Svetlichny, L., Hubareva, E., Khanaychenko, A., Gubanova, A., Altukhov, D., & Besiktepe, S. (2016). Adaptive strategy of thermophilic *Oithona davisae* in the cold Black Sea environment. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 16(1), 77–90. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_1_09
18. Svetlichny, L., Hubareva, E., & İşinibilir, M. (2018). Population dynamics of the copepod invader *Oithona davisae* in the Black Sea. *Turk. J. Zool.*, 42(6), 684–693. <https://doi.org/10.3906/zoo-1804-48>
19. Temnykh, A., & Nishida, S. (2012). New record of the planktonic copepod *Oithona davisae* Ferrari and Orsi in the Black Sea with notes on the identity of *Oithona brevicornis*. *Aquat. Invasions.*, 7(3), 425–431. <https://doi.org/10.3391/ai.2012.7.3.013>
20. Turner, T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. *Zool. Stud.*, 43(2), 255–266.
21. Uye, S. I. (1994). Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: Cause and consequence. *Hydrobiol.*, 292(1), 513–519. <https://doi.org/10.1007/BF00229979>
22. Uye, S. I., & Sano, K. (1995). Seasonal reproductive biology of the smallcyclopid copepod *Oithona davisae* in a temperate eutrophic inlet. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 118, 121–128. <https://doi.org/10.3354/meps118121>
23. World Register of Marine Species (WoRMS). (2025). Retrieved May 22, 2025, from <http://www.marinespecies.org/>
24. Zenetos, A., Gofas, S., Verlaque, M., Cinar, M. E., Garcia Raso, J. E., Bianchi, C. N., Morri, C., Azzurro, E., Bilecenoglu, M., Frogli, C., Siokou, I., Violanti, D., Sfriso, A., San Martin, G., Giangrande, A., Katagan, T., Ballesteros, E., Ramos-Espla, A. A., Mastrototaro, F., Ocana, O., Zingone, A., Gambi, M. C., & Streftaris, N. (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union' Marine Strategy Framework Directive (MSFD) Part I. Spatial distribution. *Mediterr. Mar. Sci.*, 11(2), 381–493. <https://doi.org/10.12681/mms.87>
25. Zagami, G., Brugnano, C., Granata, A., Guglielmo, L., Minutoli, R., & Aloise, A. (2018). Biogeographical distribution and ecology of the planktonic copepod *Oithona davisae*: Rapid invasion in Lakes Faro and Ganzirri (Central Mediterranean Sea). In M. Uttieri (Ed.), *Trends in Copepod studies. Distribution, biology and ecology* (Chap. 4, pp. 59–82). New York: Nova Science Publisher.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2\(57\).352403](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2(57).352403)

УДК 316.441+616-001.17

Р. В. Янко, канд. біол. наук, ст. наук. співроб.;

<https://orcid.org/0000-0002-0397-7517>

М. О. Завгородній, PhD, мол. наук. співроб.;

<https://orcid.org/0000-0003-1719-9864>

В. І. Портніченко, д-р мед. наук, зав. відділу;

<https://orcid.org/0000-0003-1473-2408>

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, відділ клінічної фізіології сполучної тканини, вул. Богомольця, 4, м. Київ, 01024, Україна
Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, відділ фізіології та патології екстремальних станів, вул. Академіка Заболотного, 27, м. Київ, 03680, Україна
e-mail: biolag@ukr.net

ГІСТОМОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ ЩУРІВ ЗА УМОВ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ ЛЕГКОГО СТУПЕНЯ

В статті досліджено динаміку структурних змін щитоподібної залози у щурів, яким моделювали термічну травму шкіри легкого ступеня. Виявлено, що термічна травма призводить до морфологічних змін в залозі: зменшується площа фолікулів та їх колоїду, знижується внутрішній діаметр фолікулів, зростає висота фолікулярного епітелію, збільшується фолікулярно-колоїдний індекс, зменшується індекс накопичення колоїду та зростає кількість сполучної тканини. Найбільш інтенсивно гістоморфометричні зміни в щитоподібній залозі проявляються на 3 і 14 добу після термічної травми, що може свідчити про фазовий характер структурних змін на дію опіку шкіри.

Ключові слова: щитоподібна залоза, термічна травма, гістоморфометрія, щури.

Термічна травма (ТТ) є широко розповсюдженим видом травми, яка призводить до пошкодження організму як на тканинному, так і на системному рівні його організації. За даними ВООЗ щорічно від ТТ фіксується понад 180 тис. летальних випадків, більшість із яких припадає на слабко і середньо розвинуті країни. В Україні ТТ, з початком війни, часто зустрічається у комплексі із мінно-вибуховою травмою як у військових, так і серед мирного населення. Частота її виникнення зросла порівняно із відносно мирним часом із 5 до 12% від загальної травматизації населення [1].

Як відомо, інтенсивність структурних змін тканин та органів при ТТ залежить від ступеня опіку та площі ураження шкіри [5; 6]. Для патогенезу ТТ характерним є інтенсифікація метаболізму та розвиток запалення, що супроводжується зростанням температури тіла. Відомо, що морфологічні та функ-

ціональні зміни у щитоподібній залозі (ЩЗ) починаються із першого дня після впливу опіку [18]. При цьому ЩЗ активно залучається у процеси загоєння ран, що у свою чергу залежить від оптимального рівня її функціонування при відповіді організму на опік [16]. Стан залози та рівень тиреоїдних гормонів корелюють із ефективністю процесів регенерації при ТТ [7], а дисфункція ЩЗ призводить до розвитку поліорганної недостатності [12].

Літературні дані щодо морфологічних змін ЩЗ при ТТ часто неоднозначні. Це може бути пов'язано з використанням різної моделі нанесення ТТ, важкості опіку тощо. Активно вивчалися структурні зміни залози за впливу опіку важкої та середньої тяжкості [11; 18; 21]. Вплив опіків легкого ступеня на стан ЩЗ, які є найбільш поширеними, досліджено недостатньо. Крім того, не повністю вивчені морфологічні зміни залози у різний проміжок часу після отримання ТТ шкіри.

Мета роботи – дослідити динаміку структурних змін щитоподібної залози у щурів при термічній травмі легкого ступеня.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження здійснено на 40 щурах-самцях лінії Wistar, вік яких на початку експерименту становив 3 місяці. Щури всіх груп перебували на стандартних умовах утримання. Роботу з лабораторними щурами проводили з дотриманням міжнародних принципів Європейської конвенції про захист хребетних тварин, а також згідно з Комітетом біомедичної експертизи Інституту фізіології ім. О.О. Богомольця НАНУ (протокол № 3–23 від 11.01.2023).

Тварини були розподілені на 4 групи: I група – контроль; II, III та IV групи – щури, яким моделювали ТТ та виводили з експерименту на 3, 9 і 14 добу відповідно. Тварин виводили з експерименту в різний проміжок часу, після нанесення ТТ, щоб дослідити динаміку регенеративних процесів шкіри та морфологічних змін ЩЗ. Відомо, що перша гостра фаза опіку триває до 3-х діб [4]. Тому, ми брали зразки щитоподібної залози в цей період, оскільки структурні зміни в ній будуть пов'язані саме з цією фазою. 9 доба була обрана згідно з нашими попередніми дослідженнями фазових змін при стресових реакціях, де було показано, що через 8 діб відбуваються суттєві зміни в енергетичному метаболізмі [2], які, в свою чергу, можуть бути пов'язані зі змінами у функціонуванні щитоподібної залози. 14 доба була обрана у зв'язку з закінченням стресорної реакції [2], а також із класичними доклінічними і клінічними дослідженнями розвитку опікової хвороби, у яких застосовується тижневий цикл при оцінці швидкості загоєння [19].

Дослідним щурам під кетамін-ксилазиною анестезією наносили опіки на задалегідь підготовлену ділянку шкіри (шкіра спини в області лопаток) за допомогою скляної пробірки з пласким дном, що містила окуп. Для створення опіків на всю товщу шкірного покриву з мінімальним ураженням підшкірних структур емпіричним шляхом була підібрана 15-ти секундна експозиція при

прикладанні пробірки. Дно пробірки мало діаметр 1,8 см, що відповідало площі опіку поверхні шкіри 2,54 см² ($\approx 1\%$). Крім того, пробірка містила вантаж і мала загальну вагу 140 г. Завдяки використанню вантажу пробіркою на шкіру створюється тиск однакової сили, а завдяки воді забезпечується теплоємність конструкції, що в сукупності дозволяє одержати опіки ступеня IIIa. Швидкість загоєння опікової рани визначали від початку відшаровування первинного струпу до його повного відпадиння.

Стан ЩЗ оцінювали за допомогою морфологічних та гістоморфометричних методів дослідження. Для гістоморфометричних досліджень відбирали зразки тканини з центральної частини ЩЗ, з яких потім виготовляли гістологічні препарати. Тканину залози фіксували в рідині Буена, зневоднення проводили в спиртах зростаючої концентрації, заливали в парафін. На санному мікротомі («МС-2, Reichert», Австрія) проводили нарізку парафінових блоків. Товщина парафінових зрізів становила 6 мкм. Забарвлення отриманих зрізів здійснювали гістохімічним методом за Ван-Гізоном [15]. З використанням цифрової камери («Levenhuk», США) мікрорізи фотографували на світлооптичному тринокулярному мікроскопі («Nikon, Eclipse E100», Японія). Морфометричний аналіз цифрових мікропрепаратів здійснювали за допомогою програми «ImageJ» [22].

На гістологічних зрізах ЩЗ визначали: площу поперечного перерізу фолікулів, колоїду та фолікулярного епітелію; зовнішній та внутрішній діаметри фолікулів; висоту фолікулярного епітелію. Рахували кількість тиреоцитів у фолікулах. Визначали фолікулярно-колоїдний індекс, індекс накопичення колоїду та стереологічний індекс резорбції. За допомогою методу накладання точкових морфометричних сіток визначали відносну площу сполучної тканини та паренхіми залози, обчислювали стромально-паренхіматозний індекс. Також вимірювали ширину прошарків міжчасткової, міжчасточкової та міжфолікулярної сполучної тканини [13, 23].

Результати виражені як середнє значення \pm стандартне відхилення (SD). Усі змінні були перевірені на нормальний розподіл за допомогою тестів Колмогорова-Смірнова та Ліллієфорса. Однорідність дисперсії досліджували за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) та постфактурного тесту Т'юкі. Різниці вважалися вірогідними при $P < 0,05$. Усі статистичні розрахунки виконували за допомогою програмного забезпечення GraphPad Prism 8.

Результати та їх обговорення

При дослідженні динаміки регенеративних процесів шкіри, після нанесення ТТ, було виявлено, що на 3 добу опікова рана у щурів мала вигляд сформованого струпу. На 9 добу досліду відмічали відшаровування струпу у 33% щурів з групи III. На 14 добу досліду первинний струп повністю відпав у 40% тварин.

Виявлено, що на 3, 9 і 14 добу після нанесення ТТ маса ЩЗ зросла з 14,9 мг до 15,8 (на 6%), 17,9 (на 20%) та 18,9 (на 27%) мг відповідно. Органний індекс

ЩЗ був більшим від контролю на 12% (3 доба), 19% (9 доба) та 21% (14 доба). Зростання маси залози може вказувати на її гіперплазію. Однією з головних причин розвитку гіперплазії ЩЗ є недостатній синтез гормонів та зниження їх концентрації в крові. Це призводить до активної стимуляції залози, проліферації клітин з подальшим збільшенням її ваги та розмірів [17].

ЩЗ як контрольних, так і дослідних щурів мала характерну часточкову структуру і складалася з фолікулів переважно овальної форми. На периферії фолікули були більшими, порівняно з центральною частиною залози, часто з розтягнутими стінками, утвореними сплосченим епітелієм. Стінка фолікулів була утворена тиреоцитами різної форми. У порожнині фолікулів розташовувався оксифільний колоїд (Рис. 1).

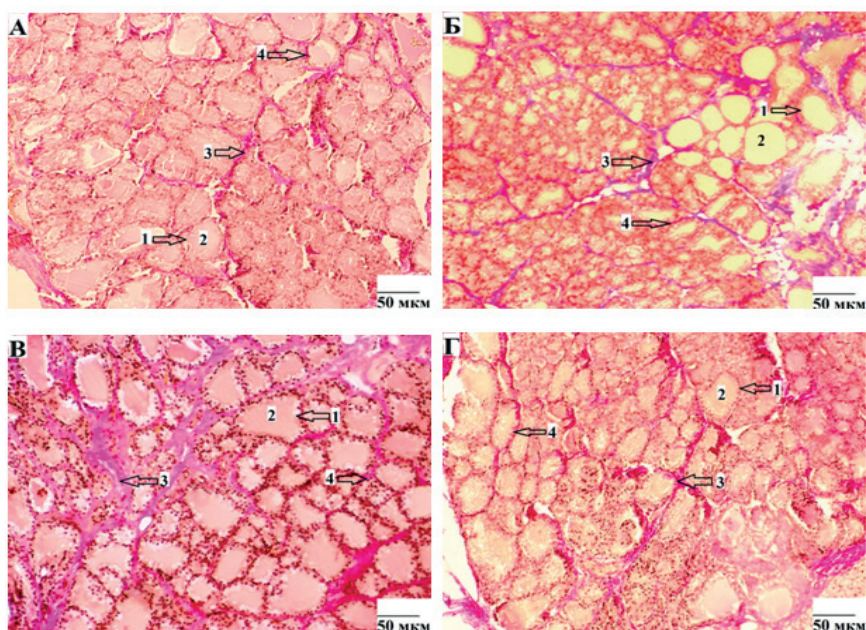


Рис. 1. Мікрофотографія щитоподібної залози контрольного щура (А) та щура після нанесення термічної травми на 3 (Б), 9 (В) та 14 (Г) добу відповідно. Забарвлення за Ван-Гізоном. $\times 400$.

Примітка: 1 – фолікул; 2 – колоїд; 3 – міжчасточкова сполучна тканина; 4 – міжфолікулярна сполучна тканина.

Виявлено структурні зміни в ЩЗ щурів, які отримували ТТ. На 3 добу, після нанесення опіку, в залозі відмічали вірогідне зменшення площі фолікулів (на 19%), колоїду (на 38%) та їх внутрішнього діаметру (на 26%) порівняно з контролем. Спостерігали інтенсивні процеси резорбції. Це свідчить про пригнічення накопичення колоїду та активне вивільнення гормонів у кров. Тиреоцити мали переважно призматичну, рідше кубічну форму, з висотою на 12%

більшою від контролю. Зростала кількість інтерфолікулярних острівців (скупчення тиреоцитів без колоїду). На 9 добу досліду розміри фолікулів мали лише тенденцію до зниження. На цю добу відмічали вірогідне зниження відносної площі паренхіми залози на 17%. На 14 добу, після нанесення опіку, площа колоїду та внутрішній діаметр фолікулів знижувалися на 29 і 17% ($P < 0,05$) відповідно, а висота фолікулярного епітелію вірогідно збільшилася на 23% порівняно з контролем (Таблиця). Тобто, на 14 добу знову відбувається активація вивільнення гормонів у кров.

Таблиця

Морфометричні показники щитоподібної залози щурів ($M \pm SD$, $n = 40$)

Показники	Контроль	Опік 3 доби	Опік 9 дб	Опік 14 дб
Відносна площа паренхіми залози, %	87,3 ± 0,8	83,5 ± 2,4	72,5 ± 5,3*	80,4 ± 1,4
Площа, мкм ²				
– фолікула	2599 ± 61	2100 ± 140*	2351 ± 88	2350 ± 322
– колоїду	870 ± 60	540 ± 29*	812 ± 37	616 ± 56*
– фолікулярного епітелію	1729 ± 42	1560 ± 129	1539 ± 69	1734 ± 212
Діаметр фолікула, мкм				
– зовнішній	51,4 ± 2,2	46,5 ± 1,6	48,4 ± 3,2	51,6 ± 2,9
– внутрішній	29,0 ± 0,6	21,5 ± 1,6*	26,7 ± 2,5	24,0 ± 1,8*
– ефективний	62,6 ± 3,5	59,0 ± 2,5	59,3 ± 4,5	65,4 ± 3,8
Висота тиреоцитів, мкм	11,2 ± 0,6	12,5 ± 0,4	10,9 ± 0,6	13,8 ± 0,5*
Кількість тиреоцитів у фолікулі, шт.	20,9 ± 0,9	19,9 ± 1,5	20,6 ± 1,6	21,5 ± 2,4

* $P < 0,05$ – вірогідність змін відносно контрольної групи

До показників, які характеризують динаміку накопичення та виведення колоїду відносять: фолікулярно-колоїдний індекс (відношення площі фолікулярного епітелію до площі колоїду), стереологічний індекс резорбції ($4/h$, де h – середня довжина хорд відрізків ліній, що припадають на колоїд) та індекс накопичення колоїду (відношення середнього внутрішнього діаметра до подвійної висоти епітелію). Виявлено, що у щурів, яким моделювали ТТ, фолікулярно-колоїдний індекс на 3 добу вірогідно зріс на 45%, на 9 добу – повернувся до контрольних значень, а на 14 добу – знову вірогідно зріс на 41% порівняно з контролем. Індекс накопичення колоїду, навпаки, на 3 і 14 добу був вірогідно меншим на 33%, а на 9 добу не відрізнявся від контролю. Стереологічний індекс резорбції був вірогідно більшим на 36% лише на 3 добу після нанесення ТТ (рис. 2). Це може свідчити, що залоза має фазовий характер структурних змін на дію опіку шкіри. На 3 добу спостерігаються морфометричні ознаки активного вивільнення гормонів у кров, спустошення фолікулів від колоїду. На 9 добу досліду наближення досліджуваних показників до контрольних значень може вказувати про відновлення накопичення колоїду у фолікулах та синтез гормонів. А на 14 добу, після нанесення опіку, вивільнення гормонів відновлюється, проте вже з меншою інтенсивністю.

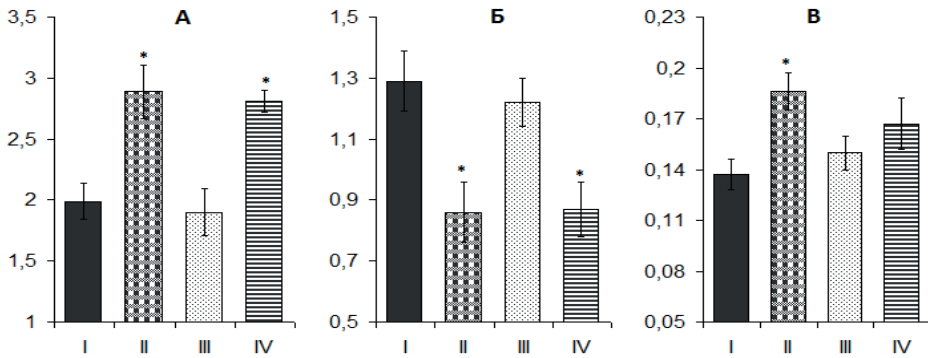


Рис. 2. Фолікулярно-колоїдний індекс (А), індекс накопичення колоїду (Б) та стереологічний індекс резорбції (В)

Примітка: I – контроль; II, III і IV – щури на 3, 9 і 14 добу після моделювання термічної травми.

* $P < 0,05$ вірогідність змін порівняно з контролем.

У щурів, яким моделювали ТТ, виявлено зростання кількості сполучної тканини (СТ) в залозі. Так, на 3 добу, після нанесення опіку, спостерігали вірогідне збільшення відносної площі СТ на 30%, стромально-паренхіматозного індексу (співвідношення площі стромы до площі паренхіми, СПІ) – на 37%, ширини міжчасткової СТ – на 20%, та міжчасточкової СТ – на 40% порівняно з контролем. На 9 добу дослідів відмічали ще більш інтенсивне розростання СТ. Так, відносна площа СТ була вірогідно більшою на 117%, СПІ – на 161%, ширина міжчасткової, міжчасточкової та міжфолікулярної СТ – на 40, 106 і 31% відповідно, ніж у контролі. На 14 добу зростання кількості СТ призупинилося. Порівняно з контролем вірогідно більшою була відносна площа СТ (на 54%), СПІ (на 68%) та ширина міжчасточкової СТ (на 40%) (Рис. 2, 3). Це може свідчити, що розростання СТ в залозі відбувається вже на 3 добу після моделювання ТТ, досягає піку на 9 добу, а на 14 добу кількість стромы вже починає знижуватися.

Інші дослідники переважно вивчали структурні зміни ЩЗ при опіках середнього та важкого ступеня. Так, Tiron O. I. виявив, що при опіку середнього ступеня морфологічні зміни в залозі починають відбуватися з 1-ї доби [18]. Показано, що розвиток запального процесу сприяє, з одного боку, інтенсивному вивільненню вмісту фолікулів ЩЗ, з іншого – їх ремодельованню. Вважають, що саме прозапальні цитокіни є основною причиною змін у ЩЗ при опіковому ураженні [14]. Так, виділення в кров прозапальних цитокінів при опіках, зокрема TNF- α , IL-1 β та IL-6, призводить до морфологічних та функціональних порушень у ЩЗ через активацію процесів запалення, інфільтрацію імунних клітин та порушення гомеостазу [19; 20]. Дослідниками виявлено, що при моделюванні ТТ з ураженням 14–20% площі шкіри морфологічні зміни в ЩЗ значною мірою проявлялись на 14 добу: відмічали розширення та деформацію фолікулів, десквамацію епітелію, набряк капсули, лейкоцитарну інфільтрацію,

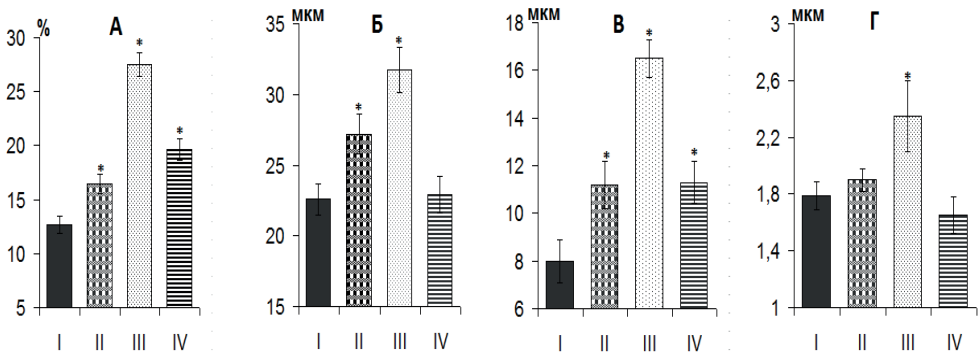


Рис. 3. Відносна площа сполучної тканини (А), ширина прошарків міжчасткової (Б), міжчасточкової (В) та міжфолікулярної (Г) сполучної тканини
Примітка: I – контроль; II, III і IV – щури на 3, 9 і 14 добу після моделювання термічної травми. * $P < 0,05$ вірогідність змін порівняно з контролем.

пошкодження мітохондрій у тиреоцитах, розширення судин і периваскулярний набряк. Ці зміни призводять до порушення секреторного циклу тиреоцитів і дисбалансу у виробленні та виведенні тиреоїдних гормонів. Повноцінного відновлення структури та функцій ЩЗ не відбувалося [8; 9; 11; 18; 19]. Також було виявлено гіперплазію фолікулів та збільшення кількості сполучнотканинних елементів у залозі після 14 доби від опікового ураження [9].

Нами, в свою чергу, виявлено, що структурні зміни в ЩЗ відбуваються і при легкому ступені ТТ (біля 1% ураження шкіри). Вже на 3 добу, після моделювання ТТ, спостерігали чітко виражені структурні зміни в залозі: зменшувалися розміри фолікулів та їх колоїду, зростала висота фолікулярного епітелію, збільшувався фолікулярно-колоїдний індекс і зменшувався індекс накопичення колоїду, зростала кількість СТ. На 9 добу досліджувані показники (за винятком СТ) не відрізнялися від контролю. На 14 добу, після нанесення опіку, спостерігали схожі структурні зміни в ЩЗ з 3 добою, але вони були менш виражені. Це дозволяє нам зробити висновок, що ЩЗ має фазовий характер структурних змін на дію опіку шкіри легкого ступеня.

У роботах, присвячених тканинній регенерації, показано, що за умов гіпофункції ЩЗ та дефіциту тиреоїдних гормонів спостерігається пригнічення репаративних процесів у різних органах і тканинах [3]. Для визначення ролі ЩЗ у тканинній регенерації у нашій моделі ТТ необхідне вимірювання рівня тиреоїдних гормонів, зокрема вільного та зв'язаного трийодтироніну, як прогностичних маркерів зміни метаболізму при опіковому ураженні [3; 10], що і планується відобразити у подальших дослідженнях. Крім того, нами заплановано пошук методів корекції порушень функціонального стану залози викликаних опіком шкіри.

Висновки

1. Досліджено, що термічна травма легкого ступеня призводить до морфологічних змін щитоподібної залози, які проявляються вже на 3 добу після її моделювання. В залозі виявлено зменшення площі фолікулів та їх колоїду, зниження внутрішнього діаметру фолікулів, зростання висоти фолікулярного епітелію, фолікулярно-колоїдного індексу, зменшення індексу накопичення колоїду та збільшення кількості сполучної тканини.

2. Найбільш інтенсивно гістоморфометричні зміни в щитоподібній залозі проявляються на 3 і 14 добу після моделювання термічної травми, що може свідчити про фазовий характер структурних змін на дію опіку шкіри.

3. Отримані дані мають не тільки теоретичне значення, але й корисні для практичної медицини при лікуванні патології щитоподібної залози, викликаній негативним впливом опіком шкіри.

Стаття надійшла до редакції 6.11.2025

Список використаної літератури

1. Салайда І. М. Методологічні підходи до надання медичної допомоги військовикам із бойовою опіковою травмою. *Здобутки клінічної і експериментальної медицини* 2024. Вип. 4(60). С. 190–196. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2024.v.i4.15037>
2. Фазові зміни енергетичного обміну при адаптації до іммобілізаційного стресу / В. І. Портніченко, В. І. Носар, О. О. Гончар, Г. В. Опанасенко, І. Д. Глазирін, І. М. Маньковська. *Фізіологічний журнал*. 2014. Т. 60, № 5. С. 23–32. <https://doi.org/10.15407/fz60.05.023>
3. 9291 Hypothyroidism impairs skeletal muscle regeneration after injury / P. Aguiari, V. Villani, K. Y., G. A. Brent, L. Perin, A. Milanese. *J Endocr Soc*. 2024. Vol. 8, suppl. 1. Article bvael63.1811. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvae163.1811>
4. Acute and perioperative care of the burn-injured patient / E. A. Bittner, E. Shank, L. Woodson, J. A. Martyn. *Anesthesiology*. 2015. Vol. 122, iss. 2. P. 448–464. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000559>
5. Injectable deferoxamine-loaded microsphere hydrogels for inhibition of ferroptosis and promotion of third-degree burn wound healing / L. Chai, J. Huang, M. Wang, Y. Huang, Z. Huang, R. Zhang, L. He, H. Wang, D. Chen, Y. Lei, L. Guo. *Materials Today Bio*. 2025. Vol. 32. Article 101806. <https://doi.org/10.1016/j.mt-bio.2025.101806>
6. Davenport L., Dobson G., Letson H. A new model for standardising and treating thermal injury in the rat. *MethodsX*. 2019. Vol. 6. P. 2021–2027. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.09.006>
7. Evidence for hormonal control of heart regenerative capacity during endothermy acquisition / K. Hirose, A. Y. Payumo, S. Cutie et al. *Science*. 2019. Vol. 364, iss. 6436. P. 184–188. <https://doi.org/10.1126/science.aar2038>
8. Корицький В. Г. Особливості структурної реорганізації судин щитоподібної залози в динаміці після експериментальної термічної травми. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2018. Т. 22, вип. 4. С. 610–615. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22\(4\)-05](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22(4)-05)
9. Koritskiy V. G., Nebesna Z. M. Features of the thyroid gland structural components remodeling in the toxemia stage after experimental thermal injury. *Reports of Morphology*. 2018. Vol. 24, no. 3. P. 37–42. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2018-24\(3\)-06](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2018-24(3)-06)
10. Mourouzis I., Politi E., Pantos C. Thyroid hormone and tissue repair: new tricks for an old hormone? *J Thyroid Res*. 2013. Vol. 2013. Article 312104. <https://doi.org/10.1155/2013/312104>
11. Морфометрична характеристика структурних компонентів щитоподібної залози за умов змодельованої термічної травми шкіри / З. М. Небесна, Б. О. Довгалюк, У. В. Вітер, Н. В. Огінська, С. Б. Крамар. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. 2023. Т. 22, № 4. С. 45–51. <https://doi.org/10.24061/1727-0847.22.4.2023.45>
12. Hypothyroidism in severe burn patients associated with increased risk of musculoskeletal complications and decreased risk of mortality / I. Obias, D. Amador, S. Iyer, A. E. Ayadi, G. Golovko, S. E. Wolf, J. Song J.. *J Burn Care Res*. 2025. Vol. 46, iss. 6. P. 1326–1331. <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraf090>

13. Histomorphometric study of thyroid tissue in juvenile rats exposed to 5G electromagnetic fields / M. Ramelet, L. Ronger, A. Al-Salameh, F. Pelletier, R. Desaillood, C. Seewooruttun. *Annales d'Endocrinologie*. 2025. Vol. 86, iss. 3. Article 101755. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2025.101755>
14. Damage-associated molecular patterns (DAMPs) released after burn are associated with inflammation and monocyte activation / M. Rani, S. E. Nicholson, Q. Zhang, M. G. Schwacha. *Burns*. 2017. Vol. 43, iss. 2. P. 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.10.001>
15. Rehfeld A., Nylander M., Karnov K. Histological methods. *Compendium of Histology. A theoretical and practical guide* / A. Rehfeld, M. Nylander, K. Karnov. Cham : Springer, 2017. P. 11–24. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41873-5_2
16. Safer J. D. Thyroid hormone and wound healing. *J Thyroid Res*. 2013. Vol. 2013. Article 124538. <https://doi.org/10.1155/2013/124538>
17. Shimazaki S., Sato, J. Pituitary hyperplasia in a girl with primary hypothyroidism. *BMJ Case Rep*. 2023. Vol. 16, iss. 11. Article e258165. <https://doi.org/10.1136/bcr-2023-258165>
18. Tiron O. I. Features of morphological changes in the thyroid gland of white male rats 1 day after thermal trauma of the skin on the background of the introduction of 0.9% NaCl solution. *Biomedical and Biosocial Anthropology*. 2019. No. 37. P. 55–59. <https://doi.org/10.31393/bba37-2019-09>
19. Tiron O. I. Morphological changes in the white rats' thyroid gland 14 days after simulated thermal trauma of the skin on the background of the administration of 0.9% NaCl solution. *Reports of Morphology*. 2021. Vol. 27, no. 4. P. 53–58. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2021-27\(4\)-08](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2021-27(4)-08)
20. Tiron O. I. Rats' thyroid gland histological and ultrastructural changes 30 days after the experimental thermal injury on the background of NaCl injection. *Reports of Morphology*. 2022. Vol. 28, iss. 4. P. 70–76. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28\(4\)-10](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28(4)-10)
21. Pathophysiological mechanisms of thyroid gland hormonal dysregulation during experimental exposure / O. I. Tiron, R. S. Vastyanov, V. Yu. Shapovalov, O. I. Yatsyna, M. M. Kurtova M. *World of Medicine and Biology*. 2022. No. 4(82). P. 246–251. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2022-4-82-246-251>
22. Yanko R., Levashov M. Histomorphological features of the thyroid gland in rats of different ages with alimentary-induced obesity. *Environmental and Experimental Biology*. 2022. Vol. 20, no. 3. P. 171–177. <https://doi.org/10.22364/eeb.20.16>
23. Yanko R. V., Shcherbatiuk T. G., Litovka I. G. Melatonin reduces structural disorders of the thyroid gland in rats with induced visceral obesity. *Endokrynologia*. 2024. Vol. 29, no. 3. P. 213–219. <https://doi.org/10.31793/1680-1466.2024.29-3.213>

Р. В. Янко, М. О. Завгородній, В. І. Портніченко

Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, відділ клінічної фізіології сполучної тканини, вул. Богомольця, 4, м. Київ, 01024, Україна
Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень НАН України, відділ фізіології та патології екстремальних станів, вул. Академіка Заболотного, 27, м. Київ, 03680, Україна
e-mail: biolag@ukr.net

ГІСТОМОРФОМЕТРИЧНІ ЗМІНИ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ ЩУРІВ ЗА УМОВ ТЕРМІЧНОЇ ТРАВМИ ЛЕГКОГО СТУПЕНЯ

Резюме

Вступ. Відомо, що термічні опіки викликають патофізіологічні та морфологічні зміни у шкірі та за її межами, в тому числі і в щитоподібній залозі (ЩЗ). Проте, які морфологічні зміни відбуваються в ЩЗ у різний проміжок часу після отримання легкої термічної травми шкіри досліджено не повністю.

Мета роботи – дослідити динаміку структурних змін щитоподібної залози у щурів при термічній травмі легкого ступеня.

Методика роботи. Дослідження здійснено на 40 щурах-самцях лінії Wistar, вік яких на початку експерименту становив 3 місяці. Тварини були розподілені на 4 групи: I група – контроль; II, III та IV групи – щури, яким моделювали термічну травму та виводили з експерименту на 3, 9 і 14 добу відповідно. Термічну травму моделювали за допомогою скляної пробірки з плоским дном, що містила окріп. Площа опіку становила приблизно 1% площі шкіри. Швидкість загоєння опікової рани визначали від початку відшаровування первинного струпу до його повного відпадиння. Для гістоморфометричних досліджень відбирали зразки тканини з центральної частини ЩЗ, з яких виготовляли гістологічні препарати за стандартною методикою. Морфометричний аналіз цифрових мікропрепаратів здійснювали за допомогою програми «ImageJ».

Основні результати. Виявлено, що термічна травма легкого ступеня призводить до морфологічних змін ЩЗ. Відмічено збільшення маси залози, що може свідчити про її гіперплазію. Структурні зміни в ЩЗ щурів відбуваються вже на 3 добу після моделювання термічної травми, а саме: зменшується площа фолікулів, колоїду, знижується внутрішній діаметр фолікулів, зростає висота фолікулярного епітелію, фолікулярно-колоїдний індекс, стереологічний індекс резорбції та знижується індекс накопичення колоїду. Це є ознаками активного вивільнення гормонів у кров, спустошення фолікулів від колоїду. На 9 добу досліджувані показники наближаються до контрольних значень, що може свідчити про відновлення накопичення колоїду у фолікулах та синтез гормонів. А на 14 добу, після нанесення опіку, вивільнення гормонів знову відновлюється, проте вже з меншою інтенсивністю. Зростання кількості сполучної тканини при термічній травмі відбувається вже на 3 добу та досягає свого піку на 9 добу досліджу.

Висновок. Отже, ЩЗ має фазовий характер структурних змін на дію термічної травми легкого ступеня. Найбільш інтенсивні морфологічні зміни в залозі відбуваються на 3 і 14 добу після опікової травми. Це потрібно враховувати при лікуванні патології ЩЗ, викликаній негативним впливом опіком шкіри.

Ключові слова: щитоподібна залоза, термічна травма, гістоморфометрія, щури.

R. V. Yanko, M. O. Zavorodnii, V. I. Portnichenko

O. O. Bogomoletz Institute of Physiology of the NAS of Ukraine, Department of Clinical Physiology of Connective Tissue, 4 Bogomolets St, Kyiv, 01024, Ukraine
International Centre for Astronomical, Medical and Ecological Research of the NAS of Ukraine, Department of Physiology and Pathology of Extreme Conditions, 27 Akademika Zabolotnoho St, Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: biolag@ukr.net

HISTOMORPHOMETRIC CHANGES IN THE THYROID GLAND OF RATS UNDER CONDITIONS OF LIGHT THERMAL INJURY

Summary

Introduction. It is known that thermal burns cause pathophysiological and morphological changes in the skin and beyond, including in the thyroid gland. However, what morphological changes occur in the thyroid gland at different time intervals after receiving light thermal skin injury has not been fully studied.

The aim of the work was to investigate the dynamics of structural changes in the thyroid gland in rats with light thermal injury.

Methods. The study was carried out on 40 male Wistar rats, whose age at the beginning of the experiment was 3 months. The animals were divided into 4 groups: Group I – control; Groups II, III and IV — rats that were modeled thermal injury and removed from the experiment on the 3rd, 9th and 14th day, respectively. Thermal injury was modeled using a flat-bottomed glass tube containing boiling water. The burn area was approximately 1% of the skin area. The rate of burn wound healing was determined from the beginning of the peeling of the primary scab to its complete disappearance. For histomorphometric studies, tissue samples were taken from the central part of the thyroid gland, from which histological preparations were prepared according to the standard method. Morphometric analysis of digital micropreparations was carried out using the “ImageJ” program.

Main results. It was found that light thermal injury leads to morphological changes in the thyroid gland. An increase in the mass of the gland was noted, which may indicate hyperplasia. Structural changes in the thyroid gland of rats occur already on the 3rd day after modeling thermal injury, namely: the area of follicles and colloid decreases, the internal diameter of follicles decreases, the height of the follicular epithelium, the follicular-colloid index and the stereological resorption index increases, and the colloid accumulation index decreases. These are signs of active release of hormones into the blood, emptying of follicles from colloid. On the 9th day of the experiment, the studied indicators approach the control values, which may indicate the restoration of colloid accumulation in the follicles and hormone synthesis. And on the 14th day, after the burn, the release of hormones is restored again, but with less intensity. The increase in the amount of connective tissue in thermal injury occurs already on the 3rd day and reaches its peak on the 9th day of the experiment.

Conclusions. Thus, the thyroid gland has a phased nature of structural changes in response to light thermal injury. The most intense morphological changes in the gland occur on the 3rd and 14th day after the burn injury. This should be taken into account when treating thyroid pathology caused by the negative effects of skin burns.

Keywords: thyroid gland, thermal injury, histomorphometry, rats.

References

1. Salaida, I. M. (2024). Metodolohichni pidkhody do nadання medychnoi dopomohy viiskovykam iz boiovoiu opikovoju travmoiu [Methodological approaches to providing medical care to soldiers with combat burn injuries]. *Zdobutky Klinichnoi i Eksperymentalnoi Medytsyny*, (4(60)), 190–196. <https://doi.org/10.11603/1811-2471.2024.v.i4.15037> [in Ukrainian].
2. Portnichenko, V. I., Nosar, V. I., Honchar, O. O., Opanasenko, H. V., Hlasyryn, I. D., & Mankovska, I. M. (2014). Fazovi zminy enerhetychnoho obminu pry adaptatsii do immobilizatsiinoho stresu [Phase changes in energy metabolism during adaptation to immobilization stress]. *Fiziolohichnyy Zhurnal*, 60(5), 23–32. <https://doi.org/10.15407/fz60.05.023> [in Ukrainian].
3. Aguiari, P., Villani, V., Liu, K. Y., Brent, G. A., Perin L., & Milanese A. (2024). 9291 Hypothyroidism impairs skeletal muscle regeneration after injury. *J Endocr Soc.*, 8(Suppl 1), bvae163.1811. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvae163.1811>
4. Bittner, E. A., Shank, E., Woodson, L., & Martyn, J. A. (2015). Acute and perioperative care of the burn-injured patient. *Anesthesiology*, 122(2), 448–464. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000000559>
5. Chai, L., Huang, J., Wang, M., Huang, Y., Huang, Z., Zhang, R., He, L., Wang, H., Chen, D., Lei, Y., & Guo, L. (2025). Injectable deferoxamine-loaded microsphere hydrogels for inhibition of ferroptosis and promotion of third-degree burn wound healing. *Materials Today Bio*, 32, 101806. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2025.101806>

6. Davenport, L., Dobson, G., & Letson, H. (2019). A new model for standardising and treating thermal injury in the rat. *MethodsX*, 6, 2021–2027. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.09.006>
7. Hirose, K., Payumo, A. Y., Cutie, S., Hoang, A., Zhang, H., Guyot, R., Lunn, D., Bigley, R. B., Wang, J., Smith, M., Gillett, E., Muroy, S. E., Schmid, T., Wilson, E., Field, K. A., Reeder, D. M., Maden, M., Yartsev, M. M., Wolfgang, M. J., Grützner, F., Scanlan, T. S., Szveda, L. I., Buffenstein, R., Hu, G., Flamant, F., Olgin, J. E., & Huang, G. N. (2019). Evidence for hormonal control of heart regenerative capacity during endothermy acquisition. *Science*, 364(6436), 184–188. <https://doi.org/10.1126/science.aar2038>
8. Korytskyi, V. G. (2018). Osoblyvosti strukturnoi reorganizatsii sudyn shchytovidnoi xalozy v dynamitsi pisliia eksperymentalnoi termichnoi travmy [Peculiarities of structural reorganization of the thyroid gland vessels in dynamics after experimental thermal trauma]. *Visnyk Vinnytskoho Natsionalnoho Medychnoho Universytetu* [Reports of Vinnytsia National Medical University], 22(4), 610–615. [https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22\(4\)-05](https://doi.org/10.31393/reports-vnmedical-2018-22(4)-05) [in Ukrainian].
9. Koritskiy, V. G., & Nebesna, Z. M. (2018). Features of the thyroid gland structural components remodeling in the toxemia stage after experimental thermal injury. *Reports of Morphology*, 24(3), 37–42. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2018-24\(3\)-06](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2018-24(3)-06)
10. Mourouzis, I., Politi, E., & Pantos, C. (2013). Thyroid hormone and tissue repair: New tricks for an old hormone? *J Thyroid Res.*, 2013, 312104. <https://doi.org/10.1155/2013/312104>
11. Nebesna, Z., Dovgalyuk, B., Viter, U., Ohinska, N., & Kramar, S. (2023). Morfometrychna kharakterystyke strukturykh komponentiv shchytovidnoi zalozy za umnov zmodeliovanoi termichnoi travmy shkiry [Morphometric characterization of the structural components of the thyroid gland under conditions of modeled thermal skin injury]. *Klinichna Anatomia ta Operatyvna Khirurhiia* [Clinical Anatomy and Operative Surgery], 22(4), 45–51. <https://doi.org/10.24061/1727-0847.22.4.2023.45> [in Ukrainian].
12. Obias, I., Amador, D., Iyer, S., Ayadi, A. E., Golovko, G., Wolf, S. E., & Song, J. (2025). Hypothyroidism in severe burn patients associated with increased risk of musculoskeletal complications and decreased risk of mortality. *J Burn Care Res.*, 46(6), 1326–1331. <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraf090>
13. Ramelet, M., Ronger, L., Al-Salameh, A., Pelletier, F., Desailoud, R., & Seewooruttun, C. (2025). Histomorphometric study of thyroid tissue in juvenile rats exposed to 5G electromagnetic fields. *Annales d'Endocrinologie*, 86(3), 101755. <https://doi.org/10.1016/j.ando.2025.101755>
14. Rani, M., Nicholson, S. E., Zhang, Q., & Schwacha, M. G. (2017). Damage-associated molecular patterns (DAMPs) released after burn are associated with inflammation and monocyte activation. *Burns*, 43(2), 297–303. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.10.001>
15. Rehfeld, A., Nylander, M., & Karnov, K. (2017). Histological methods. In A. Rehfeld, M. Nylander, K. Karnov, *Compendium of Histology* (pp. 11–24). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41873-5_2
16. Safer, J. D. (2013). Thyroid hormone and wound healing. *J Thyroid Res.*, 2013, 124538. <https://doi.org/10.1155/2013/124538>
17. Shimazaki, S., & Sato, J. (2023). Pituitary hyperplasia in a girl with primary hypothyroidism. *BMJ Case Rep.*, 16(11), e258165. <https://doi.org/10.1136/bcr-2023-258165>
18. Tiron, O. I. (2019). Features of morphological changes in the thyroid gland of white male rats 1 day after thermal trauma of the skin on the background of the introduction of 0.9% NaCl solution. *Biomedical and Biosocial Anthropology*, (37), 55–59. <https://doi.org/10.31393/bba37-2019-09>
19. Tiron, O. I. (2021). Morphological changes in the white rats' thyroid gland 14 days after simulated thermal trauma of the skin on the background of the administration of 0.9% NaCl solution. *Reports of Morphology*, 27(4), 53–58. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2021-27\(4\)-08](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2021-27(4)-08)
20. Tiron, O. I. (2022). Rats' thyroid gland histological and ultrastructural changes 30 days after the experimental thermal injury on the background of NaCl injection. *Reports of Morphology*, 28(4), 70–76. [https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28\(4\)-10](https://doi.org/10.31393/morphology-journal-2022-28(4)-10)
21. Tiron, O. I., Vastyanov, R. S., Shapovalov, V. Yu., Yatsyna, O. I., & Kurtova, M. M. (2022). Pathophysiological mechanisms of thyroid gland hormonal dysregulation during experimental exposure. *World of Medicine and Biology*, (4(82)), 246–251. <https://doi.org/10.26724/2079-8334-2022-4-82-246-251>
22. Yanko, R., & Levashov, M. (2022). Histomorphological features of the thyroid gland in rats of different ages with alimentary-induced obesity. *Environmental and Experimental Biology*, 20(3), 171–177. <https://doi.org/10.22364/eeb.20.16>
23. Yanko, R. V., Shcherbatiuk, & T. G., Litovka, I. G. (2024). Melatonin reduces structural disorders of the thyroid gland in rats with induced visceral obesity. *Endokrynologia*, 29(3), 213–219. <https://doi.org/10.31793/1680-1466.2024.29-3.213>

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2\(57\).352404](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2(57).352404)

УДК 378.4(477.74-25):582.28-047.37(091)“1890/1940”

В. О. Кузнєцов, канд. іст. наук, доцент

Ф. П. Ткаченко, д-р біол. наук, професор

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

МІКОЛОГІЧНИЙ ДОРОБОК ОДЕСЬКИХ ВЧЕНИХ: ПІВСТОЛІТТЯ НАУКОВОГО ПОШУКУ (1890–1940 РР.)

Проаналізовано розвиток мікологічних досліджень на півдні України з 1890 р. по 1940 р. У цей період вивчення грибів і, перш за все, грибних збудників хвороб рослин, здійснювали професори Одеського (Новоросійського) університету: Ф. М. Каменський, В. А. Ротерт, І. Д. Щербак, І. Л. Сербінов та Б. М. Аксєнтьєв. У їх наукових працях представлені результати досліджень видового складу, особливостей розвитку та розповсюдження багатьох видів паразитичних грибів рослин, наведені способи боротьби з ними. Роботи вчених мали не лише прикладний характер, але в них вирішувалася і низка фундаментальних задач. Зокрема з'ясувалися вплив фізіологічно активних речовин на життєдіяльність та чутливість грибів, а також взаємодія міцелію грибів з корінням вищих рослин. Це дозволило Ф. М. Каменському вперше встановити симбіотичний характер цього явища, яке отримало назву «мікориза».

Ключові слова: історія Одеського університету; мікологічні дослідження; південь України.

Розвиток мікологічних досліджень на півдні України наприкінці XIX – у першій половині XX ст. був зумовлений інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва. Хвороби культурних рослин, спричинені паразитичними грибами, завдавали значної шкоди галузі, що потребувало невідкладного наукового пошуку. До розв'язання цих завдань активно долучилися університетські біологи, а після 1918 року – і фахівці новоствореного Одеського сільськогосподарського інституту. Більшість із них були вихованцями університету або вченими, які поєднували роботу в обох установах.

Наявна в літературі інформація про мікологічні студії цього періоду є різною та фрагментарною, а подекуди містить фактологічні неузгодженості й малодостовірні біографічні відомості. З огляду на це, постає необхідність введення до наукового обігу документально підтверджених матеріалів щодо життєвого та наукового шляху дослідників зазначеної доби.

Метою нашої роботи стало вивчення історії мікологічних досліджень у Одеському (Новоросійському) університеті в кінці XIX ст. – першій половині XX ст.

Методологія та джерельна база дослідження

Методологічну основу роботи становить поєднання принципів історизму та об'єктивності з використанням історико-генетичного методу, що дало змогу відстежити еволюцію мікологічних студій в університеті. Особливу увагу приділено біографічному та археографічному методам, а також евристичному пошуку при висвітленні наукового шляху Ф. М. Каменського, В. А. Ротерга, І. Л. Сербінова, Б. М. Аксентьева та І. Д. Щербака. Застосування методу критичного аналізу архівних джерел дозволило усунути фактологічні неузгодженості в біографіях учених.

Джерельну базу дослідження складають документи Державного архіву Одеської області (ДАОО), Державного архіву Львівської області (ДАЛО) та Архіву Наукової бібліотеки Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Зокрема, опрацьовано звіти й протоколи засідань учених рад та профільних об'єднань, серед яких: Імператорський Новоросійський університет (ІНУ); Одеський сільськогосподарський інститут (ОСГІ); Новоросійське товариство природодослідників (НТП); Імператорське товариство сільського господарства Півдня Росії (ІТСПР); Одеське відділення Імператорського російського товариства садівництва (ОВІРТС).

Крім того, вивчено наукові періодичні видання зазначених закладів і товариств. Зіставлення документів різних установ дало змогу уточнити біографічні відомості маловідомих дослідників. Для формування цілісної картини розвитку мікології у досліджуваній період проаналізовано хронологію накопичення наукових знань у цій галузі.

Результати та їх обговорення

З 1 вересня 1886–1887 академічного року лекції з ботаніки на природничому відділенні фізико-математичного факультету ІНУ розпочав читати приват-доцент Ф. М. Каменський – відомий систематик, анатом і фізіолог рослин. У попередні роки своєї наукової діяльності, вивчаючи шляхи надходження карбону до рослинного організму, зокрема під'ялинника звичайного *Monotropa hypopitys* L. (= *Hypopitys monotropa* Crantz) він оприлюднив низку статей мікологічного спрямування і набув загального визнання як фахівець-міколог.

Франц Михайлович Каменський (*Franciszek Dionizy Kamiński*) (1851–1912)

Народився в м. Люблін (Польща) 27 вересня (9 жовтня) 1851 року в родині архітектора, спадкового дворянина, євангелічно-лютеранського віросповідання.

Після закінчення реальної гімназії у Варшаві, вступив до природничого відділення фізико-математичного факультету Варшавського університету, але вже за рік вирушив продовжувати освіту за кордон: чотири роки навчався в

Бреславському (нині Вроцлав, Польща) університеті (займався ботанікою у Ф. Кона), а потім у Страсбурзькому університеті (у А. де Барі). У 1875 р. закінчив курс зі ступенем доктора філософії після захисту дисертації про анатомічну будову першоцвітів (*Primula L.*) [16; 63; 65], що давало йому право викладати в європейських вишах.

У 1877–1883 рр. – приват-доцент по кафедрі ботаніки Львівського університету; крім того читав лекції у Львівському політехнічному інституті та Ветеринарній академії [12]. Однак під час спроби перейти до Новоросійського університету Міністерство народної освіти Російської імперії не визнало науковий ступінь отриманий у Страсбурзькому університеті. Через це науковцю довелося ще раз складати іспити та захищати дисертацію в Росії. У 1882 р. склав магістерські іспити в ІНУ, а в 1883 р. у Петербурзькому університеті захистив магістерську дисертацію за темою «Материалы для морфологии и биологии *Monotropa hypopitys L.* и некоторых других сапрофитов» [11; 28].

Після виголошення двох пробних лекцій у Варшавському університеті науковець здобув звання приват-доцента [19]. Навесні 1886 р. у Петербурзькому університеті він захистив дисертацію на здобуття ступеня доктора ботаніки за темою: «Сравнительные исследования по развитию и строению пузырчаток (*Utricularia*)». Того ж року за рекомендацією доцента Л. В. Рейнгарда його було запрошено до ІНУ для викладання морфології та систематики рослин. У вересні 1886 р. він розпочав читання лекцій на посаді приват-доцента кафедри ботаніки [17, 20]. В Одесі працював до кінця життя: 1886–1888 рр. – приват-доцентом; 1888–1902 рр. – екстраординарним професором; з 1902 р. – ординарним професором по кафедрі ботаніки. З 1895 р. за сумісництвом був директором ботанічного саду університету [13].

Трагічно загинув у Варшаві 16 вересня 1912 р.

Основні наукові інтереси Ф. М. Каменського були зосереджені на морфології, анатомії, флористиці і систематиці рослин та мікології.

Ще у львівський період своєї наукової діяльності Ф. М. Каменський зацікавився вивченням шляхів надходження карбону до рослинного організму. В журналі «Космос» він друкує статтю «Звідки рослини отримують вуглець?» в якій ставить запитання: «Цей вуглець поглинається рослиною ззовні, у міру збільшення свого розміру, тобто у міру свого зростання. Але де знаходяться джерела, з яких рослина отримує вуглець, і, нарешті, в якій формі і яким чином?» [66, с. 6]. Після проведення досліджень і ретельного аналізу літературних джерел він доходить висновку: «..., що залежно від способу та джерела, з якого рослини отримують вуглецеві поживні речовини, ми можемо розділити рослини на: а) незелені та б) зелені. До перших належать: 1) гумусові та 2) незелені паразити; до других: 1) рослини, що отримують вуглець виключно з вуглекислого газу, 2) (...) рослини, що отримують вуглець не тільки з повітря, але й з землі, тобто зелені гумусові рослини, 3) зелені паразити і, нарешті, маловідомі 4) комахоїдні рослини» [67, с.22]. Він звертає увагу на безхлоро-

фільну рослину під'ялиник звичайний (*Monotropa hypopitys* L.) і зазначає, що про результати своїх дослідів над цієї рослиною він сповістить окремо. (Стаття була прийнята редакцією до друку в 1880 р, а надрукована в 1881 р.).

Пізніше він відзначав, що його увагу до цієї рослини привернуло те, що опубліковані різними авторами дані «...настільки не узгоджені між собою і навіть іноді суперечать одне одному, що аж ніяк не можна сказати, щоб відомості, надані ними, були достатньо точними. Щойно сказане безпосередньо відноситься і до європейського виду *Monotropa hypopitys* L., про паразитизм і сапрофітизм якого існують дуже суперечливі думки» [25, с. 1–2].

6 квітня 1880 р. Ф. М. Каменський доповів на засіданні Польського товариства природознавців імені Коперника попередні результати своїх досліджень: «Про історію розвитку та живлення паразитичної кореневої рослини» і надрукував тези доповіді в журналі товариства. У короткому повідомленні автор повністю розкриває зміст свого відкриття: «Що стосується живлення цієї рослини, то вона безумовно не є паразитом, і не маючи жодних зелених органів, що розкинулися в повітрі, повинна бути віднесена до гумусових, тобто сапрофітів, які отримують весь запас вуглецю та інших елементів виключно за допомогою коренів. Однак через те, що останні не контактують безпосередньо з землею, а відокремлені від неї шаром гриба, (...) слід припустити, що в цьому випадку гриб є посередником у живленні цієї рослини, (...), тобто гриб поглинає з землі поживні речовини для її кореневища» [65, с. 122].

У подальшому виходять ще три його статті (французькою, німецькою і польською мовами), які присвячені цьому ж питанню [67; 68; 69]. Остаточні результати своїх досліджень Ф. М. Каменський узагальнив у роботі «Матеріали для морфології і біології *Monotropa hypopitys* L. и некоторых других сапрофитов», яку оприлюднив у 1883 р. [23] і подав її для захисту як магістерську дисертацію. Він ретельно описав морфологічну та анатомічну будову всіх органів рослини і дійшов висновку: «... з вищеописаної будови кореня монотропи виявляється, що поверхня коренів ... покрита товстим і суцільним шаром міцелію, який не допускає безпосереднього контакту клітин епідермісу з навколишніми частинками землі. (...). Залишається тільки один можливий шлях, за допомогою якого їжа досягає внутрішніх тканин монотропи – за допомогою вищезгаданого міцелію, що складається з живих, розгалужених гіф, з яких внутрішні так щільно прилягають до стінок епідермісу, що перехід рідин, за законами дифузії, з клітинок гриба в клітинки монотропи і назад не тільки можливий, але навіть необхідний» [23, с. 26–27].

Далі він відзначає: «З іншого боку, хоча монотропа отримує їжу за допомогою гриба, проте не завдає йому ніякої шкоди, тому що в іншому випадку гриб цей залишив би коріння монотропи і поширювався б тільки між частинками землі. (...).

Це найкращий приклад мутуалістичного симбіозу двох рослинних організмів» [23, с. 30].

У 1885 р. німецький ботанік і міколог А. Б. Франк опублікував дві статті, в яких піддав сумніву висновки Ф. М. Каменського про мутуалістичний симбіоз і відзначив, що корінці багатьох видів дерев «... знаходяться у відомому симбіотичному з'єднанні з грибноцею якихось, точніше ще не визначених грибів, і ці корінці, оброслі грибноцею, він назвав «мікоризами» (*Mycoriza*). (...) Нарешті, він знаходить, що *Mycoriza* у *Monotropa hypopitys* L. точно такої ж будови, як і у дерев, ... » [24, с. 34–35]. Ф. М. Каменський виступив із спростуванням цього положення і показав: «... що «мікориза Франка» у *Carpinus* – ніщо інше, як корінь, заражений паразитичним грибом, який його руйнує. (...). Отже, ця мікориза – приклад справжнього паразитичного симбіозу. (...). Гриб у *Monotropa hypopitys* L. знаходиться тільки на поверхні коренів, то він не є паразитом, а, навпаки, доставляє цьому сапрофіту їжу з ґрунту і «таким чином, утворює з ним вид мутуалістичного симбіозу» [24, с. 35].

У 1891 р. Ф. М. Каменський публікує статтю «О явлениях симбиоза в растительном царстве». Вона містить теоретичний загальнобіологічний аналіз змісту поняття «симбіоз», співвідношення його в зоології та ботаніці. В цій роботі він частково повертається до монотропи і наводить нові цікаві факти, які отримали ботаніки, вивчаючи її, вперше надає родову назву гриба-симбіонта: «Гриб, що росте на коренях *Monotropa hypopitys*, виявився, за дослідженнями німецького ботаніка М. Рееса, тотожним грибу-паразиту, що росте на корінцях хвойних дерев, поблизу яких зазвичай росте монотропа. Ці корінці дерев дуже часто навіть переплутуються з корінцями монотропи і таким чином гриб цей (за визначенням М. Рееса – *Elaphomyces sp.*) входить в симбіотичне з'єднання одночасно з двома рослинами. З хвойним деревом, утворюючи антагоністичний симбіоз, і з монотропою, утворюючи мутуалістичний симбіоз. Тепер стає зрозумілим, чому після знищення дерева, за рахунок якого живиться гриб, зникає останній, а разом з ним і монотропа» [26, с. 12].

Професор ІНУ Б. Б. Гриневецький відзначав: «Як би ми не пояснювали це явище в кожному окремому випадку, Каменському належить заслуга, що він перший звернув увагу наукового світу на цю цікаву галузь явищ» [11, с. 85]. Така обережність у висловлюванні Б. Б. Гриневецького пов'язана з тим, що у той період ще тривала суперечка про належність пріоритету у відкритті мікоризи Ф. М. Каменському. Дехто вважав, що автором відкриття був В. Пфедфер, який близько підійшов до розуміння сутності мікоризи, але він зупинився лише на рівні гіпотези і не сформував цілісної концепції. Пріоритет Ф. М. Каменського зараз можна вважати загальноновизнаним, так як саме з його праць розпочалося різнобічне вивчення мікотрофії [57; 71].

6 вересня 1886 р. Рада ІНУ обирає Ф. М. Каменського на посаду приват-доцента по кафедрі ботаніки [56]. З родиною він переїхав до Одеси і оселився на вул. Херсонській, 37 (нині вул. Л. Пастера), а невдовзі переселився на вул. Ямську, 71 (нині вул. Троїцька) З 1887 р. проживав за адресою: Каретний пров., б. 19. [1; 2]. Він розпочав читати студентам природничого відділення лекції і

проводив практичні заняття з курсів «Загальна морфологія рослин» та «Вступ до систематики рослин», а також викладав спеціальний курс «Хвороби культурних рослин» [18, арк. 56–57].

У грудні 1886 р. Ф. М. Каменського було обрано дійсним членом НТП, в роботі якого він брав активну участь. З 1889 р. він обіймав посаду віце-президента Товариства [56]. Багато уваги приділяв роботі ОВІРТС (з лютого 1888 р. по грудень 1890 р. виконував обов'язки Секретаря Товариства) [59]. Як дійсний член ОВІРТС значних зусиль докладав для покращення роботи Одеської школи садівництва та городництва [31; 32].

Виноградарі Одещини, які зазнавали значних втрат урожаю від шкідників і хвороб винограду, неодноразово зверталися до керівництва ОВІРТС за допомогою і Ф. М. Каменському було доручено розробити для них рекомендації з боротьби з грибковими захворюваннями винограду. У травні 1887 р. на зборах ОВІРТС «Член Товариства Ф. М. Каменський виступив з розлогою доповіддю «Про грибкові хвороби винограду» [30, с. 2]. Текст доповіді було вирішено надрукувати в журналі Товариства і розповсюдити серед виноградарів регіону.

У своїй роботі Ф. М. Каменський наводить докладний опис найбільш поширених на той час паразитичних грибів, що викликають захворювання винограду: *Peronospora viticola* DeBy (Мильдиу), *Oidium tuckeri* Berk. (Оїдіум) (= *Erysiphe necator* Schwein), *Sphaceloma ampelinum* de Bary (= *Elsinoe ampelina* Schear).

Він також описує захворювання, які поширені на європейських виноградниках, але поки що не зафіксовані на Одещині: *Gloeosporium ampelophagum* (Pass.) Sacc. (= *Elsinoe ampelina* Schear). (Оспа винограду); *Dematophora necatrix* R.Hartig. (Коренева гниль винограду); *Roesleria hypogaea* Thum.& Pass. (= *Roesleria subterranea* (Weinm.) Redhead).

Франц Михайлович також виділяє «слабопаразитичні» гриби, які є менш шкідливими, в той же час і мало вивченими: *Cladosporium viticolum* Ces. (= *Pseudocercospora vitis* (Lév.) Speg.), *Septoria ampelina* Bes. et Cus. (= *Septoria ampelina* Berk & M.A. Curtis), *Dendryphium passerinianum* Thum.¹, *Graphium clavissporium* Berc. et Curt.*., *Uncinula spiralis* Berk. et M.A. Curtis (= *Erysiphe necator* Schwein.), *Fibrillaria xylotrieha* Pers.*., *Ceratostoma vitis* Fum (= *Arxiomyces vitis* (Fuckel) P.F. Cannon & Hawksw). З іншого боку, зазначає, що широко поширений у нас гриб *Agaricus melleus* Vahl. (= *Armillaria mellea* (Vahl) Mesch. є дуже небезпечним як паразит старих виноградників.

Для кожного з наведених у роботі захворювань вказує характерні ознаки уражень ними вегетативних і генеративних органів виноградних лоз, характеризує стійкість різних сортів винограду до хвороби, дає рекомендації щодо використання засобів для боротьби з ними та застережливих заходів при використанні фунгіцидів. У роботі автор наводить 17 малюнків макро- і мікро-

¹ Тут і надалі – застарілий таксономічний термін, який у сучасній систематиці грибів не валідний.

препаратів, що ілюструють особливості розмноження і розвитку розглянутих паразитичних грибів [25].

Беручи участь у комплексних дослідженнях флори і фауни одеських лиманів у 1884 р., Ф. М. Каменський натрапив на невідомий науці гриб, що паразитував на ракоподібному організмі з ряду зяброногих *Artemia salina* L. За своїми біологічними особливостями цей гриб був близький до описаного в 1884 р. І. І. Мечниковим паразита дафнії (*Monospora bicuspidata* Metsch.) (= *Metschnikowia bicuspidata* (Metsch.) F. Kamienski), але мав істотні відмінні ознаки. Про свою знахідку Ф. М. Каменський зробив доповідь на засіданні С.-Петербурзького товариства природознавців у грудні 1899 р. «Про новий вид роду *Metschnikowia* (Моноспора Мечникова)» [27]. Зокрема доповідач зауважив: «Оскільки під назвою *Monospora* вже давно існує відомий рід багряних водоростей, то він пропонує назвати цей гриб на честь Мечникова – *Metschnikowia*. Таким чином, рід *Metschnikowia* Kamienski складається з двох досі відомих видів: *M. bicuspidata* Metsch. зі спороносними клітинами майже циліндричними на прісноводних *Dafniae*, і *M. artemiae* Kamienski з клітинами булавоподібними, товстий кінець яких у кілька разів товще тонкого, на *Artemia salina*» [9; 27].

1 вересня 1900 р. (за ст. ст.) в ІНУ було відкрито медичний факультет. Протягом перших років курси ботаніки на новому факультеті та природничому відділенні читав професор Л. А. Рішаві. Однак у зв'язку зі значним зростанням навчального навантаження в ІНУ було впроваджено ще одну посаду ординарного професора по кафедрі ботаніки, на яку запросили відомого вченого В. А. Ротерта.

Владислав Адольфович Ротерт (*Wladyslaw Karol Rothert*)(1863–1916)

Народився у м. Вільно (після 1939 р. – Вільнюс, столиця Литви) 6 серпня 1863 р. За національністю поляк Євангелічно-лютеранського віросповідання.

Спочатку навчався у Вільненській середній школі, а потім у Ризькій класичній гімназії. У 1880 р. вступив до природничого відділення фізико-математичного факультету Дерптського (Юр'євський до 1918 р.; нині Тартуський університет, Естонія), який закінчив із золотою медаллю [12]. З першого курсу захопився дослідженнями з анатомії рослин і працював у ботанічній лабораторії під керівництвом професора Е. Руссова [76]. У квітні 1885 р. захистив дисертацію «Порівняльно-анатомічні дослідження відмінностей у первинній будові стебел і кореневищ трав'янистих рослин, а також загальні міркування щодо гістологічного змісту» і здобув ступінь магістра ботаніки [72]. З жовтня 1885 по липень 1888 р. перебував як стипендіат у наукових установах Страсбурга, Парижа, Санкт-Петербурга. Досліджував водні гриби у професора А. де Барі, працював у фізіологічно-хімічній лабораторії, вивчав мікробіологію у професора П. Е. Дюкло, проводив дослідження з фізіології

рослин в лабораторії професора А. С. Фамінцина, підготував декілька доповідей і наукових праць [40; 70].

У вересні 1889 р. В. А. Ротерта обрано на посаду приват-доцента Казанського університету по кафедрі ботаніки. У 1891–1892 р. р. був відраджений за кордон: працював у Лейпцигу в лабораторії В. Пфєффера, проводив дослідження з фізіології рослин. Влітку 1896 р. став позаштатним екстраординарним професором (викладав анатомію і фізіологію рослин), і одночасно – завідувачем ботанічним кабінетом Казанського університету (з січня 1897 р.). У травні 1893 р. захистив дисертацію на ступінь доктора ботаніки («Про геліотропізм») в університеті Св. Володимира (Київ). У 1897 р. працював у Харківському університеті на посаді екстраординарного (з 1900 р. – ординарного) професора по кафедрі ботаніки. Читав курси анатомії та фізіології рослин, завідував відділенням Ботанічного інституту. У 1902–1908 р. р. ординарний професор і завідувач ботанічної лабораторії в ІНУ [15; 40].

Його учень, професор Г. А. Боровиков пригадував: «Після приїзду до Одеси Владислав Адольфович активно береться насамперед за облаштування ботанічної лабораторії... Він зумів створити і передати згодом своєму заступнику лабораторію, яка (...) могла посперечатися навіть із закордонними. Під час мого перебування за кордоном у 1913/14 році я в цьому міг переконатися на власні очі» [7, с. 3]. Лабораторія розташовувалася в лівому крилі другого поверху будівлі по вул. Змієнка, 2 (Дворянська, 2) [33]. Слід зазначити, що в ботанічній лабораторії три приміщення В. А. Ротерт виділив професору Я. Ю. Бардаху для облаштування бактеріологічного відділу [8].

Наукові інтереси В. А. Ротерта були, в основному, зосереджені на анатомії та фізіології рослин, але серед його спадщини зустрічаються і мікологічні праці. Іноді це цікаві повідомлення в науково-популярних виданнях, як, наприклад, в журналі «Wszecławiat» («Всесвіт») за 1896 р., де він пише про цікаве відкриття: «Тільки цього року два дослідники, пани Інтерштайн і Гілсон, (...), досліджуючи хімічний склад мембран різних грибів, в основному шапкових, виявили в них хітин. (...) Досі вважалося, що хітин знаходиться виключно в тваринному світі, тому його виявлення в мембрані грибів є дуже цікавим фактом» [74, с. 63].

Його перу також належать і інші мікологічні праці, які основані на результатах власних спостережень. Серед них необхідно відзначити цікаву статтю «Про долю війок у зооспор фікоміцетів», де узагальнені дослідження до яких, як свідчить автор, він повертався протягом десяти років. В. А. Ротерт відзначає: «Я досліджував три види: *Pythium complens* A. Fisch, *Saprolegnia monoica* Pringsh. і невизначену *Saprolegnia*, яку я буду називати *Saprolegnia sp.* (...). Що стосується методу дослідження, слід зазначити, що всі спостереження проводилися на зооспорах, що знаходилися в краплі води на нахиленому склі» [73, с. 269, 279]. У роботі наведено 20 малюнків, які ілюструють всі етапи розвитку

зооспор у досліджуваних організмів з докладними поясненнями до кожного. Автор ретельно поетапно описує процеси утворення і зникнення війок у зооспор на різних стадіях їх розвитку. Проводить порівняння цих процесів з аналогічними у водоростевих зооспор.

До одеського періоду наукової діяльності В. А. Ротерта належать ще дві його мікологічні роботи. Перша – «Дія ефіру і хлороформу на подразнюваність мікроорганізмів». Зооспори гриба *Saprolegnia* були одним з об'єктів дослідження. Як пише автор: «Були досліджені різноманітні представники бактерій ..., флагеляти ..., зооспори гриба *Saprolegnia* і кілька *Volvocinae*» [39, с. 20]. Роботу над вивченням дії наркотичних речовин на мікроорганізми В. А. Ротерт розпочав ще у 1900 р., працюючи в лабораторії проф. В. Пфєффера у Лейпцигу, а закінчив під час роботи в ІНУ. Вивчалися такі прояви подразнення: «... у зелених організмів – фототаксія, у решти – хемотаксія (...), частково також аеротаксія» [39, с. 21]. Підсумовуючи результати досліджень, автор відзначає, що у зооспор *Saprolegnia sp.* хемотаксію та осмотаксію знищити не вдалося [39, с. 25].

У другій роботі В. А. Ротерт надає результати ретельного вивчення особливостей розмноження та розвитку афаноміцетів, наводить докладний опис будови і розвитку спорангіїв та спор. Порівнює *Aphanomyces de Bary* з *Achlya Nees.*, вказує на схожі та відмінні риси в їх будові і розвитку спорангіїв та спор цих грибів. Автор підкреслює: «... що у *Aphanomyces*, як і в інших *Saprolegniaceae*, зрізаний міцелій також здатний утворювати спорангії. (...) Спорангії, що утворюються в такому матеріалі, зазвичай невеликі, близько 10–20 спор; я бачив одну, яка містила лише 2 спори. Спорангії, які, очевидно, виникають з новоутворених бічних гілок, аномально вузькі, але спорові системи, що утворюються в них, відповідно довші, ніж зазвичай, так що об'єм окремих спор залишається нормальним» [75, с. 301]. Робота проілюстрована сімома рисунками мікропрепаратів. У подальшому ця, на перший погляд, суто теоретична робота стала підґрунтям для розробки методів захисту від дуже небезпечного паразитичного гриба *Aphanomyces euteiches* Drechsl., який вражає кореневу систему сходів і підземну частину стебла у культурних бобових рослин. Це захворювання – афаноміцетна коренева гниль розповсюджена по всій північній півкулі Землі і завдає великої шкоди аграріям [29].

Після звільнення з університету В. А. Ротерт у 1908–1910 р. р. здійснив подорож на Яву, Суматру, Цейлон, до Південної Індії, Єгипту, Греції, інших країн Азії та Європи, а також до Північної Америки. Обіймав посади професора у різних університетах (1910–1914 рр. – професор фізіології рослин в Ягеллонському університеті в Кракові, з 1915 р. – професор Київського університету). Улітку 1915 року він здійснив подорож до Фінляндії, проте через воєнні дії не зміг повернутися до Києва й залишився в Петрограді, де влаштувався на роботу до Ботанічної лабораторії Академії наук.

3 (16) січня 1916 року В. А. Ротерт помер від пневмонії.

Із багатьох учнів професора В.А. Ротерта в Одесі тільки один зацікавився мікологічними дослідженнями і продовжив їх у подальшому – І. Д. Щербак.

Іван Дмитрович Щербак (1880–1941)

Народився 1 (14) червня 1880 р. в селянській родині в с. Глодоси, Єлісаветградського повіту, Херсонської губернії (нині Новоукраїнський район Кіровоградської області). Середню освіту здобув у четвертій класичній гімназії м. Одеси, яку закінчив із золотою медаллю у 1898 р. і вступив до природничого відділення фізико-математичного факультету ІНУ [58]. З першого курсу зацікавився вивченням анатомії та фізіології рослин, відвідував науковий гурток у професора Л. А. Рішаві, але, за відсутністю обладнання, студенти лише реферували наукові роботи з цієї наукової галузі. І. Д. Щербак відвідував також гурток у хімічній лабораторії і навіть подав наукову роботу на університетський конкурс за темою: «Минуле і сьогодення вчення про атомність» за яку одержав срібну медаль [33].

З приходом до університету професора В. А. Ротерта і облаштуванням ним лабораторії розпочалася активна студентська дослідницька робота. І. Д. Щербак весь вільний час працював у лабораторії: проводив порівняльно-анатомічне дослідження листя родів *Draceana* і *Cordyline*, вивчав виділення солі листям *Statice Gmelini*, коли ж внаслідок настання зими довелося цю роботу перервати, він зайнявся отриманням чистої культури водного грибка *Saprolegnia* і вивченням деяких фізіологічних властивостей його зооспор [33].

По закінченні університету і складанні іспиту Державній комісії І. Д. Щербак 23 серпня 1903 р. був призначений на посаду лаборанта ботанічної лабораторії і продовжив свої дослідження [55]. За рекомендацією В. А. Ротерта 12 грудня 1903 р. його обрано дійсним членом НТП [56].

У 1907 р. І. Д. Щербак удостоєно звання «магістранта», як відзначено в архівних документах [34] і з жовтня відряджено на два роки до Німеччини з метою підготовки до професорського звання, де він працював у Ботанічному інституті в Лейпцигу у професора В. Пфєффера. Після повернення склав іспит і захистив магістерську дисертацію та продовжив працювати на посаді лаборанта ботанічної лабораторії фізико-математичного факультету ІНУ [22; 34]. У 1918 р. його обрано на посаду приват-доцента по кафедрі ботаніки [21].

У 1919 р. І. Д. Щербак перейшов на роботу до створеного в ОСГІ на посаду викладача кафедри сільськогосподарської ботаніки, де читав курс «Вчення про бур'яни», а у 1924 р. був призначений професором цієї ж кафедри і перебував на ній до 1941 р. [36]. У перші роки існування інститут не мав свого постійного приміщення і тільки у 1922 р. його отримав. І. Д. Щербак разом зі співробітником Б. М. Аксєтьєвим та студентами обладнали ботанічний кабінет, що надало змогу продовжити наукову роботу. У звіті інституту за 1926/27 н. р. читаємо: «Щербак досліджує залежність тропістичних

процесів рослин від хімічних факторів. (...). Крім цього, він зайнятий продовженням дослідження циклів розвитку водяних грибів» [52, с. 200].

З 18 червня 1927 р. І. Д. Щербак став дійсним членом Науково-дослідчої кафедри біології при Одеському інституті народної освіти по секції анатомії та фізіології рослин [51].

І. Д. Щербак надрукував дві мікологічні статті [60; 61]. Як відзначає автор перша робота була «...виконана в Ботанічній лабораторії Новоросійського університету. Тема роботи була мені запропонована проф. В. А. Ротертом, якому за допомоги висловлюю свою глибоку вдячність» [60, с. 101]. Автор наголошує, що метою його дослідження було встановити, чи можна штучним втручанням змінити природний хід розвитку зооспор гриба і повідомляє, що: «Об'єктами дослідження ... були два гриби *Saprolegnia thureti* de Bary та *Achlya gracilipes* de Bary (= *Saprolegnia australis* R. F. Elliott (...)). Для дослідів використовувалася культура грибів у рідкому середовищі ...» [60, с. 84].

Автор провів велику кількість дослідів, які ретельно описані в роботі, і на підставі отриманих результатів робить висновки, що всі впливи:

- «...які викликають припинення руху у зооспор [зміна осмотичних та хімічних властивостей середовища, дія наркотиків, зменшення парціального тиску кисню], тим самим прискорюють настання наступної стадії в їх розвитку – проростання» [60, с.94].
- «... які затримують рух зооспор у *Saprolegnia* і *Achlya*, не завдаючи згубної дії на них, можуть при деякій їх інтенсивності повністю вилучити з циклу розвитку цих грибів другу стадію розвитку зооспор – усунути дипланетизм» [60, с. 101].

Друга стаття з'явилася через 30 років після першої. Ця стаття цікава з точки зору історії науки. У передвоєнні роки в ОСГІ були зосереджені всі прихильники і учні Т. Д. Лисенка, очевидно під їх впливом автор переглядає і доповнює свою попередню роботу на основі «Теорії стадійного розвитку». Це була мабуть перша спроба поширити цю теорію на нижчі організми. Він формулює гіпотезу: «... змінюючи відповідним чином умови, вдається певну стадію розвитку гриба виключити без шкоди для розвитку в цілому. Тим часом така досить тривала (можливо, закріплена у спадок) відсутність певної стадії розмноження мала б, з одного боку, значення для вирішення питання про успадкування набутих ознак, з іншого боку, полегшила б боротьбу з грибами на кшталт мілдію та інших паразитних грибів» [61, с.131].

Дослідження проводилися з *Achlya gracilipes* (= *Saprolegnia australis* R. F. Elliott.). Для елімінації другої стадії розвитку грибів автор використовував усі речовини, з якими працював у попередній роботі, а також додав розчини анілінових барвників і рослинні соки, екстраговані з зон активного росту рослин. «Проведені експерименти дозволяють зробити висновок, що не всі речовини, які усувають другу стадію утворення спор, здатні викликати в подаль-

шому тривале випадання цієї стадії. Поки що такий вплив вдалося виявити тільки в дослідях з рослинними соками» [61, с. 134]. Автор припускає, що тут відіграють роль, в першу чергу, фітогормони, тому в подальшому він планує вивчення впливу рослинних гормонів на розвиток зооспор і ооспор грибів.

Помер І. Д. Щербак 13 жовтня 1941 р. в Одесі.

У 1916 р. приват-доцентом по кафедрі ботаніки природничого відділення ІНУ було обрано І. Л. Сербінова – видатного ботаніка, фітопатолога, мікробіолога і міколога.

Іван Львович (Левкович) Сербінов (1872–1925)

Народився 12 липня 1872 р. в Петербурзі в родині дворянина Херсонської губернії [14; 52]. Середню освіту здобув у Петербурзькій історико-філологічній гімназії, після чого вступив на природниче відділення фізико-математичного факультету Петербурзького університету. У травні 1898 р. закінчив університет із дипломом другого ступеня та був обраний на посаду позаштатного зберігача Ботанічного кабінету. У 1900 р. І. Л. Сербінова призначено асистентом кафедри ботаніки Військово-медичної академії, а у 1901 році – асистентом Жіночого медичного інституту [6].

17 вересня 1902 р. І. Л. Сербінова переведено до Нікітського ботанічного саду на посаду ботаніка-садовода. Перебуваючи в Ялті, він протягом 1902–1905 р. викладав спеціальний курс «Виноградарство та хвороби виноградної лози» на Вищих курсах виноградарства та виноробства. У березні 1906 р. повертається до Петербурзького університету, де читав такі курси як «Сільськогосподарська бактеріологія» та «Фітопатологія». 5 травня 1907 р. захистив дисертацію на тему «Организация и развитие гриба *Chitridineae Schröter*»* і 21 травня був затверджений радою університету у ступені магістра ботаніки [10; 62].

У травні 1909 р. І. Л. Сербінова було відряджено до Німеччини на період літніх канікул для стажування в лабораторії професора Г. Клебса в Гайдельберзькому університеті.

У 1912 р. за розпорядженням Міністерства внутрішніх справ науковець долучився до експедиції професора Д. К. Заболотного в Уральську область. Метою поїздки було розв'язання низки питань, пов'язаних із дослідженням збудника чуми.

З листопада 1913 р. Іван Львович очолив відділ бактеріальних та функціональних хвороб рослин при Центральній фітопатологічній станції Петербурзького ботанічного саду. Наступного року він відвідав Австро-Угорщину та Німеччину, щоб ознайомитися з організацією роботи провідних мікологічних та фітопатологічних установ [14].

1 квітня 1916 р. І. Л. Сербінова було переведено до Одеської станції виноробства на посаду завідувача відділом фітопатології і за сумісництвом він почав працювати приват-доцентом кафедри ботаніки ІНУ, де читав курси «За-

гальної мікробіології», «Основи фітопатології» та «Практичний курс мікології» [38].

До Одеси І. Л. Сербінов прибув уже як визнаний міколог і фітопатолог. Його праці були добре відомі як у наукових колах, так і серед практиків сільського господарства. Зокрема, «Довідковий календар по боротьбі з грибними хворобами плодів, ягідних і городніх рослин» [43] був настільною книгою для багатьох садівників та городників. У галузі тютюнництва значний попит мала праця Івана Львовича, присвячена опису нового для науки виду паразитичного гриба тютюнових сіянців – *Pythium perniciosum* Serbinow [42]. Також науковцеві належав перший практичний посібник для виноградарів із протидії оїдіуму – небезпечній хворобі, що на той час щойно з'явилася у Причорномор'ї [41].

Він був широко відомий як автор «Загальної мікробіології» – першої частини «Вчення про мікроорганізми» під редакцією С. І. Златогорова, основного посібника для студентів, лікарів та ветеринарних лікарів того часу [45].

У класичному університеті курси сільськогосподарського спрямування не мали значного попиту, тому відразу після заснування ОСГП І. Л. Сербінов перейшов до цього закладу. Там він був обраний професором одночасно по двох кафедрах: сільськогосподарської мікробіології та фітопатології. Восени 1922 р. ОСГП отримав постійне приміщення (вул. Канатна, 99), де Іван Львович разом із колегами та студентами облаштував кабінет, лабораторію та музей. Згадуючи цей період, І. Л. Сербінов писав: «Кабінет має п'ять мікроскопів з імерсійними системами... При кабінеті є музей фітопатології, що налічує 85 типових зразків найголовніших грибних хвороб рослин України. ... «Гербарій фітопатології» налічує понад 300 зразків паразитних грибів Одеського району та Причорномор'я (з дублетами)». Далі він відзначає: «При появі епідемічних захворювань рослин проводяться спеціальні екскурсії, на яких вивчається саме захворювання і встановлюється не тільки його етіологія, профілактика, терапія, але і прогноз» [50, с. 89–90]. До 1925 р. в музеї було зібрано сотні вологих препаратів у формаліні, виготовлених персоналом лабораторії для демонстрації на лекціях і практичних заняттях, обладнані робочі місця для наукової роботи [54].

У Віснику інституту повідомляється: «За 1925 р. персоналом кафедри проведено такі дослідження:

1. Визначення бактеріальних і грибних захворювань саранових для Таганрозького і Ростовського Губземвідділів.

2. Проведено дослідження захворювань бджолоїної черви на пасіці в радгоспі Ширяєво (...).

Слід лише зазначити, що персонал кафедри складався з трьох співробітників: «Завідувач названої установи, професор І. Л. Сербінов та асистент В. А. Худенко, працівниця-препаратор М. Д. Михалевська – зазначені особи обіймають посади з часу заснування інституту, тобто з 1918 р., вони ж є організаторами названої кафедри» [54, с. 203].

В одеський період наукової діяльності І. Л. Сербінов друкує декілька важливих наукових праць. По перше це його монографія «Бактеріальні та грибові хвороби насіння» [44]. В ній він докладно описує понад п'ятдесят видів грибів, що паразитують на сільськогосподарських культурах, показує особливості їх циклів розвитку, наводить характерні ознаки захворювання рослин, шкоду, яку завдають ці паразити при вирощуванні культурних рослин і теплокровним тваринам, які спожили заражені рослини. Особливу увагу приділяє «змішаним інфекціям»: «Крім випадків бактеріальних і грибкових «чистих інфекцій» ... мікробами, дуже часто огірки і зрідка дині вражаються «змішаною інфекцією». На ґрунті попереднього бактеріозу, що викликається *Bacillus Burgeri* A. Potebnia, на утворених від цього мікроба виразках на плодах сильно розвивається ... грибок *Scolecotrichum malophthorum* Pr. et Del. (= *Cladosporium malorum* M. B. Ellis, викликаючи ті ж патолого-анатомічні зміни в плодах, насінні та проростках ...)» [46, с. 46]. Акцентує увагу на обов'язковому контролі за чистотою посівного матеріалу, оскільки: «... зерна злаків та інших сільськогосподарських рослин можуть містити на своїй поверхні випадково прилиплих зародків бактерій і грибків, які при проростанні насіння, слідом за посівом їх, легко можуть викликати у підостаючих рослин будь-яку повальну хворобу – і тим самим знищити весь урожай, або знизити його в значних розмірах» [46, с. 3].

Друга монографія – «Хвороби сільськогосподарських рослин» [47] – є фундаментальним дослідженням у галузі фітопатології. У праці детально розглянуто основні захворювання культурних рослин, для більшості з яких автор наводить діагностичні ознаки на різних етапах вегетації. Опис охоплює ураження як рослини на стадії молодих сходів, так і окремих її органів: кореневої системи, стебел, листя, генеративних органів, а також зібраних плодів і насіння. І. Л. Сербінов доповнив текст численними авторськими рисунками уражених частин рослин, виконаними ним на основі матеріалів, накопичених за 30 років досліджень. Це суттєво полегшує візуальну ідентифікацію хвороб. Особливу цінність має практична спрямованість видання: автор не лише висвітлює теоретичні аспекти, а й в окремому розділі – «Найголовніші засоби та прилади для боротьби з хворобами рослин» [47, с. 106–111] – надає конкретні рекомендації щодо захисту врожаю, знайомить читача з тогочасними інноваційними препаратами та пристроями для їхнього застосування.

У тому ж році І. Л. Сербінов друкує цікаву роботу «Заразні хвороби бджіл» [48], вона присвячена бактеріальним захворюванням, проте він акцентує увагу на випадках «змішаної» інфекції: «Іноді в розвитку кислого гнильця беруть участь цвілеві гриби, особливо *Aspergillus flavus* Link. При сильному розвитку цього гриба хвороба носить назву «сухого гнильця» [48, с. 7].

Зважаючи на гостру нестачу навчальної літератури, І. Л. Сербінов видав посібник «Стислий курс сільськогосподарської мікробіології» [49]. Фактично цю працю можна розглядати як виправлену й доповнену редакцію його ранньої роботи «Грибки та бактерії в сільському господарстві» [44]. Автор зазначав: «Головна увага в цій книзі приділяється стислому, але детальному викладу тих

розділів загальної мікробіології, які безпосередньо стосуються колообігу вуглецю, тобто процесів бродіння вуглецевих сполук» [49, с. 4]. Очевидно, такий підхід був зумовлений тим, що курс викладався як майбутнім агрономам, так і фахівцям із виноробства.

Наукові інтереси І. Л. Сербінова зосереджувалися переважно навколо бактеріальних хвороб рослин: баклажану, суданської трави, солодкого перцю, кукурудзи, пшениці, бавовнику тощо. Цінним внеском у науку є розробка ним вчення про «змішану інфекцію». У 1920–1921 роках І. Л. Сербінов описав змішану інфекцію при вивченні бактеріозу ячменю, що викликається *Micrococcus tritici* Fr. в околицях Одеси. Він показав, що хвороба переходить з насіння на листя ячменю і створює умови для нового захворювання цієї культури, яке він назвав «бурою плямистістю». Вона викликається бактерією *Micrococcus tritici* Fr. і грибами *Helminthosporium gramineum* Rab. (= *Pyrenophora graminea* S. Ito & Kurib. і *Helminthosporium teres* Sacc. (= *Pyrenophora teres* Drechsler). В роботі, яка була оприлюднена після його смерті, він писав: «...масовий розвиток грибів *Alternaria* Nees і *Macrosporium* відбувається через попередній сильний розвиток бактерій, які готують ґрунт для згаданих грибів» [51, с. 83].

У лютому 1925 року І. Л. Сербінов брав участь у роботі Ентомо-фітопатологічного з'їзду в Москві, «... де він зміг побачити всіх своїх старих друзів, і де живий нерв киплячого життя востаннє охопив, хоча вже хворого, але завжди бадьорого душею Івана Львовича!» [6, с. 121].

26 жовтня 1925 р. він помер в Одесі.

Аналізуючи історію розвитку мікологічних досліджень в Одесі, необхідно звернути увагу на постать видатного ботаніка – випускника та співробітника ІНУ Б. М. Аксентьєва.

Борис Миколайович Аксентьєв (1894–1939)

Народився в Одесі 28 липня (9 серпня) 1894 р. Після закінчення Одеської 5-ї гімназії вступив на природниче відділення фізико-математичного факультету ІНУ, яке закінчив у 1918 р. [4; 37]. Дослідницьку роботу розпочав ще студентом. Зі звіту про діяльність Ботанічного кабінету за 1915 р. дізнаємося: «Студенти Г. А. Секачов та Б. М. Аксентьєв під керівництвом приват-доцента А. О. Сапегіна займалися гібридологічним аналізом низки морфологічних ознак колоса пшениці» [35, с. 174].

У 1918–1921 р. р. Борис Миколайович був професорським стипендіатом (аспірантом) кафедри фізіології рослин ІНУ (науковий керівник – професор Ф. М. Порошко). Після закінчення аспірантури і до 1927 р. працював асистентом цієї ж кафедри. Зі створенням в Одесі науково-дослідних кафедр Б. М. Аксентьєв протягом 1927–1930 р. р. обіймав посаду наукового співробітника секції анатомії та фізіології рослин науково-дослідної кафедри біології [53]. З 1930 р. працював на тій же посаді в Зоолого-біологічному інституті, звідки у 1931 р. перейшов до Ботанічного саду.

Паралельно з дослідницькою діяльністю Б. М. Аксентьєв вів активну педагогічну роботу. Починаючи з 1918 р. він працював лаборантом та асистентом в

ОСГІ, де згодом обіймав посаду доцента (1928–1932 рр.). Одночасно протягом 1921–1929 р. р. був асистентом, а у 1929–1933 рр. – доцентом Одеського інституту народної освіти [4].

Після відновлення у 1933 р. Одеського державного університету Борис Миколайович обійняв там посаду доцента. У 1935 р. його було затверджено у вченому званні професора кафедри ботаніки. Також він читав лекції у фармацевтичному й педагогічному інститутах та на спеціалізованих курсах [5]. У 1936 р. Б. М. Аксентьєву присуджено науковий ступінь кандидата, а в 1937 р. – доктора біологічних наук.

Коло наукових інтересів Б. М. Аксентьєва було надзвичайно широким: він проводив дослідження в галузях фізіології рослин, альгології, генетики, селекції та мікології. Зокрема, у 1934 р. науковець опублікував статтю, присвячену грибним захворюванням баклажанів в околицях Одеси. Ці хвороби завдавали значних збитків приміським господарствам, хоча до того часу практично не були описані в літературі. Дослідник виокремив чотири з них:

1. Засихання цілих рослин і муміфікація плодів (фузаріоз).

Автор зазначає: «Віднести виявлену нами форму з р. *Fusarium* Link до будь-якого з описаних вже видів цього роду поки неможливо, з огляду на відсутність у нашому розпорядженні достатніх даних щодо ураженості *Solanum melongena* фузаріозами» [3, с. 12].

2. Плямистість плодів (антракноз).

«Думається, що тут ми маємо все-таки якийсь вид *Gloeosporium* Desm. & Mont. (= *Diplocarpon* F. A. Wolf) (...). Питання про остаточне встановлення систематичного положення цієї форми доводиться поки що залишати відкритим» [3, с. 14].

3. Чорна оксамитова плямистість плодів.

Збудником хвороби він вважає *Alternaria solani* Sor.

4. Мокра гниль плодів.

«Збудником цього гниття є *Botrytis cinerea* Pers.». Далі автор відзначає: «Перераховані вище грибкові захворювання плодів *Solanum melongena* спричиняють не тільки чисті інфекції, але часто утворюють змішані захворювання» [3, с. 15].

Автор також наголошує на необхідності ретельного вивчення хвороб цієї культури, яка має велике продовольче значення та слугує сировиною для консервної промисловості.

Зі статті Г. Й. Потапенка відомо, що після смерті Б. М. Аксентьєва залишилися неопубліковані рукописи його праць: «Грибкові захворювання паркових та садових рослин в околицях м. Одеси» (українською і російською мовами) та «О грибных заболеваниях лекарственных растений в окрестностях г. Одессы» [37, с. 89]. Очевидно, вони були втрачені під час бомбардування Одеси в період Другої світової війни, коли квартиру Г. Й. Потапенка було повністю зруйновано.

Протягом низки років Б. М. Аксентьєв був консультантом ветеринарної інспекції. Восени 1939 р. під час аналізу проб сіна він заразився актиноміцетом *Actinomyces bovis* Harz, що стало причиною його передчасної смерті.

Помер Б. М. Аксентьєв 19 листопада 1939 р. в Одесі.

Висновки

Упродовж досліджуваного періоду (1890–1940 рр.) в Одеському (Новоросійському) університеті сформувалася плеяда видатних біологів, чії праці стали значним внеском у розвиток сучасної мікологічної науки.

Ф. М. Каменський вперше експериментально довів існування мутуалістичного симбіозу між грибами та вищими рослинами, заклавши основи нового наукового напрямку – мікотрофії. Він описав новий для науки рід грибів *Metschnikowia* Kamien., до якого на той час включив два види: *M. bicuspidata* (Metsch.) та *M. artemiae* Kamien.

В. А. Ротерт одним із перших звернувся до питання універсальності фізіологічних реакцій організмів, досліджуючи втрату чутливості до зовнішніх подразників під дією наркотичних речовин. Він продемонстрував, що зооспори грибів зберігають подразливість навіть за таких умов. Також учений ґрунтовно дослідив особливості розмноження та онтогенезу грибів роду *Aphanomyces* de Vary, що й донині має критичне значення для розробки заходів боротьби з афаноміцетною кореневою гниллю бобових культур.

І. Л. Сербінов працював на стику мікології, мікробіології та фітопатології, вивчаючи етіологію хвороб рослин і тварин. Він розробив оригінальні методи дослідження рослинних бактеріозів, ідентифікував збудників захворювань овочевих культур, плодових дерев та винограду. Науковець став піонером у вивченні фізіології грибів та розробив концепцію змішаної інфекції при бактеріозах, що суттєво збагатило теоретичний і практичний арсенал фітопатології.

Б. М. Аксентьев, поєднуючи інтереси в галузях фізіології рослин, альгології, генетики та селекції, зробив вагомий внесок у прикладну мікологію. Він був одним із перших, хто застосував комплексний підхід до фітопатологічного обстеження окремих культурних рослин, зокрема детально вивчивши хвороби баклажана в агрокліматичних умовах Одещини.

Наукова діяльність І. Д. Щербака була зосереджена на експериментальному дослідженні фізіології розвитку зооспор водних грибів, що дозволило встановити чинники штучного регулювання їхнього життєвого циклу та усунення стадії дипланетизму. Подальші пошуки вченого базувалися на спробі застосувати теорію стадійного розвитку до нижчих організмів та вивченні ролі фітогормонів у зміні спадкових ознак грибів-паразитів для потреб сільського господарства.

Попри вагомій здобутки в галузі теоретичної та експериментальної мікології й фітопатології, діяльність одеських дослідників не отримала системного інституційного продовження. На жаль, ці науковці не залишили безпосередніх наступників, через що в університеті в той період так і не сформувалася цілісна наукова мікологічна школа.

Стаття надійшла до редакції 01.12.2025 р.

Список використаної літератури

1. Адрес-календарь Одесского градоначальства на 1887 год. Одесса : Тип. штаба войск Одесского воен. округа, 1886. 115, XXXVI с.
2. Адрес-календарь Одесского градоначальства на 1888 год. Одесса : Тип. штаба войск Одесского воен. округа, 1887. 420, LXXXVII, 10, IV с.
3. Аксентьев Б. Н. Некоторые данные о грибных заболеваниях баклажана (*Solanum melongena* L.) на огородах в окрестностях г. Одессы. *Ботанический журнал СССР*. 1934. Т. 19, № 1. С. 11–15.
4. Аксентьев Б. Н. Автобиография (15.05.1937). *Архів НБ ОНУ. Ф. 2 : Матеріали до біографій співробітників університету*. Сп р. 17. Арк. 1–2 зв.
5. Аксентьев, Борис Николаевич. *Русские ботаники. Биографо-библиографический словарь. Т. 1 : А–Б / сост. С. Ю. Липшиц ; отв. ред. акад. В. Н. Сукачев*. Москва : МОИП, 1947. С. 20–21.
6. Бондарцев А. С. Иван Львович Сербинов (некролог). *Болезни растений*. 1925. № 4. С. 149–157.
7. Боровиков Г. А. Памяти профессора В. А. Ротерга. *Записки ИОСХЮР*. 1916. Т. 86, вып. 1. С. 1–31.
8. Ботаническая лаборатория. *Отчет о состоянии и деятельности ИНУ за 1903 г.* Одесса : Экономическая, 1904. С. 46–63.
9. Буш Н. Реферат. Труды бот. сада Импе р. Юрьевского университета. 1900. Т. 1. С. 209.
10. Гамалія В. М. Діяльність основоположника вітчизняної науки про бактеріальні хвороби рослин І. Л. Сербінова (1872–1925). *Наука та наукознавство*. 2009. № 1. С. 179–188.
11. Гриневецкий Б. Б. Памяти проф. Франца Михайловича Каменского. *Труды бот. сада Имп. Юрьевского университета*. 1913. Т. 14, вып. 1. С. 82–91.
12. ДАЛО (Держ. архів. Львів. обл.). Ф. 26. Оп. 5. Сп. 793. 21 арк.
13. ДАОО. (Держ. архів. Одес. обл.) Ф. 42. Оп. 35. Сп. 379. 14 арк.
14. ДАОО. Ф. 45. Оп. 4. Сп р. 1614. Арк.56–58. 68 арк.
15. ДАОО. Ф. 45. Оп. 4. Сп р. 1688. 18 арк.
16. ДАОО. Ф. 45. Оп. 4. Сп р. 1079. 34 арк.
17. ДАОО. Ф. 45. Оп. 7. Сп. 17. 11 арк.
18. ДАОО. Ф. 45. Оп. 8. Сп. 26.
19. ДАОО. Ф. 45. Оп. 9. Сп. 70. 5 арк.
20. Заседание 8 декабря 1883 г. *Протоколы заседаний Совета ИНУ*: 5.05-17.12 1883 г. *Записки ИНУ*. Т. 39. Одесса : Тип. А. П. Зеленого, 1884. С. 113–285.
21. Иван Дмитриевич Шербак. Анкета. *Архів НБ ОНУ. Ф. 2 : Матеріали до біографій співробітників університету*. Сп р. 35. Арк. 1–3 зв.
22. Императорский Новороссийский университет. Список лиц служащих в Одесском учебном округе на 1909–1910 у. г. Одесса : Русская речь, 1909. Ч. 1. С. 6–32.
23. Каменский Ф. М. Материалы для морфологии и биологии *Monotropa hypopitys* L. и некоторых других сапрофитов (с 3 таблицами рисунков). *Записки НОЕ*. Т. 8, вып. 1. Одесса : Тип. А. П. Зеленого, 1883. С. 1–32.
24. Каменский Ф. М. О симбиотическом соединении мицелия грибов с корнями высших растений. Протокол заседания от 15 января 1886 г. *Труды С.-Пб. об-ва естествоисп.* 1886. Т. 17, вып. 1. С. 34–35.
25. Каменский Ф. М. О грибных болезнях винограда. *Труды и отчет Одесского отдела ИРОС за 1887 год*. Одесса : Тип. А. Шульце, 1888. С. 18–37. Ил. 6 с., 17 фигур.
26. Каменский Ф. М. О явлениях симбиоза в растительном царстве. Одесса : Тип. Штаба Одес. воен. округа, 1891. 17 с.
27. Каменский Ф. М. О новом виде рода *Metschnikowia* (Моноспора Мечникова). *Труды Имп. С.-Петерб. общества естествоисп.* 1899. Т. 30, вып. 1. Санкт-Петербург : Тип. М. Меркушева. С. 344–345.
28. Каменский, Франц Михайлович. *Русские ботаники. Биографо-библиографический словарь. Т. 4 : Кабанов–Кюз / сост. С. Ю. Липшиц ; отв. ред. акад. В. Н. Сукачев*. Москва : МОИП, 1952. С. 50–53.
29. Каменский, Франц Михайлович. *Российская профессура. XVIII – начало XX в. Биологические и медико-биологические науки. Биографический словарь / В. А. Волков, М. В. Куликова*. Санкт-Петербург : РХГИ, 2003. С. 217–218.
30. Котова В. В. Распространение и особенности паразитизма гриба *Aphanomyces euteiches* Drechsli. *Микология и фитопатология*. 1979. Т. 13, вып. 6. С. 485–488.
31. Отчет о деятельности Одесского отдела ИРОС за 1887 год. *Труды и отчет Одесского отдела ИРОС за 1887 год*. Одесса : Тип. А. Шульце, 1888. С. 1–6.
32. Отчет о деятельности Одесской школы садоводства и огородничества за 1887–88 учебный год. *Отчет и труды Одесского отдела ИРОС за 1888 год*. Одесса : Тип. А Шульце, 1889. С. 19–25.

33. Отчет о деятельности Одесской школы садоводства и огородничества за 1889–90 учебный год. *Отчет и труды Одесского отдела ИРОС за 1890 год*. Одесса : Тип. А. Шульце. 1891. С. 19–25.
34. Отчет о состоянии и деятельности ИНУ за 1903 г. Одесса : Экономическая тип. 1904.
35. Отчет о состоянии и деятельности ИНУ за 1904–08 годы. Одесса : Техник, 1909. 373, 249 с.
36. Отчет о состоянии и деятельности ИНУ за 1915 год. Одесса : Техник, 1916. 352 с.
37. Памяти профессора Ивана Дмитриевича Щербака (1880-1941). *Архів НБ ОНУ. Ф. 2 : Матеріали до біографій співробітників університету*. Сп. р. 35. Арк. 1–3 зв.
38. Потапенко Г. И. Памяти Б. Н. Аксентьева (1894–1939). *Ботанический журнал СССР*. 1941. Т. 26, № 1. С. 87–89.
39. 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.
40. Ротерт В. А. Действие эфира и хлороформа на раздражимость микроорганизмов. *Записки НОЕ*. Т. 25, вып. 1. Одесса : Тип. А. Шульце, 1903а. С. 17–42.
41. Ротерт Владислав Адольфович. Биологи. Биографический справочник / Т. П. Бабий, Л. Л. Коханова, Г. Г. Костюк. Киев : Наукова думка, 1984. 540 с.
42. Сербинов И. Л. Краткое практическое наставление как лечить болезнь винограда (*Oidium Tuckeri*). Симферополь : Тип. Тав. р. губ. правления, 1866. 13 с.
43. Сербинов И. Л. К морфологии и биологии грибов *Pythiaceae*. *Pythium perniciosum* nov. spec., паразит табачных семян. (Отд. оттиск из *Ботанических записок*. Вып. 28). Санкт-Петербург : б/и, 1911. 58 с.
44. Сербинов И. Л. Справочный календарь по борьбе с грибными болезнями плодовых, ягодных и огородных растений. Петроград : Пет. р. градонач., 1914. 88 с.
45. Сербинов И. Л. Грибки и бактерии в сельском хозяйстве. Петроград : Изд-во П. П. Сойкина, 1915. 56 с.
46. Сербинов И. Л. Часть I. Общая микробиология. *Учение о микроорганизмах* / под ред. С. И. Златогорова. Петроград : Практическая медицина, 1916.
47. Сербинов И. Л. Бактериальные и грибные болезни семян. Одесса : Одес. отд. изд-ва Наркомзема Украины, 1922. 47 с.
48. Сербинов И. Л. Болезни сельскохозяйственных растений. Одесса : Одес. отд. изд-ва Наркомзема Украины, 1922. 116 с.
49. Сербинов И. Л. Заразные болезни пчел. Одесса : Одес. отд. изд-ва Наркомзема Украины, 1922. 20 с.
50. Сербинов И. Л. Краткий курс сельскохозяйственной микробиологии. Одесса : Одес. отд. изд-ва Наркомзема Украины, 1922. 78 с.
51. Сербинов И. Л. Кафедра фитопатологии Одесского сельскохозяйственного института. *Защита растений от вредителей: бюллетень постоянного бюро Всероссийских энтомо-фитопатологических съездов*. 1924. Т. 1, № 3–5. С. 89–90.
52. Сербинов И. Л. Материалы к систематическому обследованию «бактериозов» сельскохозяйственных растений в связи с массовым развитием грибов *Macrosporium* Fr. и *Alternaria* Fr. *Защита растений от вредителей: Бюллетень постоянного бюро Всероссийских энтомо-фитопатологических съездов*. 1927. Т. 4, № 1. С. 78–84.
53. Сербинова Н. И. Л. Сербинов (Personalia). *Вісті Одеського сільсько-господарського інституту*. 1926. Вип. 2. С. 149–150.
54. Левченко В. В. Склад Науково-дослідної кафедри біології при ОІНО в період 1923–1930 років. *Історія Одеського інституту народної освіти (1920-1930 рр.): позитивний досвід невдалого експерименту* : монографія / відп. ред. В. М. Хмарський ; наук. ред. Т. М. Попова. Одеса : ТЕС, 2010. 428 с.
55. Современное состояние научно-вспомогательных учреждений института. *Вісті Одеського сільсько-господарського інституту*. 1925–1926. Вип. 1. Одеса : б/и, 1926. С. 197–210.
56. Список лиц, служащих в Одесском учебном округе на 1904–1905 учебный год. Ч. I. Издание Управления Одесского учебного округа. Одесса : Тип. Исакович и Бейленсон, 1904. 366, XXVIII с.
57. Список членов НОЕ (к 1-му января 1909 г.). *Записки НОЕ*. Т. 34. Одесса : Тип. А. Долинского, 1909. С. XXXIII–XLII.
58. Тарасов К. Л. К столетию открытия микотрофии Ф. М. Каменским. *Микология и фитопатология*. 1983. Т. 17, вып. 5. С. 444–445.
59. Физико-математический факультет, отделение естественных наук. *Список студентов и посторонних слушателей ИНУ в осеннем полугодии 1898–99 у. г.* Одесса : Экономическая, 1898. С. 2–17.
60. Шестериков П. Исторический очерк десятилетней деятельности Одесского отдела ИРОС с 1884 по 1894 г. *Отчет и труды Одесского отдела ИРОС за 1893 год*. Одесса : Тип. А. Шульце, 1894. С. 3–22.
61. Щербак И. Д. К физиологии зооспор сапролегниевых. *Записки НОЕ*. Т. 35. Одесса : Коммерческая типография В. Сапожникова. 1910. С. 83–101.
62. Щербак И. Д. Об изменении стадий развития некоторых грибов. *Труды Одесского сельскохозяйственного института*. 1940. Т. 3. С. 131–134.

63. Gamaliia V. M., Zabuga A. G., Zabuga G. V. I. L. Serbinov: multifaceted personality of a scientist. *Studies in History and Philosophy of Science and Technology*. 2023. Vol. 32, iss. 1. P. 108–115.
64. von Kamenski F. Zur vergleichenden Anatomie der Primeln. Inaugural dissertation von Strassburg i. F. Strassburg: Fr. Wolff, 1875. 39 p. 568.
65. Kamienski F. Zur vergleichenden Anatomie der Primeln. Inaugural dissertation der philosophischen Facultat der Universitat Strassburg z. Erl. d. Doctorw. vorgel. von Franz Kamenski aus Warschau. Strassburg: Fr. Wolff, 1875. P. 786–790.
66. Kamienski F. O historii rozwoju I o żywieniu się korzeniówki pasożytnej. Notatka Kosmos: czasopismo polskiego Tow. przyrodników imienia Kopernika. Lwow. 1880. 122 p.
67. Kamiński F. Zkąd rośliny pobierają węgiel? *Kosmos: czasopismo polskiego Towarzystwa przyrodników imienia Kopernika*. We Lwowie: Druk. I. Związko, 1881. P. 5–22.
68. Kamienski F. Die Vegetationsorgane der *Monotropa hypopitys* L. Vorläufige Mitteilung. *Botanische Zeitung*. 1881. Vol. 39. P. 458–461.
69. Kamienski F. Les organes végétatifs du *Monotropa hypopitys* L. *Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathém. de Cherbourg*. 1882. Vol. 24. P. 1–40.
70. Kamienski F. Narzędzia obżywcze korzeniówki (*Monotropa hypopitys* L.). *Pamiętnik Wyzd. Mat.-Przyr. Akad. Um. w Krakowie*. 1882. Vol. 7. P. 85–100.
71. Żwanko L., Kibkało D. Profesor Władysław Karol Rothert – uczony światowej skali i patriota. *Głosu Uczelni : Czasopismo uniwersytetu nikolaja Kopernika w Toruniu*. 2025. Rok 34(51), no. 9–10(424). P. 76–79.
72. Rayner M. S. Mycorrhiza an account of non-pathogenic infection by fungi in vascular plants and bryophytes. *New Phytologist Reprint N15*. London : Weldon & Wesley, Limited, 1927. P. 246+7.
73. Rothert W. Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen, nebst einigen allgemeinen Betrachtungen histologischen Inhalts. Dorpat: Druck von H. Laakmanns Buch, 1885. 131 p.
74. Rothert W. Ueber das Schicksal der Cilien bei den Zoosporen der *Phycomyceten*. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*. 1894. Vol. 12. P. 268–283.
75. Rothert W. Skład chemiczny błonek komórkowych grzybów. *Wszechświat: Tygodnik popularny, poświęcony naukom przyrodniczym*. 1896. No. 4. P. 62–63.
76. Rothert W. Die Sporenentwicklung bei *Aphanomyces*. *Flora: allgemeine botanische zeitung*. 1903. 92 Band. P. 293–301.
77. Słownik biologów polskich / red. S. Feliksiak. Wyd. 1. Warszawa : Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1987. 617 p.

В. О. Кузнєцов, Ф. П. Ткаченко

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

МІКОЛОГІЧНИЙ ДОРОБОК ОДЕСЬКИХ ВЧЕНИХ: ПІВСТОЛІТТЯ НАУКОВОГО ПОШУКУ (1890–1940 рр.)

Резюме

Вступ. Проаналізовано розвиток мікологічних досліджень на півдні України з 1890 р. по 1940 р. У цей період вивчення грибів і, перш за все, грибних збудників хвороб рослин, здійснювали професори Одеського (Новоросійського) університету: Ф.М. Каменський, В. А. Ротерт, І. Д. Щербак, І. Л. Сербінов та Б. М. Аксєнтьєв. У їх наукових працях представлені результати досліджень видового складу, особливостей розвитку та розповсюдження багатьох видів паразитичних грибів рослин, наведені способи боротьби з ними. Роботи вчених мали не лише прикладний характер, але в них вирішувалися і ряд фундаментальних задач. Зокрема з'ясувалися вплив фізіологічно активних речовин на життєдіяльність та чутливість грибів, а також взаємодія міцелію грибів з

корінням вищих рослин. Це дозволило Ф. М. Каменському вперше встановити симбіотичний характер цього явища, яке отримало назву «мікориза».

Методологія та джерельна база дослідження

Методологічну основу роботи становить поєднання принципів історизму та об'єктивності з використанням історико-генетичного методу, що дало змогу відстежити еволюцію мікологічних студій в університеті. Особливу увагу приділено біографічному та археографічному методам, а також евристичному пошуку при висвітленні наукового шляху Ф. М. Каменського, В. А. Ротерта, І. Л. Сербінова, Б. М. Аксентьєва та І. Д. Щербака. Застосування методу критичного аналізу архівних джерел дозволило усунути фактологічні неузгодженості в біографіях учених.

Джерельну базу дослідження складають документи Державного архіву Одеської області (ДАОО), Державного архіву Львівської області (ДАЛО) та Архіву Наукової бібліотеки Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Зокрема, опрацьовано звіти й протоколи засідань учених рад та профільних об'єднань, серед яких: Імператорський Новоросійський університет (ІНУ); Одеський сільськогосподарський інститут (ОСГІ); Новоросійське товариство природодослідників (НТП); Імператорське товариство сільського господарства Півдня Росії (ІТСГПР); Одеське відділення Імператорського російського товариства садівництва (ОВІРТС).

Крім того, вивчено наукові періодичні видання зазначених закладів і товариств. Зіставлення документів різних установ дало змогу уточнити біографічні відомості маловідомих дослідників. Для формування цілісної картини розвитку мікології у досліджуваній період проаналізовано хронологію накопичення наукових знань у цій галузі.

Основні результати. Упродовж досліджуваного періоду (1890–1940 рр.) в Одеському (Новоросійському) університеті сформувалася плеяда видатних біологів, чії праці заклали підґрунтя сучасної мікологічної науки.

Ф. М. Каменський вперше експериментально довів існування мутуалістичного симбіозу між грибами та вищими рослинами, ставши засновником нового наукового напрямку – мікотрофії. Він описав новий для науки рід грибів *Metschnikowia* Kamien., до якого на той час включив два види: *M. bicuspidata* Metsch. та *M. artemiae* Kamien.

В. А. Ротерт одним із перших звернувся до питання універсальності фізіологічних реакцій організмів, досліджуючи втрату чутливості до зовнішніх подразників під дією наркотичних речовин. Він продемонстрував, що зооспори грибів зберігають подразливість навіть за таких умов. Також учений ґрунтовно дослідив особливості розмноження та онтогенезу грибів роду *Aphanomyces* de Bary, що й донині має критичне значення для розробки заходів боротьби з афаноміцетною кореневою гниллю бобових культур.

І. Л. Сербінов працював на стику мікології, мікробіології та фітопатології, вивчаючи етіологію хвороб рослин, комах і риб. Він розробив оригінальні методи дослідження рослинних бактеріозів, ідентифікував збудників захворювань овочевих культур, плодових дерев та винограду. Науковець став піонером у вивченні фізіології грибів та розробив концепцію змішаної інфекції при бактеріозах, що суттєво збагатило теоретичний і практичний арсенал фітопатології.

Б. М. Аксентьєв, поєднуючи інтереси в галузях фізіології рослин, альгології, генетики та селекції, зробив вагомий внесок у прикладну мікологію. Він був одним із перших, хто застосував комплексний підхід до фітопатологічного об-

стеження окремих культурних рослин, зокрема детально вивчивши хвороби баклажана в агрокліматичних умовах Одещини.

Наукова діяльність І. Д. Щербака була зосереджена на експериментальному дослідженні фізіології розвитку зооспор водних грибів, що дозволило встановити чинники штучного регулювання їхнього життєвого циклу та усунення стадії дипланетизму. Подальші пошуки вченого базувалися на спробі застосувати теорію стадійного розвитку до нижчих організмів та вивченні ролі фітогормонів у зміні спадкових ознак грибів-паразитів для потреб сільського господарства.

Попри вагомі здобутки в галузі теоретичної та експериментальної мікології й фітопатології, діяльність одеських дослідників не отримала системного інституційного продовження. На жаль, ці науковці не залишили безпосередніх наступників, через що в університеті в той період так і не сформувалася цілісна наукова мікологічна школа.

Ключові слова: історія Одеського університету; мікологічні дослідження; південь України.

V. O. Kuznetsov, F. P. Tkachenko

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

MYCOLOGICAL ACHIEVEMENTS OF ODESA SCIENTISTS: HALF A CENTURY OF SCIENTIFIC RESEARCH (1890–1940)

Summary

Introduction. The development of mycological research in southern Ukraine from 1890 to 1940 is analyzed. During this period, the study of fungi, and above all, fungal pathogens of plant diseases, was carried out by professors of Odesa (Novorossiysk) University and Odesa Agricultural Institute: F. M. Kamensky, V. A. Rothert, I. D. Shcherbak, I. L. Serbinov, and B. M. Aksentyev. Their scientific works present the results of studies on the species composition, development characteristics, and distribution of many species of parasitic plant fungi, as well as methods of combating them. The scientists' work was not only applied in nature, but also addressed a number of fundamental problems. In particular, they investigated the influence of physiologically active substances on the vital activity and sensitivity of fungi, as well as the interaction of fungal mycelium with the roots of higher plants. This allowed F. M. Kamensky to establish for the first time the symbiotic nature of this phenomenon, which was named "mycorrhiza."

Methodology and sources. The methodological basis of the work is a combination of the principles of historicism and objectivity with the use of the historical-genetic method, which made it possible to trace the evolution of mycological studies at the university. Particular attention is paid to biographical and archaeographic methods, as well as heuristic research in covering the scientific careers of F. M. Kamensky, V. A. Rothert, I. L. Serbinov, B. M. Aksentyev, and I. D. Shcherbak. The use of critical analysis of archival sources made it possible to eliminate factual inconsistencies in the biographies of scientists.

The source base of the study consists of documents from the State Archives of the Odesa Region (DAO), the State Archives of the Lviv Region (DALO), and the Ar-

chives of the Scientific Library of the I. I. Mechnikov Odesa National University. In particular, reports and minutes of meetings of academic councils and specialized associations were studied, including: the Imperial Novorossiysk University (INU); Odesa Agricultural Institute (OSGI); Novorossiysk Society of Naturalists (NTP); Imperial Society of Agriculture of Southern Russia (ITSAGR); Odesa branch of the Imperial Russian Horticultural Society (OVIRTS).

In addition, scientific periodicals of these institutions and societies were studied. Comparison of documents from different institutions made it possible to clarify the biographical information of little-known researchers. To form a complete picture of the development of mycology during the period under study, the chronology of the accumulation of scientific data in the said branch was analyzed.

Main results. During the period under study (1890–1940), a group of outstanding biologists emerged at Odesa (Novorossiysk) University, whose work laid the foundations for modern mycological science.

F. M. Kamensky was the first to experimentally prove the existence of mutualistic symbiosis between fungi and higher plants, becoming the founder of a new scientific field — mycotrophy. He described a new genus of fungi, *Metschnikowia* Kamien., which at that time included two species: *M. bicuspidata* Metsch. and *M. artemiae* Kamien.

V. A. Rotert was one of the first to address the issue of the universality of physiological reactions of organisms, studying the loss of sensitivity to external stimuli under the influence of narcotic substances. He demonstrated that fungal zoospores remain irritable even under such conditions. The scientist also thoroughly investigated the peculiarities of reproduction and ontogenesis of fungi of the genus *Aphanomyces* de Bary, which is still of critical importance for the development of measures to combat *Aphanomyces* root rot in legumes.

I. L. Serbinov worked at the intersection of mycology, microbiology, and phytopathology, studying the etiology of diseases in plants, insects, and fish. He developed original methods for studying plant bacteriosis and identified the pathogens of vegetable crops, fruit trees, and grapes. The scientist became a pioneer in the study of fungal physiology and developed the concept of mixed infection in bacteriosis, which significantly enriched the theoretical and practical arsenal of phytopathology.

B. M. Aksentyev, combining interests in the fields of plant physiology, algology, genetics, and breeding, made a significant contribution to applied mycology. He was one of the first to apply a comprehensive approach to the phytopathological examination of individual cultivated plants, in particular, by studying in detail the diseases of eggplant in the agroclimatic conditions of the Odesa region.

I. D. Shcherbak's scientific research focused on the experimental study of the developmental physiology of aquatic fungi zoospores. His work made it possible to identify factors for the artificial regulation of their life cycles and to eliminate the diplanetism stage. The scientist's subsequent research was based on an attempt to apply the theory of phasic development to lower organisms and to study the role of phytohormones in altering the hereditary traits of parasitic fungi for agricultural purposes.

Despite significant achievements in theoretical and experimental mycology and phytopathology, the work of Odesa researchers did not gain systemic institutional continuity. Regrettably, these scientists left no direct successors; consequently, no coherent scientific mycological school was established at the university during that period.

Keywords: history of Odesa University; mycological research; southern Ukraine.

References

1. Adres-kalendar Odesskogo gradonachalstva na 1887 god. [Address calendar of the Odessa city administration for 1887]. (1886). (115, XXXVI p.). Odessa: Tip. shtaba vojsk Odesskogo voen. okruga. [in Russian].
2. Adres-kalendar Odesskogo gradonachalstva na 1888 god [Address calendar of the Odessa city administration for 1888]. (1887). (420, LXXXVII, 10, IV p.). Odessa: Tip. shtaba vojsk Odesskogo voen. okruga. [in Russian].
3. Aksent'ev, B. N. (1934). Nekotorye dannye o gribnykh zabolevaniyakh baklazhana (*Solanum melongena* L.) na ogorodah v okrestnostyakh g. Odessa [Some data on fungal diseases of eggplant (*Solanum melongena* L.) in vegetable gardens in the vicinity of Odessa]. *Botanicheskiy Zhurnal SSSR*, 19(1), 11–15. [in Russian].
4. Aksent'ev, B. N. (1937). Avtobiografiya (15.05.1937) [Autobiography (15 May 1937)]. In *Arhiv NB ONU. F. 2: Materiali do biografiy spivrobotnikiv universitetu*. Spr. 17. Ark. 1–2 zv. [in Russian].
5. Aksent'ev, Boris Nikolaevich. (1947). In V. N. Sukachev (Ed.), *Russkie botaniki. Biografo-bibliograficheskij slovar. Vol. 1. A–B* (pp. 20–21). Moscow: MOIP. [in Russian].
6. Bondartsev, A. S. (1925). Ivan Lvovich Serbinov (nekrolog) [Ivan Lvovich Serbinov (obituary)]. *Bolezni Rastenij*. No. 4. P. 149–157. [in Russian].
7. Borovikov, G. A. (1916) Pamyati professora V. A. Roterta [In memory of Professor V. A. Rotert]. *Zapiski IOSHYuR*, 86(1), 1–31. [in Russian].
8. Botanicheskaya laboratoriya [Botanical Laboratory]. (1904). *Otchet o sostoyanii i deyatelnosti INU za 1903 g.* (pp. 46–63). Odessa: Ekonomicheskaya. [in Russian].
9. Bush, N. (1900) Referat. *Trudy bot. sada Imper. Yurevskogo universiteta* (Vol. 1, p. 209). [in Russian].
10. Gamaliia, V. M. (2009). Diialnist osnovopolozhnyka vitchyznianoï nauky pro bakteriialni khvoroby rosllyn I. L. Serbinova (1872–1925) [The work of I. L. Serbinov (1872–1925), founder of Russian science on bacterial plant diseases]. *Nauka ta Naukoznastvo*, (1), 179–188. [in Ukrainian].
11. Grinevetskiy, B. B. (1913). Pamyati prof. Frantsa Mikhaylovicha Kamenskogo [In memory of Prof. Franz Mikhailovich Kamenskiy]. *Trudy bot. sada Imp. Yur'evskogo universiteta*. 14(1), 82–91. [in Russian].
12. DALO [State Archives of Lviv Region]. F. 26. Op. 5. Sp. 793. 21 sheets.
13. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 42. Op. 35. Sp. 379. 14 sheets.
14. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 4. Spr. 1614. Ark. 56–58. 68 sheets.
15. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 4. Ref. 1688. 18 sheets.
16. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 4. Ref. 1079. 34 sheets.
17. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 7. Sp. 17. 11 sheets.
18. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 8. Sp. 26.
19. DAOO [State Archives of Odesa Region]. F. 45. Op. 9. Sp. 70. 5 sheets.
20. Zasedanie 8 dekabrya 1883 g. [Session on 8 December 1883]. (1884). *Protokoly zasedanij Soveta INU: 5.05–17.12 1883 g.* *Zapiski INU*, 39, 113–285. [in Russian].
21. Ivan Dmytrovych Sherbak. Anketa [Ivan Dmytrovych Shcherbak. Questionnaire]. In *Arkhiv NB ONU. F. 2: Materiali do biografiy spivrobotnikiv universitetu*. Spr. 35. Ark. 1-3 zv. [in Ukrainian].
22. Imperatorskiy Novorossiyskiy universitet. Spisok lits sluzhashikh v Odesskom uchebnom okruge na 1909–1910 u. g. [List of persons serving in the Odessa educational district in 1909–1910] (1909). (P. 1, pp. 6–32). Odessa: Russkaya rech. [in Russian].
23. Kamenskiy, F. M. (1883). Materialy dlya morfologii i biologii *Monotropa hypopitys* L. i nekotorykh drugikh saprofitov (s 3 tablitsami risunkov) [Materials for the morphology and biology of *Monotropa hypopitys* L. and some other saprophytes (with 3 tables of figures)]. *Zapiski NOE*, 8(1), 1–32. [in Russian].
24. Kamenskiy, F. M. (1886). O simbioticheskom soedinenii mitseliya gribov s kornyami vysshikh rasteniy [On the symbiotic connection between fungal mycelium and the roots of higher plants]. Protokol zasedaniya ot 15 yanvarya 1886 g. *Trudy S.-Pb. Obshchestva Estestvoisp.*, 17(1), 34–35. [in Russian].
25. Kamenskiy, F. M. (1888). O gribnykh boleznyakh vinograda [About fungal diseases of grapes]. *Trudy i otchet Odesskogo oidela IROS za 1887 god* (pp. 18–37). Odessa: Tip. A. Shultse. [in Russian].
26. Kamenskiy, F. M. (1891). O yavleniyakh simbioza v rastitelnom tsarstve [On symbiotic phenomena in the plant kingdom] (17 p.). Odessa: Tip. Shtaba Odes. voen. okruga. [in Russian].
27. Kamenskiy, F. M. (1899). O novom vide roda *Metschnikowia* (Monospora Mechnikova) [On a new species of the genus *Metschnikowia* (Mechnikov's monospore)]. *Trudy Imp. S.-Pb. Obshchestva Estestvoisp.*, 30(1), 344–345. [in Russian].
28. Kameskiy, Frants Mikhaylovich. (1952). In V. N. Sukachev (Ed.), *Russkie botaniki. Biografo-bibliograficheskij slovar. Vol. 4. Kabanov–Kiuz* (pp. 50–53). Moscow: MOIP. [in Russian].
29. Kamenskiy, Frants Mihaylovich. In V. A. Volkov, M. V. Kulikova, *Biologicheskie i mediko-biologicheskie nauki. Biograficheskij slovar* (pp. 217–218). Saint-Petersburg: RHGI. [in Russian].

30. Kotova, V. V. (1979). Rasprostranenie i osobennosti parazitizma griba *Aphanomyces euteiches* Drechsl [Distribution and characteristics of parasitism of the fungus *Aphanomyces euteiches* Drechsl.]. *Mikologiya i Fitopatologiya*, 13(6), 485–488. [in Russian].
31. Otchet o deyatelnosti Odesskogo otdela IROS za 1887 god [Report on the activities of the Odessa branch of the IROS for 1887]. (1888). *Trudy i otchet Odesskogo otdela IROS za 1887 god* (pp. 1–6). Odessa: Tip. A. Shulce. [in Russian].
32. Otchet o deyatelnosti Odesskoj shkoly sadovodstva i ogorodnichestva za 1887–88 uchebnyy god [Report on the activities of the Odessa School of Horticulture and Gardening for the 1887–88 academic year]. (1889). *Otchet i trudy Odesskogo otdela IROS za 1888 god* (pp. 19–25). Odessa: Tip. A. Shultse. [in Russian].
33. Otchet o deyatelnosti Odesskoj shkoly sadovodstva i ogorodnichestva za 1889–90 uchebnyy god [Report on the activities of the Odessa School of Horticulture and Gardening for the 1889–90 academic year]. (1891). *Otchet i trudy Odesskogo otdela IROS za 1890 god* (pp. 19–25). Odessa: Tip. A. Shultse. [in Russian].
34. Otchet o sostoyanii i deyatelnosti INU za 1903 g [Report on the status and activities of INU for 1903]. (1904). Odessa: Ekonomicheskaya. [in Russian].
35. Otchet o sostoyanii i deyatelnosti INU za 1904–08 gody [Report on the status and activities of INU for 1904–08]. (1909). (249 p.). Odessa: Tekhnik. [in Russian].
36. Otchet o sostoyanii i deyatelnosti INU za 1915 god [Report on the status and activities of INU for 1915]. (1916). (352 p.). Odessa: Tekhnik. [in Russian].
37. Pamyati professora Ivana Dmitrievicha Sherbaka (1980–1941) [In memory of Professor Ivan Dmitrievich Sheherbak (1980–1941)]. In *Arkhiv NB ONU. F. 2: Materiali do biografij spivrobotnikiv universitetu*. Spr. 35. Ark. 1-3 zv. [in Russian].
38. Potapenko, G. I. (1941). Pamyati B. N. Aksent'eva (1894–1939) [In memory of B. N. Aksentyev (1894–1939)]. *Botanicheskij Zhurnal SSSR*, 26(1), 87–89. [in Russian].
39. Potapenko, G. I. (2010). Istoriya kafedry botaniki Odesskogo gosudarstvennogo universiteta za 75 let sushestvovaniya: 1865–1940 [The history of the Department of Botany at Odessa State University over its 75 years of existence: 1865–1940] (88 p.). Odessa: Pechatnyy dom. [in Russian].
40. Rotert, V. A. (1903). Deystvie efira i khloroforma na razdrazhimost mikroorganizmov [The effect of ether and chloroform on the irritability of microorganisms]. *Zapiski NOE*, 25(1), 17–42. [in Russian].
41. Rotert Vladislav Adolfovich. (1984). In T. P. Babiy, L. L. Kokhanova, G. G. Kostyuk, *Biologi. Biograficheskij sparovochnik* [Biologists. Biographical Reference Book] (540 p.). Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].
42. Serbinov, I. L. (1866). *Kratkoe prakticheskoe nastavlenie kak lechit bolezni vinograda (Oidium Tuckeri)* [Brief practical guidance on how to treat grapevine disease (*Oidium Tuckeri*)] (13 p.). Simferopol: Tip. Tav. gub. pravleniya. [in Russian].
43. Serbinov, I. L. (1911). K morfologii i biologii gribov *Pythiaceae*. *Pythium perniciosum* nov. spec., parazit tabachnyh seyantsev [On the morphology and biology of *Pythiaceae* fungi. *Pythium perniciosum* nov. spec., a parasite of tobacco seedlings] (58 p.). [An imprint from *Botanicheskie Zapiski*, iss. 28]. Saint-Petersburg. [in Russian].
44. Serbinov, I. L. (1914). *Spravochnyy kalendar po borbe s gribnymi boleznyami plodovyh, yagodnyh i ogorodnyh rasteniy* [Reference calendar for combating fungal diseases in fruit, berry and vegetable plants] (88 p.). Petrograd: Tip. Petr. gradonach. [in Russian].
45. Serbinov, I. L. (1915). *Gribki i bakterii v selskom khozyaystve* [Fungi and bacteria in agriculture] (56 p.). Petrograd: Izd-vo P. P. Soykina. [in Russian].
46. Serbinov, I. L. (1916). Chast I. Obshaya mikrobiologiya [Part I. General Microbiology]. In S. I. Zlatogorov (Ed.), *Uchenie o mikroorganizmah* [The study of microorganisms]. Petrograd: Prakticheskaya meditsina. [in Russian].
47. Serbinov, I. L. (1922). *Bakterialnye i gribnye bolezni semyan* [Bacterial and fungal diseases of seeds] (47 p.). Odessa: Odes. otd. izd-va Narkomzema Ukrainy. [in Russian].
48. Serbinov, I. L. (1922). *Bolezni selskokhozyaystvennykh rasteniy* [Diseases of agricultural plants] (116 p.). Odessa: Odes. otd. izd-va Narkomzema Ukrainy. [in Russian].
49. Serbinov, I. L. (1922). *Zaraznye bolezni pchel* [Contagious diseases of bees] (20 p.). Odessa: Odes. otd. izd-va Narkomzema Ukrainy. [in Russian].
50. Serbinov, I. L. (1922). *Kratkiy kurs selskokhozyaystvennoy mikrobiologii* [A brief course in agricultural microbiology] (78 p.). Odessa: Odes. otd. izd-va Narkomzema Ukrainy. [in Russian].
51. Serbinov, I. L. (1924). Kafedra fitopatologii Odesskogo selskokhozyaystvennogo instituta [Department of Plant Pathology, Odessa Agricultural Institute]. *Zashita Rasteniy ot Vrediteley: Byulleten' Postoyannogo Byuro Vserossiyskikh Entomo-Fitopatologicheskikh S'ezdov*, 1(3–5), 89–90. [in Russian].
52. Serbinov, I. L. (1927). Materialy k sistematicheskomu obsledovaniyu “bakteriozov” selskokhozyaystvennykh rasteniy v svyazi s massovym razvitiem gribov *Macrosporium* Fr. i *Alternaria* Fr. [Materials for systematic examination of ‘bacteriosis’ in agricultural plants in connection with the mass development of *Macrosporium* Fr. and *Alternaria* Fr. fungi] *Zashita Rasteniy ot Vrediteley: Byulleten' Postoyannogo Byuro Vserossiyskikh Entomo-Fitopatologicheskikh S'ezdov*, 4(1), 78–84. [in Russian].

53. Serbinova, N. I. (1926). I. L. Serbinov (Personalia) [I. L. Serbinov (Personal details)]. *Visti Odeskoho Silsko-Hospodarskoho Institutu*, (2), 149–150. [in Ukrainian].
54. Levchenko, V. V. (2010). Sklad Naukovo-doslidnoi kafedri biolohii pry OINO v period 1923–1930 rokov [Composition of the Research Department of Biology at the OINO in the period of 1923–1930]. In V. M. Khmarskyi (Ed.), *Istoriia Odeskoho institutu narodnoi osvity (1920–1930 rr.):pozytyvnyi dosvid nevdaloho eksperymentu*. Odessa: TES, 2010. [in Ukrainian].
55. Sovremennoe sostoyanie nauchno-vspomogatelnykh uchrezhdeniy instituta [Current status of the institute's scientific support facilities]. (1925–1926). *Visti Odeskoho Silsko-Hospodarskoho Institutu*, (1), 197–210. [in Russian].
56. *Spisok lits, sluzhashikh v Odesskom uchebnom okruge na 1904–1905 uchebnyy god* [List of persons serving in the Odessa educational district for the 1904–1905 academic year]. (1904). (P. I). Izdanie Upravleniya Odesskogo uchebnogo okruga. Odessa: Tip. Isakovich i Beylenson. [in Russian].
57. Spisok chlenov NOE (k 1-mu yanvarya 1909 g.) [List of NOE members (as of 1 January 1909)]. (1909). *Zapiski NOE*, 34, 33–42. [in Russian].
58. Tarasov, K. L. (1983). K stoletiyu otkrytiya mikotrofii F. M. Kamenskim [On the centenary of the discovery of mycotrophy by F. M. Kamensky]. *Mikologiya i fitopatologiya*, 17(5), 444–445. [in Russian].
59. Fiziko-matematicheskii fakultet, otdelenie estestvennykh nauk [Faculty of Physics and Mathematics, Department of Natural Sciences]. (1898). *Spisok studentov i postoronnikh slushateley INU v osennem polugodii 1898–99 u. g.* (pp. 2–17). Odessa: Ekonomicheskaya. [in Russian].
60. Shesterikov, P. (1894). Istoricheskiy ocherk desyatiletney deyatelnosti Odesskogo otdela IROS s 1884 po 1894 g. [A historical overview of ten years of activity by the Odessa branch of the IROS from 1884 to 1894]. *Otchet i trudy Odesskogo otdela IROS za 1893 god* (pp. 3–22). Odessa: Tip. A. Shultse. [in Russian].
61. Sherbak, I. D. (1910). K fiziologii zoospor saprolegnievykh [On the physiology of saprolegniid zoospores]. *Zapiski NOE*, 35, 83–101. [in Russian].
62. Sherbak, I. D. (1940). Ob izmenenii stadiy razvitiya nekotorykh gribov [On changes in the stages of development of certain fungi]. *Trudy Odesskogo Selskohozyaystvennogo Instituta*, 3, 131–134. [in Russian].
63. Gamaliia V. M., Zabuga A. G., & Zabuga G. V. (2023). I. L. Serbinov: multifaceted personality of a scientist. *Studies in History and Philosophy of Science and Technology*, 32(1), 108–115.
64. von Kamenski F. (1875). *Zur vergleichenden Anatomie der Primeln* [Inaugural dissertation von Strassburg i. F., 39 p.]. Strassburg: Fr. Wolff.
65. Kamienski, F. (1875). *Zur vergleichenden Anatomie der Primeln* [Inaugural dissertation der philosophischen Facultat der Universitat Strassburg z. Erl. d. Doctorw. vorgel. von Franz Kamienski aus Warschau, pp. 786–790]. Strassburg: Fr. Wolff.
66. Kamienski, F. (1880). O historii rozwoju I o ziwlenlu się korzeniowki pasożytnej. *Notatka Kosmos: czasopismo polskiego Tow. przyrodników imienia Kopernika* (122 p.). Lwow.
67. Kamienski, F. (1881). Zkąd rośliny pobierają węgiel? *Kosmos: czasopismo polskiego Towarzystwa przyrodników imienia Kopernika* (pp. 5–22). We Lwowie: Druk. I. Związko.
68. Kamienski, F. (1881). Die Vegetationsorgane der *Monotropa hypopitys* L. Vorläufige Mitteilung. *Botanische Zeitung*, 39, 458–461.
69. Kamienski, F. (1882). Les organes végétatifs du *Monotropa hypopitys* L. *Mémoires de la Société Nationale des Sciences Naturelles et Mathém. de Cherbourg*, 24, 1–40.
70. Kamienski, F. (1882). Narzędzia obzywczce korzeniówki (*Monotropa hypopitys* L.). *Pamiętnik Wyzd. Mat.-Przyr. Akad. Um. w Krakowie*, 7, 85–100.
71. Żwanko, L., & Kibkało, D. (2025). Profesor Władysław Karol Rothert – uczony światowej skali i patriota. *Głosu Uczelni: Czasopismo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu*. 34[51](9–10 (424)), 76–79.
72. Rayner, M. S. (1927). *Mycorrhiza an account of non-pathogenic infection by fungi in vascular plants and bryophytes*. New Phytologist Reprint N15. London: Weldon & Wesley, Limited.
73. Rothert, W. (1885) *Vergleichend-anatomische Untersuchungen über die Differenzen im primären Bau der Stengel und Rhizome krautiger Phanerogamen, nebst einigen allgemeinen Betrachtungen histologischen Inhalts* (131 p.). Dorpat: Druck von H. Laakmanns Buch.
74. Rothert, W. (1894). Ueber das Schicksal der Cilien bei den Zoosporen der *Phycomyceten*. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 12, 268–283.
75. Rothert, W. (1896). Skład chemiczny błonek komórkowych grzybów. *Wszechświat: Tygodnik Popularny, Poświęcony Naukom Przyrodniczym*, (4), 62–63.
76. Rothert, W. (1903). Die Sporentwicklung bei *Aphanomyces*. *Flora: Allgemeine Botanische Zeitung*. 92, 293–301.
77. Feliksiak, S. (Ed.). (1987). *Słownik biologów polskich* (617 p.). Wyd. 1. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ



[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2\(57\).352405](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2025.2(57).352405)

БІОЛОГІЧНА СЕКЦІЯ

«ВАЖЛИВІСТЬ ІДЕЙ ГЕОРГІЯ ГАМОВА ДЛЯ БІОЛОГІЇ 21-ГО СТОЛІТТЯ» (19 СЕРПНЯ 2025 Р.) В МЕЖАХ XXV ГАМОВСЬКОЇ МІЖНАРОДНОЇ АСТРОНОМІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ «АСТРОНОМІЯ ТА НЕ ТІЛЬКИ: АСТРОФІЗИКА, КОСМОЛОГІЯ ТА ГРАВІТАЦІЯ, АСТРОФІЗИКА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК, РАДІОАСТРОНОМІЯ, АСТРОБІОЛОГІЯ ТА ГЕНЕТИКА», ЯКА ПРОВОДИЛАСЬ 18–22 СЕРПНЯ 2025 Р. В ОНУ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА, ОДЕСА, УКРАЇНА

19 серпня 2025 року в межах роботи Гамовської міжнародної астрономічної конференції відбулося засідання традиційної Біологічної секції «Важливість ідей Г. Гамова для біології 21 століття». Цього року Біологічна секція проводиться сьомий раз. У заході взяли участь 46 науковців, серед яких були як досвідчені і відомі вчені, так і молоді дослідники з України, Німеччини, Молдови, Польщі, Болгарії, Чехії, Швейцарії, Фінляндії та США. Тематика доповідей охоплювала актуальні напрями сучасної молекулярної біології та медицини, зокрема дослідження регуляції експресії генів, епігенетичних механізмів і еволюції геномів, а також вивчення процесів стійкості, патогенезу та розробку прикладних молекулярно-генетичних рішень для потреб сільського господарства, охорони здоров'я і збереження біорізноманіття.

Ключові слова: Біологічна секція, Гамовська міжнародна астрономічна конференція, нуклеотидні послідовності, ген, геном.

THE BIOLOGICAL SECTION

“THE IMPORTANCE OF G. GAMOW’S IDEAS FOR BIOLOGY OF THE 21ST CENTURY” IN THE FRAMEWORK OF THE XXV GAMOW INTERNATIONAL ASTRONOMICAL CONFERENCE “ASTRONOMY AND BEYOND: ASTROPHYSICS, COSMOLOGY AND GRAVITATION, ASTROPARTICLE PHYSICS, RADIOASTRONOMY, ASTROBIOLOGY AND GENETICS” HELD ON 18–22 AUGUST 2025 AT ODESA I. I. MECHNIKOV UNIVERSITY, ODESA CITY, UKRAINE

On 19 August 2025, within the framework of the Gamow International Astronomical Conference, a meeting of the traditional Biological Section entitled “*The Importance of G. Gamow’s Ideas for 21st-Century Biology*” was held. This year marked the seventh edition of the Biological Section. The event brought together 46 researchers,

including both well-established scientists and early-career investigators, from Ukraine, Germany, Moldova, Poland, Bulgaria, the Czech Republic, Switzerland, Finland, and the United States. The presentations covered key areas of contemporary molecular biology and medicine, including studies of gene expression regulation, epigenetic mechanisms, and genome evolution, as well as investigations into resistance processes, pathogenesis, and the development of applied molecular-genetics solutions for agriculture, healthcare, and biodiversity conservation.

Keywords: Biological Section, Gamow International Astronomical Conference, nucleotide sequences, gene, genome.

In August 2025 biological the on-line section “*The Importance of G. Gamow’s Ideas for Biology of the 21st Century*” took place successfully within the framework of the XXV Gamow International Astronomical Conference “*Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology and Gravitation, Astroparticle Physics, Radioastronomy, Astrobiology and Genetics*” on the basis of the department of molecular biology, biochemistry and genetics. Doctor of biology, professor, a senior scientific specialist, a corresponding member of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine Sabina Chebotar acted as the event moderator. The participants presented 12 reports on the wide range of current trends in molecular genetics: epigenomics and genome regulation in cereal crops, functioning of cis-regulatory elements, molecular mechanisms of stress responses of plants, human genetics, development regulation, as well as biomedical applications. Both fundamental problems of biology and applied aspects, significant for medicine and agrarian science were discussed.

Among the presenters of the section there were famous scientists, experienced scientific specialists, young researchers and postgraduate students from different parts of the world. Forty six participants, scientists, postgraduate students, and students took an active part in the work of biological section. The conference took place in the warm and productive atmosphere, bringing together scientists from Ukraine, Moldova, Poland, Bulgaria, the Czech Republic, Germany, Switzerland, Finland, and the USA. The ideas of Georgii Gamow, who was one of the first to propose to consider genetic sequences as an information code, were reflected in current genetic and bioinformatics approaches. They are the methods that today provide new possibilities for the analysis of complex biological processes and become the basement for biology of the XXI century.

UDC 581.633.1:577.21

Börner A.

Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK), Seeland OT
Gatersleben, Germany
e-mail: boerner@ipk-gatersleben.de

THE UTILIZATION OF GENOME-WIDE ASSOCIATION STUDIES (GWAS) FOR THE EXPLOITATION OF PLANT GENETIC RESOURCES – EXAMPLES ON WHEAT AND BARLEY

Understanding the genetic complexity of traits is an important objective of small grain temperate cereals yield and adaptation improvements. Bi-parental quantitative trait loci (QTL) linkage mapping is a powerful method to identify genetic regions that co-segregate in the trait of interest within the research population. However, recently, association or linkage disequilibrium (LD) mapping using a genome-wide association study (GWAS) became an approach for unraveling the molecular genetic basis underlying the natural phenotypic variation. Many causative allele(s)/loci have been identified using the power of this approach which had not been detected in QTL mapping populations. In cereals, GWAS has been successfully applied to define the causative allele(s)/loci which can be used in the breeding crop for adaptation and yield improvement. This promising approach represents a tremendous step forward in genetic analysis of genetic resources stored in genebanks world-wide.

With a total inventory of 150,000 accessions from 3,212 plant species and 776 genera, the 'Federal *ex situ* Genebank of Germany' in Gatersleben holds one of the most comprehensive collections worldwide. It comprises wild and primitive forms, landraces as well as old and more recent cultivars of mainly cereals but also other crops. We will give examples on the utilization of genebank collections of wheat and barley for GWAS analysis.

UDC 575.111:631.52

Kumlehn J.

Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK) Gatersleben,
Seeland, Germany
e-mail: kumlehn@ipk-gatersleben.de

PROGRESS IN GENOME EDITING OF CROP PLANTS

The establishment of Cas endonucleases as genome editing tools has expanded the possibilities of plant biotechnology in ways previously thought scarcely possible (Koeppel *et al.* 2019). We demonstrated the power of this technology by generating

gene-specific mutants with agriculturally relevant traits in some cereals and other crops. For example, hulled barley was modified to form naked, edible grains through mutagenesis of *NUDI* (Gerasimova *et al.* 2020), and two-rowed barley was converted into the 6-rowed type via knockout of *VRS1* (Thirulogachandar *et al.* 2024). Genome editing also facilitates the advancement of other plant breeding technologies. By targeted knockout of *PLAI*, haploidy-inducing barley lines were developed that, when used as pollinators, lead to the generation of homozygous maternal recombinants. Utilizing such doubled haploid lines has proven to be extremely effective in crop improvement (Kalinowska *et al.* 2019). Further, we used *cas9*- and (wheat-specific) guide RNA-transgenic maize lines to pollinate wheat. Relying on the phenomenon of uniparental genome elimination, this leads to the immediate generation of *cas9* and guide RNA transgene-free wheat lines that carry newly induced target gene edits in the homozygous state (Budhagatapalli *et al.* 2020). A key challenge of further technological advancement is to go beyond targeted mutagenesis by developing precise genome editing methods at an applicable level. For instance, base-editing Cas9 derivatives were used to precisely mimic specific, still functional barley *eIF4E* alleles that confer resistance to bymoviruses. In another example, the heavy metal transporter HMA3, that had been spontaneously disabled in the context of durum wheat domestication, was functionally restored via Cas9-triggered DNA cleavage followed by repair through homology-mediated end joining. The precise deletion of a mutative 17-bp duplication achieved in this approach is expected to result in a significant reduction of the accumulation of cadmium in the wheat grains.

References

1. Budhagatapalli, N., Halbach, T., Hiekel, S., Büchner, H., Müller, A., & Kumlehn, J. (2020). Site-directed mutagenesis in bread and durum wheat via pollination by *cas9*/guide RNA-transgenic maize used as haploidy inducer. *Plant Biotechnology Journal*, 18(12), 2376–2378. <https://doi.org/10.1111/pbi.13415>
2. Gerasimova, S. V., Hertig, C. W., Korotkova, A. M., Kolosovskaya, E. V., Otto, I., Hiekel, S., Kochetov, A. V., Khlestkina, E. K., & Kumlehn, J. (2020). Conversion of hulled into naked barley by Cas endonuclease-mediated knockout of the *NUD* gene. *BMC Plant Biology*, 20(1), 255. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02454-9>
3. Kalinowska, K., Chamas, S., Unkel, K., Demidov, D., Lermontova, I., Dresselhaus, T., Kumlehn, J., Dunemann, F., & Houben, A. (2019). State-of-the-art and novel developments of *in vivo* haploid technologies. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(3), 593–605. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3261-9>
4. Koepfel, I., Hertig, C.W., Hoffie, R., & Kumlehn, J. (2019). Cas endonuclease technology – a quantum leap in the advancement of barley and wheat genetic engineering. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11), 2647. <https://doi.org/10.3390/ijms20112647>
5. Thirulogachandar, V., Govind, G., Hensel, G., Kale, S., Kuhlmann, M., Eschen-Lippold, L., Rutten, T., Koppolu, R., Rajaraman, J., Palakolanu, S.R., Seiler, C., Sakuma, S., Jayakodi, M., Lee, J., Kumlehn, J., Komatsuda, T., Schnurbusch T., & Sreenivasulu, N. (2024). HOMEBOX2, the paralog of SIX-ROWED SPIKE1/HOMEBOX1, is dispensable for barley spikelet development. *Journal of Experimental Botany*, 75(10), 2900–2916. <https://doi.org/10.1093/jxb/erae044>

UDC 575.113:633.16

Navrátilová P.¹, Pavlů Š.¹, Zhu Z.², Tulpová Z.¹, Kořecký O.¹, Stein N.², Šimková H.*¹

¹ Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, Olomouc, Czech Republic

² Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany

e-mail: simkovah@ueb.cas.cz

CIS-REGULATORY ELEMENTS CONTROLLING TRANSCRIPTION IN BARLEY

Regulation of transcription initiation is the ground level of modulating gene expression during plant development. This process relies on the interactions between transcription factors, non-coding RNA and *cis*-regulatory elements (CREs), such as promoters, enhancers and silencers, which become promising targets for crop bioengineering.

In order to annotate CREs in the barley genome and understand mechanisms of distal regulation in this crop, we conducted genome-wide profiling of several epigenetic features – namely, cytosine methylation, open chromatin and three histone modifications – across four barley developmental stages: developing, maturing and germinating embryo and young leaves. Using machine learning, we integrated the data into seven chromatin states, predicting ~77,000 CRE candidates, collectively representing 1.4% of the barley genome. Chromatin Conformation Capture-based technique HiChIP allowed us to identify activating and repressive chromatin interactions across the genome and assigned part of the CRE candidates to their putative target genes. Numerous elements showed a high degree of evolutionary sequence conservation across Triticeae species, suggesting that they may also be functional in related cereal crops. The applicability of our datasets for predicting distal CREs at other developmental stages was verified on the *Vrn3* locus.

Our study concluded with a comprehensive map of key epigenetic features, genomic interactions and predicted CRE candidates, which can be viewed in the context of gene transcription and evolutionary sequence conservation in an interactive genome browser, termed the BarleyEpiBase, at <https://olomouc.ueb.cas.cz/en/resources/barleyepibase>.

UDC 581.1:577.175.1

Vaseva I. I.

Institute of Plant Physiology and Genetics-Bulgarian Academy of Sciences, Sofia,
Bulgaria
e-mail: irinavaseva@gmail.com

CELL TYPE-SPECIFIC ATTENUATION OF ETHYLENE SIGNALING IN FUNCTIONAL STUDIES OF PLANT STRESS RESPONSES

Ethylene is a gaseous plant hormone that controls responses to different environmental and developmental cues, primarily by inhibiting vegetative growth through restriction of cell elongation. However, the cell-type specificity of ethylene signals activating various stress-protective mechanisms remains elusive.

In *Arabidopsis*, ethylene is perceived by a family of transmembrane receptors ETHYLENE RESPONSE 1 and 2 (ETR1, ETR2), ETHYLENE RESPONSE SENSOR 1 and 2 (ERS1, ERS2) and ETHYLENE INSENSITIVE 4 (EIN4), residing in the endoplasmic reticulum membrane. Ethylene signaling cascade is suppressed when the hormone is absent via CONSTITUTIVE TRIPLE RESPONSE 1 (CTR1; a Raf kinase) which inhibits the membrane protein EIN2 by direct phosphorylation. Ethylene binding to the receptors inactivates CTR1 releasing the repression of EIN2. The C-end of EIN2 is cleaved off and moves to the nucleus where it activates the master ethylene transcription factors EIN3 and EIN3-LIKE 1 (EIL1). EIN3 is constantly degraded in the absence of ethylene, a process which is under the control of two F-box proteins EIN3 BINDING F-BOX PROTEIN 1 and 2 (EBF1 and EBF2).

Cell type-targeted expression of the F-box protein EBF2 provokes local ethylene insensitivity and provides efficient approach to identify major sites of ethylene action for regulation of stress responses in *Arabidopsis thaliana*.

EBF2-coding sequence has been put under control of various cell type-specific promoters using double recombination cloning system. The obtained transgenic lines exhibit reduced sensitivity to ethylene in particular root cell types: epidermis and Lateral Root Cap (*pA14::EBF2*), the quiescent center (*pQ6::EBF2*), endodermis (*pE30::EBF2*), pericycle (*pS1::EBF2*), cortex (*pCOR::EBF2*), and vasculature (*pS2::EBF2*).

The comparative analyses of these transgenic lines with the wild-type plants (Col-0) and the ethylene double mutant *ein3eil1* subjected to drought outlined the root epidermis and pericycle as major ethylene signaling sites involved in adaptive response to prolonged dehydration. This could be useful for future targeted molecular strategies in stress-resilient crops design.

UDC 577.113.5 + 582.675.1

Tynkevich Y.¹, Poczai P.², Volkov R.*¹¹ Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine² University of Helsinki, Helsinki, Finland

e-mail: r.volkov@chnu.edu.ua

GENOMIC ORGANIZATION AND EVOLUTIONARY DYNAMICS OF 5S rDNA REPEATS IN DIFFERENT SUBGENERA OF *ACONITUM*

Over the past decade with the availability of the whole-genome sequencing data the study of diversity and organization of repetitive sequences has developed into a distinct field of genomics – repeatomics. Most existing studies focus on a generalized analysis of repetitive elements (REs) in the genome, whereas detailed investigations of individual RE families are far less common. Tandemly arranged 5S ribosomal RNA genes (5S rDNA) represent a RE family present in the genomes of all eukaryotes. Each 5S rDNA repeated unit consists of an evolutionarily conserved coding sequence (CDS) and a hypervariable intergenic spacer (IGS).

In this study, we conducted a comprehensive analysis of 5S rDNA using genome skimming data from 67 samples representing 40 taxa of the genus *Aconitum*. Repeat organization analysis with the TAREAN tool revealed substantial differences in the genomic organization of 5S rDNA both between and within subgenera. The proportion of 5S rDNA in the genome ranged from 0.025% in *A. anthora* L. and *A. degenii* Gáyer to 0.88% in *A. napellus* L., with up to a fourfold difference observed among individuals of the same species.

The total number of individual repeat variants per species ranged from three (*A. degenii* Gáyer, *A. barbatum* Patrin ex Pers.) to 57 (*A. kirinense* Nakai). In most cases, individual variants could be grouped into one to three classes, differing by numerous SNPs within the IGS. Recombinant sequences between classes were also detected. Notably, in some species (*A. coreanum* (H. Lév.) Rapaics, *A. napellus*, and *A. turczaninowii* Vorosch) possessing relatively few highly similar variants, the genomic proportion of 5S rDNA was high (> 0.5%), which may indicate a recent genomic expansion of this repeat variants.

The comparison of 5S rDNA repeat organization among representatives of the three subgenera (*Aconitum*, *Anthora*, and *Lycocotnum*) revealed substantial diversity both among and within subgenera. Similarities in repeat structure, abundance, and number of individual variants and classes were found only between closely related species. Thus, patterns of 5S rDNA evolution can vary considerably within intrageneric groups of plants.

UDC 575.113:635.64]:632.35

**Mitina I.*¹, Bahsiev A.¹, Grajdieru C.¹, Tumanova L.¹, Mitin V.¹,
Muller K.²**

¹ Moldova State University, Institute of Genetics, Physiology and Plant Protection, Padurii, 20, Chisinau, Moldova

² Institute of Experimental Botany, Czech Academy of Sciences, Rozvojová 263 Praha 6 – Lysolaje, Prague, Czech Republic
e-mail: irina.mitina@sti.ums.md

CHANGE IN TOMATO GENE EXPRESSION UPON PHYTOPLASMA INFECTION

Phytoplasmas are plant pathogenic intracellular bacteria inhabiting phloem tissue and transmitted to plants by insect vectors. They affect a variety of agriculturally important crops, causing substantial economic losses. Interestingly, phytoplasma has the ability to modify gene expression in both its plant host and insect vector. Understanding the specific transcriptional responses of various crop varieties to phytoplasma infection may help reveal the mechanisms behind plant resistance to this pathogen. The goal of this study is depicting the response of two local Moldovan tomato varieties to infection of *Candidatus* Phytoplasma solani, a causative agent of stolbur in tomato, a disease responsible for up to 70–100% of yield loss.

Total RNA from peduncles of healthy and infected tomato plants of two varieties was extracted and subjected to library preparation and sequencing, which resulted in at least 40 million 150 bps long read pairs.

As a result, 143 genes were identified as significantly ($q\text{-value} \leq 0.05$) differentially expressed in infected samples compared to uninfected plants of both varieties. Among these genes, 81 were upregulated and 62 were downregulated (fold-change ≥ 2) in infected plants compared to healthy controls. Differentially expressed genes include those involved in hormone regulation, flowering control and floral architecture, plant defense, cell wall structure and stomatal regulation, among others. Differential expression of some genes (Apetala2b, Vacuolar Iron Transporter-like protein) was further confirmed by qPCR, and is the subject of further studies.

This analysis provides insights into the mechanisms by which phytoplasmas regulate host gene expression and how tomato plants respond to phytoplasma infection.

This research was supported by UNDP-IRH-00048 Czech Challenge Fund 2023 and UNDP-IRH-00181 Czech Challenge Fund 2024 funded by UNDP and Czech Republic Development Cooperation, and Institutional Project, Subprogram 011101 “Genetic and biotechnological approaches to agroecosystem management under conditions of climate change”, funded by The Ministry of Education and Research of the Republic of Moldova.

UDC 631.528.6:633.13]:632.25

Nucia A.*, Grzelak W., Okoń S.

University of Life Sciences in Lublin, Institute of Plant Genetics, Breeding and Biotechnology, Lublin, Poland
e-mail: aleksandra.nucia@up.lublin.pl

TAKING STOCK OF HOW EFFECTIVE THE OAT RESISTANCE GENES TO POWDERY MILDEW ARE IN POLAND

Oat (*Avena sativa* L.) is a widely cultivated crop valued for its nutritional quality and multifunctional applications. However, its productivity may be increasingly compromised by fungal diseases. Powdery mildew, caused by *Blumeria graminis* f. sp. *avenae*, is one of the most common and economically damaging diseases of oat in Poland, leading to reduced photosynthetic efficiency and yield losses. The most sustainable method of managing this disease is through using genetic resistance. It combines effectiveness, economy and environmental friendliness because it eliminates the need for fungicides and reduces production costs. So far, 13 genes conferring resistance to powdery mildew have been identified, mainly designated as Pm genes. However, the long-term effectiveness of these resistance genes is increasingly challenged by the pathogen's ability to evolve and overcome plant defences. Certain genes can initially confer strong resistance, but their effectiveness often declines over time due to the appearance to new pathogen races capable of breaking down resistance. This phenomenon, known as resistance erosion, is particularly evident in regions where a limited number of genes are used widely, allowing the pathogen to adapt. Therefore, regular monitoring of oat resistance gene effectiveness and changes in the pathogen populations is essential to assess which genes remain effective. In Poland, the effectiveness of individual Pm genes varies due to the high genetic variability and rapid evolution of the pathogen population. For this reason, the effectiveness of these genes was monitored using common oat varieties and lines with known 13 resistance genes, analyzing the degree of *Blumeria graminis* f. sp. *avenae* infection from different localizations in Poland. Depending on the gene and pathogen pathotype, effectiveness of powdery mildew resistance genes has been demonstrated to be weak, moderate and high. While Pm genes have provided an essential tool for managing powdery mildew in oats, their effectiveness must be continually assessed. Sustainable disease management will depend on integrating resistant varieties with other agronomic practices and diversifying the genetic basis of resistance in breeding programs.

UDC 606:631.528:004

Chebotar G.*, Kotni P., König P., Oppermann M.

Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 06466, Germany

* e-mail: chebotar@IPK-gatersleben.de

MANAGING, CURATING AND SHARING PASSPORT, PHENO- AND GENOTYPING PGR DATA TO PROMOTE AGRO-BIODIVERSITY AND ITS UTILISATION

Large datasets generated in international consortium projects involving partners from different institutions across Europe and beyond can become freely accessible to millions of interested users worldwide. Ensuring that data are FAIR and openly accessible requires the development of well-structured experimental designs, comprehensive metadata descriptions, and standardized experiment templates in accordance with current scientific and data management standards.

In this context, managing, curating, and sharing passport, phenotypic, and genotypic data of plant genetic resources (PGR) plays a crucial role. Data collected and integrated from consortium partners should undergo thorough validation and curation to ensure uniformity and compliance with predefined templates. The resulting standardized datasets should be findable and accessible through open repositories or dedicated web portals, thus promoting transparency, interoperability, and reusability of valuable genetic resource information.

How do the obtained data help to promote agrobiodiversity and its utilisation?

Through standardized phenotyping and genotyping experiments high-quality datasets that capture the genetic diversity and trait variation present within these crops are generated. By ensuring that all data are collected and shared according to the FAIR principles via the web portal, researchers, breeders, and policymakers worldwide can access, analyse, and integrate these datasets into their work.

This openness enables: breeding program enhancement – by identifying beneficial alleles and linking them to phenotypic traits under diverse environmental conditions; conservation strategies by documenting and preserving genetic diversity in a transparent and traceable way, Knowledge transfer by allowing institutions across countries to reuse the same standardized data; increased crop resilience through informed selection and targeted breeding for climate adaptation and disease resistance.

Ultimately, the combination of robust experimental design, FAIR-compliant data sharing, and global accessibility strengthens the link between scientific research and practical agricultural outcomes, fostering both the preservation of agrobiodiversity and its active use in sustainable food systems.

UDC 575+579

Rebets Y., Olishkevych V., Stetsyk R., Ostash B.*

Department of Genetics and Biotechnology, Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine
e-mail: bohdan.ostash@lnu.edu.ua

***STREPTOMYCES VIRIDOSPORUS* ATCC14672 AS A PLATFORM FOR DEVELOPMENT OF ANTIBIOTICS WITH A NOVEL MODE OF ACTION**

Streptomyces viridosporus ATCC14672 is known for the production of phosphoglycolipid family antibiotics, the moenomycins. The latter exhibit a unique (and as-yet medically unexploited) mode of action via direct inhibition of peptidoglycan glycosyltransferases (PGTs). Gram-positive cocci resistant to other cell wall active drugs show no cross-resistance to moenomycins, making them an ideal candidate to develop a novel class of antibiotics. The major pharmacological hurdles on the way to moenomycin-based drugs are their very low oral bioavailability and long half-life in the bloodstream. Moenomycins are structurally very complicated molecules, and so the only viable route towards their production would be a microbiological (fermentation-based) one. However, available ATCC14672 strains produce minute quantities of this antibiotic. We discovered the genetic control of moenomycin biosynthesis, which gave us new tools to both increase the production level of these fascinating natural products, and also to alter their structure. A major focus of our current research is to understand global mechanisms governing its production, such as the impact of transcription efficiency as well as genomic instability. To this end, we were able to isolate a number of spontaneous rifampicin-resistant ATCC14672 mutants harboring missense mutations within *rpoB* gene for the beta-subunit of RNA polymerase. Some of these mutations, such as H437Y, appeared to have a positive effect on total antibiotic activity of the strain. Also, we demonstrate the occurrence (at a frequency of about 10^{-4}) of spontaneous sporulation-deficient variants within the population of wild type strain which retain the ability to produce moenomycins. One such mutant has been genomically characterized and shown to harbor a large (approx. 1 Mbp in size) deletion within the right telomere arm of ATCC14672 linear chromosome.

Acknowledgement. This work is supported by a grant BG-19F from the Ministry of Education and Science of Ukraine.

UDC 595.771:574:577.2

Rudik V.*^{1,2}, Chebotar S.^{1,3}

¹ Odesa I. I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine

² The Subsidiary “I. I. Mechnikov Anti-Plague Institute” of the State Institution “Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine”, Odesa, Ukraine

³ Plant Breeding and Genetic Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, Odesa, Ukraine

e-mail: lab.nii.rudik@stud.onu.edu.ua

RESULTS OF MOLECULAR IDENTIFICATION OF SPECIES OF THE ANOPHELES MACULIPENNIS S.L. COMPLEX IN ODESA REGION

Malaria remains a serious public health threat, while global climate change, increasing migration flows, and international transportation create conditions for the re-establishment of local transmission even in countries where the disease has been eliminated. In Ukraine, seven species of malaria mosquitoes are known [4], with members of the *Anopheles maculipennis* sensu lato (s.l.) complex – a group of morphologically similar but genetically distinct species – playing the leading epidemiological role. Due to considerable morphological similarity and the limitations of cytogenetic methods, molecular approaches have increasing importance [1, 3].

The aim of the study was to determine the species composition of the *An. maculipennis* s.l. complex in biotopes of Odesa Region using ITS2 rDNA markers.

In September 2023, 188 larvae of malaria mosquitoes were collected from biotopes in three localities of Odesa District (Yasky, Mayaky, Velykodolynske). Morphologically identified representatives of the *An. maculipennis* s.l. complex (n = 108) were analysed by PCR with species-specific primers targeting the ITS2 region [1–3]. Amplicons were determined by size following electrophoresis in 7% polyacrylamide gel, visualized with silver nitrate.

Five species of the complex were identified: *An. atroparvus* (117 bp), *An. labranchiae* (374 bp), *An. maculipennis* s.s. (410 bp), *An. melanoon* (224 bp), and *An. messeae* (305 bp). *An. beklemishevi* and *An. sacharovi* were not detected. Additionally, *An. hyrcanus* (not belonging to the complex) was morphologically identified. *An. labranchiae* and *An. melanoon* were recorded for the first time in Ukraine.

Dominance structure varied among the localities: *An. hyrcanus* predominated in Yasky (50.7%), *An. messeae* in Mayaky (50.0%), and in Velykodolynske, *An. hyrcanus* (43.6%) co-dominated with *An. maculipennis* s.s. (34.3%).

Thus, six *Anopheles* species were recorded in the studied biotopes, five of which belong to the *An. maculipennis* s.l. complex. The first detection of *An. labranchiae* and *An. melanoon* in Ukraine is of considerable epidemiological importance. The

use of ITS2 markers confirmed their high efficiency for distinguishing cryptic species, which is important for improving the system of entomological surveillance of malaria vectors in Ukraine.

The results provide a basis for further monitoring of malaria vectors and assessing the risk of re-establishment of local transmission.

References

1. Collins, F. H. & Paskewitz, S. M. (1996). A review of the use of ribosomal DNA (rDNA) to differentiate among cryptic *Anopheles* species. *Insect Mol. Biol.*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.1996.tb00034.x>
2. Kampen, H. (2005). Integration of *Anopheles beklemishevi* (Diptera: Culicidae) in a PCR assay diagnostic for Palearctic *Anopheles maculipennis* sibling species. *Parasitology Research*, 97(2), 113–117. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1392-9>
3. Proft, J., Maier, W. A., & Kampen, H. (1999). Identification of six sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex (Diptera: Culicidae) by a polymerase chain reaction assay. *Parasitology Research*, 85(10), 837–843. <https://doi.org/10.1007/s004360050642>
4. Sheremet, V. P. (1998). *Blood-sucking mosquitoes of Ukraine* (192 p.). Kyiv: Naukova Dumka. [in Ukrainian]

UDC 575,616.36-002

Sirokha D.¹, Rayevsky A.¹, Khalangot M.², Gorodna O.¹, Mayere Ch.³, Nef S.³, Jaruzelska J.⁴, Kusz-Zamelczyk K.⁴, Livshits L.*¹.

¹ Institute of Molecular Biology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³ Faculty of Medicine, University of Geneva Medical School, Geneva, Switzerland

⁴ Institute of Human Genetics, Polish Academy of Sciences, Poznan, Poland
e-mail: livshits@edu.imbg.org.ua

NOVEL CANDIDATE GENES FOR OLIGOGENIC 46,XY COMPLETE GONADAL DYSGENESIS

Sexual development in humans depends on the proper determination, differentiation, and functioning of the gonads. Approximately 50% of 46,XY gonadal dysgenesis (GD) cases are attributed to mutations in genes such as *SRY*, *NR5A1*, *MAP3K1*, and *DHX37*. Whole-exome sequencing (WES) allowed the identification of several new candidate genes. Increasing evidence suggests that some cases follow an oligogenic inheritance pattern, where multiple genetic variants collectively contribute to the phenotype. This research aimed to identify novel DSD genetic variants through WES and subsequent genotype-phenotype correlation analysis.

The patient, UKR21, presents 46,XY SRY-positive, complete gonadal dysgenesis (CGD), osteoporosis. After WES analysis, no convincing pathogenic variants were identified in known DSD-related genes, so we extended our analysis to other candidate genes.

Two different mutations in a compound heterozygous state were identified in the *STARD9* gene: NM_020759.3 c.5585_5590del (p.Ser1862_Thr1863del) (rs528276071) – an in-frame deletion (MAF = 0.0019); combined with NM_020759.3 c.3514 C>T (p.Arg1172Cys) (rs12594837) – a missense mutation (MAF = 0.00837). Detected mutant variants were inherited from healthy parents – heterozygous carriers and were not previously implicated in the pathogenesis of any disease.

In mice, *Stard9* is expressed in a sex-specific manner during gonadal differentiation, with significantly higher expression in Sertoli cells, supporting its potential role in testicular development.

Considering the oligogenic inheritance of the 46,XY CGD in our patient, we explored whether *STARD9* protein interactors contained additional variants. We identified a missense variant in the *CDK5RAP2* gene: NM_018249.5:c.2003A>G (p.Tyr668Cys) (rs137966123), which was inherited from the heterozygous mother and has a MAF of 0.0003284.

Molecular simulation revealed that mutations in both genes can affect some regulatory patterns responsible for the PPI interactions. *Cdk5rap2* and *Stard9* are expressed in a sex-specific manner, with the highest expression in Sertoli cells during gonadal development in the mouse [1]. *Cdk5rap2* plays a critical role in gonadal development, as demonstrated in mouse models [2]. Recently, a missense variant in *CDK5RAP2* was associated with non-obstructive azoospermia [3], while *STARD9* was shown to be downregulated in sperm cells of patients with asthenozoospermia [4].

Based on the results of this study and prior evidence we propose that these genes should be considered candidate genes for 46,XY CGD, potentially acting in an oligogenic mode of inheritance.

References

1. Mayere, C., Regard, V., Perea-Gomez, A., Bunce, C., Neirijnck, Y., Djari, C., Bellido-Carreras, N., Sararols, P., Reeves, R., Greenaway, S., Simon, M., Siggers, P., Condrea, D., Kühne, F., Gantar, I., Tang, F., Stévant, I., Batti, L., Chyselincq, N. B., Wilhelm, D., Greenfield, A., Capel, B., Chaboissier, M.-C., & Nef, S. (2022). Origin, specification and differentiation of a rare supporting-like lineage in the developing mouse gonad. *Developmental Biology*, 8(21). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm0972>
2. Kang, D., Shin, B., Kim, G.-N., Hea, J. H., Sung, Y. H., & Rhee, K. (2024). Roles of Cep215/Cdk5rap2 in establishing testicular architecture for mouse male germ cell development. *FASEB J.*, 38(22). e70188. <https://doi.org/10.1096/fj.202401541R>
3. Rahimian, M., Askari, M., Salehi, N., Riccio, A., Jaafarinia, M., Almadani, N., & Totonchi, M. (2023). A novel missense variant in *CDK5RAP2* associated with non-obstructive azoospermia. *Taiwan J. Obstet Gynecol.* 62(6), 830–837. <https://doi.org/10.1016/j.tjog.2023.03.015>
4. Mao, X. M., Xing, R.-W., Jing, X.-W., Zhou, Q.-Z., Yu, Q.-F., Guo, W.-B., Wu, X.-Q., Chu, Q.-J., & Febg, C.-Q. (2011). Differentially expressed genes in asthenospermia: a bioinformatics-based study. *Natl J Androl.* 17(8), 694–698.

UDC 575.17(477)

Oleksyk T.*^{1,2}, Wolfsberger W.¹, Oleksyk O.³, Hasynets Y.², Shchubelka K.²¹ Oakland University, Rochester MI, 48309, USA² Uzhhorod National University, Uzhhorod, 88000, Ukraine³ Zakarpattia Regional Clinical Hospital, Uzhhorod, Ukraine

e-mail: oleksyk@oakland.edu

GENOME DIVERSITY IN UKRAINE: POPULATION AND HEALTH-RELEVANT VARIATION FROM NATION-WIDE GENOME AND WHOLE EXOME SURVEYS

Large parts of the world remain genomic “deserts,” where limited sequence data hinder accurate risk prediction and equitable therapeutic discovery. We present a two-pronged strategy to reduce these gaps. Using a continuously updated, open-access platform that compiles whole-genome and whole-exome datasets from more than 40 international projects, we quantify disparities in sequencing density. Regions such as Eastern Europe, Central Asia, and parts of Africa collectively contribute < 5 % of genomes deposited in public archives.

Leveraging the framework of Genome Diversity in Ukraine initiative, we have created the first country-wide Ukrainian exome reference and expanded local capacity in Ukraine to include: (a) a biobank facility for >30K biospecimens; (b) an accredited molecular-genetics laboratory; and (c) a bioinformatics analysis hub. Currently, within the Ukrainian Type 1 Diabetes Exome Project, more than half of the projected 20,000 case-control exomes + have been collected, biobanked, and sequenced. Preliminary genome-wide association scans, anchored by a custom 2 M-SNP scaffold and imputed, confirm classical HLA-DR/DQ signals and reveal coding variants in genes that appear at elevated frequencies relative to gnomAD Europeans. The data provides background for estimates of local ancestry and historical natural selection on the population level.

The Genome Diversity in Ukraine open-access database and the T1D research data transform Ukraine from a genomic desert into a data-rich landscape, improve imputation accuracy for Eastern-European studies, and supply endemic alleles for global polygenic-risk models. The approach – local biobanking, international sequencing partnerships, open data – offers a scalable blueprint for other under-sampled regions, advancing fair representation in precision medicine.

References

1. Oleksyk, T. K., Wolfsberger, W. W., Weber, A. M., Shchubelka, K., Oleksyk, O. T., Levchuk, O., Patrus, A., Lazar, N., Castro-Marquez, S. O., Hasynets, Ya., Boldyzh, P., Neymet, M., Urbanovych, A., Stakhovska, V., Malyar, K., Chervyakova, S., Podoro, O., Kovalchuk, N., Rodriguez-Flores, J. L., Zhou, W., Medley, S., Battistuzzi, F., Liu, R., Hou, Y., Chen, S., Yang, H., Yeager, M., Dean, M., Mills, R. E., & Smolanka, V. (2021). Genome diversity in Ukraine. *GigaScience*, 10(1), g1aa159. <https://doi.org/10.1093/gigascience/g1aa159>

2. Shchubelka, K., Wolfsberger, W. W., Oleksyk, O., Sverdliuk, I., Kachur, M., Tynta, S., Sheveria, S., Hasynets, Y., Pankiv, V., Mirutenko, V., Huklyvska, A., Sokolova, L., Buldyhina, Y., Savchuk, N., Galetska, A., Khyzhnyak, O., Nikolaev, R., Kurutsa, O., Urbanovych, A., Laniush, F., Suslyk, H., Marusyn, O., Malyar, K., Anisimova, O., Chukmasova, M., Chayka, G., Velychko, V., Neporada, V., Pencho, H., Turova, L., Komisarenko, Yu., Kobylak, N., Ilkiv, Ye., Suvorova, D., Bobryk, M., Prudius, P., Semeniuk, I., Shkarivska, S., Trompynska, I., Globa, E., Pasyechko, N., Krytskyi, T., Hrachova, T. M., Bondarets, I., Savchuk, Yu., Mankovsky, B., Saienko, Ya., Levadska, A., Pashkovska, N., Tsaryk, I., Shaienko, Z., Kulchytska, V., Mohylnytska, L., & Oleksyk, T. K. (2025). Genomics of Type 1 Diabetes in Ukraine Initiative. *International Journal of Endocrinology (Ukraine)*, 21(4), 343–350. <https://doi.org/10.22141/2224-0721.21.4.2025.1557>
3. Wolfsberger, W. W., Chugani, K., Shchubelka, K., Frolova, A., Salyha, Yu., Zlenko, O., Arych, M., Dziuba, D., Parkhomenko, A., Smolanka, V., Gümüş, Z. H., Sezgin, E., Diaz-Lameiro, A., Toth, V. R., Maci, M., Bortz, E., Kondrashov, F., Morton, P. M., Łabaj, P. P., Romero, V., Hlávka, J., Mangul, S., & Oleksyk, T. K. (2023). Scientists without borders: lessons from Ukraine. *GigaScience*, 12, giad045. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giad045>

ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ АВТОРІВ

Під час подання рукопису до журналу автори повинні підтвердити його відповідність всім встановленим вимогам, вказаним нижче. В разі виявлення невідповідності поданої роботи пунктам цих вимог редакція повертатиме авторам матеріали на доопрацювання. Внутрішнє рецензування здійснюється членами редакційної колегії, які мають найбільш близьку до тематики роботи наукову спеціалізацію. Рецензент визначає наукову цінність авторського оригіналу, відповідність матеріалу тематиці журналу.

Зовнішнє рецензування здійснюється висококваліфікованими фахівцями, які мають наукові праці з проблематики статті. Зовнішній рецензент обирається з урахуванням його поточного навантаження та з його згоди.

Рецензування проводиться конфіденційно за принципами подвійного сліпого рецензування, коли ні автор, ні рецензент не знають один про одного.

1. Правила подання рукопису до журналу «Вісник Одеського національного університету. Біологія»

1.1. «Вісник Одеського національного університету. Біологія» здійснює такі публікації:

- Наукові статті, зокрема оглядового характеру.
- Короткі повідомлення.
- Бібліографія.
- Матеріали конференцій.
- Рецензії.
- Матеріали з історії науки та університету.

1.2. У певному випуску один автор має право надрукувати тільки одну самостійну статтю.

1.3. Мови видання – українська, англійська.

1.4. До редакції «Вісника...» подається відредагований і погоджений з редколегією текст статті у форматі *.doc (гарнітура Times New Roman (Сур), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали; поля: ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см, верхнє – 2 см, нижнє – 2 см), набраний без застосування функції «Розстановка переносів» та два підписаних екземпляри «роздруківки» з неї. Резюме двома мовами (зразок оформлення публікації наведено наприкінці Керівництва). Рекомендація кафедри або наукової установи до друку.

2. Підготовка статті – обов'язкові складові

Оригінальна стаття має включати:

- 2.1. Коротку анотацію мовою оригіналу публікації і ключові слова.
- 2.2. Вступ, у якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження.
- 2.3. Матеріали і методи дослідження.

2.4. Результати дослідження та їх обговорення.

2.5. Аналіз результатів (може бути об'єднаний з попереднім пунктом).

2.6. Висновки.

2.7. «Список використаної літератури» – перелік усіх використаних джерел, який наводиться мовою оригіналу (всі джерела подаються тією мовою, якою їх опубліковано, тобто і кирилицею, і латиницею).

2.8. “References” – транслітерований перелік усіх використаних джерел, який наводиться латиницею і повністю дублює «Список використаної літератури»: джерела кирилицею транслітеруються відповідно до правил транслітерації; джерела латиницею дублюються зі «Списку використаної літератури».

2.9. Розширені резюме українською та англійською мовою із зазначенням ключових слів.

3. Оформлення рукопису, обсяг, послідовність та розташування обов'язкових складових статті

3.1. Обсяг рукопису наукової статті (з урахуванням малюнків, таблиць і підписів до них, анотацій, резюме, списку літератури) – 8–15 сторінок друкованого тексту, оглядів – до 20 сторінок, рецензій – до 3 сторінок, коротких повідомлень – до 2 сторінок. Рукописи більшого обсягу приймаються до журналу тільки після попереднього узгодження з редколегією.

3.2. Послідовність друкування окремих складових наукової статті має бути такою:

1. УДК – у лівому верхньому куті першого аркуша.
2. Прізвище та ініціали автора (авторів), а також відповідний вчений ступінь та посада, мовою оригіналу.
3. Ідентифікатор ORCID автора (авторів).
4. Назва наукової установи (зокрема відділу, кафедри, де виконано наукову працю).
5. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом), телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами.
6. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9 повнозначних слів), містити ключові слова.
7. Анотація мовою оригіналу наводиться як окремий абзац перед початком основного тексту статті з відступом 20 мм від лівого поля і має містити не більше 50 повнозначних слів. Слово «Анотація» (“Abstract”) не наводиться.
8. Під анотацією наводяться ключові слова, кожне з яких відокремлюється комою.
9. Далі йде основний текст статті, що включає основні змістові розділи, «Список використаної літератури» та “References”. Аналіз проблеми має базуватися на сучасній науковій літературі (за останні 10 років).

10. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті, після першого згадування про них.
 11. На окремому аркуші надаються резюме статті українською та англійською мовами, оформлені таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово «Резюме» (“Summary”), текст резюме і ключові слова (відповідно українською та англійською), а також “References”. Резюме має бути зрозумілим без звертання до самої публікації; у резюме має бути зазначена актуальність проблеми, мета, методи дослідження, основні результати дослідження, висновки та конкретні пропозиції автора. Обсяг резюме 250–280 слів.
- 3.3. Стаття має бути підписана автором (авторами).

4. Мовне оформлення тексту: термінологія. Умовні скорочення, посилання, таблиці, схеми, малюнки

4.1 Автори несуть повну відповідальність за бездоганне мовне оформлення тексту, за правильну українську наукову термінологію (її слід звіряти за фаховими термінологічними словниками).

4.2 Латинські біологічні терміни (назви видів, родів) подаються обов’язково латиницею і курсивом. За першого вживання латинської назви у дужках слід обов’язково надати український відповідник назви.

4.3 Якщо автор вважає за потрібне скоротити словосполучення, що часто повторюються у тексті статті, то такі аббревіатури наводять у дужках за першого вживання відповідного словосполучення. Наприклад: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення (далі СГІ – НЦНС).

4.4 Посилання на літературу надаються у тексті статті, обов’язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у «Списку використаної літератури». Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ДСТУ 8302:2015.

4.5 Цифровий матеріал, за можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці мають бути компактними з призначеним порядковим номером; граfi, колонки мають бути точно визначеними логічно і граfiчно. Цифровий матеріал таблиць слід обробити статистично. Матеріал таблиць (як і малюнкiв) має бути зрозумілим незалежно від тексту статті. За об’єднання декількох рисунків, малюнкiв або фотографій в один рисунок рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу. Наприклад:

a

б

Рис. Видове багатство (а) та чисельність (б) трофічних груп в угрупованнях підстилкових нематод лісів МНПП

4.6 Рисунки виконуються із застосуванням відповідного програмного забезпечення та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку має бути позначена відповідним номером, зміст кривих пояснюється у підписах під рисунком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і розмірність в одиницях СІ (% , мм, г і т.п.).

4.7 У розділі «Результати досліджень та їх обговорення» (якщо цей розділ не поєднаний з «Аналізом результатів», див. 2.4) необхідно викласти лише виявлені ефекти без коментарів – всі коментарі та пояснення надаються у розділі «Аналіз результатів». При викладенні результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, і звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають. Математичні (хімічні) формули виконуються із застосуванням засобів відповідного програмного забезпечення і, за потреби, нумеруються.

4.8 У розділі «Аналіз результатів» необхідно показати причинно-наслідкові зв'язки між встановленими ефектами, порівняти отриману інформацію з даними літератури і наголосити на виявлених нових даних. При аналізі слід посилатися на ілюстративний матеріал статті. Аналіз має закінчуватися відповіддю на питання, які були поставлені у вступі.

4.9 Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам «Вісника ОНУ. Біологія». За появи сумнівів щодо правомірності використання статистичних методів, з метою допомоги авторам, рецензенти мають право запросити доступ до первинних матеріалів. Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

5. Вимоги до оформлення «Списку використаної літератури» та «References»

5.1. «Список використаної літератури» наводиться мовою оригіналу джерел. Назви джерел у «Списку використаної літератури» розташовуються за абеткою; бібліографічні описи оформлюються згідно з ДСТУ 8302:2015. За наявності, обов'язково зазначати цифровий ідентифікатор об'єкта (Digital Object Identifier – DOI) для відповідного джерела.

Приклади бібліографічних описів за ДСТУ 8302:2015

Книги, монографії, атласи, словники

Сегре Дж. Звичайні генії: як два диваки творили сучасну науку. Київ : К.І.С., 2017. 392 с.

Vaiserman A. M. *Early Life Origins of Ageing and Longevity*. Springer, Cham, 2019. 310 p.

Lewin's cells / G. Plopper, D. Sharp, E. Sikorski, B. Lewin. 3rd ed. USA : Courier Companies, 2015. 1056 p.

Анатомія пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті : посіб. для студентів та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. 2-ге вид, розшир. та допов. Дніпропетровськ : Пороги, 2005. 218 с.

Мікробіологічні дослідження Чорного моря / за ред. д.б.н., проф. Іваниці В.О. Одеса : ОНУ, 2021. 282 с.

Українсько-німецький тематичний словник / [уклад.: Н. Яцко та ін.]. Київ : Карпенко, 2007. 219 с.

Статті у періодичних виданнях

Wolbachia in natural *Drosophila simulans* (Diptera: Drosophilidae) populations in Ukraine / S. Serga et al. *Symbiosis*. 2023. Vol. 89. P. 187–196. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-023-00899-8>

Січняк О. Л. Регулярність мейозу в ранніх генераціях гібридів м'якої пшениці зі штучною спельтою. Вісник Одеського національного університету. *Біологія*. 2018. Т. 23, вип. 1(42). С. 23–32. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2018.1\(42\).129125](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2018.1(42).129125)

Levitsky A., Maykova A., Makarenko O. Some indicators in rat blood samples taken from the portal vein and the inferior vena cava after consumption of different edible fats. *Journal of Education, Health and Sport*. 2018. Vol. 8(5). P. 299–308. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1320448>

Збірки конференцій, глави книг, розділи монографій

Zinchenko O. Yu., Shmatkova N. V., Seyfullina I. Y. Evaluation of antiviral activity 4-dimethylaminobenzaldehyde 2-hydroxybenzoyl-, nicotinoyl- and isonicotinoylhydrazones and their chelates with SnCl₄ on "phage-host" model. *Modern aspects of science* : 21th volume of the international collective monograph. Czech Republic : Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2022. P. 62–73.

De Man J. C., Rogosa M., Sharpe M. E. Cell transfer and interferon studies. *Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology* (Quebec, 17–21 May 2004). Quebec, 2004. P. 31.

Дисертації, автореферати дисертацій

Бакума А. О. Генетичний поліморфізм по локусам *Ppd* та фотоперіодична чутливість сучасних українських сортів м'якої пшениці : автореф. дис... канд. біол. наук : 03.00.22. Київ, 2021. 24 с.

Чернадчук С. С. Активність протеолітичних ферментів в тканинах тіла матки жінок без новоутворень та з онко-захворюваннями : дис... канд. біол. наук : 03.00.04. Харків, 2006. 189 с.

Депоновані наукові роботи, патенти, авторські свідоцтва

Спосіб фармакологічної корекції закритої черепно-мозкової травми комплексною сполукою на основі германію і діетилентриамінопентаоцтової кислоти з натрієм : пат. 83323 Україна : А61Р 43/00 на корисну модель ; заявл. 03.09.2012 ; опубл. 10.09.2013, Бюл. № 17. 6 с.

5.2 “References” – це транслітерований латиницею «Список використаної літератури». Назви джерел у “References” розташовуються за абеткою відповідно тому, як вони розміщені у “Списку використаної літератури”; бібліографічні описи оформлюються відповідно до міжнародного стандарту Американської психологічної асоціації (American Psychological Association – APA). За наявності, обов’язково зазначати цифровий ідентифікатор об’єкта (Digital Object Identifier – DOI) для відповідного джерела.

Транслітерація здійснюється відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27 січня 2010 р. «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею»:

- Стандартна українська транслітерація («паспортна»):
<http://ukrlit.org/transliterations>

Ім'я (ініціали) та прізвище автора (авторів) і назва видавництва транслітеруються (слово «видавництво» не зазначається). Місце видання (місто, країна) перекладається англійською.

Назви періодичних видань наводяться відповідно до офіційного написання латиницею за номером реєстрації ISSN (транслітерована назва або офіційна назва англійською). Під час транслітерації доцільно використовувати офіційні аббревіатури назв періодичних видань відповідно до ISSN (Abbreviated key title).

Вихідні дані для книг, частин/розділів книг, збірок, тез доповідей – місце видання, том, частина, сторінки тощо – наводяться у перекладі англійською (наприклад: Odesa; Vol., Part., pp.). Назва джерела або транслітерується (із обов’язковим зазначенням перекладу англійською у квадратних дужках), або одразу наводиться у перекладі англійською (лише за наявності авторського варіанту назви англійською).

В описах україно- чи російськомовних джерел тип видання (наприклад: монографія, наук.-практ. посіб.) не вказують! Для усіх описів, що їх було транслітеровано з української або російської, обов’язково зазначається мова оригіналу у квадратних дужках (наприклад: [in Ukrainian]). Для джерел іншими мовами (англійською, німецькою, польською тощо) мова оригіналу не зазначається.

Онлайн-керівництво з прикладами опису усіх видів публікацій за стандартом APA можна знайти за таким посиланням:

<https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/references/examples>

Приклади бібліографічних описів згідно зі стандартом APA**Книги**

- Jackson, L. M. (2019). *The psychology of prejudice: From attitudes to social action* (2nd ed.). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000168-000>
- Sapolsky, R. M. (2017). *Behave: The biology of humans at our best and worst*. Penguin Books. https://www.sackett.net/sapolsky_behave.pdf
- Shnayder, S. A., & Levitskiy, A. P. (2017). *Експериментальна стоматологія: Частина 1. Експериментальні моделі стоматологічних захворювань* [Experimental dentistry: Part 1. Experimental models of dental diseases]. Odessa: KP OGT. [in Russian].
- Kucheriavyyi, V. P., Dudyn, R. B., Kovalchuk, N. P., & Pylat, O. S. (2004). *Dereva, chaharnyky i liany v landshaftnii arkhitekturi* [Trees, shrubs and vines in landscape architecture]. Lviv: Kvart. [in Ukrainian].
- Andreiuk, K. I., Iutynska, G. O., & Antypchuk, A. F. (2001). *Funktsionuvannia mikrobykh tsenoziv gruntu v umovakh antropohennoho navantazhennia* [The functioning of microbial communities in soil under anthropogenic load]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian].
- Takhtajan, A. (2009). *Flowering Plants*. Berlin: Springer Verlag.

Статті у періодичних виданнях

- Tkachenko, V. O., Sytnik, Yu. M., Solyanik, J. V., Saliy, S. M., & Borbat, M. O. (2008). Suchasnyi stan ikhtiofauny r. Desna v mezhakh Ukrainy [Modern state of ichthyofauna of river Desna in limits of Ukraine]. *Fisheries Science of Ukraine*, (3), 46–52. [in Ukrainian].
- Rodier, F., & Campisi, J. (2011). Four faces of cellular senescence. *J Cell Biol*, 192(4), 547–556. <https://doi.org/10.1083/jcb.201009094>
- Torp K. (2023). Bookshelf: A biomedical database of books and documents. *Medical Reference Services Quarterly*, 42(2), 175–180. <https://doi.org/10.1080/02763869.2023.2194145>

Дисертації, автореферати

- Oliarnyk, O. D. (1998). *Doslidzhennia protsessiv perekysnoho okyslennia lipidiv ta aktyvnosti fermentiv antyoksydantnoho zakhystu pry tsukrovomu diabeti* [The study of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetes] [Candidate's dissertation, Ivan Franko State University of Lviv; 133 p.]. Lviv. [in Ukrainian].
- Zambrano-Vazquez, L. (2016). *The interaction of state and trait worry on response monitoring in those with worry and obsessive-compulsive symptoms* [Doctoral dissertation, University of Arizona]. UA Campus Repository. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/620615>

6. Зразок оформлення публікації

УДК 575.17:575.113.2:633.34

Ю. А. Попович¹, аспірантка; ORCID iD <https://orcid.org/0000-0001-6576-7606>

О. М. Благодарова², наукова співробітниця; ORCID iD <https://orcid.org/0009-0000-4505-6313>

С. В. Чеботар^{1,2}, д. б. н., професорка; ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-9130-7272>

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики; Шампанський пров., 2, м. Одеса, 65015, Україна

² Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дор., 3, м. Одеса, 65036, Україна

ПОЛІМОРФІЗМ МІКРОСАТЕЛІТНОГО ЛОКУСУ *TAGLGP* ТА ЙОГО ЗВ'ЯЗОК З АЛЕЛЬНИМИ ВАРІАНТАМИ ГЛІАДИНІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Досліджено поліморфізм мікросателітного локусу *Taglgap* в українських та зарубіжних сортах та лініях пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.). Знайдено 11 алелів мікросателіту *Taglgap*, з яких сім алелів у сортів, створених в Україні та десять алелів у сортів, створених в зарубіжних селекційних установах. Показано як асоціюються алелі мікросателітного локусу *Taglgap* з алельними варіантами гліадинів за локусом *Gli-B1*. Проведено аналіз нуклеотидних послідовностей у базі даних NCBI, та показано присутність й можливі алелі *Taglgap* у низки видів родів *Triticum* L. та *Aegolops* L.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., алельні варіанти гліадинів, *Taglgap*, мікросателіт, поліморфізм, *Gli-B1* локус.

Текст вступу до статті

Матеріали та методи досліджень

Текст матеріалів та методів роботи

Результати та їх обговорення

Викладення результатів та їх аналіз

Висновки...

Список використаної літератури

Розширене резюме українською та англійською мовами:

Ю. А. Попович¹, О. М. Благодарова², С. В. Чеботар^{1,2}

¹ Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра молекулярної біології, біохімії та генетики; Шампанський пров., 2, м. Одеса, 65015, Україна

² Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннезнавства та сортовивчення, Овідіопольська дор., 3, м. Одеса, 65036, Україна

ПОЛІМОРФІЗМ МІКРОСАТЕЛІТНОГО ЛОКУСУ *TAGLGP* ТА ЙОГО ЗВ'ЯЗОК З АЛЕЛЬНИМИ ВАРІАНТАМИ ГЛІАДИНІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ

Резюме

Проблема. Гліадини – мономерні та високополімерні запасні білки ендосперму пшениці, які разом зглютенінами формують глютенний комплекс, що визначає хлібопекарські властивості. Алеельні варіанти гліадинів є важливою ознакою при відборі матеріалу для селекції, проте визначення їх методом електрофорезу вкислому ПААГ є досить складним.

Мета. Метою даної роботи було дослідити поліморфізм мікросателітного локусу *Taglgap* та проаналізувати його зв'язок з поліморфізмом алеельних варіантів гліадинів визначених методом електрофорезу вкислому ПААГ.

Методика. У роботі досліджували 140 сортів та ліній пшениці м'якої української та зарубіжної селекції. Електрофорез запасних білків проводили вкислому ПААГ за методикою Ф. О. Поперелі [1989], алеельні варіанти позначали за міжнародною номенклатурою [Metakovsky et al., 2018]. ДНК виділяли з використанням СТАВ буферута проводили ПЛР зпраймерами до мікросателіту *Taglgap* (Devos et al., 1995). Продукти ПЛР фракціонували в 7% ПААГ та фарбували за допомогою аргентум нітрату. Нуклеотидні послідовності аналізували за допомогою BLAST та вирівнювали MAFT методами.

Основні результати. Виявлено 19 алеельних варіантів гліадинів та 11 алелів локусу *Taglgap*. В колекції українських сортів зустрічалися *Gli-B1b*, *Gli-B1c*, *Gli-B1d*, *Gli-B1e*, *Gli-B1f*, *Gli-B1g*, *Gli-B1h*, *Gli-B1i* та *Gli-B1o* алеельні варіанти і алелі *Taglgap* 216 п. н., 237 п. н., 246 п. н., 248 п. н., 252 п. н., 267 п. н., 270 п. н. та null. У зарубіжній колекції сортів – *Gli-B1a*, *Gli-B1b*, *Gli-B1c*, *Gli-B1d*, *Gli-B1e*, *Gli-B1f*, *Gli-B1g*, *Gli-B1h*, *Gli-B1i*, *Gli-B1j*, *Gli-B1k*, *Gli-B1l*, *Gli-B1m*, *Gli-B1n*, *Gli-B1o*, *Gli-B1p*, *Gli-B1q*, *Gli-B1r*, *Gli-B1s* та 213 п. н., 216 п. н., 237 п. н., 246 п. н., 248 п. н., 250 п. н., 252 п. н., 270 п. н., 285 п. н. та null. Аналіз нуклеотидних послідовностей в базі даних NCBI показав наявність ряду інших алелів мікросателіту *Taglgap* не тільки у пшениці м'якої, але й в деяких видів родів *Triticum* L. та *Aegilops* L.

Висновки. Виявлений поліморфізм корелює з поліморфізмом алеельних варіантів гліадинів *Gli-B1* локусу та дозволяє розділити *Gli-B1a*, *Gli-B1d*, *Gli-B1h* та *Gli-B1l* алеельні варіанти, а для українських сортів з високою імовірністю ще й *Gli-B1b* алеельний варіант. Проте, даний маркер не дозволяє ідентифікувати *Gli-B1c*, що є важливим для селекції.

Ключові слова: *Triticum aestivum* L., алеельні варіанти гліадинів, *Taglgap*, мікросателіт, поліморфізм, *Gli-B1* локус.

Yu. A. Popovych¹, O. M. Blagodarova², S. V. Chebotar^{1,2}

¹ Odesa I. I. Mechnikov National University, Department of Molecular Biology, Biochemistry and Genetics; 2 Shampanskyi Ln, Odesa, 65015, Ukraine

² Plant Breeding and Genetic Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation, National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine; 3 Ovidiopolska Rd, Odesa, 65036, Ukraine

POLYMORPHISM OF *TAGLGAP* MICROSATELLITE LOCUS AND ITS ASSOCIATION WITH ALLELELIC VARIETIES OF GLIADINS OF BREAD WHEAT

Summary

Introduction. Gliadins are monomeric and highly polymorphic storage proteins of wheat endosperm, which together with glutenins form a gluten complex that determines the breadmaking properties of wheat. Allelic variants of gliadins are an important feature in the selection for breeding material, but their detection by electrophoresis in acid PAGE is quite difficult.

Aim. The aim of this study was to investigate the polymorphism of the *Taglgap* microsatellite locus and to analyze its correspondence to the polymorphism of allelic variants of gliadins that have been revealed by acid PAGE electrophoresis.

Methods. 140 cultivars and lines of bread wheat of Ukrainian and foreign selection were analyzed. Electrophoresis of storage proteins was performed in an acid PAGE according to the method of F.O. Poperellia (1989), allelic variants were designated according to the international nomenclature [Metakovsky et al., 2018]. DNA was isolated by CTAB method and PCR was performed with primers to the *Taglgap* microsatellite [Devos et al., 1995]. PCR products were fractionated in 7% PAGE and stained with silver staining method. Nucleotide sequences were searched by BLAST and aligned by MAFT methods.

The main results. 19 allelic variants of gliadins and 11 alleles of the *Taglgap* locus were identified. In the collection of Ukrainian varieties there were *Gli-B1b*, *Gli-B1c*, *Gli-B1d*, *Gli-B1e*, *Gli-B1f*, *Gli-B1g*, *Gli-B1h*, *Gli-B1i* and *Gli-B1o* allelic variants and alleles of *Taglgap* 216 bp, 237 bp, 246 bp, 248 bp, 252 bp, 267 bp, 270 bp and *null*. In the foreign collection of varieties – *Gli-B1a*, *Gli-B1b*, *Gli-B1c*, *Gli-B1d*, *Gli-B1e*, *Gli-B1f*, *Gli-B1g*, *Gli-B1h*, *Gli-B1i*, *Gli-B1j*, *Gli-B1k*, *Gli-B1l*, *Gli-B1m*, *Gli-B1n*, *Gli-B1o*, *Gli-B1p*, *Gli-B1q*, *Gli-B1r*, *Gli-B1s* and 213 bp, 216 bp, 237 bp, 246 bp, 248 bp, 250 bp, 252 bp, 270 bp, 285 bp and *null*. Nucleotide sequence analysis in the NCBI database showed the presence of a number of other alleles of the *Taglgap* microsatellite not only in bread wheat but also in some species of the *Triticum* L. and *Aegilops* L. genus.

Conclusions. The detected polymorphism correlates with the polymorphism of allelic variants of gliadins of *Gli-B1* locus and makes it possible to identify *Gli-B1a*, *Gli-B1d*, *Gli-B1h* and *Gli-B1i* allelic variants, and for Ukrainian varieties with high probability also *Gli-B1b* allelic variant. However, this marker does not allow identifying *Gli-B1c*, which is important for breeding.

Key words: *Triticum aestivum* L., allelic variants of gliadins, *Taglgap*, microsatellite, polymorphism, *Gli-B1* locus.

References ...

7. Положення про авторські права

Автори, які публікуються у цьому журналі, погоджуються з такими умовами:

1. Автори залишають за собою право на авторство своєї роботи та передають журналу право першої публікації цієї роботи на умовах ліцензії Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0).
2. Автори мають право укладати самостійні додаткові угоди щодо неексклюзивного розповсюдження роботи у тому вигляді, в якому вона була опублікована у цьому журналі (наприклад, депонувати роботу в електронному сховищі установи або публікувати у складі монографії), за умови збереження посилання на першу публікацію роботи у цьому журналі.
3. Політика журналу дозволяє і заохочує розміщення авторами праці в мережі Інтернет (наприклад, в електронних архівах-репозитаріях установ або на особистих веб-сайтах), оскільки це сприяє виникненню продуктивної наукової дискусії та позитивно позначається на оперативності та динаміці цитування опублікованої роботи.

Публікація праць в журналі здійснюється на некомерційній основі. Комісійна плата за оформлення статті не стягується.

Положення про конфіденційність

Імена та електронні адреси, які вказуються користувачами сайту цього журналу, будуть використовуватись виключно для виконання внутрішніх технічних завдань цього журналу; вони не будуть поширюватись та передаватись стороннім особам.

Макет В. Г. Вітвицька

Підписано до друку 30.12.2025 р. Формат 70×108/16. Ум. друк. арк. 8,95.
Наклад 50 пр. Зам. № 3075.

Видавець

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011 р.
вул. Університетська, 12, м. Одеса, 65082, Україна
Тел.: +38 (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 р.
Фонтанська дорога, 10, м. Одеса, 65009, Україна
Тел.: +38 (050) 905 23 77
e-mail: selen_odessa@ukr.net