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

Odesa National University Herald

•

Вестник Одесского
национального университета

•

ВІСНИК ОДЕСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Серія: *Біологія*

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

Том 24, випуск 2(45) 2019

Одеса
ОНУ
2019

Засновник та видавець:
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

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

Редакційна колегія журналу:
Б. Г. Александров, д.б.н., професор (Україна); А. Бьорнер, д.б.н., професор (Німмечина); С. Верба, к.б.н., (Польща); В. В. Заморов, к.б.н., доцент (Україна); В. О. Іваниця, д.б.н., професор (Україна); К. Ковальчик, д.б.н., професор (Польща); С. Н. Оленін, професор (Литва); С. А. Петров, д.б.н., професор (Україна); М. Ю. Русакова, к.б.н., доцент (Україна); З. Селка, к.б.н., (Польща); В. А. Трач, к.б.н., доцент (Україна); Г. Федак, професор (Канада); П. М. Царенко, д.б.н., професор (Україна); С. В. Чеботар, д.б.н., член-кор. НААНУ (Україна) – *науковий редактор*; Т. Г. Алєксєєва, к.б.н., доцент (Україна) –*відповідальний секретар;* Г. В. Майкова, к.б.н., доцент (Україна) – *відповідальний секретар.*

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

Українською та англійською мовами

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

Затверджено до друку Вченою радою
Одеського національного університету
імені І. І. Мечникова. Протокол № 3 від 19.11.2019 р.

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

© Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2019

ЗМІСТ

ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

Топтіков В. А, Чеботар С. В.
ГЕНЕТИКО-БІОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ЗВ'ЯЗКУ АЛЕЛЬНОГО СКЛАДУ ЛОКУСУ *Ppd-D1* І СТІЙКОСТІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ДО НИЗЬКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ 11

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

Бушуєв С. Г., Демченко В. О.
ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА НА ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕРАХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ(ОГЛЯД) 41

Коробов Р. М., Тромбіцький І. Д.
ЗМІНА КЛІМАТУ В БАСЕЙНІ НИЖНЬОГО ДНІСТРА ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ 54

Лінецький Б. Г.
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ У ДОСЛІДЖЕННЯХ МАКРОБЕЗХРЕБЕТНИХ ПІЩАНИХ ПЛЯЖІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ (ОГЛЯД) 65

Снігірьов С. М.
РЕЗУЛЬТАТИ ІХТІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД о. ЗМІЇНИЙ (2016-2018) 80

Харитонова Ю. В.
АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ВОД УКРАЇНСЬКОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ІНДИКАТОРАМИ ЗООПЛАНКТОНУ (НА ПРИКЛАДІ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ) 88

Хоменко А. М., Утєвський С. Ю., Сон М. О., Шрестха М. Ю., Дядичко В. Г.
РІДКІСНІ ВИДИ ГЛОТКОВИХ П'ЯВОК (HIRUDINEA: ERPOBDELLIDAE) ПРИЧОРНОМОРСЬКОЇ НИЗОВИНИ: ІДЕНТИФІКАЦІЯ І ПОШИРЕННЯ 97

МІКРОБІОЛОГІЯ

Кранга К. М., Васильєва Н. Ю., Страшнова І. В.
РОЗПОДІЛ І МІНЛИВІСТЬ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГЕТЕРОТРОФНИХ, КОЛІМОРФНИХ І МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У ВОДІ І ГІДРОБІОНТАХ ЧОРНОГО МОРЯ 113

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

Макаренко О. А., Могілевська Т. В.
ПОРІВНЯЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРЕПАРАТІВ БІОФЛАВОНОЇДІВ ПРИ ЕКСПЕРИМЕТАЛЬНОМУ ГЕПАТИТІ 129

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

Коваленко С. Г., Васильєва Т. В., Бондаренко О. Ю., Немерцалов В. В.
КОЛЕКЦІЯ ВІДОМОГО БОТАНІКА МІШЕЛЯ ГАНДОЖЕ У ГЕРБАРІЇ MSUD 139

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Біологічна секція "The Importance of G. Gamow's Ideas for Biology of the 21st Century" у 6-ій Гамовській Міжнародній конференції, що проходила в серпні 2019 року в ОНУ імені І. І. Мечникова, присвячена 115-річному ювілею Г. А. Гамова

Савицький О. В.
ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ОБЧИСЛЕННЯ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ 154

Фішер Е. П.
"МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ" – СТВОРЕННЯ ФІЗИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОРГІЯ ГАМОВА 155

Чеботар С. В.
ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ СЕКВЕНУВАННЯ ГЕНОМУ ПШЕНИЦІ У СЕЛЕКЦІЙНИХ ПРОГРАМАХ (ПЕРСПЕКТИВИ ТА ТРУДНОЩІ) 156

Благодарова О. М.
АЛЕЛІ ЗАПАСНИХ БІЛКІВ ЯК МАРКЕРИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ЯКОСТІ, ЇХ ПОЛІМОРФІЗМ ТА РІЗНОМАНІТНІСТЬ 157

Черкас С. Л., Калашников В.Л.
КОСМОЛОГІЧНА СІНГУЛЯРНІСТЬ ЯК ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗЕРНО ДЛЯ ВСЬОГО 158

Іщенко О. О., Волков Р. А.
ЗАСТОСУВАННЯ 5S рДНК ДЛЯ ФІЛОГЕНЕТИЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ *ACER* ТА *DIPTERONIA* 159

Тинкевич Ю. О., Герасимчук І. В., Волков Р. А.
5S РИБОСОМНА ДНК ВІДДАЛЕНО-СПОРІДНЕНИХ ВИДІВ ДУБУ: МОЛЕКУЛЯРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТАКСОНОМІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ 160

Сіроха Д., Городна О., Лівшиць Х., Козирєва К., Лівшиць Л.
НОВІ МУТАЦІЇ, ІДЕНТИФИКОВАНІ ПІСЛЯ ВЕС ТА ПЕРЕДБАЧЕНІ КОДОВАНІ НИМИ БІЛКОВІ ЗМІНИ У ПАЦІЄНТІВ З РСР 161

Громозова О. М., Войчук С. І., Качур Т. Л., Грецький І. А.
ЧУТЛИВІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ДО ЗМІНИ КОСМІЧНОЇ ПОГОДИ 163

Костюк С. А.
РОЛЬ СУФРАКТАНТ ПРОТЕЇНУ В МОДЕЛЮВАННІ *IN VITRO* ПАТОГЕННИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ *MYCOPLASMA PNEUMONIA* 164

Костюк С. А., Полуян О. С.
ВИВЧЕННЯ ПОЛФІМОРФІЗМУ ГЕНУ ДОПАМІН-БЕТА-ГІДРОКСИЛАЗИ DBH3 У ПАЦІЄНТІВ З МІГРЕННЮ 165

Костюк С. А., Полуян О. С., Сімірський М. В.
МІКРОБІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРІОДОНТАЛЬНОЇ ПАТОГЕННОЇ МІКРОБІОТИ У ПАЦІЄНТІВ З ІНФЛАМАТОРНО-ДЕСТРУКТИВНИМИ ЗАХВОРЮВАННЯМИ ПЕРІОДОНТУ 166

Мілкото Н. А., Костюк С. А., Руденкова Т. В., Полуян О. С., Глінкіна Т. В.
ЗВ'ЗОК КЛІНІЧНИХ ДАНИХ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕНЕТИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МІКРОБІОТИ ШКІРИ У ПАЦІЄНТІВ З АТОПІЧНИМ ДЕРМАТИТОМ ТА ЕКЗЕМОЮ 167

Навалихіна А., Антонюк М., Терновська Т.
АНАЛІЗ ДАНИХ СЕКВЕНУВАННЯ МАЛИХ РНК У ЛІНІЙ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ З ІНТРОГРЕСІЯМИ З *AMBLYOPYRUM MUTICUM* 168

Полуян О. С., Костюк С. А., Руденкова Т. В., С'мірський В. В.
АНАЛІЗ ПРОФІЛЮ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ В ТРАВМАТОЛОГІЇ 170

Руденкова Т. В., Костюк С. А., Полуян О. С. Глінкіна Т. В., Мілкото Н.А.
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНИЙ МЕТОД ДЕТЕКЦІЇ РІВНІВ ЕКСПРЕСІЇ ГЕНІВ БІОТРАСФОРМАЦІЇ КСЕНОБІОТИКІВ У ШКІРІ ПАЦІЄНТІВ 171

Шатарнов О. П., Шатарнова Т. М., Давиденко О. Г.
РАННЬОСТИГЛІ ЛІНІЇ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ГІБРИДНОЇ СЕЛЕКЦІЇ СОНЯШНИКА (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) В БІЛОРУСІ 172

Бакума А. О., Булавка Н. В., Чеботар Г. О., Чеботар С. В.
ФОТОПЕРІОДИЧНА ЧУТЛИВІСТЬ І ГЕНЕТИЧНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ ГЕНІВ *Ppd-1* В УКРАЇНСЬКИХ СОРТАХ И ЛІНІЯХ ПШЕНИЦІ 173

Попович Ю. А., Метаковський Е. В., Чеботар Г. О., Чеботар С. В.
ПОЛІМОРФІЗ ЛОКУСІВ Ɣ-ГЛІАДІНУ *Gli-A1, Gli-B1* ТА *Gli-D1* У СОРТІВ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ, ЩО МАЮТЬ РІЗНІ ЕЛЕКРОФОРЕТИЧНІ ВАРІАНТИ ГЛІАДІНІВ 175

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ 177

CONTENTS

GENETICS AND MOLECULAR BIOLOGY

Toptikov V. A., Chebotar S. V.
GENETIC AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF THE ASSOCIATION OF THE *Ppd-D1* LOCUS WITH THE RESISTANCE OF WINTER SOFT WHEAT TO LOW TEMPERATURE 11

HYDROBIOLOGY AND GENERAL ECOLOGY

Bushuev S. G., Demchenko V.O.
CHARACTERISTICS OF FISH FARMING MANAGEMENT AT THE DANUBE LAKES AND PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT 41

Corobov R. M., Trombitsky I. D.
CLIMATE CHANGE IN THE LOW DNIESTER BASIN AS A FACTOR OF IMPACTS ON WATER ECOSYSTEMS 54

Linetskii B. G.
FEATURES OF USING STATISTICAL METHODS IN INVESTIGATIONS OF THE BLACK SEA SANDY COAST MACROINVERTEBRATES 65

Snigirov S. M.
RESULTS OF ICHTHYOLOGICAL INVESTIGATIONS IN ZMIINYI ISLAND COASTAL WATERS (2016-2018) 80

Kharitonova J. V.
ANALYSIS OF TRANSITION WATERS OF THE UKRAINIAN BLACK SEA SHELF BY ZOOPLANKTON INDICATORS (ON THE EXAMPLE OF THE DANUBE DELTA) 88

Khomenko A. M., Utevsky S. Y., Son M. O., Shrestha M. Y., Dyadichko V. G.
RARE ERPOBDELLIDS LEECHES (HIRUDINEA: ERPOBDELLIDAE) OF THE BLACK SEA LOWLAND: IDENTIFICATION AND DISTRIBUTION 97

MICROBIOLOGY AND BIOTECHOLOGY

Kranga C. M., Vasylieva N. Yu., Strashnova I. V.
DISTRIBUTION AND VARIABILITY OF THE HETEROTROPHIC, COLIMORPHIC AND LACTIC ACID BACTERIA NUMBER IN WATER AND AQUATIC ORGANISMS OF THE BLACK SEA 113

PHYSIOLOGY HUMAN AND ANIMALS

Makarenko O. A., Mogilevska T. V.
COMPARATIVE EFFICIENCY OF BIOFLAVONOID PREPARATIONS WITH EXPERIMENTAL HEPATITIS 129

HISTORY OF THE FACULTY AND UNIVERSITY

Kovalenko S. G., **Vasylyeva T. V.**, **Bondarenko O. Yu.**, **Nemertsalov V. V.**
THE SPECIMENS OF FAMOUS BOTANIST MICHEL GANDOGER IN MSUD HERBARIUM 139

CONGRESSES AND CONFERENCES

Biology section "The importance of G. Gamow ideas for Biology of the 21st Century"at the 6th International conference named by G. Gamow that had took place at August 2019 in ONU I. I. Mechnikov and were devoted to the 115 year anniversary of George Gamow

Savitsky O. V.
HIGH-PERFORMANCE CALCULATIONS IN BIOLOGICAL RESEARCHES 154

Fischer E. P.
"MOLECULAR BIOLOGY" - A CREATION OF PHYSICISTS WITH THE HELP OF GEORGE GAMOW 155

Chebotar S. V.
APPLICATION OF RESULTS OF SEQUENCING OF THE WHEAT GENOME TO BREEDING PROGRAMS (PERSPECTIVES AND DIFFICULTIES) 156

Blagodarova E. M.
THE STORAGE PROTEINS ALLELES AS MARKERS OF BREADMAKING QUALITY, IT'S POLYMORPHISM AND DIVERSITY 157

Cherkas S. L., Kalashnikov V. L.
COSMOLOGICAL SINGULARITY AS AN INFORMATIONAL SEED FOR EVERYTHING 158

Ishchenko O. O., Volkov R. A.
APPLICATION OF 5S rDNA FOR PHYLOGENY RECONSTRUCTION IN *ACER* AND *DIPTERONIA* 159

Tynkevich Y. O., Gerasymchuk I. V., Volkov R. A.
5S RIBOSOMAL DNA OF DISTANTLY RELATED QUERCUS SPECIES: MOLECULAR ORGANIZATION AND TAXONOMIC APPLICATION 160

Sirokha D., Gorodna O., Livshits H., Kozyrieva K., Livshits L.
NOVEL MUTATIONS IDENTIFIED AFTER WES AND PREDICTED ENCODED PROTEINS ALTERATIONS IN PATIENTS WITH DSD 161

Gromozova E. N., Voychuk S. I., Kachur T. L., Gretsky I. A.
SENSITIVITY OF MICROORGANISMS TO THE COSMIC WEATHER CHANGE 163

Kostiuk S. A.
THE ROLE OF SURFACTANT PROTEIN IN THE MODELING *IN VITRO* PATHOGENIC PROPERTIES OF *MYCOPLASMA PNEUMONIA* 164

Kostiuk S. A., Poluyan O. S.
THE STUDY OF THE DOPAMINE-BETA-HYDROXYLASE DBH3 GENE POLYMORPHISM IN PATIENTS WITH MIGRAINE 165

Kostiuk S.A., Poluyan O. S., Simirski M. V.
MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PERIODONTOPATHOGENIC FLORA IN PATIENTS WITH INFLAMMATORY-DESTRUCTIVE DISEASES OF PERIODONTIUM 166

Milkoto N. A., Kostiuk S. A., Rudenkova T. V., Poluyan O. S., Glinkina T. V.
THE RELATIONSHIP OF CLINICAL DATA AND SKIN MICROFLORA MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION RESULTS IN PATIENTS WITH ATOPIC DERMATITIS AND ECZEMA 167

Navalikhina A., Antonyuk M., Ternovska T.
ANALYSIS OF THE SMALL RNA-SEQ DATA OF THE BREAD WHEAT LINES WITH INTROGRESSIONS FROM AMBLYOPYRUM MUTICUM 168

Poluyan O. S., Kostiuk S. A., Rudenkova T. V., Simirski V. V.
GENE EXPRESSION PROFILE EVALUATION IN TRAUMATOLOGY 170

Rudenkova T. V., Kostiuk S. A., Poluyan O. S. Glinkina T. V., Milkoto N. A.
MOLECULAR-GENETIC METHOD FOR DETECTION EXPRESSION LEVELS OF THE XENOBIOTICS BIOTRANSFORMATION GENES IN THE PATIENTS SKIN 171

Shatarnov O. P., **Shatarnova T. M.**, **Davydenko O. G.**
EARLY MATURITY LINES AS THE BASE OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) HYBRID BREEDING IN BELARUS 172

Bakuma A. O., Bulavka N. V., Chebotar G. O., Chebotar S. V.
PHOTOPERIODIC SENSITIVITY AND GENETIC POLYMORPHISM OF *Ppd-1* GENES IN UKRAINIAN WHEAT VARIETIES AND LINES 173

Popovych Yu. A., Metakovsky E. V., Chebotar G. O., Chebotar S. V.
POLYMORPHISM OF γ-GLIADIN LOCI *Gli-A1, Gli-B1* and *Gli-D1* IN BREAD WHEAT VARIETIES THAT HAVE DIFFERENT ELECTROPHORETIC VARIANTS OF GLIADINS 175

RULES FOR THE AUTHORS 177

ГЕНЕТИКА ТА МОЛЕКУЛЯРНА БІОЛОГІЯ

УДК [57.032:575.117+57.042/048]+575.17+633.111
doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185637

В. А. Топтіков,[1] к.б.н., доцент,
С. В. Чеботар,[1, 2] д.б.н., професор
[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра генетики и молекулярної біології, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна
[2]Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення НААН України (СГІ - НЦНС),
Овідіопольська дор., 3, Одеса, 65036, Україна, e-mail: v.a.toptikov@gmail.com

ГЕНЕТИКО-БІОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ЗВ'ЯЗКУ АЛЕЛЬНОГО СКЛАДУ ЛОКУСУ *Ppd-D1* І СТІЙКОСТІ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ ДО НИЗЬКОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

Досліджували особливості експресії антиоксидантних ензимів (неспецифічних і специфічних пероксидаз, каталази, супероксиддисмутази) у рослин за нормальних умов та за дії низької позитивної температури. Досліджували два сорти з різними алелями локусу фотоперіодичної чутливості *Ppd-D1* та контрастних за стійкістю до гіпотермії. Показана різниця між досліджуваними сортами практично за всіма показниками експресії антиоксидантних ензимів (активності, частки у спектрі окремих форм, ступеню зв'язку з мембранними структурами, ступеню і напряму змін, співвідношенню активності різних ензимів) як у контрольних умовах, так і за умов досліду.

Ключові слова: *Triticum aestivum*; ген *Ppd-D1*; антиоксидантні ензими; експресія; гіпотермія.

Озимі форми пшениці мають значно більшу врожайність, ніж ярі. Однак, успішне використання озимих форм може суттєво обмежуватись, особливо в зонах ризикованого землеробства. Однією з властивостей, що лімітує у несприятливі роки продуктивність деяких озимих сортів є незначна холодо- і зимостійкість. Крім спеціальних генів (*fr, wcs120, cbf, tacr7* та ін.), велике значення щодо формування резистентності до низьких температур мають генні системи, відповідальні за розвиток рослин, в тому числі гени фотоперіодичної чутливості – *Ppd* [4; 5; 11; 13; 17; 20; 25; 27]. Гени індивідуального розвитку взаємодіють як між собою, так й з множиною інших генів, виконуючи роль тригерів, що ініціюють ланцюг наступних подій в житті рослини та реалізації їх властивостей [16; 19; 29; 39; 41].

Механізми плейотропної дії генів *Ppd* практично не вивчені. Для з'ясування генетико-біохімічних механізмів впливу генів фотоперіодичної чутливості на фізіологічні властивості рослин важливо, на нашу думку, дослідження особливостей експресії ензимів у різних за алельним складом цієї генетичної системи.

© В. А. Топтіков, С. В. Чеботар, 2019

Зі складного комплексу ензимів живих організмів великий інтерес викликають ензими антиоксидантної системи, функціонування яких забезпечує адаптивність організмів за впливу будь-яких факторів довкілля [2]. Антиоксидантні ензими грають ключову роль у регуляції вмісту та балансу в клітинах активних форм кисню (АФК). АФК, як відомо, крім негативної дії виконують функції посередників та сигнальних молекул в реакції у відповідь на вплив різних факторів середовища, низьких температур зокрема [3; 8; 16; 23; 24; 34; 35; 43]. Робіт, які б свідчили про вплив генів фотоперіодичної чутливості на експресію антиоксидантних ензимів, ми не знайшли. В зв'язку з цим, метою роботи було вивчити експресивність деяких ензимів за впливу несприятливих температурних умов на рослини, що відрізняються за алельним складом генів *Ppd*. В межах поставленої мети виконували такі завдання: 1) провести якісний та кількісний аналіз електрофореграм множинних форм антиоксидантних ензимів (каталаз, пероксидаз, супероксиддисмутаз); 2) встановити чи є зв'язок між показниками спектрів досліджуваних ензимів і толерантністю до низьких температур та алельним складом гену *Ppd-D1*.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили на етіольованих паростках двох сортів озимої м'якої пшениці, які відрізняються за алельним складом генів фотоперіодичної чутливості – Миронівська 808 і Тіра. У Миронівської 808 усі алелі цієї системи рецесивні (*PpD-A1b*, *PpD-Bb*, *PpD-D1b*) тоді, як у сорту Тіра присутній домінантний алель *PpD-D1a* [11].

Експеримент здійснювали за такою схемою. Насіння пророщували у пластмасових кюветах у багатошаровому фільтрувальному папері в темряві при 26–27 °С протягом чотирьох діб. Потім одну половину рослин продовжували вирощувати за тих ж умов – «контроль». Другу половину паростків переносили у холодильник (2–4 °С) – «дослід». Для подальших досліджень через 2, 8, 24 і 72 години відбирали для кожного варіанту пагони з 10–15 рослин.

Визначали сиру масу, а також масу паростків, зневоднену після триразової обробки ацетоном при 2–4 °С. Отримання тканинних гомогенатів для електрофоретичного аналізу ензимів та електрофорез проводили, як описані раніше [9]. Препарати розчинних форм ензимів одержували за допомогою буферу без додавання детергенту, препарати мембранозв'язанних та інших міцно зв'язаних форм – після наступного екстрагування препаратів буфером з Тритоном Х-100 (далі в тексті – «зв'язані форми»).

Ензими в гелях детектували відповідно рекомендацій [30]. Неспецифічну пероксидазну активність (КФ. 1.11.1.7) виявляли з використанням бензидину як субстрат ензиму, аскорбінатпероксидазну (КФ. 1.11.1.11) і супероксиддисмутазну (КФ 1.15.1.1) – проявляли по відновленню нітротетразолієвого синього. Каталазну активність (КФ. 1.11.1.6) виявляли за забарвленням крохмалю відновленим йодом. Специфічність множинних форм пероксидази до

ферулової кислоти виявляли за допомогою підходу, запропонованого у роботі [40]. Принцип методу ґрунтується на конкуренції між різними субстратами пероксидаз. Ферулова кислота на відміну від бензидину не дає забарвленого продукту окислення. Порівнюючи спектри неспецифічної пероксидази, отримані при використанні суміші субстратів бензидин + ферулова кислота зі спектром після фарбування бензидином, можна визначити ензим, специфічний до конкурентного субстрату (в даному випадку – до ферулової кислоти) і розрахувати його активність.

Електрофореграми документували за допомогою сканувальної приставки до комп'ютера і провадили кількісний аналіз отриманих денситограм за комп'ютерною програмою АнаИС (М. А. Поджарский, Д. Г. Рибалка, *podzharsky@ukr.net*). Визначали кількість множинних форм ферментів, їх відносну електрофоретичну рухливість (*Rf*) та питому вагу (частку) у відсотках у загальному спектрі. Ферментативну активність оцінювали за площею піків на денситограмах відповідних множинних форм, і розраховували в умовних одиницях (пікселях) на 1 мг сухої тканини (далі в тексті – «од/мг»). Зазначений спосіб не показує істинний рівень ферментативної активності, але є інформативним для порівняльних досліджень.

Ступінь інгібування росту рослин та змін показників спектрів ензимів (Δ) за впливу низьких температур розраховували за формулою:

$$\Delta = (К – Д)/К \times 100\%, \text{ де}$$

К і Д – значення показників у контролі та досліді відповідно.

Результати досліджень опрацьовували з використанням пакету програм *Microsoft Excel*. Достовірність різниці між порівнюваними варіантами розраховували за допомогою парного двохвибіркового t-тесту.

Результати та їх обговорення

Зниження температури в дослідних варіантах призводило до гальмування росту рослин обох сортів. Однак, як видно з рис. 1, зменшення маси паростків у порівнянні з контролем більш суттєвим було у сорту Тіра. Це добре узгоджується з відомим фактом про максимальний у порівнянні з іншими гомеологічними генами негативний вплив домінантного алелю *PpD-D1a* на зимо-морозостійкість [11].

Для з'ясування ролі ензимів в адаптації рослин важливо, з одного боку, оцінити їх початковий стан, що свідчить про «готовність» рослини до захисту від пошкоджувальної дії стресового чинника. З іншого боку, важливим показником пристосувальних можливостей є особливості змін, що виникають у відповідь на несприятливі умови.

Одним з перших етапів адаптації до дії низьких температур є детоксикація активних форм кисню [44]. Відомо, що провідними ензимами, що виконують

зазначену функцію, є різні пероксидази і каталази, які руйнують пероксиди, та супероксиддисмутази (СОД), що нейтралізують супероксидні радикали. На рис. 2 показані спектри досліджуваних ензимів у нормальних умовах культивування.

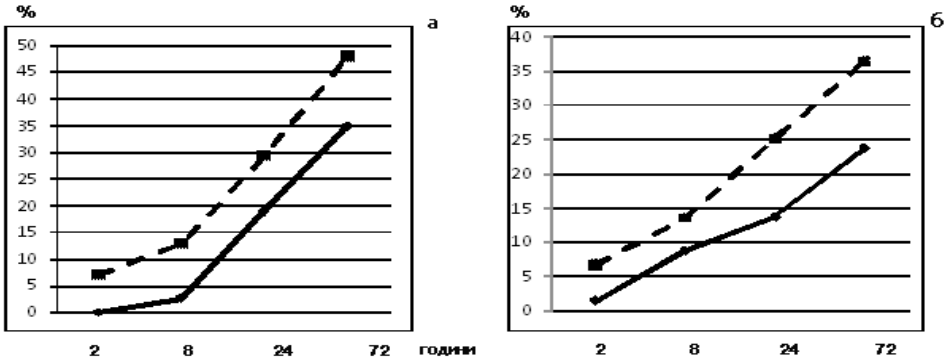


Рис. 1. Інгібування росту пагонів (%) під впливом низької температури за час експозиції (години): а – сира маса, б – маса зневоднених ацетоном паростків, суцільна лінія – сорт Миронівська 808, переривчата лінія – сорт Тіра

Неспецифічна пероксидаза (гваякол-пероксидаза, пероксидаза III, класична пероксидаза) виявлена як серед розчинних, так і серед зв'язаних форм білків. Всього в спектрах обох сортів було до десяті множинних форм (рис. 2 а, б). За кількісного аналізу електрофоретичних спектрів виявлені форми ензиму об'єднали у три фракції: малорухливу (значення *Rf* 0,04, 0,06 і 0,08), зі середньою рухливістю (*Rf* 0,11, 0,14, 0,16 та 0,20) та швидко рухливу (*Rf* 0,40, 0,42 і 0,45). Як видно з табл. 1, у розподілі форм пероксидази по спектрах суттєвих, достовірних розбіжностей між сортами не встановлено. Проте, експресивність пероксидаз, що визначалась за їх активністю, значно вище в сорту Миронівська 808. Зазначена різниця торкалась в першу чергу малорухливих і швидкорухливих форм ензиму.

Для з'ясування адаптивної значущості ензиму важливо визначити не тільки його загальну активність (загальну експресивність) та кількість, активність і питому вагу окремих множинних форм (кількість генів і алелів ензиму та їх індивідуальну експресію). Також важливо визначити внутрішньоклітинну локалізацію окремих форм ензиму [1; 10; 12; 28]. В зв'язку з цим окремо досліджували зв'язані форми пероксидази та їх частку від загальної активності ензиму. Ці форми ензиму екстрагуються тільки за допомогою неіонних детергентів, оскільки знаходяться у міцному зв'язку з мембранними структурами клітин, або всередині субклітинних органел. Зв'язані пероксидази можуть виконувати інші функції у порівнянні з цитозольними (розчинними) формами [7; 31].

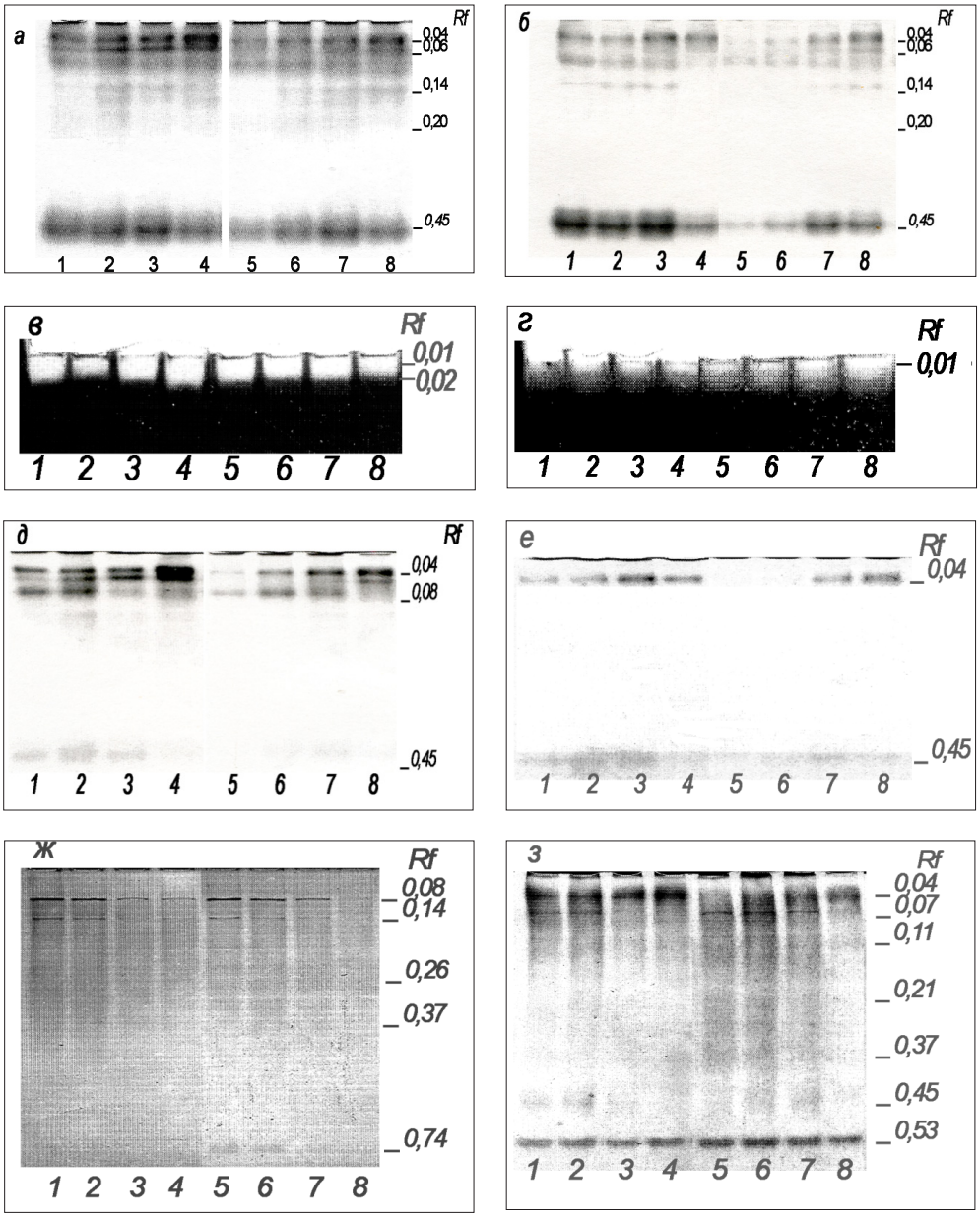


Рис. 2. Електрофоретичні спектри досліджуваних ензимів у контрольних рослин: а – пероксидаза неспецифічна розчинна, б – пероксидаза неспецифічна зв'язана, в – каталаза розчинна, г – каталаза зв'язана, д, е – спектри пероксидази при забарвленні сумішшю бензидин + ферулова кислота, д – розчинна форма, е – зв'язана форма, ж – аскорбінатпероксидаза, з – СОД; зображення спектрів аскорбінатпероксидази і СОД інвертовано; 1–4–Миронівська 808, 5–6–Ті-; ра; 1, 5–експозиція 2 годин, 2, 6–експозиція 8 годин, 3, 7–експозиція 24 години, 4, 8–експозиція 72 години

Таблиця 1

Експресивність неспецифічної пероксидази досліджуваних сортів у контролі та їх зміни у досліді

АКТИВНІСТЬ у контролі (од/мг)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракція			Загальна активність	Фракція			Загальна активність
	I	II	III		I	II	III	
2	182,81	40,05	546,47	769,34	94,41	6,00	63,44	163,85
8	257,08	58,59	461,28	776,95	110,78	18,03	116,00	244,81
24	323,38	45,80	636,32	1005,49	175,68	40,16	248,04	463,88
72	556,20	36,45	205,30	797,95	215,96	68,77	170,58	455,30
P	0,02	=	0,03	0,01				

РОЗПОДІЛ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ ПО СПЕКТРУ В КОНТРОЛІ						
Час спостережень, години	Миронівська 808			Тіра		
	Фракція			Фракція		
	I	II	III	I	II	III
2	23,76	5,21	71,03	57,62	3,66	38,72
8	33,09	7,54	59,37	45,25	7,37	47,39
24	32,16	4,56	63,28	37,87	8,66	53,47
72	69,70	4,57	25,73	47,43	15,10	37,47
P	=	=	=			

СТУПІНЬ ЗМІНИ АКТИВНОСТІ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯННІ З КОНТРОЛЕМ (%)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракція			Загальна активність	Фракція			Загальна активність
	I	II	III		I	II	III	
2	33,62	68,65	33,84	35,60	-61,81	-726,04	41,20	-46,25
8	38,88	63,80	20,47	29,83	-25,42	-109,12	82,93	19,75
24	65,81	81,60	51,30	57,35	44,86	29,46	86,70	65,90
72	75,07	62,40	0,94	55,42	61,12	74,22	95,16	75,85
P	0,05	=	0,02	=				

СТУПІНЬ ЗМІНИ РОЗПОДІЛУ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯННІ З КОНТРОЛЕМ (%)						
Час спостережень, години	Миронівська 808			Тіра		
	Фракція			Фракція		
	I	II	III	I	II	III
2	-3,07	51,32	-2,74	-10,64	-464,83	59,80
8	12,90	48,41	-13,34	-56,30	-160,60	78,72
24	19,84	56,87	-14,18	-61,69	-106,85	60,99
72	44,08	15,65	-122,20	-61,00	-6,74	79,95
P	0,03	0,05	0,02			

Примітка: тут і в наступних таблицях: P – значення t-критерію; = достовірної різниці між сортами не встановлено.

Як видно з табл. 2, активність у контролі зв'язаної форми ензиму, як і загальна пероксидазна активність, в рослин сорту Миронівська 808 значно вище, ніж у сорту Тіра. Крім того, сорти суттєво різняться за часткою зв'язаної форм від загальної активності та її динамікою. Спочатку у Миронівської 808 в зв'язаній формі містилось більше половини ензиму (61,89 %) і, відповідно, висока активність, особливо у середньо- і швидкорухливої фракціях. В сорті Тіра спостерігалась протилежна картина. В паростках Миронівської 808 зміни активності зв'язаної пероксидази та їх частки, що спостерігалися на кожному строку культивування в контролі, в основному мали характер вираженого хвилеподібного коливання. У сорту Тіра зміни були більш монотонні.

Таким чином, досліджувані сорти суттєво різнилися між собою початковим станом пероксидаз, що не могло не вплинути на реакцію рослин у відповідь на дію стресового чинника.

Для аналізу особливостей реакції рослин досліджуваних сортів на гіпотермію оцінювали ступінь змін в експресії ензимів. Порівнювали показники контрольних і дослідних варіантів відповідних строків культивування. Видно, що за змінами у дослідному варіанті різниця між сортами стає ще помітнішою (табл. 1, 2). Негативні значення ступеня змін означає збільшення значення відповідного показника, позитивні – зменшення. Загальна активність неспецифічної пероксидази в паростках обох сортів в цілому зменшувалась. Але у сорту Миронівська 808 це відбувалось односпрямоване і поступово, тоді як у сорту Тіра в різні строки дії гіпотермії спостерігалися різноспрямовані зміни. В перші години культивування паростків Тіри при гіпотермії суттєво збільшувалась активність мало- і середньорухливих форм ензиму, після чого активність всіх фракцій зменшувалась. Образно кажучи, рослини сорту Тіра здійснювали «пошук» оптимального режиму функціонування в стресових умовах, що не могло не позначитись на енергоємності адаптації.

Протилежні зміни відбувалися також й у розподілі фракцій пероксидази. В сорту Миронівська 808 питома вага мало- і середньорухливих форм поступово зменшувалась, а у сорту Тіра навпаки збільшувалась. Особливим для сорту Миронівська 808 було постійне зростання під час дії гіпотермії частки швидкорухливих форм ензиму (більше, ніж у два рази), які є мажорними у спектрі. У Тіри, навпаки, питома вага цих форм пероксидази неухильно знижувалась (табл. 1).

Неоднаковим чином змінювався в досліді також розподіл неспецифічної пероксидази між розчинною і зв'язаною фракціями (табл. 2). В Миронівській 808 мало- і швидкорухливі форми ензиму у всі строки культивування при гіпотермії поступово переходили в розчинний стан. Активність зв'язаної фракції зі середньою рухливістю суттєво змінювалась в різні періоди. У Тіри ж в залежності від тривалості культивування зміни мало- і швидкорухливі форми ензиму мали різноспрямований характер. Після двадцяти чотирьох годин витримування за низької температури активність мало- та середньорухливої зв'язаної форми пероксидази постійно збільшувалась.

Таблиця 2

Активність та питома вага зв'язаних форм пероксидази у досліджуваних сортів пшениці під час спостережень у контролі та їх зміни у досліді

АКТИВНІСТЬ У КОНТРОЛІ (од/мг)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	Всього	I	II	III	Всього
2	45,00	32,54	398,63	476,16	0,66	0,00	9,78	10,44
8	25,51	14,98	285,13	325,62	4,13	4,25	22,78	31,15
24	87,31	19,78	400,50	507,59	26,99	4,95	114,88	146,81
72	65,33	1,17	85,08	151,57	40,08	30,83	84,46	155,38
P	0,03	=	0,04	0,04				
ЧАСТКА АКТИВНОСТІ ЗВ'ЯЗАНИХ ФОРМ ВІД ЗАГАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ У КОНТРОЛІ (%)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	Всього	I	II	III	Всього
2	24,62	81,23	72,95	**61,89**	21,20	0,00	15,41	**6,37**
8	9,93	25,56	61,81	**41,91**	19,63	23,57	19,64	**12,73**
24	27,00	43,18	62,94	**50,48**	5,18	12,33	46,31	**31,65**
72	11,745	3,20	41,44	**18,99**	4,59	44,84	49,52	**34,13**
P	=	=	0,05	0,04				
СТУПІНЬ ЗМІНИ АКТИВНОСТІ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯННІ З КОНТРОЛЕМ (%)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракція			Загальна активність	Фракція			Загальна активність
	I	II	III		I	II	III	
2	83,57	4,43	45,59	49,42	38,20	-100,00	-137,07	-319,81
8	69,97	-102,19	34,79	28,44	20,27	-194,94	-95,44	-122,26
24	82,61	2,76	27,43	30,59	-81,35	-527,18	10,83	10,87
72	-7,62	-2305,58	87,73	-68,58	-157,22	-78,67	28,18	27,90
P	0,05	=	0,02	=				
СТУПІНЬ ЗМІНИ РОЗПОДІЛУ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯННІ З КОНТРОЛЕМ (%)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракція				Фракція			
	I	II	III		I	II	III	
2	-3,07	51,32	-2,74		-10,64	-464,83	59,80	
8	12,90	48,41	-13,34		-56,30	-160,60	78,72	
24	19,84	56,87	-14,18		-61,69	-106,85	60,99	
72	44,08	15,65	-122,20		-61,00	-6,74	79,95	
P	0,03	0,05	0,02					

Сорт Миронівську 808 можна вважати стандартом стійкості до низьких температур. Зіставляючи активності пероксидази в тканинах досліджуваних сортів наприкінці витримування в умовах гіпотермії і напрямком змін у дослідних варіантах, можна припустити, що рослини сорту Тіра «намагаються» досягнути необхідного для оптимальної адаптації стандартного рівня.

Таким чином, досліджувані сорти різняться не тільки початковим станом ген-ензимної системи неспецифічної пероксидази, але й особливостями її функціонування в стресових умовах.

Іншим ензимом, що руйнує пероксид водню, є каталаза. Каталазна активність досліджуваних сортів, як і неспецифічна пероксидазна, знайдена в обох типах екстрактів: розчинному і зв'язаному (рис. 2 в, г). В розчинній фракції виявлено дві множинні форми, у зв'язаній – одна. Відносна електрофоретична рухливість множинних форм каталази складала 0,01 і 0,02. На відміну від пероксидази, більша частина каталази виявлялась у розчинній формі. За розподілом у спектрі і часткою зв'язаної форм ензиму досліджувані сорти у контролі достовірно не відрізнялись. Проте паростки сорту Тіра мали більш високу загальну каталазну активність. Можливо, це компенсувало відносно низьку у порівнянні з Миронівській 808 активність неспецифічної пероксидази (табл. 3).

По змінах у експресії каталазної активності при гіпотермії досліджувані сорти реагували неоднаковим чином (табл. 3). Так, у паростках Миронівської 808 активність і питома частка малорухливої каталази наприкінці дії гіпотермії знижувались, а в швидкорухливій зоні спостерігався протилежний процес змін. При цьому загальна активність ензиму практично не змінювалась. У сорту Тіра на тлі підвищення загальної активності каталази за 72-годинного впливу низької температури зміни активності і питомої ваги окремих фракцій ензиму мали протилежний характер у порівнянні з Миронівській 808.

Слід мати на увазі, що пероксид водню є не тільки одною з активних форм кисню. Це важлива сигнальна молекула, що впливає на ініціацію та розвиток процесів, необхідних при адаптації [14; 37]. Відповідно до цього, ген-ензимні системи, що відповідальні за руйнацію пероксиду, повинні функціонувати таким чином, щоб підтримувати певну його концентрацію для виконання сигнальної функції. В зв'язку з цим, стають очевидними різні наслідки дії пероксидаз і каталаз. Вони пов'язані з різним механізмом нейтралізації пероксиду водню зазначеними ензимами [33; 42]. Каталаза з високою швидкістю самостійно відновлює обидва атоми водню, тобто повністю знищує пероксид. Пероксидаза ж один атом водню відновлює сама, а другий – за допомогою іншого донору протона шляхом окислювання якогось субстрату. Завдяки цьому пероксидаза може впливати на редокс-стан клітин та баланс різноманітних фізіологічно активних сполук [33; 42]. В зв'язку з вище сказаним, крім неспецифічної вивчали стан специфічних пероксидаз: пероксидази ферулової та аскорбінової кислот (рис. 2, д, е, ж).

Таблиця 3

Експресивність каталази в контролі та її зміни у досліді

ЗАГАЛЬНА АКТИВНІСТЬ В КОНТРОЛІ (ОД/МГ)						
Час спостережень, години	Миронівська 808			Тіра		
	Фракція		Всього	Фракція		Всього
	I	II		I	II	
2	48,68	27,78	76,46	46,84	16,50	63,34
8	42,20	13,44	55,64	65,90	34,02	99,92
24	67,46	28,02	95,48	76,88	49,98	126,86
72	66,86	40,74	107,60	69,74	56,52	126,26
P	=	=	0,05			

РОЗПОДІЛ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ В КОНТРОЛІ (%)				
Час спостережень, години	Миронівська 808		Тіра	
	Фракція		Фракція	
	I	II	I	II
2	63,67	36,33	73,95	26,05
8	75,84	24,16	65,95	34,05
24	70,65	29,35	60,60	39,40
72	62,14	37,86	55,24	44,76
P	=	=		

ЧАСТКА ЗВ'ЯЗАНИХ ФОРМ ВІД ЗАГАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ КАТАЛАЗИ В КОНТРОЛІ (%)		
Час спостережень, години	Миронівська 808	Тіра
2	7,64	12,00
8	33,14	8,25
24	14,54	11,89
72	11,12	8,05
P	=	

СТУПІНЬ ЗМІН АКТИВНОСТІ КАТАЛАЗИ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯНІ С КОНТРОЛЕМ (%)						
Час спостережень, години	Миронівська 808			Тіра		
	Фракція		Загальна активність	Фракція		Загальна активність
	I	II		I	II	
2	-35,37	4,10	-21,03	-69,51	-29,45	-59,08
8	-14,27	-17,86	-39,29	-19,33	15,70	-7,41
24	54,79	18,20	44,05	1,38	36,37	15,17
72	37,96	-51,69	4,01	-8,35	69,53	26,52
P	0,05	=	=			

СТУПІНЬ ЗМІН РОЗПОДІЛУ ФРАКЦІЙ КАТАЛАЗИ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯНІ С КОНТРОЛЕМ (%)				
Час спостережень, години	Миронівська 808		Тіра	
	Фракція		Фракція	
	I	II	I	II
2	-11,85	20,77	-6,56	18,62
8	17,96	56,41	-11,10	21,51
24	19,19	-46,20	-16,25	25,00
72	35,36	-58,04	-47,44	58,54
P	0,04	0,03		

Продовження таблиці 3

ЗМІНА ЧАСТКИ ЗВ'ЯЗАНИХ ФОРМ ВІД ЗАГАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ КАТАЛАЗИ В ДОСЛІДІ (%)		
Час спостережень, години	Миронівська 808	Тіра
2	-328,34	13,98
8	31,42	-36,04
24	-148,09	-52,27
72	-107,35	-336,65
P	=	

Ферулова кислота виконує у рослині багато функцій та сприяє розвитку толерантності до стресових впливів [21]. Вона, зокрема, легко вступає у вільно радикальні реакції, забезпечує їх зупинку через формування стабільного феноксильного радикалу [21; 26].

Як видно з табл. 4, пероксидази мають дуже велику спорідненість до ферулової кислоти. Незважаючи на те, що в цілому рівень спорідненості однаковий в обох досліджуваних сортах, розподіл у спектрі специфічних до ферулової кислоти ензимів неоднаковий. Особливо суттєва різниця спостерігалась серед швидкорухливих форм ензиму: у сорту Миронівська 808 їх частка значно нижча.

Різним чином також змінювалась спорідненість пероксидаз у відповідь на гіпотермію (табл. 4). Так, у Миронівський 808 частка специфічних до ферулової кислоти форм пероксидаз у зоні середньої рухливості зменшувалась, а в швидкорухливій – збільшувалась майже у два рази. В паростках сорту Тіри спорідненість середньорухливих форм навпаки зростала (особливо у перші години дії гіпотермії), специфічність швидкорухливих форм ензиму практично не змінювалась. Вказані відмінності посилювались різною питомою активністю пероксидаз у досліджуваних сортів, яка в цілому була значно вище в сорту Миронівська 808 (табл. 5).

Неоднаковим у різних сортів був розподіл специфічних до ферулової кислоти пероксидаз між розчинною та зв’язаною фракціями (табл. 6). Як видно з таблиці в Миронівській 808 за контрольних умов в цілому у зв’язаній формі була більша кількість пероксидази, ніж у Тіри. Лише наприкінці спостережень частка зв’язаного ензиму у Тіри досягала значень для Миронівської. Розрізнявся також і розподіл зв’язаних і розчинних форм по окремих фракціях.

Ще контрастніше розрізнялися сорти за зміною розподілу у відповідь на гіпотермію. У рослин Миронівської 808 за дії низької температури швидко- і малорухливі форми ензиму переходили у розчинний стан. Лише у мінорній (із середньою рухливістю) зоні домінував зворотний процес. У сорту Тіра зміни мали інший характер. В цілому частка зв’язаних пероксидаз, специфічних до ферулової кислоти, суттєво збільшувалась. Це відбувалося за рахунок форм з малою та середньою рухливістю. У швидкорухливій зоні зміни мали коливальний характер: у перші 2 години їх частка збільшувалася вдвічі, після чого (як у Миронівській) почала зменшуватись.

Таблиця 4

Спорідненість до ферулової кислоти форм неспецифічної пероксидази

ЧАСТКА ВІД ЗАГАЛЬНОЇ ПЕРОКСИДАЗНОЇ АКТИВНОСТІ (%) АКТИВНОСТІ, СПЕЦИФІЧНОЇ ДО ФЕРУЛОВОЇ КИСЛОТИ, У КОНТРОЛІ								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	100,00	97,39	5,23	96,15	84,72	0,00	92,91	88,45
8	100,00	74,05	13,60	89,97	100,00	0,00	93,25	96,80
24	100,00	90,50	5,56	96,05	100,00	98,42	94,92	97,15
72	100,00	80,20	4,23	98,01	100,00	94,57	95,95	97,66
P	=	=	0,00	=				
ЗМІНА СПОРІДНЕНОСТІ (%) ДО ФЕРУЛОВОЇ КИСЛОТИ В ДОСЛІДІ У ПОРІВНЯННІ З КОНТРОЛЕМ								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	0,00	100,0	-53,12	2,07	35,05	-100,00	-6,07	19,61
8	0,00	-26,93	30,53	-3,82	15,53	-100,00	-7,23	8,05
24	66,35	100,00	-59,51	20,36	19,55	-1,60	-5,35	9,38
72	61,95	100,00	-102,41	27,60	11,16	-5,74	-4,22	6,33
P	=	0,02	=	=				

Таблиця 5

Питома активність (од/мг) пероксидаз, специфічних до ферулової кислоти

КОНТРОЛЬ								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	182,81	39,01	517,88	739,70	79,99	6,00	58,94	144,92
8	257,08	43,38	398,53	698,99	110,78	18,03	108,18	236,98
24	323,38	41,45	600,95	965,78	175,68	39,53	235,44	450,64
72	556,20	29,23	196,62	782,05	215,96	65,03	163,68	444,67
P	0,04	=	0,05	0,03				
ДОСЛІД								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	121,35	12,56	332,59	466,50	84,06	49,56	36,76	170,38
8	157,12	19,93	332,21	509,26	117,36	37,71	19,80	174,87
24	37,21	8,43	282,42	328,06	77,94	28,33	32,99	139,26
72	52,75	13,71	185,96	252,41	74,59	17,73	8,26	100,58
P	=	0,05	0,00	0,01				

Неоднаковим чином змінювався в досліді також розподіл неспецифічної пероксидази між розчинним і зв'язаним фракціями (табл. 4, 6). В Миронівській 808 мало- і швидкорухливі форми ензиму у всі строки культивування при гіпотермії поступово переходили в розчинний стан. Активність зв'язаної фракції зі середньою рухливістю суттєво змінювалась в різні періоди. У Тіри ж в залежності від тривалості культивування зміни мало- і швидкорухливі форми ензиму мали різноспрямований характер. Після двадцяти чотирьох годин витримування за низької температури активність мало- та середньорухливої зв'язаної форми пероксидази постійно збільшувалась.

Таблиця 6

Частка від всього специфічного ензиму і розподіл зв'язаної пероксидази, специфічної до ферулової кислоти, (%)

КОНТРОЛЬ								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	5,33	5,53	65,84	76,70	0,40	0,00	3,64	4,04
8	0,59	3,37	57,11	61,07	3,08	3,26	13,33	19,67
24	4,42	2,94	55,59	62,95	3,59	1,74	36,60	41,92
72	13,86	0,44	29,95	44,25	0,00	13,48	35,12	48,60
P	0,05	=	=	0,04				
ЗМІНА РОЗПОДІЛУ ЗВ'ЯЗАНОЇ ПЕРОКСИДАЗИ, СПЕЦИФІЧНОЇ ДО ФЕРУЛОВОЇ КИСЛОТИ, У ДОСЛІДІ ЗА ПОРІВНЯННЯ З КОНТРОЛЕМ (%)								
Час спостережень, години	Миронівська 808				Тіра			
	Фракції				Фракції			
	I	II	III	В цілому	I	II	III	В цілому
2	84,64	56,38	32,67	38,00	-2815,29	0,00	-110,97	-821,88
8	-57,56	-4,22	34,31	31,29	-304,40	-359,27	67,39	-61,57
24	89,06	77,15	59,01	61,96	-82,04	-806,08	73,27	23,56
72	90,46	-331,67	100,00	92,68	0,00	-4,72	91,68	44,65
P	=	=	0,05	0,05				

Специфічною пероксидазой, яка виконує важливі функції, є аскорбінатпероксидаза [38]. Аскорбінатпероксидазна активність спостерігалась лише у розчинній формі (рис. 2, ж). Всього виявлено 15 множинних форм цього ензиму. Для кількісного аналізу різні електрофоретичні форми об'єднали у п'ять фракцій. У малорухливу фракцію I включили чотири форми з електрофоретичною рухливістю від 0,04 до 0,10, до малорухливій фракції II – п'ять форм з *Rf* від 0,11 до 0,20. Середньорухливі форми об'єднали в дві фракції: III – з двома формами (*Rf* 0,24 і 0,27), IV – з двома формами (*Rf* 0,30 і 0,37). У швидкорухливій фракції V була одна форма з відносною електрофоретичною рухливістю 0,74.

В обох сортах за вирощування в контрольних умовах зі збільшенням строку експозиції спостерігалося постійне зниження питомої активності аскорбіна-

тпероксидази (табл. 7). Але досліджувані сорти розрізнялися початковим станом ензиму, як за активністю, так і за розподілом окремих фракцій у спектрі. Рослини сорту Миронівська 808 мали більш високу активність цієї специфічної пероксидази, як за сумарним показником, так і по окремих фракціях, крім швидкорухливої. Зазначена різниця зберігалась до кінця спостережень. Відносно розподілу фракції у спектрі можна відмітити таке: найбільш малорухлива (фракція I) і швидкорухлива фракція у Тіри мали вищі значення порівняно з Миронівською, частка решти фракцій форм ензиму – менші.

Таблиця 7

Показники ген-ензимної системи аскорбінатпероксидази у контрольних рослин

ПИТОМА АКТИВНІСТЬ (ОД/МГ)						
Миронівська 808						
Час спостережень, години	Фракції					Всього
	I	II	III	IV	V	
2	42,82	32,82	10,62	9,41	1,50	98,07
8	27,16	23,29	7,34	6,65	1,10	66,54
24	9,11	14,51	4,32	3,84	0,21	33,29
72	2,88	8,87	2,03	1,58	0,09	16,32
Тіра						
2	21,91	6,90	0,70	0,39	2,23	32,12
8	17,87	6,75	0,48	0,64	2,32	28,06
24	9,37	6,84	0,97	0,62	0,58	18,37
72	5,39	2,55	0,53	0,39	0,86	9,71
P	=	0,05	0,05	0,05	0,01	0,05

РОЗПОДІЛ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ ПО СПЕКТРУ (%)					
Миронівська 808					
Час спостережень, години	Фракції				
	I	II	III	IV	V
2	43,66	33,47	10,83	9,60	1,54
8	40,81	35,00	11,03	10,00	1,68
24	27,38	43,60	12,98	11,54	0,66
72	17,66	54,34	12,44	9,68	0,58
Тіра					
2	68,20	21,47	2,18	1,21	6,93
8	63,70	24,05	1,72	2,27	8,26
24	50,99	37,21	5,29	3,35	3,16
72	55,52	26,22	5,44	4,02	8,80
P	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01

За дії гіпотермії стан ген-ензимної системи аскорбінатпероксидази в досліджуваних сортів суттєво розрізнявся (табл. 8). В Миронівської 808 з самого початку впливу низької температури активність ензиму знижувалась і лише на пізніх строках експозиції збільшувалась у порівнянні з контролем активність малорухливої фракції I. У рослин сорту Тіра навпаки активність аскорбінатпе-

роксидази одразу різко підвищувалася і досягала такої у Миронівської. Різним чином у досліджуваних сортів змінювався при гіпотермії розподіл окремих множинних форм ензиму. У Миронівської за рахунок усіх інших форм збільшувалася частка у спектрі малорухливої фракції І. У Тіри навпаки частка цієї фракції зменшувалась, а питома вага у спектрі форм з середньою рухливістю і швидкорухливих – збільшувалась.

Таблиця 8

Зміни в експресії аскорбінатпероксидази за дії гіпотермії

СТУПІНЬ ЗМІН АКТИВНОСТІ У ДОСЛІДІ ЗА ПОРІВНЯННЯ З КОНТРОЛЕМ (%)						
Миронівська 808						
Час спостережень години	Фракції					Всього
	I	II	III	IV	V	
2	58,15	78,70	75,85	64,54	72,00	67,86
8	30,37	86,94	93,38	89,48	72,73	64,24
24	-137,04	62,28	82,92	86,37	23,81	10,94
72	-597,11	33,06	79,45	71,52	55,56	-74,35
Тіра						
2	-9,66	-25,06	-229,83	-1117,73	-177,78	-42,85
8	-44,99	88,23	-525,43	-699,53	-255,99	-53,50
24	-127,54	30,27	-8,48	-160,41	-685,25	-81,21
72	62,87	33,83	-23,58	-63,27	8,77	40,73
P	=	=	0,05	0,05	0,05	=

СТУПІНЬ ЗМІН РОЗПОДІЛУ ФОРМ ЕНЗИМУ У ДОСЛІДІ ЗА ПОРІВНЯННЯ З КОНТРОЛЕМ (%)					
Миронівська 808					
Час спостережень, години	Фракції				
	I	II	III	IV	V
2	-30,21	33,74	24,86	-10,31	12,89
8	-94,72	63,49	81,49	70,58	23,73
24	-166,15	57,65	80,82	84,69	14,45
72	-299,85	61,61	88,21	83,67	74,51
Тіра					
2	23,23	12,45	-130,89	-752,46	-94,46
8	5,55	92,33	-307,44	-420,86	-131,91
24	-25,57	61,52	40,14	-43,71	-333,33
72	37,35	-11,63	-108,49	-175,45	-53,91
P	0,04	=	0,04	0,04	0,04

Таким чином, ензими, що руйнують пероксид водню, у різних за алельним складом локусу *Ppd-D1* та різною толерантністю до гіпотермії сортів по-різному реагують на вплив цього стресора. Причому, особливості реагування полягають не тільки і не стільки в змінах активності. Можна припускати, що більш важливим є перерозподіл активності ензимів між різними їх формами. Так, для Миронівської 808 є властивим висока активність неспецифічних пе-

роксидаз, серед яких при гіпотермії зростала частка швидкорухливих форм, які переходили у розчинний стан. Крім того, змінювалась також їх специфічність, а саме підвищувалась спорідненість до ферулової кислоти. Загальна активність специфічної аскорбінатпероксидази навпаки зменшувалась. Таким чином, нейтралізація надлишку пероксиду у рослин сорту Миронівська 808 сполучалася з регуляцією редокс-стану, оскільки аскорбінова кислота разом із глутатіоном є важливішими компонентами підтримки окислювально-відновлюваного балансу клітин [32].

В рослин сорту Тіра «пріоритет» у захисту від пероксиду належав каталазі. Пероксидази, специфічні до ферулової кислоти, зв'язувались з мембранними структурами. Підвищувалась загальна активність аскорбінатпероксидази, що не могло не спричинити зменшення кількості такої важливої речовини як аскорбінова кислота, і в результаті могло призвести до порушення редокс-стану.

Інший ензим, що виконує важливу роль в антиоксидантному захисту – це СОД. В досліджуваних рослинах супероксиддисмутазна активність виявлена лише в розчинній формі. Всього в електрофоретичному спектрі ензиму було до 15 смуг. При здійсненні кількісного аналізу електрофореграм множинні форми об'єднали у чотири фракції: малорухливу I (з *Rf* 0,04, 0,05, 0,07 і 0,09), малорухливу II (*Rf* 0,11, 0,14, 0,17 і 0,21), середньорухливу – III (*Rf* 0,28, 0,34, 0,37 і 0,40) і швидкорухливу – IV (*Rf* 0,43, 0,45 і 0,53).

За узагальненими показниками активності СОД у контролі рослини сорту Тіра не поступаються рослинам Миронівської 808, але за динамікою активності під час розвитку паростків у контрольних умовах сорти помітно розрізнялися (табл. 9). В Миронівській 808 за період від 2 до 72 годин активність ензиму на одиницю маси поступово зростала. При цьому мажорною (біля половини всій активності) була малорухлива фракція I. У Тіри на початку спостережень активність розподілялася приблизно рівномірно між окремими фракціями. За подальшою експозицією активності малорухливої I та швидкорухливої фракцій практично не змінювались, активність ж решти фракцій – зменшувалась. Відповідно рівню активності фракцій різнився їх розподіл у спектрі ензиму.

Міжсортові розбіжності в експресії супероксиддисмутази зберігаються й під впливом низької температури (табл. 10). У рослин Миронівської 808 з перших ж годин різко збільшувалась активність всіх форм ензиму. У Тіри це відбувалось лише у двох фракціях: малорухливій I і швидкорухливій. У наступні години у Миронівської подовжувала зростати активність СОД, крім малорухливій фракції I. Лише наприкінці експозиції за низької температури (3 доби) зупинилась активація ензиму. У рослин сорту Тіра процес збільшення активності подовжувався лише в швидкій фракції ензиму, причому головним чином у перші години. В підсумку, загальна активність СОД за впливу гіпотермії в Миронівській 808 збільшувалась, у Тіри – знижувалась. Відповідним чином відбувалися зміни у розподілі фракцій по спектру ензиму.

Таблиця 9

Показники ген-ензимної системи СОД у контрольних рослин

ПИТОМА АКТИВНІСТЬ (ОД/МГ)					
Миронівська 808					
Час спостережень, години	Фракції				
	I	II	III	IV	Всього
2	72,60	22,44	2,32	22,50	119,85
8	78,23	25,00	9,49	60,35	173,06
24	78,45	10,21	13,19	36,25	138,09
72	111,23	30,87	28,98	48,68	219,75
Тіра					
2	43,94	51,83	31,20	32,78	159,74
8	81,45	53,25	36,83	49,65	221,18
24	53,33	43,58	21,90	47,01	165,81
72	44,12	14,49	6,28	31,12	96,01
P	0,05	0,05	=	=	=

РОЗПОДІЛ ОКРЕМИХ ФРАКЦІЙ ПО СПЕКТРУ (%)				
Миронівська 808				
Час спостережень, години	Фракції			
	I	II	III	IV
2	60,57	18,72	1,93	18,77
8	45,20	14,44	5,48	34,87
24	56,81	7,39	9,55	26,25
72	50,61	14,05	13,19	22,15
Тіра				
2	27,50	32,44	19,53	20,52
8	36,83	24,08	16,65	22,45
24	32,16	26,28	13,21	28,35
72	45,96	15,09	6,54	32,41
P	0,04	0,03	=	=

Супероксидний радикал – це активна форма кисню, яка є першою у ланцюгу хімічних реакцій, що призводить до оксидативного стресу [6; 19]. В зв'язку з цим, для забезпечення стійкості до стресових чинників, низької температури зокрема, є необхідним адекватний рівень агентів, руйнуючих супероксидний радикал, до яких із ензимів відноситься СОД. Як свідчать отримані дані, Тіра володіла меншим потенціалом щодо нейтралізації цієї активної форми кисню. Те, що Миронівська 808 має високий рівень супероксиддисмутазної активності, добре пояснює значну пероксидазну активність у рослин цього сорту. Справа в тому, що у процесі нейтралізації супероксид-аніону виникає пероксид водню, створюючи тим самим надлишок цієї фізіологічно активної речовини.

Не викликає сумніву думка, що для дослідження механізмів адаптації важливо не тільки з'ясування особливостей функціонування ген-ензимних систем окремо, а й їх взаємодію. З цією метою розраховували співвідношення активності досліджуваних ензимів та їх коливання у часі (табл. 11, рис. 3). Для вста-

Таблиця 10

Зміни в експресії супероксиддисмутази за дії гіпотермії

СТУПІНЬ ЗМІН АКТИВНОСТІ У ДОСЛІДІ ЗА ПОРІВНЯННЯ З КОНТРОЛЕМ (%)					
Миронівська 808					
Час спостережень, години	Фракції				
	I	II	III	IV	Всього
2	-34,71	-198,85	-1795,83	-288,67	**-147,17**
8	6,91	-138,82	-210,20	-22,05	**-36,14**
24	44,84	-316,46	-117,35	-27,66	**-16,39**
72	63,12	-42,13	30,69	19,88	**34,48**
Тіра					
2	-22,53	33,84	24,28	-74,37	-5,74
8	30,06	43,72	60,41	11,69	34,28
24	30,15	2,75	28,53	-16,46	9,52
72	50,37	15,06	30,83	-29,50	17,87
P	=	0,03	0,05	=	0,05

СТУПІНЬ ЗМІН РОЗПОДІЛУ ФОРМ ЕНЗИМУ У ДОСЛІДІ ЗА ПОРІВНЯННЯ З КОНТРОЛЕМ (%)				
Миронівська 808				
Час спостережень, години	Фракції			
	I	II	III	IV
2	45,50	-20,91	-667,00	-57,24
8	31,62	-75,42	-127,85	10,35
24	52,60	-257,83	-86,75	-9,69
72	43,71	-116,92	-5,78	-22,28
Тіра				
2	-15,88	37,43	28,39	-64,91
8	-6,41	14,36	39,76	-34,37
24	22,80	-7,48	21,01	-28,72
72	39,56	-3,42	15,78	-57,69
P	0,03	0,05	0,05	0,05

новлення розбіжностей між сортами, з одного боку, порівнювали часову динаміку змін співвідношень активності досліджуваних ензимів у контрольних умовах. З іншого боку, з'ясовували для кожного сорту, чи є різниця напряму змін у досліді за порівняння з контролем. Тобто, чи відбувається за дії стресора перебудова функціонування всього геному, або принаймні відповідного комплексу генів. Загальний напрям змін визначали за різницею значень на початку і наприкінці спостережень.

Як видно, у контролі по семі з дев'яті показників динаміка їх змін є діаметрально протилежною у досліджуваних сортів. Винятком, за яким немає різниці між сортами, є відношення активності розчинних форм неспецифічної пероксидази та аскорбінатпероксидази до активності СОД. Це можна пояснити необхідністю для клітин будь-якого сорту нейтралізації надлишку пероксиду водню, якого продукує СОД, та збереження необхідного вмісту аскорбінової кислоти.

Таблиця 11

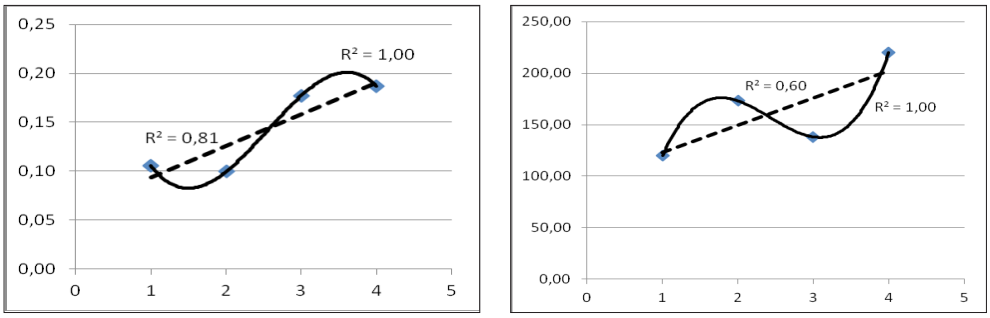
Співвідношення активності ензимів у досліджуваних сортів та їх динаміка

Сорт	Умови культивування	Години	Види співвідношень*								
			За загальною активністю				За активністю розчинних форм ензимів				
			nsPO/ SOD	ferPO/ SOD	cat/ SOD	nsPO/ cat	nsPO/ SOD	ascPO/ SOD	ferPO/ SOD	cat/ SOD	nsPO/ cat
М	Контроль	2	6,42	6,17	0,64	10,06	2,45	0,81	1,14	0,59	4,15
		8	4,49	4,04	0,32	13,96	2,61	0,38	1,00	0,21	12,13
		24	7,28	6,99	0,69	10,53	3,61	0,23	1,80	0,59	6,10
		72	3,63	3,56	0,49	7,42	2,94	0,07	0,67	0,44	6,76
	Напрям змін		↓0,18	↓0,14	↓0,00	↓0,31	↑0,39	↓**0,92**	↓0,00	↓0,04	↑0,01
Т	Контроль	2	3,73	0,91	2,30	2,59	0,96	0,20	0,87	0,35	2,75
		8	3,01	1,07	2,71	2,45	0,97	0,13	0,47	0,41	2,33
		24	8,70	2,72	3,94	3,66	1,91	0,11	1,00	0,67	2,84
		72	10,32	4,63	2,75	3,61	3,12	0,10	1,22	1,21	2,58
	Напрям змін		↑**0,83**	↑**0,91**	↑0,00	↑**0,90**	↑**0,88**	↓**0,81**	↑**0,88**	↑0,43	0,00=
$P^к$			=	0,05	0,01	0,02	0,05	=	=	=	0,03
М	Дослід	2	1,67	1,57	0,31	5,35	1,15	0,11	0,49	0,24	4,80
		8	2,31	2,16	0,33	7,03	1,62	0,10	0,77	0,28	5,74
		24	2,67	2,04	0,33	8,03	1,73	0,18	2,49	0,26	6,57
		72	2,47	1,75	0,72	3,44	1,68	0,19	3,69	0,65	2,58
	Напрям змін		↑**0,68**	↑0,04	↑**0,64**	↓0,09	↑**0,68**	↑**0,81**	↑**0,94**	↑**0,65**	↓0,19
Т	Дослід	2	1,42	1,01	0,60	2,38	1,04	0,27	0,63	0,53	1,94
		8	1,35	1,20	0,74	1,83	0,97	0,30	0,82	0,66	1,48
		24	1,05	0,93	0,72	1,47	0,76	0,22	0,63	0,59	1,29
		72	1,39	1,28	1,18	1,19	1,05	0,07	0,93	0,76	1,38
	Напрям змін		0,08 =	↑0,17	↑**0,76**	↓**0,98**	0,03 =	↓**0,74**	↑0,38	↑**0,65**	↓**0,70**
$P^д$			0,04	0,01	0,01	0,02	0,05	=	=	0,02	0,03

Примітка: * – наведено дані відношення активності загальної або розчинної форми ензимів; М – Миронівська 808, Т – Тіра; nsPO – неспецифічна пероксидаза, ferPO – пероксидаза, специфічна до ферулової кислоти, ascPO – аскорбінатпероксидаза, cat – каталаза, SOD – супероксиддисмутаза; напрям змін – тенденція зміни на підставі зіставлення показників з початку і наприкінці спостережень: ↓– зменшення значень, ↑– збільшення значень, = – суттєвої зміни немає, цифри означають достовірність (R^2) лінійної апроксимації, напівжирним шрифтом відмічені задовільна і висока достовірність лінійної апроксимації; $P^к$ – вірогідність різниці середнього між сортами в контролі, $P^д$ – вірогідність різниці середнього між сортами у досліді, = достовірної різниці між середніми значеннями для сортів не встановлено.

Також розрізнялися сорти і за змінами співвідношень, що відбувались при гіпотермії за порівняння з контролем. У Миронівській 808 майже за всіма показниками змінювалась спрямованість процесів. Це свідчить про істотну перебудову функціонування відповідних ген-ензимних систем у відповідь на дію стресора. Реакція рослин сорту Тіра значно слабкіше: зміни спостерігалися лише за чотирма показниками. Слід відмітити, що динаміка експресії досліджуваних ензимів (активність, частка у спектрі окремих форм, відношення активності і т.д.) лише у декількох випадках задовільно відповідала лінійної

закономірності. Здебільше вона добре описувалася (достовірність апроксимації – R^2=1) поліноміальною функцією третього ступеня (рис. 3).



А Б

Рис. 3. Приклад графічного опису зміни показників у часі:
А – співвідношення активності аскорбінатпероксидази до активності СОД при культивуванні рослин Миронівської 808 у досліді, Б – загальна активність СОД у Миронівської 808 у контролі; переривчаста лінія – лінійна апроксимація, суцільна – поліноміальна; поруч з відповідною лінією вказано значення достовірності апроксимуючої лінії

Таким чином, динаміці змін досліджуваних ген-ензимних систем властиві коливання. Коливальні процеси є головною особливістю живих систем і спостерігаються на всіх рівнях їх організації та віддзеркалюють особливості механізмів регулювання життєдіяльності при розвитку організмів та їх адаптації. Зазначені механізми здійснюються за принципом зворотного зв'язку із запізненням. Можна припустити, що регуляція експресії антиоксидантних ензимів, що була виявлена, здійснюється речовинами, АФК зокрема, які виникають у процесі індивідуального розвитку та за дії стресорів. Це, в цілому відоме положення, проте потребує конкретного підтвердження в спеціальних експериментах.

Висновок

Добре відомо, що сорти озимої м'якої пшениці з домінантним алелем у локусі *PpD-D1*, мають знижену стійкість до низьких температур у порівняні з рослинами, що мають альтернативний рецесивний алель. Але генетико-біохімічні механізми такого зв'язку мало з'ясовані. Не викликає сумнівів, що важливою складовою цього механізму є ген-ензимні системи, відповідальні за експресію антиоксидантних ензимів. Саме від адекватного функціонування ензимів антиоксидантного захисту залежить багато сторін життєдіяльності організму: підтримання необхідного мінімального рівня активних форм кисню, що виконують сигнальну і медіаторну функції, захист від руйнуючої дії надлишку радикалів, забезпечення оптимального редокс-статусу, інактивація побічних токсичних речовин та ін.

Як показали наведені у роботі дані, у сортів, що відрізнялися за складом алелів *PpD-D1* та стійкістю до гіпотермії, ген-ензимні системи функціонують неоднаковим, часто протилежним чином. Причому, різниця спостерігалася як у контрольних умовах, так і за дії стресового чинника. Це свідчить про те, що для формування адаптації має значення не тільки особливості реагування метаболічних процесів за впливу несприятливих умов, а також їх первинний, попередній стан.

У рослинах сорту Миронівська 808, на відміну від Тіри, головну роль у нейтралізації пероксиду грає пероксидаза. Це проявляється як у більш високої її активності, як у особливостях змін її експресії під час дії гіпотермії, так і у співвідношеннях активності пероксидази до активності інших антиоксидантних ензимів. Як вже відмічалося, пероксидаза значно багатофункціональніше, ніж каталаза. Провідна роль пероксидази приводить до більш тонкої регуляції клітинного метаболізму при адаптації. Крім того, у Миронівській 808 в порівнянні з сортом Тіра у відповідь на дію низької температури протилежним чином змінюється функціонування специфічних пероксидаз: аскорбінатпероксидази і пероксидази, специфічної до ферулової кислоти. Зниження при цьому активності аскорбінатпероксидази сприяє збереженню дуже важливого компоненту – аскорбінової кислоти, що забезпечує адекватне підтримання редокс-стану клітин під час дії стресора.

Неоднаково змінюється експресія такого важливого антиоксидантного ензиму як СОД. На підставі отриманих даних можна вважати, що у Тіри система захисту від оксидативного вибуху при стресі «не справляється» з надлишком виникаючих при цьому супероксидних радикалів.

Весь комплекс вище зазначених розходжень є однією з причин нижчої стійкості рослин сорту Тіра до гіпотермії у порівнянні з Миронівською 808.

Стаття надійшла до редакції 15.08.2019.

Список використаної літератури

1. Виноградова Е. Н. Пероксидазная активность в клетках листьев и в связи с их устойчивостью к выбросам коксохимического предприятия / Виноградова Е. Н. // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып. 6. – С. 35–40.
2. Колупаев Ю. Е. Механизмы адаптации растений к гипотермии: роль антиоксидантной системы / Ю. Е. Колупаев, Е. И. Горелова, Т. О. Ястреб // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія. – 2018. – Вип. 1. – С. 6–33. –: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_biol_2018_1_3
3. Колупаев Ю. Е. Активные формы кислорода и стрессовый сигналинг у растений / Ю. Е. Колупаев, Ю. В. Карпец // Ukr. Biochem. J. – 2014. – Vol. 86, N 4. – P. 18–35.
4. Литвиненко Н. О. Связь темпов осеннего и ранневесеннего роста и развития растений с продуктивностью и морозостойкостью у озимой мягкой пшеницы / Н. О. Литвиненко, В. В. Козлов // Технология возделывания зерновых колосовых культур и проблемы их селекции. – Мироновка, 1990. – С. 24–30.
5. Мокану Н. В. Различия эффектов аллелей генов Vrd1 и Ppd-D1 по зимо-морозостойкости и

урожаю у озимой пшеницы / Н. В. Мокану, В. И. Файт // Цитология и генетика, 2006. – Т. 42, № 6. – С. 26–33.
6. Нетюхайло Л. Г., Харченко С.В. Активні форми кисню / Л. Г. Нетюхайло, С. В. Харченко // Young Scientist.– 2014. – № 9 (12). – С. 131–135.
7. Олюнина Л. Н. Изменение активности пероксидазы апопластного и цитозольного компартментов при гипертермическом воздействии на проростки пшеницы / Л. Н. Олюнина, В. П Французова, Н. М. Мещанинова // В кн.: Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде: Материалы Всероссийской научной конференции. Иркутск, 10-13 июня 2013 г. – Directvedia, 2015, 501 с. – С. 185–188.
8. Ткачук В. А. Пероксид водорода как новый вторичный посредник / В. А. Ткачук, П. А. Тюрин-Кузьмин, В. В. Белоусов, А. В. Воротников // Биологические мембраны. – 2012. – Т. 29, № 1–2. – С. 21–37.
9. Топтиков В. А. Генетико-биохимические особенности мутантных линий сои / В. А. Топтиков, Д. А. Жарикова, Г. А. Чеботарь, И. В. Темченко, С. В. Чеботарь // Вісник ОНУ. Біологія. – 2018. – Т. 22, вип.2 (44). – С. 73–94.
10. Тупик Н. Д. Изоферментный спектр пероксидазы Chlorophyta / Н. Д. Тупик, Е. К. Золотарева // Альгология. – 2008. – Т. 18, № 2. – С. 123–133.
11. Файт В. И. Влияние различий генов Ppd на агрономические признаки озимой мягкой пшеницы / В. И. Файт, В. Р. Федорова // Цитология и генетика, 2007. – Т. 41, № 6. – С. 26–33.
12. Часов А. В. Активация экстраклеточной пероксидазы корней пшеницы при действии ксенобиотиков / А. В. Часов, В. Я. Алексеева, О. П. Колесников, Ф. В. Минибаева // Прикладная биохимия и микробиология. – 2010. – Т. 46, № 4. – С. 472–478.
13. Babben S. Association genetics studies on frost tolerance in wheat (Triticum aestivum L.) reveal new highly conserved amino acid substitutions in CBF-A3, CBF-A15, VRN3 and PPD1 genes / S. Babben, E. Schliephake, P. Janitza, T. Berner, J. Keilwagen, M. Koch, F. A. Arana-Ceballos, S. E. Templer, Y. Chesnokov, T. Pshenichnikova, J. Schondelmaier, A. Börner, K. Pillen, F. Ordon, D. Perovic // BMC Genomics. 2018. – Vol. 19. – P. 409–433. doi: 10.1186/s12864-018-4795-6
14. Cˇerný M. Hydrogen Peroxide: Its Role in Plant Biology and Crosstalk with Signalling Networks / M. Cˇerný, H. Habánová, M. Berka, M. Luklová, B.Brzobohatý // Int. J. Mol. Sci. – 2018. – Vol. 19 (9). – P. 1–30; doi:10.3390/ijms19092812
15. Chinnusami V. Gene regulation during cold acclimation in plants / V. Chinnusami, J. Zhu, J.- K. Zhu // Physiol. Plantarum. – 2006. – Vol. 126. – P. 52–61.
16. Considine M. J. Redox regulation of plant development / M. J. Considine, C. H. Foyer // Antioxidants and redox signaling. – 2014. – Vol. 21, No 9, – P. 1305–1326.
17. Fowler D. B. Overwinter Low-Temperature Responses of Cereals: Analyses and Simulation / D. B. Fowler, B. M. Byrns, K. J. Greer // Crop science. – 2014. – Vol. 54 (6). – P. 2395–2405.
18. Fowler S. Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are indicated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway / S. Fowler, M. F. Thomashow // Plant Cell. – 2002. – Vol. 14. – P. 1675–1690.
19. Fridovich I. Superoxide radical and superoxide dismutase / I. Fridovich // Annu. Rev. Biochem. – 1995. – Vol. 64. – P. 97–112.
20. Gorash A. The relationship among freezing tolerance, vernalization requirement, Ppd alleles and winter hardiness in European wheat cultivars / A. Gorash, R. Armoniene, Ž. Lliatucas, G. Brasauskas // The Journal of Agricultural Science. – 2017. – Vol 155, Issue 9 – P. 1353–1370. https://doi.org/10.1017/S0021859617000521
21. Graf E. Antioxidant potential of ferulic acid/ E. Graf // Free Radic Biol Med. – 1992. – Vol. 13(4). – P. 435–448. doi: 10.1016/0891-5849(92)90184-i
22. Hura T. Physiological and biochemical tools useful in drought tolerance detection in genotypes of winter triticale: Accumulation of ferulic acid correlates with drought tolerance / T. Hura, S. Grzesiak, K. Hura, E. Thiemt, K. Tokarz, M. Wedzony // Ann. Bot. – 2007. – Vol. 100 (4). – P. 767– 775. doi: 10.1093/aob/mcm162

23. Janmohammadi M. Proteomic analysis of cold acclimation in winter wheat under field conditions / M. Janmohammadi, H.-P. Mock, A. Matros // Icel. Agric. Sci. – 2014. – No 27. – P. 3–15.
24. Jiménez-Quesada M. J. NADPH Oxidase-Dependent Superoxide Production in Plant Reproductive Tissues / M. J. Jiménez-Quesada, J. Á. Traverso, J. Dios Alché1 de // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. – Article 359 doi: 10.3389/fpls.2016.00359.
25. Khotyljova L.V. Influence of genetic systems of VRN and PPD genes on the ecological adaptation of wheat and triticale / L.V. Khotyljova, L.N. Kaminskaya, L.V. Koren // Biologiya, 2002. – № 4. – P. 45–48.
26. Kikuzaki H. Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds / H. Kikuzaki, M. Hisamoto, K. Hirose, K. Akiyama, H. J. Taniguchi // Agric Food Chem. – 2002. – Vol. 50(7) – P. 2161–2168. doi: 10.1021/jf011348w
27. Limin A. E. D. Low-temperature tolerance and genetic potential in wheat (Triticum aestivum L.): response to photoperiod, vernalization, and plant development / A. E. D. Limin, B. Fowler // Planta. – 2006. – Vol. 224, No. 2. – P. 360–366. https://www.jstor.org/stable/23389462
28. Lin C. C. Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl inhibited root growth of rice seedlings / C. C. Lin, C. H. Kao // Plant and Soil. – 2001. – Vol. 230(1). – P. 135–143.
29. Loukoianov A. Regulation of VRN-1 vernalization genes in normal and transgenic polyploidy wheat / A. Loukoianov, L. Yan, A. Blechl, A. Sanchez, J. Dubcovsky // Plant Physiol. – 2005. – Vol. 138. – P. 2364–2373. doi: 10.1104/pp.105.064287
30. Manchenko G. P. Handbook of detection of enzymes on electrophoretic gels / G. P. Manchenko. – CRC Press LLC, 2003. 592 p.
31. Minibaeva F.V. Superoxide Production and the Activity of Extracellular Peroxidase in Plant Tissues under Stress Conditions / F.V. Minibaeva, L.Kh. Gordon // Russian Journal of Plant Physiology. – 2003. – Vol. 50, № 3. – C. 411–416.
32. Noctor G. Ascorbate and glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control / G. Noctor, C. H. Foyer // Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1998. – Vol. 49. – P. 249–79.
33. Pandey V.P. A Comprehensive Review on Function and Application of Plant Peroxidases / V. P. Pandey, M. Awasthi, S. Singh, S. Tiwari, U.N. Dwivedi // Biochem Anal Biochem. – 2017. – Vol. 6, № 1 – P. 308–324. doi: 10.4172/2161-1009.1000308
34. Penfield S. Temperature perception and signal transduction in plants / S. Penfield // New Phytologist. – 2008. – No 179. – P. 615–628.
35. Qu Y. Functional regulation of plant NADPH oxidase and its role in signaling / Y. Qu, M. Yan, Q. Zhang // Plant signaling and behavior. – 2017. – Vol. 12, No. 8. – P. 1–3.
36. Sakai A., Larcher W. Frost Survival of Plants: Responses and Adaptation to Freezing Stress. Ecological Studies (V. 62). - Springer Science & Business Media, 2012. – 321 p.
37. Sies H. Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: Oxidative eustress / H. Sies // Redox Biology. – 2017. Vol. 11 – P. 613–619. http://dx.doi.org/10.1016/j.redox.2016.12.035
38. Sofo A. Ascorbate Peroxidase and Catalase Activities and Their Genetic Regulation in Plants Subjected to Drought and Salinity Stresses / A. Sofo, A. Scopa, M. Nuzzaci, A. Vitti // Int. J. Mol. Sci. – 2015. – Vol. 16. – P. 13561–13578. doi:10.3390/ijms160613561
39. Sung S. Molecular genetic studies of the memory of winter / S. Sung, R. M. Amasino // J. Exp. Bot. – 2006. – Vol. 57, N 13. – P. 3369–3377. DOI: 10.1093/jxb/erl105
40. Toptikov V. A. Effect of various compounds on electrophoretic spectra of multiple molecular forms of peroxidase / V. A. Toptikov, L. F. D'iachenko, V. N. Totskii // Ukrainskii Biokhimicheskii zhurnal. – 1997. – Vol. 69, N. 1 – P. 41–49.
41. Tranquilli G. E.. Epistatic interactions between vernalization genes Vrn-Am1 and Vrn-Am2 in diploid wheat / G. E. Tranquilli, J. Dubcovsky J. // J. Hered. – 2000. – Vol. 91. – P. 304–306.
42. Vidossich P. Catalases versus peroxidases: DFT investigation of H_2O_2 oxidation in models systems and implications for heme protein engineering / P. Vidossich, M. Alfonso-Prieto, C. Rovira // J. Inorg. Biochem. – 2012. – Vol. 117. – P. 292–297. doi: 10.1016/j.jinorgbio.2012.07.002

43. Xia X.-J. Interplay between reactive oxygen species and hormones in the control of plant development and stress tolerance / X.-J. Xia, Y.-H. Zhou, K. Shi, et al. // J. Exp. Bot. – 2015. – Vol. 66, No. 10. – P. 2839–2856.
44. Yadav S. K. Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. / S. K. Yadav // Agron. Sustain. Dev. – 2010. – Vol. 30. – P. 515–527. doi: 10.1051/agro/2009050.

V. A. Toptikov[1], S. V. Chebotar [1,2]
[1]Odesa Mechnykov National University, Department of Genetics and Molecular Biology, Dvoranska Street, 2, Odesa, 65082, Ukraine
[2]Breeding and Genetic Institute - National Center for Seed Science and Variety Research of the National Academy of Sciences of Ukraine,
Ovidiopolska Street, 3, Odesa, 65036, Ukraine

GENETIC AND BIOCHEMICAL ASPECTS OF THE ASSOCIATION OF THE Ppd-D1 LOCUS WITH THE RESISTANCE OF WINTER SOFT WHEAT TO LOW TEMPERATURE

Abstract
The aim of this work was to study the expression of some enzymes under the influence of unfavorable temperature conditions on plants that differ in allelic composition of Ppd genes. To accomplish this goal, the following tasks were set: 1) to carry out qualitative and quantitative analysis of electrophoregrams of multiple forms of antioxidant enzymes (catalase, peroxidase, superoxide dismutase); 2) to establish whether there is a relationship between the spectra of the enzyme under study and the tolerance to low temperatures and allelic composition of the Ppd-D1 gene.
Material. Winter wheat varieties: Mironovskaya 808 (recessive alleles of the Ppd-D1 gene) and Tira (the dominant allele of the Ppd-D1 gene). **Methods**. Electrophoresis. Complex comparative analysis. Methods of descriptive statistics. Computer data processing.
Results. It was shown that in varieties that differ in the composition of Ppd-D1 alleles and resistance to hypothermia gene-enzyme systems function in a different, often opposite way. Moreover, the difference was observed both in control conditions and under stress. This indicates that for the formation of adaptation, not only the peculiarities of the reaction of the metabolic reaction to adverse conditions, but also their initial state are important.
In Mironovskaya 808 plants, unlike Tire, peroxidase plays a major role in neutralizing peroxide. This is manifested both in higher activity and in features of changes in enzyme expression during hypothermia, as well as in the ratio of peroxidase activity to the activity of other antioxidant enzymes. The leading role of peroxidase, due to its versatility, leads to a finer regulation of cellular metabolism during adaptation. In addition, in Mironovskaya 808, in response to the action of low temperature, the functioning of specific peroxidases, ascorbate peroxidase and ferulic-specific peroxidase, changes in the opposite way, compared to the variety Tira. The expression of such an important antioxidant enzyme as SOD also changes in different ways.
Based on the data obtained, it can be assumed that Tira's system of protection against

oxidative explosion in stress "does not cope" with the excess of superoxide radicals formed.

Keywords: *Triticum aestivum*; Ppd-D1 gene; antioxidant enzymes; expression; hypothermia.

References

1. Vinogradova Ye.N., (2006), «Peroxidase activity in cells of *Fraxinus lanceolata* Borkh. and *Acer pseudoplatanus* L. leaves in connection with their tolerance to coke-chemical plant» [«Peroksidaznaya aktivnost' v kletkakh list'yev i v svyazi s ikh ustoychivost'yu k vybrosam koksokhimicheskogo predpriyatiya»], *Industrial botany* [Promyshlennaya botanika], No. 6, P. 35-40.
2. Kolupaev Yu. E., Gorelova E. I., Yastreb T. O., (2018), «Mechanisms of plant adaptation to hypothermia: role of antioxidant system» [«Mekhanizmy adaptatsii rasteniy k gipotermii: rol' antioksidantnoy sistemy»], *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series: Biology*, [Visnyk Kharkivs′koho natsional′noho ahrarnoho universytetu. Seriya : Biolohiya], No. 1, P. 6-33, http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_biol_2018_1_3
3. Kolupaev Yu. E., Karpets Yu. V., (2014), «Reactive oxygen species and stress signaling in plants» [«Aktivnyye formy kisloroda i stressovyy signaling u rasteniy»], *Ukr. Biochem. J.* , Vol. 86, No 4, P. 18-35.
4. Litvinenko N.A. Kozlov V.V. , (1990), «Relationship between the rates of autumn and early spring growth and development of plants with productivity and frost resistance in winter common wheat» [«Svyaz' tempov osennego i rannevesennego rosta i razvitiya rasteniy s produktivnost'yu i morozostoykost'yu u ozimoy myagkoy pshenitsy»], *The technology of cultivation of cereal crops and problems of their selection – Mironovka* [Tekhnologiya vozdelyvaniya zernovykh kolosovykh kul'tur i problemy ikh selektsii – Mironovka], P. 24-30.
5. Mokanu N.V., Fayt V.I., (2006), «The differences of the effects of *Vrd1* and *Ppd-D1* gene alleles on winterhardiness, frost resistance and yield in winter wheat» [«Razlichiya effektov alleley genov Vrd1 i Ppd-D1 po zimo-morozostoykosti i urozhayu u ozimoy pshenitsy»], *Cytology and Genetics* , Vol. 42, No 6, P. 26-33.
6. Net'ukhaylo L.G., Kharchenko S.V., (2014), «Reactive oxygen» [«Aktyvni formy kysnyu»], *Young Scientist*, No 9 (12), P. 131–135.
7. Olyunina L.N., Frantsuzova V.P., Meshchaninova N.M., (2015) «Change in the activity of peroxidase of apoplastic and cytosolic compartments with hyperthermic effect on wheat seedlings» [«Izmeneniye aktivnosti peroksidazy apoplastnogo i tsitozol'nogo kompartmentov pri gipertermicheskom vozdeystvii na prorostki pshenitsy»] In: *Factors of plant resistance in extreme environmental conditions and industrial environment: Materials of the All-Russian Scientific Conference. Irkutsk, June 10-13, 2013* [Faktory ustoychivosti rasteniy v ekstremal'nykh prirodnykh usloviyakh i tekhnogennoy srede: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Irkutsk, 10-13 iyunya 2013 g.]– Directvedia, 501 p., P. 185-188.
8. Tkachuk V. A., Tyurin-Kuzmin P. A., Belousov V. V., Vorotnikov A. V. (2012), «Hydrogen Peroxide as a New Second Messenger» [«Peroksid vodoroda kak novyy vtorichnyy posrednik»], *Biological membranes* [Biologicheskiye membrany] , 2012, Vol. 29, No 1–2. – C. 21–37.
9. Toptikov V. A., Zharikova D. A., Chebotar H. A., Temchenko I. V., Chebotar S. V., (2018), «Genetic and biochemical peculiarities of soya mutant lines» [«Genetiko-biokhimicheskiye osobennosti mutantnykh liniy soi»], *Bulletin of ONU, Biology* [Visnyk ONU, Biolohiya], Vol. 22, No 2 (44), P. 73-94.
10. Tupik N.D., Zolotareva E.K., (2008), «Isoenzyme spectrum of peroxidase chlorophyta» [«Izofermentnyy spektr peroksidazy chlorophyta»], *Algology* [Al'gologiya], Vol. 18, No 2, \ P. 123-133.
11. Fayt V. I., Fedorova V. R., (2007), Influence of differences in *Ppd* genes on agronomic indicators of soft winter wheat, *Cytology and Genetics*, Vol. 18, No 2, P. 350-356.

12. Chasov A.V., Alekseeva V. Ya., Kolesnikov O.P., Minibaeva F. V., (2010) «Activation of extracellular peroxidase of wheat roots under the action of xenobiotics» [«Aktivatsiya ekstrakletochnoy peroksidazy korney pshenitsy pri deystvii ksenobiotikov»], *Applied Biochemistry and Microbiology*, [Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya], Vol**.** 46, No 4, P. 472-478.
13. Babben S., Schliephake E., Janitza P., Berner, Keilwagen J., Koch M., Arana-Ceballos F. A., Templer S. E., Chesnokov Y., Pshenichnikova T., Schondelmaier J., Börner A., Pillen K., Ordon F. and Perovic D. (2018) «Association genetics studies on frost tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) reveal new highly conserved amino acid substitutions in *CBF-A3*, *CBF-A15*, *VRN3* and *PPD1* genes», *BMC Genomics,* Vol. 19, No 1: 409. doi: 10.1186/s12864-018-4795-6
14. Cˇerný M., Habánová H., Berka M., Luklová M., Brzobohatý B. (2018), «Hydrogen Peroxide: Its Role in Plant Biology and Crosstalk with Signalling Networks», *Int. J. Mol. Sci.,* Vol. 19, No 2812, P. 1-30; doi:10.3390/ijms19092812
15. Chinnusami V., Zhu J., Zhu J.-K. (2006) «Gene regulation during cold acclimation in plants», *Physiol. Plantarum*, Vol. 126, P. 52.61.
16. Considine M. J., Foyer C. H. (2014), «Redox regulation of plant development», *Antioxidants and redox signaling*, Vol. 21, No 9, P. 1305–1326.
17. Fowler D. B., Byrns B. M., Greer K. J. (2014), «Overwinter Low-Temperature Responses of Cereals: Analyses and Simulation», *Crop science*, Vol. 54, november–december, P. 2395-2405.
18. Fowler S., Thomashow M. F., (2002), «Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are indicated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway», *Plant Cell*., Vol. 14. P. 1675-1690.
19. Fridovich I., (1995),«Superoxide radical and superoxide dismutase», *Annu. Rev. Biochem*., V.64, P. 97 – 112.
20. Gorash A., Armoniene R., Lliatucas Ž., Brasauskas G., (2017), «The relationship among freezing tolerance, vernalization requirement, *Ppd* alleles and winter hardiness in European wheat cultivars», *The Journal of Agricultural Science,* Vol. 155, Issue 9, P. 1353-1370. https://doi.org/10.1017/S0021859617000521
21. Graf E., (1992),«Antioxidant potential of ferulic acid», *Free Radic Biol Med.*, Oct;13(4), P. 435- 448. doi: 10.1016/0891-5849(92)90184-i
22. Hura T., Grzesiak S., Hura K. et al., (2007), «Physiological and biochemical tools useful in droughttolerance detection in genotypes of winter triticale: Accumulation of ferulic acid correlates with drought tolerance», *Ann. Bot*., Vol. 100, P. 767-775.
23. Janmohammadi M., Mock H.-P., Matros A., (2014), «Proteomic analysis of cold acclimation in winter wheat under field conditions», *Icel. Agric. Sci*., No 27, P. 3–15.
24. Jiménez-Quesada M. J., Traverso J. Á., Alché1 J. Dios de, (2016), «NADPH Oxidase-Dependent Superoxide Production in Plant Reproductive Tissues», *Frontiers in Plant Science*, Vol. 7, Article 359 doi: 10.3389/fpls.2016.00359.
25. Khotyljova L.V., Kaminskaya L.N., Koren L.V. (2002) «Influence of genetic systems of *VRN* and *PPD* genes on the ecological adaptation of wheat and TRITICALE», *Biologiya*, № 4, P. 45-48.
26. Kikuzaki H, Hisamoto M, Hirose K, Akiyama K, Taniguchi H. J., (2002), «Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds», *Agric Food Chem*., Mar 27; 50(7):2161-2168. doi: 10.1021/jf011348w
27. Limin A. E., Fowler D. B., (2006), « Low-temperature tolerance and genetic potential in wheat (Triticum aestivum L.): response to photoperiod, vernalization, and plant development», *Planta*, Vol. 224, No. 2, P. 360-366. https://www.jstor.org/stable/23389462
28. Lin C. C., Kao C. H., (2001), «Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl inhibited root growth of rice seedlings», *Plant and Soil*., Vol. 230, P. 135–143.
29. Loukoianov A., Yan L., Blechl A., Sanchez A., Dubcovsky J., (2005), «Regulation of VRN-1 vernalization genes in normal and transgenic polyploidy wheat», *Plant Physiol*., Vol. 138., P. 2364- 2373.
30. Manchenko G. P., (2003), *Handbook of detection of enzymes on electrophoretic gels*, CRC Press LLC, 592 p.

31. Minibaeva F.V., Gordon L.Kh., (2003), «Superoxide Production and the Activity of Extracellular Peroxidase in Plant Tissues under Stress Conditions», *Russian Journal of Plant Physiology*., Vol. 50. No 3. C. 411-416.
32. Noctor G., Foyer C. H., (1998), «Ascorbate and glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control», *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*., Vol. 49., P. 249–79
33. Pandey V.P., Awasthi M., Singh S., Tiwari S., Dwivedi U.N., (2017), «A Comprehensive Review on Function and Application of Plant Peroxidases», *Biochem Anal Biochem*, Vol. 6, No 1, 308. doi: 10.4172/2161-1009.1000308
34. Penfield S., (2008), «Temperature perception and signal transduction in plants», *New Phytologist*., No 179, P. 615–628.
35. Qu Y., Yan, Q. Zhang, (2017), "Functional regulation of plant NADPH oxidase and its role in signaling», *Plant signaling and behavior*., Vol. 12, No. 8, P. 1–3.
36. S. K. Yadav., (2010), «Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review», *Agron. Sustain. Dev*. Vol. 30, P. 515–527.
37. Sakai A., Larcher W., (2012), *Frost Survival of Plants: Responses and Adaptation to Freezing Stress*. *Ecological Studies,* Vol. 62., Springer Science & Business Media, 321 p.
38. Sies H., (2017), «Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: Oxidative eustress», *Redox Biology*, Vol. 11, P. 613–619. http://dx.doi.org/10.1016/j.redox.2016.12.035
39. Sofo A., Scopa A., Nuzzaci M. and Vitti A., (2015), «Ascorbate Peroxidase and Catalase Activities and Their Genetic Regulation in Plants Subjected to Drought and Salinity Stresses», *Int. J. Mol. Sci.* Vol. 16, P. 13561-13578; doi:10.3390/ijms160613561
40. Sung S., Amasino R. M., (2006), «Molecular genetic studies of the memory of winter», *J. Exp. Bot*., Vol. 57., No 13, P. 3369-3377.
41. Toptikov V. A., D'iachenko L. F., Totskii V. N., (1997), «Effect of various compounds on electrophoretic spectra of multiple molecular forms of peroxidase», *Ukrainskii Biokhimicheskii zhurnal*., Vol. 69, No.1, P. 41–49.
42. Tranquilli G. E., Dubcovsky J., (2000), «Epistatic interactions between vernalization genes Vrn-Am1 and Vrn-Am2 in diploid wheat», *J. Hered.*, Vol. 91, P. 304-306.
43. Vidossich P., Alfonso-Prieto M, Rovira C., (2012), «Catalases versus peroxidases: DFT investigation of H_2O_2 oxidation in models systems and implications for heme protein engineering», *J. Inorg. Biochem*., Dec.117, P. 292-297. doi: 10.1016/j.jinorgbio.2012.07.002
44. Xia X.-J., Zhou Y.-H., Shi K., et al., (2015), «Interplay between reactive oxygen species and hormones in the control of plant development and stress tolerance», *J. Exp. Bot*., Vol. 66, No. 10, P. 2839–2856,

ГІДРОБІОЛОГІЯ ТА ЗАГАЛЬНА ЕКОЛОГІЯ

УДК 582.276:574.587(262.5) **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).186088**

С. Г. Бушуєв, к.б.н., старший науковий співробітник
В. О. Демченко, д.б.н., старший науковий співробітник
ДУ «Інститут морської біології НАН України», відділ екологічної інтеграції біоциклів
вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, Україна, e-mail: bsg1956@gmail.com, demvik.fish@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА НА ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕРАХ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЙОГО РОЗВИТКУ (ОГЛЯД)

Використання водних біологічних ресурсів в межах більшості придунайських озер здійснюється в режимі спеціальних товарно-рибних господарств (СТРГ). Загальна площа придунайських озер (Кагул, Картал, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабуг, Китай), які експлуатуються в режимі СТРГ, становить 44,3 тис. га. В середньому за період 2014–2018 рр. плановані показники за обсягами вилову водних біоресурсів (ВБР) в СТРГ були виконані на 17–77 %. В сучасних умовах в структурі промислових уловів в озерах відмічається низький відсоток видів риб, яких штучно вселяють. Лише в двох СТРГ (Кагул і Катлабуг) за статистикою їх улови більші, ніж улови аборигенних видів. В інших господарствах їх частка становить близько 30 %, тобто промисел будується на експлуатації природних водних біоресурсів озер. В роботі обґрунтовується необхідність реформування підходів щодо функціонування СТРГ на водоймах з великою площею.

Ключові слова: спеціальне товарно-рибне господарство; Кагул; Картал; Ялпуг; Кугурлуй; Катлабуг; Китай; рибопродуктивність.

В кінці 50-х років минулого сторіччя з метою освоєння додаткових земельних угідь, покращення рибопродуктивності водойм, регулювання підтоплення почалося віддамбування озер від р. Дунай, яке закінчилося в 70-х роках минуло сторіччя. Заплава Дунаю була одамбована, озера з'єднані з річкою штучними каналами, а на каналах встановлені шлюзи. В результаті цього природний зв'язок з р. Дунай був обмежений і озера перетворилися в наливні водосховища з регульованим рівнем води. Загалом в українській ділянці р. Дунай був побудований масштабний комплекс гідротехнічних споруд загальною протяжністю 239 км. Він включав 215 км дамб і 21 шлюз для регулювання наповнення і скидання води з придунайських водойм і зрошувальних систем.

Гідрологічний режим придунайських озер був істотно змінений, що призвело до помітного скорочення їх рибопродуктивності (були порушені шляхи нерестових міграцій риб, знищено близько 10 тис. га нерестовищ), погіршення якості води та підвищення швидкості замулення та заростання [3, 14, 15]. По-

© С. Г. Бушуєв, В. О. Демченко, 2019

будовані для здійснення водообміну озер з Дунаєм штучні канали зі шлюзами-регуляторами не змогли ефективно вирішити задачу підтримки оптимального гідрологічного режиму озер, що призвело до цілої низки екологічних проблем, які щороку посилюються [4].

Проблему підтримки рибопродуктивності придунайських озер спробували вирішити шляхом будівництва риборозплідників для товарного вирощування риби, а також масового штучного зариблення озер як компенсації втрат природних нерестовищ. При цьому основними об'єктами для вселення в озера були обрані рослиноїдні риби – далекосхідні акліматизанти (білий і строкатий товстолоби та білий амур).

В останні роки використання водних біологічних ресурсів в більшості придунайських озерах здійснюється в режимі спеціальних товарно-рибних господарств. Згідно Інструкції про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах [6] основою метою таких господарств є підвищення рибопродуктивності рибогосподарського водного об'єкта шляхом штучного відтворення живих ресурсів, а також шляхом збереження та раціонального використання цінних туводних видів водних живих ресурсів.

Фактично таке господарство є формою, яка передбачає закріплення права користування ВБР природних водойм за користувачем або групою користувачів без оформлення права оренди на користування такими водоймами. З одного боку наявність одного користувача, який зацікавлений в підвищенні рибопродуктивності водойми та у веденні раціонального рибного господарства є вдалим законодавчим інструментом. Нажаль, в реаліях сучасної системи державного управління в даній галузі такий підхід не забезпечив бажаного ефекту.

Метою даної роботи була оцінка сучасної системи управління СТРГ та виявлення її недоліків в придунайських озерах.

Матеріал та методи дослідження

В роботі використані нормативні документи, що регламентують здійснення рибальства в Україні, дані місячної та річної статистичної звітності органів рибоохорони, літературні [1–4, 16] та архівні дані [9–11].

Робота виконана в рамках проекту «Розробка оптимальної моделі збереження і раціонального використання водних біоресурсів придунайських озер, адаптованої до змін клімату», що фінансується в рамках Програми науково-технічних проектів установ НАН України на 2019 рік.

В рамках досліджень проводилося вивчення структури уловів з промислових знарядь лову (зяброві сітки, каравки) на озерах Кагул, Ялпуг та Кугурлуй. Також як контрольні лови на озерах Кагул, Картал, Ялпуг та Кугурлуй здійснювалися роботи з використанням різновічкової зяброві сітки вічком 5–55 мм [7]. Роботи проводилися в різні сезони 2019 року.

Результати дослідження та їх обговорення

Сучасний стан ведення рибного господарства на придунайських озерах. Перші озерні товарні рибні господарства (ОТРГ) були створені в Одеській області в 1984 році на озерах Китай і Катлабуг загальною площею 11,5 тис. га. Максимальні обсяги добування водних біологічних ресурсів в цих двох ОТРГ були досягнуті у 1988 році – 2033 т, але згодом вони суттєво знизилися. Основною причиною такої ситуації вважається зміна економічного порядку, що був пов'язаний із загальною господарською кризою в Україні у 1990-х рр. З введенням «Інструкції про порядок здійснення штучного розведення, вирощування водних живих ресурсів та їх використання» [5] колишні ОТРГ були переведені у режим спеціальних товарних рибних господарств (СТРГ). Таким чином були створені інші господарства: на озерах Ялпуг-Кугурлуй, Кагул-Картал, водосховище Сасик (2004 р.), а в подальшому ще низка господарств на менших водоймах.

Загальна площа придунайських озер (Кагул, Картал, Ялпуг, Кугурлуй, Катлабуг, Китай), які експлуатуються в режимі СТРГ, становить майже 44,3 тис. га (табл. 1).

Таблиця 1

Гідрологічні особливості озер, які використовуються в режимі СТРГ [4]

Показник		Кагул	Картал	Ялпуг-Кугурлуй	Катлабуг	Китай
Довжина, макс., км		20,3	5,4	46,0	21,0	24,0
Ширина, км	макс.	10,2	5,1	10,0	6,0	3,9
	середн.	5,0	3,3	6,4	3,3	2,5
Глибина, м	макс.	3,5	2,9	6,4	2,7	3,0
	середн.	2,5	1,5	2,9	1,9	1,9
Площа, га (згідно режиму СТРГ)		8500,0	1500,0	22800,0	6500,0	5000,0
Об’єм при НПР, млн. $м^3$		250,0	35,6	888,0	131,0	111,4
Корисний об’єм, млн. $м^3$		154,18	27	421	68,5	49,3

На них припадає 58 % площі від площі всіх СТРГ і 28 % від загальної площі всіх рибогосподарських водойм Одеської області. Максимальний вилов тут був досягнутий у 2005 році – 2614 т риби. У подальші роки вилов риби в цих СТРГ декілька знизився і в 2012 році вже склав 918 т. Після зміни низки користувачів спостерігалося зростання видобутку до 2232 т у 2016 році і знову скорочення уловів на третину в 2018 році – до менш ніж 1500 т (табл. 2). В 2017 році вилов в 5 придунайських господарствах (Кагул, Картал, Ялпуг-Кугурлуй, Катлабуг, Китай) склав 31,5 % від загального вилову ВБР у всіх внутрішніх водоймах Одеської області, а в 2018 році – 26,5 %.

Слід зазначити, що досягнуті значення рибопродуктивності водойм в цілому були вище показників середньорічної природної продуктивності, які історично реєструвалися в цих водоймах до створення СТРГ (табл. 3). Разом з тим,

в сучасних умовах рибопродуктивність даних водойм не досягла значень, які розраховані у відповідних режимах. В середньому за період 2014–2018 рр. планові показники за обсягами вилову водних біоресурсів в СТРГ, які створені на придунайських водоймах, були виконані на 17–77 % (рис. 1). Дані показники істотно нижче потенційно можливих при оптимальному веденні рибогосподарської діяльності.

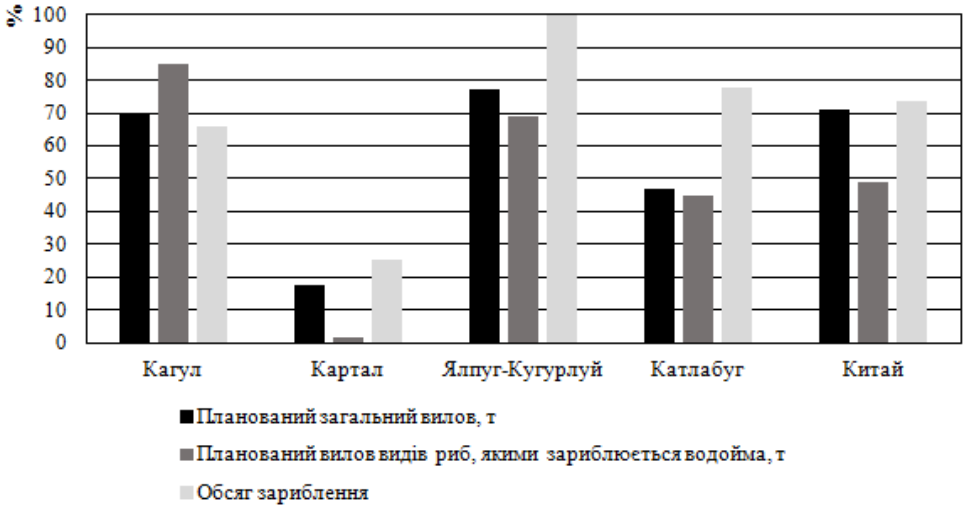


Рис. 1. Відсоток виконання планованих показників вилову видів риб та обсягів зариблення, які визначалися режимами СТРГ у 2014–2018 рр.

За іншим важливим показником – обсягами зариблення – придунайські СТРГ раніше помітно лідирували. У 2016 році всі СТРГ Одеської області провели зариблення штучно вирощеною молоддю у кількості 14,9 млн. шт., що склало більш 70 % від загального обсягу зариблення, яке здійснили всі СТРГ України. З них 9,9 млн. шт. припало на частку СТРГ придунайських озер. Однак, у 2018 році обсяги зариблення СТРГ Одеської області склали 8,6 млн. шт., а частка придунайських озер – тільки 3,1 млн. шт. В досліджуваних водоймах обсяг зариблення значно коливався, що залежало від інтенсивності робіт, технічних та фінансових можливостей господарства. Так у найбільших обсягах зариблюються оз. Кагул, Ялпуг-Кугурлуй, Катлабуг (табл. 4). На озері Картал за весь час дії на ньому режиму СТРГ зариблення проводилося лише один раз – в 2017 році. В цілому слід зазначити різке зниження обсягів зариблення придунайських озер, що є симптомом неблагополучного стану СТРГ, яке в найближчому майбутньому призведе до скорочення уловів.

Загалом потрібно зазначити наступні характерні особливості діяльності СТРГ на придунайських озерах:

1. Відсутність стабільності роботи окремих господарств, яка проявляється

Таблиця 2

Динаміка вилову в придунайських озерах, які експлуатуються в режимі СТРГ у 2004-2018 рр., т

Водойма	Роки														
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кагул-Картал	161,5	1416,1	1159,0	1474,0	1012,4	582,5	454,9	261,1	-	-	-	-	-	-	-
Кагул	-	-	-	-	-	-	-	-	229,0	725,7	527,6	824,1	902,1	705,9	268,0
Картал	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	15,0	20,3
Ялпуг-Кугурлуй	289,5	549,5	0	473,1	654,6	933,2	668,3	435,8	417,6	493,8	869,5	941,9	901,5	914,9	899,0
Катлабуг	229,5	315,6	396,4	432,6	452,0	407,4	302,7	345,6	173,2	226,9	195,0	222,0	246, 4	253,2	138,1
Китай	256,9	332,4	221,4	148,4	157,5	144,4	231,9	207,0	98,4	25,5	123,4	189,2	178,2	186,1	169,4
Всього	937,4	2613,6	1776,8	2528,1	2276,5	2067,5	1657,8	1249,5	918,2	1471,9	1715,5	2177,2	2232,5	2075,1	1494,8

Таблиця 3

Показники рибопродуктивності придунайських озер, які експлуатуються в режимі СТРГ, кг/га

Показник	Кагул	Картал	Ялпуг-Кугурлуй	Катлабуг	Китай
Планована згідно режиму СТРГ (рік затвердження)	109,0 (2012)	70,7 (2015)	51,8 (2013)	36,8 (2019)	47,6 (2017)
Фактична середньорічна за 2014-2018 рр.	76,0	6,7 (2015-2018)	39,7	32,5	33,8
Максимально досягнута до початку дії режиму СТРГ (рік)	88,5 (1990)	190,9 (1957)	35,8 (1984)	210,2 (1988)	123,9 (1989)

Таблиця 4

Річні показники вилову риби та об`єму зариблення, які повинні бути досягнуті згідно різних редакцій режимів СТРГ в придунайських озерах, 2004-2019 рр.

Показник	Озера та рік затвердження режиму											
	Кагул-Картал	Кагул		Картал		Ялпуг-Кугурлуй			Катлабуг		Китай	
	2004	2012	2019	2013	2015	2004	2007	2013	2005	2019	2005	2017
Загальний вилов, т	4050	926,5	718,5	130	100	2150	1152	1181	446	239	399	238
Вилов видів риб, якими зариблюють водойми, т	3850	730	480	90	70	1130	408	405	305	135	245	105
Об`єм вселення, цьоголіток, млн. шт.	6,5	3,5	2,5	1,2	0,4	1,43*	6,7	2,5	1,85+ 0,25*	1,78	1,1	1,0

в значних коливаннях основних виробничих показників – величини уловів і обсягів зариблення (табл. 2). Крім об'єктивних причин, ці коливання пов'язані також з управлінськими рішеннями Державного рибного агентства України, у відповідності до яких відбувається зміна користувачів режимів СТРГ на озерах.

2. Наявність загальної тенденції зниження ефективності роботи СТРГ. Ця тенденція наочно відображається в змінах вимог пізніших редакцій режимів СТРГ у порівнянні з більш ранніми їх версіями (табл. 4). Практично кожна нова редакція режиму встановлює для користувачів СТРГ нижчі показники величин загального вилову, вилову видів риб, що вселяють, і обсягів штучного зариблення. Хоча, виходячи з вимог Інструкції про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах [6] все повинно бути навпаки.

3. Низька частка штучно вселених видів риб в структурі промислових уловів (рис. 2). Тільки у двох СТРГ (Кагул і Катлабуг) за статистикою види, якими проводили зариблення, переважають в уловах. В інших господарствах їх частка становить близько 30 %, тобто промисел будується на експлуатації природних водних біоресурсів озер. Для озер Ялпуг, Кугурлуй і Китай ця норма закріплена і в режимі СТРГ.

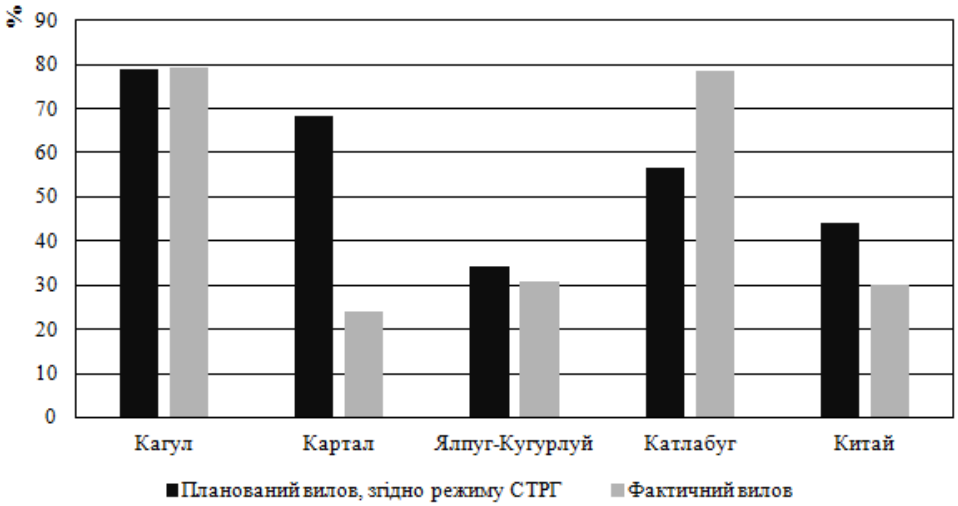


Рис. 2. Планований і фактичний відсоток в уловах СТРГ видів, якими зариблюють озера в 2014–2018 рр.

Дійсний стан запасів видів риб, якими зариблюють, ще гірше, ніж це відображає офіційна статистика. По-перше, господарства в цілому знижують обсяги зариблення. Крім того, є підстави вважати, що в деяких випадках у звітах про зариблення дані не коректні. По-друге, в умовах відсутності ефек-

тивного рибозахисту на основних каналах, якими подається вода і які з'єднують озера з р. Дунай, реофільні товстолоби білий та строкатий та його гібриди (*Hypophthalmichthys molitrix, Hypophthalmichthys nobilis*) та їх гібриди мають можливість практично без перешкоди виходити в річку. В результаті для поліпшення звітності окремі користувачі СТРГ періодично записують улови карася (*Carassius gibelio*), ляща (*Abramis brama*) та інших видів риб як улови товстолобів. Даний факт підтверджуються дослідженнями, які були проведені в 2019 році в озерах Кагул, Картал, Ялпуг та Кугурлуй. Так була проаналізована структура промислових уловів риб та здійснений аналіз структури уловів різновічковою зябровою сіткою. Дані дослідження показали, що в структурі іхтіофауни види, якими зариблюють озера, за чисельністю та за масою не перевищуються 5–10 % від загального улову.

4. Відмічаються істотні відмінності в ефективності діяльності СТРГ на різних озерах. Так відносно успішно здійснюється робота на озерах Кагул і Ялпуг-Кугурлуй. Господарства на озерах Катлабуг і Китай демонструють найбільш помітне зниження рибопродуктивності, особливо у порівнянні з періодом експлуатації їх в режимі ОТРГ (табл. 3). Абсолютним аутсайдером є СТРГ на озері Картал, яке жодного року не наблизилося до виконання планованих показників режиму.

Окремо слід зазначити, що питома рибопродуктивність СТРГ (кг/га) на великих водоймах значно нижче, ніж та, що досягнута на деяких малих водоймах. На невеликих водоймах з контрольованим водним режимом можливо набагато ефективно проводити рибоводно-меліоративні заходи, штучно сформувати високопродуктивний іхтіоценоз і здійснювати облов вирощеної риби.

Сучасні проблеми ведення СТРГ в придунайських озерах. Відносно невисока ефективність роботи СТРГ на придунайських озерах пов'язана з низкою екологічних, правових, технічних факторів:

1. Екосистеми озер функціонують в умовах забруднення, цвітіння та підвищення рівня мінералізації води, замулення, обміління, всихання водойм та ін. Загалом більшість озер знаходяться в незадовільному екологічному стані. Погіршення водообміну між озерами і р. Дунай, інтенсифікація господарської діяльності, великий знос гідротехнічних споруд, призвели до значного зниження якості води водойм у зв'язку з надлишком біогенних речовин, що підсилює процеси евтрофікації.

2. Значна частина іхтіомаси у великих водоймах припадає на дрібні непромислові види, які, в підсумку, споживають більшу частину кормової бази. Так, за результатами власних іхтіологічних досліджень в 2019 році в уловах різновічкової зябрової сітки в о. Картал та о. Кагул домінували йорж звичайний (*Gymnocephalus cernuus*), гірчак (*Rhodeus amarus*), верховодка (*Alburnus alburnus*) та ін. У зв’язку з відсутністю технічної можливості проведення меліоративних ловів, а також законодавчим обмеженням, шляхів боротьби з малоцінними видами не існує.

3. Для водойм характерна велика ймовірність виникнення задухи та загибелі риб, що пов'язано з наявністю переносників і вогнищ різних захворювань та незадовільними гідрологічними умовами. Також значний тиск на молодь риб, якими зариблюють озера, здійснює велика кількість рибоїдних птахів.

4. Рибогосподарська експлуатація придунайських озер в режимі СТРГ багато в чому суперечить меті ведення сталого рибного господарства в гармонії з завданнями збереження біорізноманіття та продуктивності їх природних екосистем. Оскільки основним завданням СТРГ є підвищення рибопродуктивності водних об'єктів шляхом спрямованого формування видового складу риб при здійсненні масового штучного зариблення та інтенсивних рибоводно-меліоративних заходів. Як об'єкти зариблення широко використовуються далекосхідні рослиноїдні види-вселенці (товстолоби і білий амур). Це сприяє пригніченню видів аборигенної іхтіофауни і деградації специфічної водної рослинності досліджуваних озер. Крім того, у відповідності до положень «Інструкції про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах» [6], СТРГ повинні створюватися на водоймах, які є малопродуктивними та в яких домінують малоцінні види водних біоресурсів. Натомість, історично, придунайські озера, навпаки, є цінними природними водоймами, що мають велике значення для збереження різноманіття флори і фауни і завжди слугували місцем нересту та нагулу цінних видів риб.

5. Інструкція про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах [6], яка була розроблена в основному для невеликих водосховищ і ставків, не враховує специфіки рибогосподарського використання великих природних водойм, якими є придунайські озера. Фактично ця інструкція використовується як інструмент закріплення за користувачами СТРГ виняткового права користування водними біоресурсами водойм, які з різних причин не можуть бути передані в оренду. В принципі, закріплення водойми за одним господарем має певні переваги у порівнянні з варіантом використання його біоресурсів в режимі загального користування на підставі виділення квот всім охочим займатися рибним промислом. Велике число рибокористувачів значно важче контролювати. Від них практично неможливо домогтися здійснення необхідних рибоводно-меліоративних заходів, особливо таких дорогих як спорудження рибозахисту або зариблення. Проте сама концепція СТРГ не відповідає ані нинішньому екологічному стану водойм, ані нормам сучасного законодавства, ані Концепції сталого розвитку та раціонального використання природних ресурсів. Викликає множинні нарікання громадськості повне усунення місцевих громад та органів влади від проблем рибогосподарського використання водойм. Загалом обмежуючим фактором розвитку рибного господарства на придунайських озерах є невизначений довготерміновий правовий статус цієї форми господарювання. За таких умов капіталовкладення в СТРГ

практично (або дуже слабо) захищені, що значно зменшує інвестиційну привабливість даних підприємств.

6. Оскільки придунайські озера є водоймами комплексного призначення, користувачі СТРГ не можуть керувати водообміном, режимом рівня і якістю води. Такі особливості господарювання унеможливлюють стале ведення рибного господарства.

7. Не менш важливою є проблема відсутності рибозахисту на каналах, які забезпечують водообмін. Історично, гідротехнічними спорудами, шлюзами, рибозахисними спорудами, каналами опікувалися структури Держводагенства. Натомість в сучасних умовах такої можливості немає, тому ці обов'язки перекладаються на користувачів СТРГ. Нажаль, для більшості користувачів ефективне проектування, будівництво, ремонт та експлуатація рибозахисних споруд є дороговартісним заходом. Тому більшість даних споруд спроектовані неефективно, побудовані з порушенням норм і, як наслідок, не виконують своєї функції.

8. Рівень розвитку прісноводної аквакультури залишається низьким. Представлений досить невеликий асортимент видів риб, що вирощується. Його основу складають короп і рослиноїдні риби. Існують серйозні проблеми з селекцією і якістю зарибку рослиноїдних риб. Природні можливості вирощування раків, осетрових, цінних хижих риб (судак, щука та ін.) не використовуються. Відсутній посадковий матеріал чистих ліній білого товстолоба. Гібрид білого і строкатого товстолоба, який переважає останнім часом в зарибленні, не може виконувати функції фітомеліоратора.

9. Існує велика проблема збуту рибної продукції СТРГ. У період масового лову ціна рослиноїдних риб та карася найчастіше падає нижче собівартості. Причиною є недостатньо розвинена переробка рибної сировини, а також слабкий обсяг експорту рибопродукції.

10. Триваюче реформування рибогосподарської галузі поки не приносить суттєвих позитивних результатів. Як і раніше немає ефективного обліку виловленої риби, серйозних зрушень у боротьбі з браконьєрством, нелегальною торгівлею, організацією відстеження походження і якості рибопродукції.

Таким чином, вплив усіх цих факторів визначає екстенсивний характер рибогосподарського використання придунайських водойм і стримує підвищення їх рибопродуктивності. З метою врегулювання таких проблем, вважаємо за необхідне:

– Переглянути норми Інструкції про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах в частині значного скорочення можливого освоєння аборигенних видів риб.

– Розглянути можливість запровадження законодавчої норми з закріплення за водоймою одного або групи користувачів. При такому підході рибалки будуть зацікавлені дбайливо і раціонально використовувати промисло-

ві запаси, поповнювати їх і охороняти від браконьєрів. Таку закріплену за певним користувачем водойму (або її частину) у світовій практиці рибного господарства називають «промисловою ділянкою». Закріплення користування промисловою ділянкою повинно здійснюватися на тривалий термін – до 25 років.

– Законодавчо врегулювати норми ведення аматорського та спортивного рибальства на територіях природно-заповідного фонду.

Висновки

1. Сучасний стан та форма ведення СТРГ на придунайських озерах є незадовільними і не відповідають вимогам нормативних документів. Головною проблемою є невисока рибопродуктивність і низька частка штучно вселених видів риб в структурі промислових уловів. В більшості озер промисел будується на експлуатації природних водних біоресурсів.

2. Важливою проблемою для СТРГ є проблема рибозахисту на каналах, які забезпечують водообмін. Це призводить до неможливості інтенсифікації штучного зариблення водойм внаслідок виходу в Дунай видів риб, якими зариблюють озера.

3. Сучасний режим СТРГ фактично закріплює право користування ВБР природних водойм за одним користувачем без оформлення права оренди, який визначається в Києві чиновниками Держрибагентства. В реаліях сучасної системи державного управління в цій галузі такий підхід не забезпечує раціональне використання рибних ресурсів придунайських озер. Місцеві громади та органи влади практично усунуті від проблем рибогосподарського використання водойм. Можливою формою користування такими водойм може стати закріплення права користування водоймою як «промисловою ділянкою» на основі тендера за певним користувачем «промислової ділянки» терміном до 25 років, що значно покращить інвестиційну привабливість рибного господарства на придунайських озерах.

Список використаної літератури

1. Бушуев С. Г. Проблемы и перспективы деятельности специализированных товарных рыбных хозяйств в Одесской области / С. Г. Бушуев, В. Е. Рыжко, Г. Б. Черников // Труды ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 22–27.
2. Бушуев С. Г. Современное состояние и перспективы рыбохозяйственного использования озера Картал / С. Г. Бушуев // Академику Л. С. Бергу – 135 лет: сб. научн. статей. – Бендеры: Eco-TIRAS, 2011. – С. 400–404.
3. Бушуев С. Г. Состояние и перспективы промыслового рыболовства в регионе украинского Придунавья / С. Г. Бушуев, С. Ю. Черникова // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: IV междунар. конф., 8-9 октября 2008 г.: материалы. – Керчь, 2008. – С. 149–154.
4. Дьяков О. Управление водными ресурсами в украинском Придунавье: тотальное преобразование пойменных земель и его последствия / О. Дьяков, Л. Плотницкий, Т. Черная // Интегрированное управление водными ресурсами. – 2009. – Вып. 3. – 8 с.

5. Інструкція про порядок здійснення штучного розведення, вирощування водних живих ресурсів та їх використання: затв. наказом Держкомрибгоспа від 28.10.1998 р. № 154.
6. Інструкція про порядок здійснення штучного розведення, вирощування риби, інших водних живих ресурсів та їх використання в спеціальних товарних рибних господарствах: затв. наказом Держкомрибгоспа від 15.01.2008 р. № 4. Офіційний вісник України 2008 р. № 7. С. 42. Ст. 184.
7. Методичні рекомендації з організації інвентаризації, оцінки, моніторингу водно-болотного угіддя міжнародного значення та складання інформаційного опису [Текст] / Б. Александров, А. Волох, В. Воровка [та ін.]; за заг. ред. В. Демченка, О. Петрович. – Мелітополь, 2018. – 227 с.
8. Нестеренко М. Менеджмент план озера Картал / М. Нестеренко, С. Бушуев, А. Пригарин. – Одесса, 2015. – 61 с.
9. Оцінка стану запасів водних біоресурсів на шельфі Чорного моря та внутрішніх водоймах північно-західного Причорномор'я для визначення можливих лімітів і прогнозів допустимого вилову та розробка оптимальних режимів їх рибогосподарської експлуатації». – Одеса, 2017. – № 0117U003169.
10. Оцінка стану запасів водних біоресурсів на шельфі Чорного моря та внутрішніх водоймах північно-західного Причорномор'я для визначення можливих лімітів і прогнозів допустимого вилову та розробка оптимальних режимів їх рибогосподарської експлуатації». – Одеса, 2018. – № 0118U001726.
11. Оцінка стану запасів водних біоресурсів на шельфі Чорного моря та внутрішніх водоймах північно-західного Причорномор'я для визначення можливих лімітів і прогнозів допустимого вилову та розробка оптимальних режимів їх рибогосподарської експлуатації». – Одеса, 2016. – № 0116U005066.
12. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 р. № 2456-XII. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1992. № 34. Ст. 502.
13. Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів: Закон України від 08.07.2011 р. № 3677-VI. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2012. № 17. Ст.155.
14. Сальников Н. Е. Пути повышения рыбной продуктивности водоемов низовьев Дуная / Н. Е. Сальников // Труды ВНИРО. – 1976. – Т. 113. – С. 56–63.
15. Стрюк Т. Ю. Зарастание озерак Картал / Т. Ю. Стрюк // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2011. – Вип. 12 – С. 13–18.
16. Bushuiev S. Change of Patterns in the Fisheries and Aquaculture at the Ukrainian Segment of the Danube River in Connection with the Deterioration of the Environment / S. Bushuiev // Black Sea Outlook (Drivers, pressures, state, impacts, response and recovery indications towards better governance of Black Sea environmental protection): 3rd BS Scientific Conference. – Odessa, 2011. – P. 118.

Стаття надійшла до редакції 12.10.2019

S. G. Bushuev, V. O. Demchenko
Institute of Marine Biology of NAS of Ukraine, Department of Ecological Integration of Biocycles
37, Pushkinska St., Odesa, Ukraine, e-mail: bsg1956@gmail.com, demvik.fish@gmail.com

CHARACTERISTICS OF FISH FARMING MANAGEMENT AT THE DANUBE LAKES AND PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT

Abstract
Problem. The Danube lakes have always been important water bodies both in terms of biodiversity conservation and restoration of water bioresources. The total area of the Danube lakes (Kahul, Kartal, Yalpuh, Kuhurlui, Katlabuh, Kytai), used as SCFFs, exceeds 44,000 ha. The exploitation of aquatic biological resources within the majority of the Danube lakes is carried out by special commercial fish farms (SCFFs). Unfortunately, the efficiency of using aquatic bioresources in this mode is not always effective.
The purpose of the research was to study the current status of fishery at the Danube Lakes and prospects for its development under possible legislative changes.
Material and methods. The research was carried out in the framework of the project "The Development of an Optimal Model for the Conservation and Sustainable Use of Aquatic Bioresources of the Danube Lakes Adapted to Climate Change" funded within the Programme for the Scientific-technical Projects of Institutions of the National Academy of Sciences of Ukraine for 2019. The analysis was based on the data of statistical reports relating to the catch volume of aquatic bioresources, SCFFs Regimes and field surveys at the Danube lakes.
Main results of the research. Averagely, for the period 2014-2018, the planned indicators of the catch volume of aquatic bioresources (ABR) in the SCFFs, built on the Danube water bodies, were reached by 17-77%. Nowadays, the structure of commercial catches in the lakes includes only a low percent of artificially introduced fish species. According to the statistics, only in two SCFFs (Kahul and Katlabuh), their catches exceed those of indigenous species. In other fisheries their proportion constitutes approximately 30%, i.e. the catches are based on the exploitation of natural aquatic bioresources of the lakes. The research substantiates the necessity to reform approaches to functioning of the SCFFs on the large waterbodies.
Conclusions. A current status and operation regime of SCFFs at the Danube Lakes is unsatisfactory and does not comply with the requirements of regulatory documents. Assignment of a "commercial fishing area" to a particular user of aquatic biological resources for a term of up 25 years may be applied as a possible form for the exploitation of fishing resources of such water bodies.

Keywords: a special commercial fish farm; Kahul; Kartal; Yalpuh; Kuhurlui; Katlabuh; Kytai; fish productivity.

References

1. Bushuev S. G., Ryzhko V. E., CHernikov G. B. (2008) Problemy i perspektivy deyatel'nosti spetsializirovannykh tovarnykh rybnykh khozyajstv v Odesskoj oblasti, Trudy YUgNIRO, T. 46, pp. 22- 27.
2. Bushuev S. G. (2011) Sovremennoe sostoyanie i perspektivy rybokhozyajstvennogo ispol'zovaniya ozera Kartal, Akademiku L.S. Bergu – 135 let: sb. nauchn. Statej, Bendery: Eco-TIRAS, pp. 400-404.
3. Bushuev S. G., CHernikova S. YU. (2008) Sostoyanie i perspektivy promyslovogo rybolovstva v regione ukrainskogo Pridunav'ya, Sovremennye problemy ehkologii Azovo-CHernomorskogo regiona: IV mezhdunar. konf., 8-9 oktyabrya 2008 g.: materialy, Kerch', pp. 149-154.
4. D'yakov O., Plotnitskij L., CHernaya T. (2009) Upravlenie vodnymi resursami v ukrainskom Pridunav'e: total'noe preobrazovanie pojmennykh zemel' i ego posledstviya, Integrirovannoe upravlenie vodnymi resursami, Vyp. 3, 8 p.
5. Instruktsiya pro poryadok zdijsnennya shtuchnogo rozvedennya, viroshhuvannya vodnikh zhivikh resursiv ta ïkh vikoristannya: zatv. nakazom Derzhkomribgospa vid 28.10.1998 r. № 154.
6. Instruktsiya pro poryadok zdijsnennya shtuchnogo rozvedennya, viroshhuvannya ribi, inshikh vodnikh zhivikh resursiv ta ïkh vikoristannya v spetsial'nikh tovarnikh ribnikh gospodarstvakh: zatv. nakazom Derzhkomribgospa vid 15.01.2008 r. № 4. Ofitsijnij visnik Ukraïni 2008 r. № 7. S. 42. 184 p.
7. Aleksandrov B., Volokh A., Vorovka V. Metodichni rekomendatsiï z organizatsiï inventarizatsiï, otsinki, monitoringu vodno-bolotnogo ugiddya mizhnarodnogo znachennya ta skladannya informatsijnogo opisu [Tekst], Melitopol', 2018, 227 p.
8. Nesterenko M., Bushuev S., Prigarin A. (2015) Menedzhment plan ozera Kartal, Odessa, 61 s.
9. Otsinka stanu zapasiv vodnikh bioresursiv na shel'fi CHornogo morya ta vnutrishnikh vodojmakh pivnichno-zakhidnogo Prichornomor'ya dlya viznachennya mozhlivikh limitiv i prognoziv dopustimogo vilovu ta rozrobka optimal'nikh rezhimiv ïkh ribogospodars'koï ekspluatatsiï (2017), Odesa, № 0117U003169.
10. Otsinka stanu zapasiv vodnikh bioresursiv na shel'fi CHornogo morya ta vnutrishnikh vodojmakh pivnichno-zakhidnogo Prichornomor'ya dlya viznachennya mozhlivikh limitiv i prognoziv dopustimogo vilovu ta rozrobka optimal'nikh rezhimiv ïkh ribogospodars'koï ekspluatatsiï (2018), Odesa, № 0118U001726.
11. Otsinka stanu zapasiv vodnikh bioresursiv na shel'fi CHornogo morya ta vnutrishnikh vodojmakh pivnichno-zakhidnogo Prichornomor'ya dlya viznachennya mozhlivikh limitiv i prognoziv dopustimogo vilovu ta rozrobka optimal'nikh rezhimiv ïkh ribogospodars'koï ekspluatatsiï (2016), Odesa, № 0116U005066.
12. Pro prirodno-zapovidnij fond Ukraïni (1992): Zakon Ukraïni vid 16.06.1992 r. № 2456-XII. Vidomosti Verkhovnoï Radi Ukraïni (VVR), № 34. p. 502.
13. Pro ribne gospodarstvo, promislove ribal'stvo ta okhoronu vodnikh bioresursiv: Zakon Ukraïni vid 08.07.2011 r. № 3677-VI. Vidomosti Verkhovnoï Radi Ukraïni (VVR), (2012), № 17. p.155.
14. Sal'nikov N. E. (1976) Puti povysheniya rybnoj produktivnosti vodoemov nizov'ev Dunaya, Trudy VNIRO, T. 113, pp. 56-63.
15. Stryuk T. YU. (2011) Zarastanie ozerak Kartal, Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekologichnogo universitetu, Vip.12, pp. 13-18.
16. Bushuiev S. (2011) Change of Patterns in the Fisheries and Aquaculture at the Ukrainian Segment of the Danube River in Connection with the Deterioration of the Environment, Black Sea Outlook (Drivers, pressures, state, impacts, response and recovery indications towards better governance of Black Sea environmental protection): 3rd BS Scientific Conference, Odessa, P. 118.

УДК 504.38:282.247.314(556.54) doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185639

R. M. Corobov, doctor-hab. in geography, independent researcher
I. D. Trombitsky, doctor in biology, Executive director
International Association of River Keepers "Eco-Tiras"
Teatrala str. 11a, 2012 Chisinau, Moldova, e-mail: ecotiras@mail.ru;
phone: +373 22 225615

CLIMATE CHANGE IN THE LOW DNIESTER BASIN AS A FACTOR OF IMPACTS ON WATER ECOSYSTEMS

The article presents results of the analysis of a temperature-humidity regime in the Low Dniester basin in two periods: 1961-1990 and 1991-2018. Statistical comparison of the observed trends and averaged monthly, seasonal and annual temperatures and precipitation demonstrate an obvious warming of the studied region, with a tendency to increasing aridity.

Keywords: Dniester River; statistical analysis; temperature; precipitation; air humidity.

Effective dealing with a problem of identifying and predicting the environmental impacts on any aquatic systems is impossible without clear understanding of the basic nature of external factors causing these impacts. Only in this case one is ready to study consequences of the impacts, to anticipate their evolvement and develop measures for their preventing and mitigating. Although rivers, estuaries and seas differ in many respects, they share some common features. The adjacent aquatic environments are closely related chemically, physically and biologically, and this reality determines, in spite of inevitable differences, some identity of various effects upon their welfare [2, 4, 7].

Climate change introduces a new dimension in the environment and water ecosystems relationships [5, 6]. First of all, the global warming and corresponding alterations in the hydrological cycle, caused by this phenomenon, have resulted in the "death" of the conception of *stationarity,* which assumed that climate and hydrology are predictable, and as such their future can be based on past historical data, and the above mentioned relationships can be reliable in the future. Also, it is very likely that impacts of climate change on freshwater systems and habitats will be severe. The direction and magnitude of changes in air temperatures and precipitation will inevitably affect water temperature, quantity and quality with consequent effects on aquatic ecosystems. The effects for freshwater ecosystems, which should be taken in conducting the biological assessments and developing biodiversity visions for ecosystems conservation, are [1]:

– Climate change may alter the composition of water and riparian vegetation.

 © Коробов Р. М., Тромбіцький І. Д., 2019

– Distributions of species will change as some of them can invade the higher latitude habitats or disappear from the lower latitude limits of their distribution due to warming of freshwater habitats. Projected increases in air temperature will be transferred, with local modifications, to ground waters, resulting in elevated temperatures and reduced oxygen concentrations.

– In a warmer and drier climate many streams fed by runoff might become intermittent because of their high flow variability; as streams dry, the mobile organisms are concentrated and biotic interactions intensify. Small, shallow habitats will first express effects of changed precipitation; of the greatest concern are habitats now occupied by threatened and endangered species.

– The cyclic swelling and drying of rivers directly affects aquatic organisms in terms of basic habitat availability, oxygen levels, turbidity, and food resources. Some habitats (swamps, lagoons, floodplain pools), which are considered marginal in dry seasons, become isolated from the main river channel and can dry up. The availability of marginal habitats during wet seasons and the severity of conditions in those habitats during dry seasons are equally dependent on the hydrologic regime, which in turn is dependent on precipitation [1].

The basic physical factor that affects many natural processes and human activities is air temperature. Warmer temperatures alter precipitation and runoff patterns, affecting the availability and abundance of aquatic ecosystems and their services as well as leading to a wide range of other impacts, including changes in geographic distribution of species, the timing of their life cycle events, etc. Trends in air temperature and precipitation can also increase the risk of severe weather and hydrological events, such as heat waves or intense floods. Understanding of these trends is important for refining future climate projections in terms of the climate sensitive environment and ecosystems.

The main purpose of the research, presented in this paper, is to demonstrate changes observed in recent decades in temperature-humidity conditions of the Low Dniester basin, which a priori affect the volume and quality of a river flow entering the Dniester Liman and the adjacent part of the Black Sea.

Material and methods

Climate, in a narrow sense is usually defined as the average weather, or more rigorously, as the statistical description in terms of the mean and variability of key climatic variables over a certain period of time [3]. As such representative climatic period the World Meteorological Organization (WMO) considers 30 years. Based on this definition, in our research two climatic periods (1961-1990 and 1991-1918) were compared to define changes in climate of the Low Dniester basin. These periods reflect, respectively, the relatively “normal” regional climate of the second part of the 20th century and the climate of intensive global warming that is observed in the last decades. Some objective ‘shortening’ of the second periods (28 years) can be neglected.

As initial material the sets of historical observations at Moldova's weather stations located within this part of the Dniester River basins (four in total) were used.

Statistical analysis of instrumental observations included:

– Comparison of the key climatic variables – air temperature and precipitation – as principal indicators of climatic conditions that form the Dniester runoff from its watersheds. The estimated statistics included annual and monthly averages, standard deviations *(Sd)* and Coefficients of Variation *(CV)* for mean *(Tmean),* maximum *(Tmax)* and minimum *(Tmin)* temperatures, as well as analogous statistics for precipitation totals *(P)*;

– Comparison of air temperature and precipitation trends in the two periods as indicators of the observed tendencies in climate dynamic.

The entire analysis was performed, using statistical tools provided by the *Microsoft Excel.*

Results and discussion

Air temperature and precipitation trends

Air temperature. The longest row of mean annual air temperatures has been recorded since 1890 in Moldova, at Chisinau weather station located in the Low Dniester basin (Fig. 1). On the whole, the observed series is consistent to those found globally [Available at: *https://earthobservatory.nasa.gov/world-of-change/DecadalTemp*]; the regression coefficient (the first term of a temperature linear regression on a year) demonstrates a local temperature increase by about 0.12°C per decade. However, starting from the 1990s, the alternation of relatively warm and cold periods in Chisinau climate has been replaced by a steady temperature increase. This obvious fact necessitates a transition, in any applied meteorological and hydrological research and practices, from operating with the longest data series to periods that reflect a current climate more representatively.

The climatic situation in the Low Dniester basin confirms this conclusion. Fig. 2 demonstrates changes in air temperature trends caused by the global warming here, where regression coefficients show the values of temperature change per year. A slight decrease in mean and minimum temperatures (approximately by 0.08 and 0.01°C per decade, respectively) in 1961-1990 changed to their increase in the last thirty years (by ~0.6 and 0.4°C per decade). As for the maximum temperatures, their slight growth (about 0.2°C per decade), outlined in the second half of the last century, increased to 0.9°C per decade in subsequent years.

A more detailed comparison of the temperature regime in the basin (by months and seasons) is shown in Table 1 and Fig. 3.

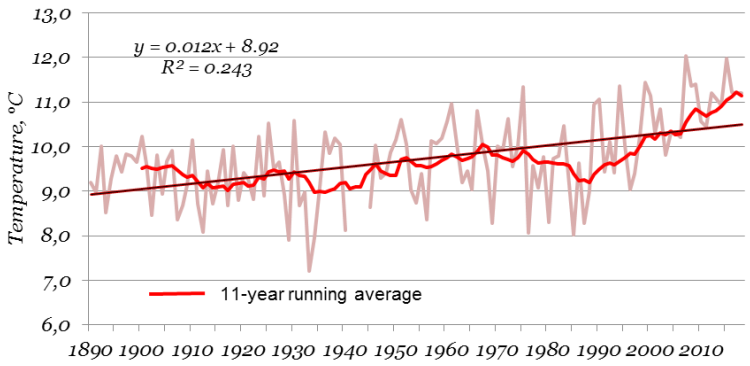


Fig. 1. Mean annual temperatures, approximated by 11-year running average, in Chisinau

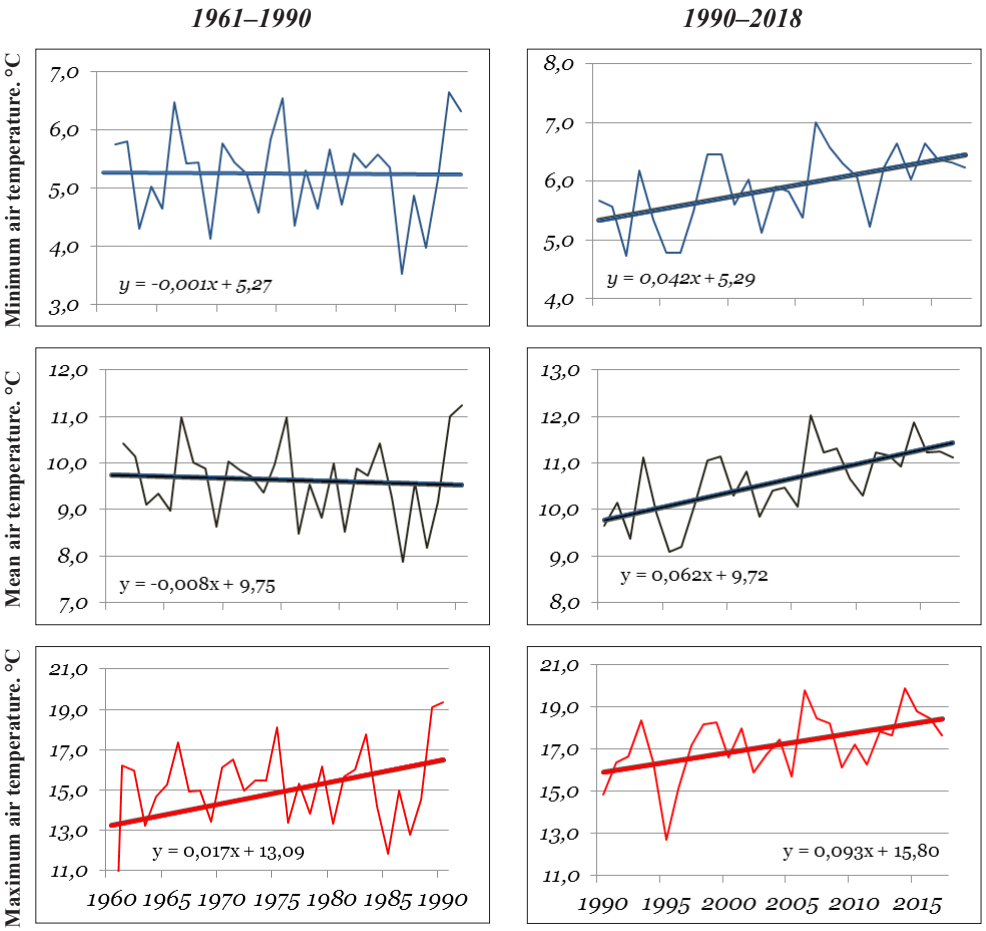


Fig.2. Linear trends of air temperature in the Low Dniester basin in two climatic periods

Table 1

Seasonal temperature averages *(Av)* and standard deviations *(Sd)* in 1991-2018 vs. 1961-1990 *(°C)* in the Low Dniester basin

Air temperature	1961-1990		1991-2018		Difference	
	Av	Sd	Av	Sd	Av	Sd
	Winter					
Tmean	-1.74	1.98	-0.85	1.47	0.89	-0.25
Tmax	4.74	5.80	7.79	4.97	3.05	-0.83
Tmin	-8.00	4.45	-6.28	3.89	1.72	-0.56
	Spring					
Tmean	9.75	1.43	10.72	0.95	0.97	-0.48
Tmax	15.25	1.98	16.69	1.40	1.44	-0.58
Tmin	5.02	1.21	5.36	1.06	0.34	-0.15
	Summer					
Tmean	20.33	0.83	21.97	1.11	1.64	0.28
Tmax	26.32	1.14	28.45	1.49	2.13	0.35
Tmin	14.76	0.82	15.92	1.24	1.16	0.42
	Autumn					
Tmean	10.20	1.04	10.63	1.08	0.43	0.04
Tmax	15.21	1.68	15.80	1.26	0.59	-0,42
Tmin	5.80	1.07	6.21	1.30	0.41	0,23
	Year					
Tmean	9.67	0.99	10.67	0.89	1.00	-0,10
Tmax	15.38	1.89	17.18	1.67	1.80	-0,22
Tmin	5.24	1.35	5.90	0.94	0.66	-0,41

In particular, Table 1 shows that in the second climatic period the annual Tmean, Tmax and Tmin increased in absolute values by 1.0, 1.8 and 0.7°C, respectively. With regard to seasonal temperatures, the highest Tmean increase was observed in summer (1.6°C), the smallest – in autumn (0.4°C). Tmax increased mostly in winter (by 3.1°C) and to a lesser extent – in autumn (by 0.6°C). The greatest increase in Tmin was observed in winter (1.7°C), the smallest – in spring (0.2°C). In addition to the analysis of average values, the standard deviations *(Sd)* were evaluated to quantify the amount of temperature interannual variability. A low *Sd* indicates closeness of data points to the average value, while a high *Sd* indicates that they are spread out over a wider range. According to this indicator, the most stable interannual temperature regime is observed in the spring-summer period, the most unstable – in winter. A comparison of temperature variability in two climatic periods indicates a slight decrease in its annual value for all parameters, despite a general temperatures increase. As for individual seasons, the temperatures variability decreased in winter and spring, and increased in summer and autumn for Tmean and Tmin.

Although the annual course of air temperature was preserved in 1991-2018 (Fig. 3), with its minimum in January-February and maximum in July-August, its increase is visually observed practically in all months and by all temperature variables except for Tmin in December.

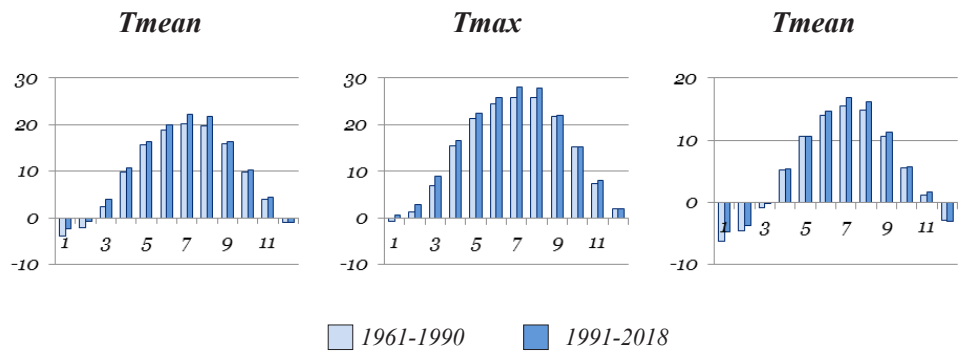


Fig. 3. Average monthly air temperatures (°C) in the Low Dniester basin in two climatic periods

Precipitation. Precipitation, in the form of rain and snow, is the primary source of the Dniester runoff. On average, maximum precipitation occurs in summer, minimum – in winter (Table 2). If we compare annual precipitation totals for the two periods, they have not changed much over the past thirty years, decreasing by only 6 mm.

Table 2

Precipitation seasonal averages *(Av)*, standard deviations *(Sd)* and Coefficient of variation *(CV)* in 1991-2018 vs. 1961-1990 in the Low Dniester basin

Season	1961-1990			1991-2018			Difference		
	Av, mm	Sd, mm	CV, %	Av, mm	Sd, mm	CV, %	Av, mm	Sd, mm	CV, %
Winter	110	53	48	98	46	47	-12	-7	-1
Spring	122	49	40	118	40	34	-4	-9	-6
Summer	192	60	31	178	65	36	-14	5	5
Autumn	108	58	54	133	58	43	25	0	-11
Year	*532*	*109*	*20*	*526*	*97*	*18*	***-6***	***-12***	***-2***

Despite this result, some changes in precipitation trends direction are observed (Fig. 4): their slight decrease (about 0.2 mm/year) was replaced by an increase in subsequent years (about 0.5 mm/year). However, these differences give no grounds to speak about significant changes in the total amount of precipitation falling in the Low Dniester basin.

Fig. 4 also demonstrates that basinwide precipitation is extremely variable, with consecutive dry and wet years occurring many times since 1961. The level of interannual fluctuations was additionally estimated by the Coefficient of variation (Table 2). This statistic, which is also known as *relative standard deviation (RSD),* is defined as a ratio of the standard deviation of an observation set to its average value. Expressed usually as a percentage, *CV* shows the extent of population dispersion in

relation to its average; in our case, CVs are variability of seasonal and annual precipitation comparatively to their corresponding averages.

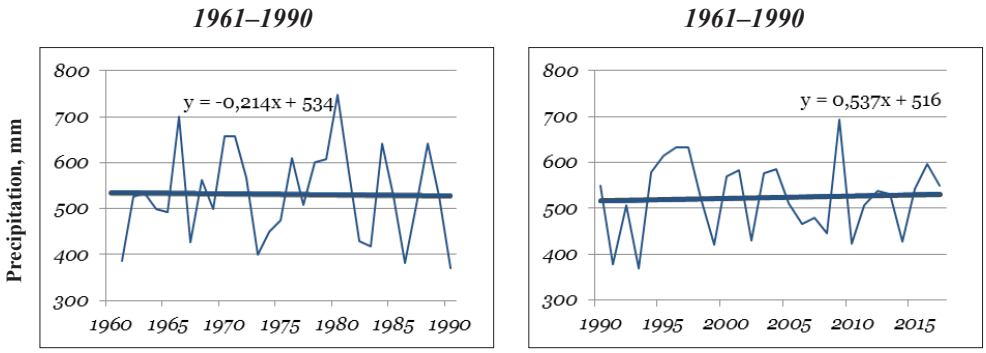


Fig. 4. Annual precipitation trends in the Low Dniester basin in two climatic periods

Analysis of Table 2 leads to the following conclusions:

– the variability of precipitation decreases with an increase in the period of averaging: CVs of annual precipitation is about two times less than seasonal CVs;

– the variability of precipitation is higher in the cold period (autumn-winter) than in the warm one (spring-autumn);

– in all seasons of 1991–2018, with the exception of summer, the variability of precipitation decreased to a maximum in the autumn (by 11%); the variability of summer precipitation during these years increased by 5%;

– a slight decrease in the variability of annual precipitation (-2%) is in good agreement with the general preservation of their annual totals.

Although the total annual precipitation remains almost unchanged, there is an observed certain redistribution of them by months (Fig. 5).

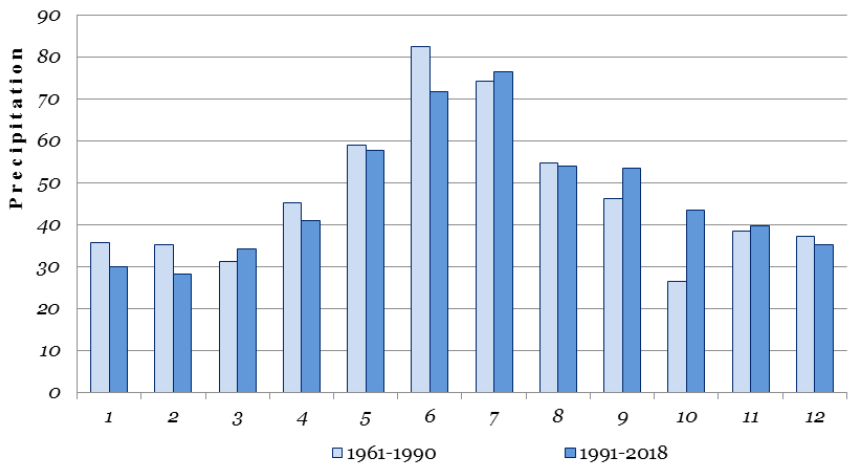


Fig. 5. Average monthly precipitation (mm) in the Lower Dniester in two climatic periods

Firstly, the annual course of monthly precipitation has somewhat leveled off. In particular, the precipitation maximum observed earlier in June (76 mm) has now decreased to 65 mm and become almost equal to the July precipitation. The November precipitation minimum completely disappeared, and the March minimum shifted to February. Furthermore, not so significant changes in precipitation patterns are also observed in the remaining months.

Regime of humidity

An increase in air temperature that is not compensated by a corresponding increase in precipitation inevitably leads to a decrease in climate humidity. Coefficient of humidity *(CH),* calculated as a ratio of precipitation to potential evaporation, was selected as an indicator of the air moisture content.

Table 3

Coefficient of humidity in the Low Dniester basin in two climatic periods

Climatic period	Month						
	4	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
1961-1990	0.57	0.53	0.63	0.60	0.38	0.56	0.58
1991-2018	0.45	0.47	0.42	0.43	0.34	0.63	0.93

This indicator is based on its strong (R>0.95) and statistically significant (p<0.001) relationships with monthly mean air temperatures and precipitation: positive – for precipitation and negative – for air temperature [8]. In other words, with an increase in precipitation the CH increases, with an increase in temperature, and consequently, with increased potential evaporation – it decreases. Thus, any CH decrease indicates an increase in climate aridity, and vice versa.

Using these statistical dependencies, calculated in [8] for 1961-1990, and assuming they did not changed fundamentally for the subsequent years, the air humidity in the Low Dniester basin was compared for the assessed periods (Table 3). The analysis of this table shows that in the study area, since the former climatic thirty years, the warm period has been becoming more and more arid, reaching an aridity maximum in August. Only last two months have become more humid, approaching the optimal value of air humidity (CH = 1.0), or equality of precipitation with potential evaporation, in November.

Conclusion

The comparison of temperature-humidity conditions of the Lower Dniester basin in the periods before and after the onset of global warming demonstrates clearly its obviousness in a regional manifestation. The climate transition to a new state requires its further deep research, first of all, taking into account its applied aspects. This is

especially important for all systems related to freshwater, which is most sensitive to the impacts of climate change and variability and directly or indirectly transmits the consequences of these impacts to other natural and social systems.

It is highly likely that the climate change in the Low Dniester basin, either directly through changes in the air temperature-humidity conditions or indirectly through changes in parameters of the river flow, will inevitably affect the state of aquatic and riparian ecosystems both in the basin itself and in the Black Sea coastal waters.

Acknowledgements

The current work was realized in frames of the Joint Operational Black Sea Programme 2014-2020, the Project BSB 165 "HydroEcoNex", with the financial assistance of the European Union. The content of this publication is the sole responsibility of the authors and in no case should it be considered to reflect the views of the European Union.

References

1. Abell R. A Sourcebook for Conducting Biological Assessments and Developing Biodiversity Visions for Ecoregion Conservation. Volume II: Freshwater Ecoregions / Abell R., Thieme M., Dinerstein E., Olson D. – World Wildlife Fund, Washington DC, USA, 2002. – P. 147-148.
2. Corobov R. Anthropogenic and Climate Change Contributions to Uncertainties in Hydrological Modeling of Small Rivers Watershed Runoff / R. Corobov, G. Syrodoev, I. Trombitsky // Advances in Ecological and Environmental Research. – 2016 – P. 14-34.
3. IPCC. Annex I: Glossary/ R. Matthews (ed.). In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Portner, et. al] – 2018 – P. 541 (in press).
4. Pequegnat W. E. Aquatic Baseline Studies for Environmental Impact Assessment / W. E. Pequegnat // Water International – 2009 – Vol. 8(4). – P. 180-190. DOI: 10.1080/02508068308686040.
5. UNECE. Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices / UNECE. Geneva, 2015 – 105 p.
6. WB (World Bank). High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy / Word Bank, Washington, DC: World Bank, 2016 – 55 p.
7. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) / The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water / UN-WaterParis, UNESCO, 2018 – 139 p.
8. Коробов Р. Новые проекции изменения климата в XXI столетии / Р. Коробов, А. Николенко // В сб. Климат Молдовы в 21-м веке: проекции изменений, воздействий, откликов. – Кишинев, Молдова, 2004. – С. 54-97.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2019

Р. М. Коробов, І. Д. Тромбіцький
Міжнародна асоціація зберігачів річки "Еко-Тірас",
Театральний провулок. 11а, 2012 Кишинів, e-mail: ecotiras@mail.ru;
Тел.: 37322 225615

ЗМІНА КЛІМАТУ В БАСЕЙНІ НИЖНЬОГО ДНІСТРА ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ВОДНІ ЕКОСИСТЕМИ

Резюме

Проблема. Очевидно, що біотичний склад, структура та функції прісноводних екосистем багато в чому залежать від кліматичних умов басейну річки. Ця залежність ускладнюється в контексті глобального потепління, коли багатовікова відносна стабільність клімату або його стаціонарність зникає і спостерігається все більша зміна клімату.

Мета. Метою даного дослідження було порівняння температурно-вологісних умов у басейні Нижнього Дністра у два періоди (1961-1990 та 1991-2018 роки), які відповідно характеризують різні кліматичні тридцятиріччя за класифікацією ВМО.

Методика. Для кожного періоду розглядалися середньорічні та сезонні значення ключових змінних клімату (температури повітря та опадів), а також їх лінійних трендів. В якості початкової інформації були використані спостереження на метеостанціях Молдови, розташованих в цій частині басейну Дністра.

Результаты. Аналіз показав, що у другому періоді щорічна середня (Tmean), максимальна (Tmax) і мінімальна (Tmin) температури збільшились в абсолютному виразі на 1.0-1.8 та 0.7°C відповідно. Що стосується сезонних температур, то найбільше зростання Tmean спостерігалося влітку (1.6°C), найменше – восени (0.4°C). Tmax збільшувалась переважно взимку (на 3.1°C), а в меншій мірі – восени (на 0.6°C). Найбільше збільшення Tmin також спостерігалося взимку (1.7°C), найменше – навесні (0.2°C). У той же час загальна зміна кількості опадів була надзвичайно мала: за рік вони зменшувались лише на 6 мм. Невелике збільшення кількості опадів (на 25 мм) відзначено лише в осінні місяці. Аналіз лінійних трендів підтвердив результати порівняльного аналізу. Негативні тренди температури повітря в 1961–1990 роках, за винятком невеликого позитивного значення для Tmax, за останні три десятиліття змінилися на їх позитивні значення для всіх параметрів. Зокрема, протягом цього періоду збільшення середньої температури повітря становило 0,6°C за десятиліття. Незначна негативна тенденція опадів (~ 2 мм/рік) у 1961–1990 роках змінилася на їх незначне збільшення (~ 0,5 мм/рік).

Висновки. Підвищення температури повітря, яке не компенсується збільшенням кількості опадів, неминуче супроводжується підвищенням кліматичної посушливості, що вже характерна для північного узбережжя Чорного моря, що негативно позначається на існуванні та розвитку водних і наземних екосистем цього регіону.

Ключові слова: Дністер, статистичний аналіз, температура, опади, вологість повітря.

References

1. Abell R., Thieme M., Dinerstein E., Olson D. (2002) *A Sourcebook for Conducting Biological Assessments and Developing Biodiversity Visions for Ecoregion Conservation. Volume II: Freshwater Ecoregions,* World Wildlife Fund, Washington DC, USA, pp. 147-148.
2. Corobov R., Nicolenco A. (2004) New projections of climate change in XX1 century. In: *Climate Moldova in XX1 century: projections of change, impacts, responses.*[Novye proektsii izmeneniya klimata v XX1 stoletii. V sb. Klimat Moldovy v 21-m veke: proektsii izmenenij, vozdejstvij, otklikov], Chisinau, Moldova, pp. 54-97 (in Russian)
3. Corobov R., G. Syrodoev, I. Trombitsky (2016): Anthropogenic and Climate Change Contributions to Uncertainties in Hydrological Modeling of Small Rivers Watershed Runoff. *Advances in Ecological and Environmental Research,* pp. 14-34.
4. IPCC (2018): Annex I: Glossary [R. Matthews (ed.)]. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Portner, et. al], p. 541 (in press).
5. Pequegnat W.E. (2009) Aquatic Baseline Studies for Environmental Impact Assessment, *Water International.* 8:4:180-190. DOI: 10.1080/02508068308686040.
6. UNECE (2015): *Water and Climate Change Adaptation in Transboundary Basins: Lessons Learned and Good Practices*. Geneva, 105 pp.
7. WB (World Bank). High and Dry: Climate Change, Water, and the Economy / Word Bank, Washington, DC: World Bank, 2016 – 55 p.
8. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme) (2018): *The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water*. Paris, UNESCO, 139 p.

УДК: 574.5 **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185640**

Лінецький Б. Г., аспірант,
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
Біологічний факультет, кафедра гідробіології та загальної екології
вул. Дворянська 2, 65082, Одеса, Україна, +380974072992,
linetskii.bg@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ У ДОСЛІДЖЕННЯХ МАКРОБЕЗХРЕБЕТНИХ ПІЩАНИХ ПЛЯЖІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ (ОГЛЯД)

У статті розглянуто особливості дизайну відбору проб макробезхребетних піщаних пляжів Північно-Західної частини Чорного моря і статистичного опрацювання отриманих даних. Особливу увагу приділено актуальній і маловивченій темі оцінці просторового розподілу цих організмів. Розглянуто актуальні методи оцінки чисельності видів і впливу факторів середовища.

Ключові слова: просторовий розподіл; дизайн відбору проб; кількісна біологія.

Піщані пляжі являють собою вузькі полоси піску на межі моря та суші. Особливістю цього комплексу крайових біотопів є те, що більшість градієнтів середовища, в малих та середніх масштабах, діють поперек берегової лінії. Піщані пляжі відіграють важливу роль у біосфері, пов'язуючи морські та наземні трофічні ланцюги [22, 23, 27].

Басейн Чорного моря значною мірою ізольований від світового океану, що зумовлює малу припливну амплітуду [16]. У Чорному морі відсутня літораль, але на підставі схожості угруповань виділяється характерний для мікроприпливних морів біотоп – псевдолітораль [30]. З іншого боку, неперіодичні вітрові згони та нагони можуть значно змінювати зонування, ширину пляжів (особливо дисипативних) та умови їх середовища, склад та чисельність живих організмів. Внаслідок цього просторово-часова структура пляжів Чорного моря більш мінлива, аніж у припливних морів.

Ці особливості ускладнюють планування кількісних польових досліджень, вибір та застосування статистичних методів. Так, оцінка питомої чисельності та біомаси без урахування просторової структури популяції може значно відрізнятися від реальної, а відомості про біологічне різноманіття втрачають репрезентативність [30].

Метою даної роботи є огляд методів статистичного опрацювання даних, що дозволять уточнити та розширити наше уявлення про структуру угруповань макробезхребетних піщаних пляжів Північно-Західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) та особливості їх використання.

© Лінецький Б. Г., 2019

Результати та їх обговорення

Дизайн відбору проб

В основі будь-якого статистичного дослідження лежать первинні дані. Вибір обладнання, метода відбору проб та об'єму вибірок визначають можливість використання тих чи інших статистичних методів. При плануванні дослідження слід враховувати як особливості об'єкту, так і можливості дослідника.

Особливості умов середовища зумовлюють специфічність стратегії відбору кількісних проб макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ. Як і для інших пляжних оселищ, вона є компромісом між обмеженнями польових досліджень та статистичними потребами, що проявляється у відмінностях від загальноприйнятих у гідробіології та ґрунтовій зоології методів [20].

При відборі проб припустимо використовувати рамки як з круглим, так і квадратним перерізом [8]. На відміну від площі, форма не має значного впливу на вилов макробезхребетних. За рівної обстеженої площі результати залишаються порівнянними. Круглі пробовідбірники більш зручні, оскільки їх обертання полегшує занурення у субстрат.

При дослідженні макробезхребетних піщаних пляжів доцільно використовувати метод трансект та рандомізовано-стратифікований відбір (рис. 1). Вибір певної стратегії диктується передбачуваним розподілом організмів та подальшим статистичним опрацюванням.

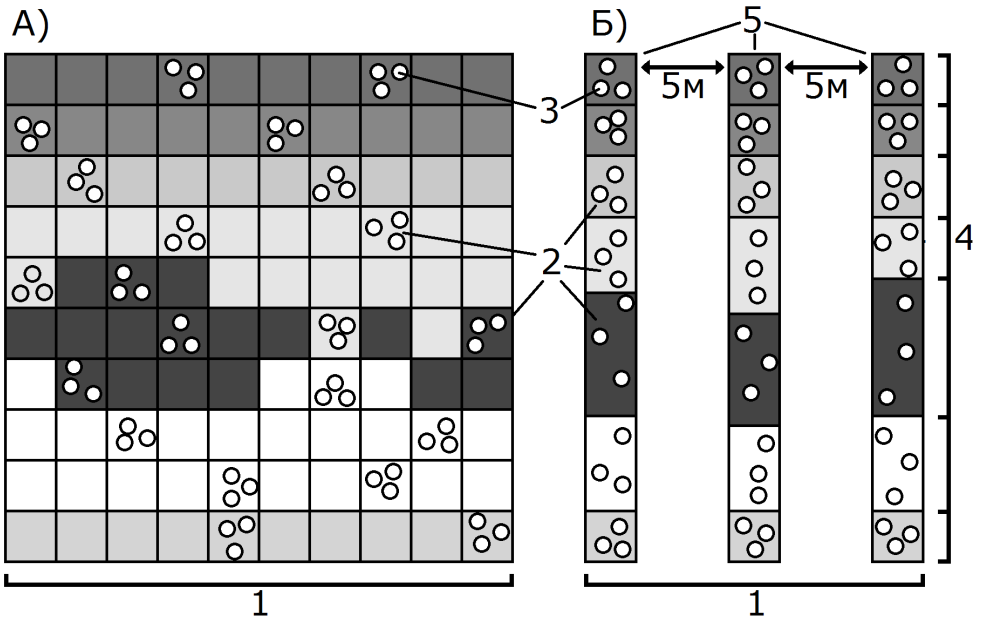


Рис. 1. Порівняння методів відбору проб.
А) Рандомізовано-стратифікований відбір, Б) Метод трансект; 1 – станція відбору проб, 2 – точки відбору проб, 3 – рамки, 4 – уздовжберегові рівні, 5 – трансекти.
Відтінками сірого показано різні зони.

Поперечні береговій лінії трансекти повинні розділятися на однакові рівні, що відповідають зонам із різними умовами середовища [20]. Сукупність макробезхребетних, зібраних на одному рівні розглядається як одиниця відбору проб. Станції відбору проб повинні включати від одної до п'яти трансект. Завдяки просторовій автокореляції рівнів, станція відбору проб відображає стан усього пляжу, прилеглого до даної точки на береговій лінії [15].

В силу своєї простоти, метод трансект дозволяє за той самий час збирати дані з більшої довжини пляжу, ніж рандомізовано-стратифікований відбір. При цьому трансекти з різним розподілом на рівні значно менш порівнювані, і при відборі втрачається значна частина просторових даних. Рандомізовано-стратифікований відбір дозволяє використовувати більший арсенал статистичних методів, особливо для оцінки просторового розподілу організмів.

Перераховані вище методи дозволяють оцінити чисельність всіх малорухомих груп макробезхребетних піщаних пляжів: ракоподібних, молюсків, багатощетинкових черв'яків, ґрунтових жуків, щипавок, клопів, а також личинок комах. Відбір проб рекомендується проводити в денний час, коли більша частина мобільної фауни переховується від пересихання у рефугіумах: скупченнях водоростей та макрофітів, під камінням і сміттям, у норах і на затінених ділянках, що обмежує міграцію.

З іншого боку, відлов за допомогою рамок непридатний для вилову імаго двокрилих та жуків-скакунів [20]. *Thalassomyia frauenfeldti* Schiner, 1856, *Fucellia maritima* (Haliday, 1838), а також представники родини Ephydridae, що широко розповсюджені у ПЗЧМ масово концентруються на поверхні зволожених штормових виносів, але у рамки потрапляють лише поодинокі особини, найчастіше з недорозвиненими крилами. Найбільш розповсюджені на пляжах ПЗЧМ скакуни *Calomera littoralis* (Fabricius, 1787), вони активні й удень, мають добрий зір та пересуваються стрибками, короткими перельотами. Низька питома чисельність їх популяцій додатково ускладнює облік.

Для кількісного обліку рухомих макробезхребетних, що мешкають на поверхні пляжу, використовують неселективні пастки (липкі та Барбера), спостереження та фотозйомку. Використання пасток дозволяє лише опосередковано оцінити щільність організмів [20]. Результати сильно залежать не тільки від щільності, але і від безлічі інших чинників: активності безхребетних, їх розміру, поведінки, погодних умов, розташування пасток, часу експозиції, просторової структури оселища, популяції та інше.

Оскільки високомобільні групи макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ пересуваються по поверхні, їх чисельність і розташування можна зафіксувати за допомогою фотозйомки. Даний спосіб рекомендується застосовувати для оцінки щільності імаго двокрилих. Недоліком даного підходу є те, що він завжди дає занижені результати, так як не може зафіксувати особин, що знаходяться у товщі викидів та у польоті. Так як двокрилі часто мають

маскувальне забарвлення, їх складно розпізнавати на тлі каменів і штормових виносів, що також впливає на результати.

Низька щільність і великі розміри жуків-скакунів дозволяють оцінити їхню чисельність візуально, проте отримані дані мають низьку репрезентативність.

Окремо варто зауважити, що одноразовий облік настільки динамічних пляжних систем часто дає статистично недостовірні результати [4]. Для формування повноцінної картини необхідно враховувати сезонну та річну мінливість.

Описова статистика

Очевидно, зі збільшенням дисперсії зростає і мінімальний обсяг вибірки. Високий ступінь агрегації макробезхребетних супраліторалі ПЗЧМ часто не дозволяє провести адекватну оцінку середньої питомої чисельності або біомаси стандартними методами. У таких випадках оселище можна розбити на гомогенні області відомої площі, з яких формуються репрезентативні підвибірки [20, 29]. Надалі, прив'язані до координат значення чисельності або біомаси інтерполюються методом крігінга, на основі теоретичної варіограми. З отриманих даних обчислюються всі описові статистики.

Так як щільність супраліторальних видів значною мірою залежить від мінливої площі середовища існування, доцільно розраховувати питому чисельність на довжину берегової лінії [26]. Отримані результати легко перераховуються в щільність, якщо відома модальна ширина пляжу. Перевагою такого підходу є те, що для рухливих макробезхребетних результати залишатимуться порівнюваними, навіть якщо відібрані в період згону або нагону.

Просторовий розподіл

Одною з найменш вивчених властивостей популяцій макробезхребетних чорноморських пляжів є їх просторовий розподіл в малих і середніх масштабах. Найчастіше, дані про агрегацію цих видів засновані на спостереженнях, і не мають чіткої статистичної оцінки [30]. Розуміння розподілу цих організмів дозволяє вдосконалити стратегії відбору проб.

Виділяють три основні типи розподілу особин в просторі: рівномірний (особини уникають одна одну), випадковий і агрегований (особини концентруються в певних областях простору).

Одновимірні індекси агрегації, засновані на відносинах між чисельністю та варіансою, прості в розрахунках, проте втрачають просторову інформацію (рис. 2). По суті, вони оцінюють відступ розподілу даних від розподілу Пуассона. Їх головним обмеженням є те, що одинична проба повинна відповідати розміру агрегації [25]. Розвиток індексів відбувався в напрямку зменшення залежності від розміру пробних площадок.

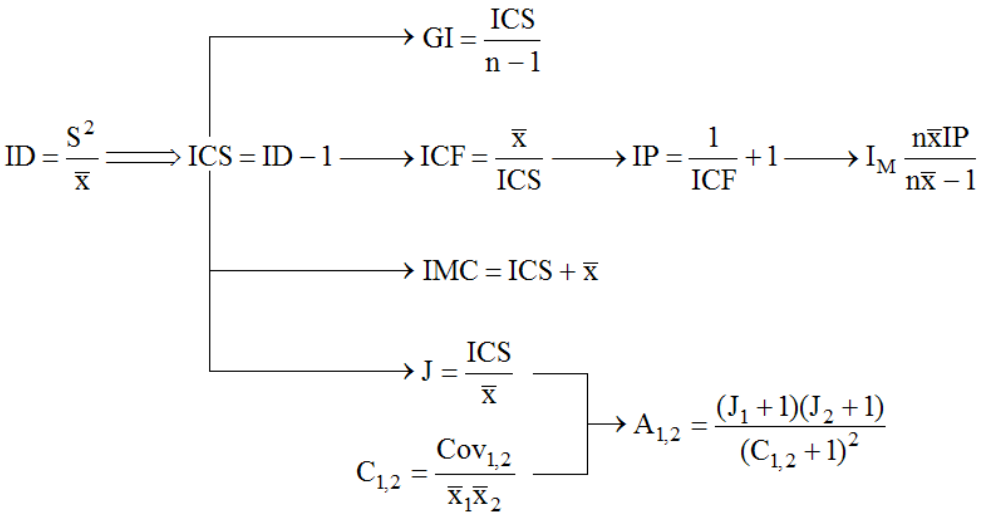


Рис. 2. Розвиток одновимірних індексів агрегації
Примітка*:* ID – індекс дисперсії, ICS – індекс розміру кластера, ICF – індекс частоти кластера, GI – індекс Гріна, IMC – індекс середньої скупченості, IP – індекс пластичності, IM – індекс Morisita, J – індекс внутрішньовидової агрегації, $C_{1,2}$ – індекс міжвидової агрегації, $A_{1,2}$ – індекс J&C між- та внутрішньовидового відношення

Особливий клас представляють собою незалежні від щільності міри агрегації. Вони засновані на багаторазовому обліку чисельності виду, а отже, більш стабільні і не залежать від розмірів вибірок.

Коефіцієнт b рівняння Тейлора показує міру агрегації виду [25]:

$$S^2 = a + \bar{x}^b,$$

де S^2 – варіанса, а x – середня абсолютна чисельність.

Значення b > 1, свідчить про агрегацію, тоді як b < 1 – о рівномірності розподілу. Для тестування гіпотези про випадковість розподілу використовують t-тест Стьюдента.

Головним недоліком рівняння Тейлора є те, що воно не враховує просторову структурованість в межах пробних майданчиків. Такого недоліку позбавлена **регресія середньої скупченості Івао**. Вона має лінійну залежність і оцінює агрегацію за обома коефіцієнтами рівняння. Це дозволяє виявити агрегацію другого порядку.

$$IMC = \acute{a} + \hat{a}\bar{x},$$

де IMC – індекс середньої скупченості, а x – середня абсолютна чисельність.

При $\beta < 1$ розподіл рівномірний, при $\beta = 1$ – випадковий, а при $\beta > 1$ – агрегований. При $\alpha \leq 0$ – розподіл індивідуальний, а при $\alpha > 0$ – груповий.

Для детальної оцінки розподілу необхідно використовувати статистично більш потужні методи **геостатистики**, що використовують функції просторових відстаней для оцінки параметрів розподілу [9].

Повноцінний геостатистичний аналіз вимагає від вибірки відповідності двом умовам: стаціонарності і мультинормальності [29]. Для геостатистичних досліджень достатньо стаціонарності другого порядку: коваріація повинна залежати від відстані між точками. Для виявлення причин відхилень і приведення вибірки до стаціонарного стану, до неї застосовують процедури, зазначені в таблиці 1.

Таблиця 1

Приведення вибірки до стаціонарного стану

Процедура	Метод	Результат
Візуалізація даних	Мапи відбору проб, частотні гістограми, графіки	Виявлення помилок, кластерів, гетерогенності, трендів та анізотропії
Декластеризація	Полігональна або клітинна декластеризація	Надання точкам ваги
Виявлення трендів	Побудова моделі тренду (множинна лінійна регресія)	Виявлення зв'язку між значеннями та координатами
Усунення трендів	Обрахування залишків	Формування детрендованої вибірки
Вибір гомогенних областей	Візуалізація, аналіз варіанси	Розділення на гомогенні підвибірки

Геостатистичне дослідження починається з побудови варіограми – графіка залежності семіваріанси від відстані між точками, т.зв. лага [9, 29]. На основі експериментальних даних будується теоретична модель функції. Її параметри дають уявлення про характер розподілу об'єкта.

Для пляжних біотопів, окрім стандартної сферичної функції, дані можуть описуватися хвильовою моделлю з ефектом дірок. Це пояснюється агрегацією особин у витягнуті «лінзи» та сильною анізотропією [18]. Ефект засновника (nugget effect) найсильніше проявляється в псевдоліторальних угрупованнях.

При побудові варіограми важливо враховувати анізотропію. Виходячи зі структури пляжних біотопів, її вектори зазвичай спрямовані поперек і вздовж берегової лінії.

Оскільки дані про чисельність і біомасу досліджуваних організмів носять вибірковий характер, виникає необхідність просторової інтерполяції результатів. Найбільш точна інтерполяція досягається методами крігінга [9]. Ці процедури використовують теоретичні варіограми для обчислення значень змін-

ної в «порожніх» точках координатної сітки. Оскільки крігінг є імовірнісним методом просторової інтерполяції, його результати мають помилку інтерполяції. Результуюча тривимірна поверхня може бути візуалізована, що полегшує сприйняття основних закономірностей розподілу.

Не менш важливими є коефіцієнти просторової автокореляції Морана і Гірі. Найчастіше, їх поділяють на глобальні – для всієї вибірки цілком, і локальні – для частин вибірки.

Найбільш поширеним є **індекс Морана** (Moran's I). Він оцінює рівень кореляції різниці значень змінних і середнього, як функцію від лага, [9]. Його глобальне значення коливається від –1 при сильній негативній автокореляції до +1 сильної позитивної. Значення, що достовірно не відрізняються від нуля характеризують відсутність автокореляції. Нуль-гіпотезу тестують за допомогою z-оцінки і p-значення (95%) [9]. Мінімальний розмір вибірки для достовірної оцінки індексу Морана – тридцять значень. Локальний індекс використовують для побудови карт **LISA**, використовуваних для порівняння розподілу в різних просторових зонах [1].

Індекс Гирі (Geary's C) більш чутливий до локальної автокореляції, ніж індекс Морана [9]. На відміну від останнього, він вимірює різницю між сусідніми значеннями, і коливається від нуля до двох.

Просторові корелограми представляють собою графік залежності коефіцієнтів просторової автокореляції від класів відстані [9]. Вони дозволяють оцінити середній розмір скупчень, автокореляцію і тренд. Оцінка значущості проводиться методом Бонферроні, оскільки індивідуальні коефіцієнти не є незалежними.

Функція К Ріплі (Ripley's K) оцінює випадковість розподілу точок в просторі [9]. Її можна використовувати як при розробці стратегій відбору проб, так і для оцінки бінарних результатів. Функція К Ріплі дозволяє оцінити просторовий розподіл невеликих статичних об'єктів, таких як нори талітрід і мурашники. Достовірний інтервал випадкового розподілу оцінюють методом Монте-Карло.

Getis Ord G виявляє кластеризацію в вибірці [9]. Кластери мінімальних значень врівноважують кластери максимальних.

Аналіз гарячих точок (Getis-Ord Gi *) ідентифікує статистично значущі кластери високих і низьких значень на підставі глобального Getis Ord G [9]. Результуюча карта аналогічна LISA maps, проте відображає статистичну значущість відхилень.

Join count statistic використовує бінарні дані про присутність або відсутність особин виду, їх скупчень, певного віку, статі, забарвлення тощо. Цей метод порівнює кількість зв'язків між зонами з присутністю і відсутністю ознаки з очікуваним від випадкового розподілу.

Метод **SADIE** використовує інший підхід, оцінюючи мінімальну дистанцію переміщення особин, необхідну для досягнення рівномірного розподілу в про-

сторі [17]. Результати виражаються в вигляді індексу агрегації, що оцінюється за принципом індексу дисперсії.

Відношення між просторовим патерном видів з однієї локації можна порівняти за допомогою тесту Мантела, що застосовується для первинного виділення угруповань, а також вивчення динаміки патернів [9]. Сильна просторова автокореляція може значно вплинути на його p-значення [9].

Біорізноманіття

Біологічне різноманіття макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ порівняно низьке і неспецифічна фауна може значною мірою впливати на значення індексів [28]. Чисельність деяких видів комах, що використовують піщані пляжі як сховища (наприклад, тринадцятиточкової корівки) або занесених випадково, може на своєму піку перевищувати чисельність пляжних видів [12]. В такому випадку, репрезентативність вибірок за індексами різноманітності на практиці досягається виключенням неспецифічних видів.

В цілому, найбільш використовуваними індексами для оцінки альфа-різноманіття макробезхребетних піщаних пляжів в Чорному морі є Шеннона-Вівера (H), Пієлу (e), Маргалефа (d) та Сімпсона (D) [3, 28]. Стан угруповань рекомендується оцінювати, використовуючи рангові та k-домінантні криві.

Оцінка впливу умов навколишнього середовища

На макробезхребетних піщаних пляжів впливає безліч факторів. Пляжна фауна стійка до хімічного забруднення, однак зміна параметрів піску (механічна щільність, гранулометричний склад) і гідрологічного режиму, обмерзання і дроблення середовища існування докорінно перетворять їх угруповання [7, 19]. Серед антропогенних факторів окремої уваги заслуговують витоптування, розчистка пляжів, гідротехнічні споруди та роботи, які прямо та опосередковано змінюють пляжні оселища [2, 5, 19]. Низька пристосованість пляжних угруповань до антропогенних факторів створює «екологічну пастку» що призводить до зменшення біологічного різноманіття і чисельності видів [22]. Також варто відзначити неоднозначний вплив макросміття, яке часто використовується як укриття багатьма супраліторальними видами [10].

Вплив факторів навколишнього середовища на макробезхребетних та їх угруповання може бути оцінений за допомогою **логістичної** і **множинної лінійної регресії** [6]. Для визначення зв'язку між просторовим патерном виду та чинниками середовища можна використовувати тест Мантела. У світовий практиці також використовуються підходи, засновані на інших принципах і методах, такі як нечіткий наївний Байєсівський класифікатор (FNB), Before–After Control-Impact (BACI) та інші [2, 3].

Дія сукупності взаємопов’язаних факторів, що впливають на морфологію пляжу, відображається пляжними індексами [3, 6, 15]. Найбільш важливим з-проміж них для узбережжя ПЗЧМ є безрозмірна швидкість осадження (Dimensionless fall velocity).

$$DFV(\grave{U}) = \frac{H_b \cdot 100}{W \cdot T},$$

де Hb – висота хвиль (м), W – швидкість осадження піску (см/сек) T – період хвиль (сек).

Швидкість осідання силікатного піску різного діаметру може бути взята з таблиці, наведеної Гіббсом і співавторами [11]. З іншого боку, низькі значення округлості і згладженості за Крумбейном-Слоссом і значні домішки вапняного, гранатового та магнетитового піску вимагають емпіричної оцінки швидкості осідання.

За своєю сутністю, DFV є індексом здатності хвиль пересувати пісок і характеризує стан пляжу [6, 15]. Високі значення (більше 5) свідчать про значну ерозію і відповідають дисипативним (пласким) пляжам. Низькі значення (менш ніж 2) вказують на обмежену можливість хвиль викликати ерозію і, відповідно, круті, рефлективні, акреційні пляжі. Проміжні значення характерні для різних станів проміжних пляжів. Стан пляжу значною мірою визначає розвиток псевдоліторальних угруповань і чисельність їх видів [14].

Відносна амплітуда припливів (Relative tide range) відображає внесок приливних і хвильових явищ у морфологію пляжу [6]. Значення цього індексу вказують на тип пляжу: RTR менше 3 характерний для типових у ПЗЧМ пляжів з домінуванням хвиль (wave-dominated), від 3 до 12 вказують на пляжі, що змінюються припливом (tide-modified), а понад 12 – на пляжі з домінуванням припливів (tide-dominated), що не зустрічаються у ПЗЧМ [15].

$$RTR = \frac{tibe}{Hb},$$

де tide – максимальна амплітуда весіннього припливу, а Hb – висота хвиль.

У ПЗЧМ індекс може досягати середніх значень у захищених мілководних лагунах, де одночасно зменшується висота хвиль і посилюються припливні явища.

Пляжний індекс (Beach index) характеризує динаміку псевдоліторалі. Його значення варіюються від 0 до 4 [6].

$$\mathbf{B} = \lg\left(\frac{sand * tide}{slope}\right) \quad (\lg\phi/м),$$

де Sand – середній діаметр піску + 1 (φ), tide – максимальна амплітуда весіннього припливу, а slope – нахил пляжу.

Відносний нахил пляжу (Slope*) – найпростіший індекс, що оцінює результат взаємодії піску, хвиль та припливів за «фасу» пляжу – уздовжберегової ділянки, що сформована дією хвиль [6].

$$\text{Slope*} = \frac{1}{\text{bfs}},$$

де Bfs – нахил фасу пляжу.

У західній літературі розмір часток піску прийнято виражати в одиницях φ ($\varphi = -\log_2 D$), і класифікувати його за шкалою Вентворта. Така одиниця виміру спрощує сприйняття даних і зручна при розрахуванні індексів. У вітчизняній літературі діаметр частинок найчастіше вказується в міліметрах, і інтерпретується за літо динамічною класифікацією. Визначення і межі класів піску в обох системах збігаються.

Фактори навколишнього середовища можуть впливати не тільки на види і угруповання, а й на групи організмів, що мають схожі адаптації до певних умов [13]. Так, біотичні чинники мають вирішальне значення для трофічних груп, а характеристики субстрату – для організмів з різними способами переміщення.

Вплив факторів може відрізнятися в різних масштабах [14]. В силу високої мінливості кліматичних факторів, доцільно шукати залежність не тільки від поточних умов оселищ, але й від їх попередніх станів і довгострокової динаміки [15].

Причини змін у складі та розподілі угруповань макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ, що спостерігаються з кінця 60-х до наших днів, все ще залишаються мало вивченими. Для з'ясування їх природи, динаміки, вкладу антропогенних факторів і прогнозування перспектив, а також розробки програм зі збереження і відновлення біологічного різноманіття чорноморського узбережжя України потрібний постійний комплексний моніторинг [21, 24].

Висновки

1. Для кількісних досліджень макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ рекомендується використовувати рандомізовано-стратифікований відбір або метод трансект. Вибір дизайну відбору проб диктується запланованим статистичним опрацюванням. Форма рамки незначно впливає на результати. Облік імаго пляжних двокрилих рекомендується проводити за фотознімками.

2. Пряма оцінка чисельності макробезхребетних піщаних пляжів ПЗЧМ часто неможлива через їх значну агрегацію та обмеження польових досліджень. Для отримання достовірних результатів рекомендується використовувати методи крігінга.

3. Для попередньої оцінки просторового розподілу макробезхребетних ПЗЧМ можливе використання просунутих одновимірних індексів агрегації. Для виявлення видоспецифічності патернів агрегації пропонується застосовувати рівняння Тейлора і регресію середньої скупченості Івао. Для повноцінної характеристики просторового розподілу рекомендується застосовувати методи геостатистики. Варіограми дозволяють отримати картину розподілу і служать основою для інтерполяції методами крігінга. Широке застосування знаходять

коефіцієнти просторової автокореляції, які також застосовуються для крігінга, і засновані на них корелограми, що дозволяють оцінити масштаби скупчень. Функція К Ріплі допомагає оцінити розміщення точок. Рекомендується застосовувати її для оцінки випадковості розподілу одиниць відбору проб, нір і гнізд. За допомогою індексів Getis-Ord G і Getis-Ord Gi * оцінюють загальну і локальну кластеризацію. Join count statistic дозволяє виявити відхилення від випадкового розподілу областей з бінарними значеннями досліджуваної змінної. Метод SADIE дозволяє оцінити ступінь агрегації, аналізуючи загальну дальність переміщення особин для досягнення рівномірного розподілу. Тест Мантела дозволяє порівняти просторові патерни різних видів і чинників на одній локації, що робить його придатним для первинного виділення угруповань та знаходження закономірностей сумісного розподілу.

4. Оцінка біологічного різноманіття пляжів може сильно зміщуватися через відносно велику чисельність випадково занесених наземних видів. Рекомендується виключати їх з вибірки для відтворюваності результатів.

5. Вплив факторів навколишнього середовища на макробезхребетних, їх угруповання та групи рекомендується оцінювати за допомогою логістичної та множинної лінійної регресії, а також тесту Мантела. Для обліку сукупного впливу специфічних для піщаних пляжів динамічних факторів середовища рекомендується використовувати пляжні індекси.

Стаття надійшла до редакції 14.09.2019

Список використаної літератури

1. Anselin L. Local Indicators of Spatial Association-LISA / L. Anselin //Geographical Analysis. – 1995. – Vol. 27(2). – P. 93–115. doi: https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x
2. Bessa F. Temporal changes in macrofauna as response indicator to potential human pressures on sandy beaches. / F. Bessa, S. C. Gonçalves, J. N.Franco, J. N. André, P. P. Cunha, J. C. Marques // Ecological Indicators. – 2014. – Vol. 41 – P. 49–57. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.01.023
3. Bozzeda F. Assessing sandy beach macrofaunal patterns along large-scale environmental gradients: A Fuzzy Naïve Bayes approach. / F. Bozzeda, M. P. Zangrilli, O. Defeo // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2016. – Vol. 175. – P. 70–78. https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2016.03.025
4. Brazeiro A. Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: Is it possible to identify patterns in such variable environments? / A. Brazeiro, O. Defeo // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 1996. – Vol. 42(4). – P. 523–536. doi: https://doi.org/10.1006/ecss.1996.0033
5. Brown A. C. Burrowing of sandy-beach molluscs in relation to penetrability of the substratum. / A. C. Brown, E.R. Trueman // Journal of Molluscan Studies. – 1991. – Vol. 57(1). – P. 134–136. https://doi.org/10.1093/mollus/57.1.134
6. Brown A. C. The Ecology of Sandy Shores 2nd Edition. / A. C. Brown, A. McLachlan. – Academic Press, 2012. – 392 p.
7. Defeo O. Threats to sandy beach ecosystems: a review / O. Defeo, A. McLachlan, D. S. Schoeman, T. A. Schlacher, J. Dugan, A. Jones, F. Scapini // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2009. – Vol. 81(1). – P. 1–12.
8. Fanini L. Comparing methods used in estimating biodiversity on sandy beaches: Pitfall vs. quadrat sampling / L. Fanini, J. K. Lowry // Ecological Indicators. – 2016 – Vol. 60. – P. 358–366. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.009

9. Fortin M. J. Spatial analysis in ecology. / M. J. Fortin, M. R. T. Dale, J. ver Hoef // Encyclopedia of Environmetrics. – 2002. – Vol. 4. – P. 2051–2058.
10. Francois G. A comparative study of marine litter on the seafloor of coastal areas in the Eastern Mediterranean and Black Seas / G. Francois // Marine Pollution Bulletin. – 2014. – 89(1–2). – P. 296–304. doi: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.044
11. Gibbs R. J. The relationship between sphere size and settling velocity / R. J. Gibbs, M. D. Matthews, D. A. Link // Journal of Sedimentary Research. – 1971 – Vol. 41(1). – P. 7–18. doi: https://doi.org/10.1306/74d721d0-2b21-11d7-8648000102c1865d
12. Lee R. E. Aggregation of Lady Beetles on the Shores of Lakes (Coleoptera: Coccinellidae) / R. E. Lee // In American Midland Naturalist. – 1980 – Vol. 104. – P. 295–304.
13. Macdonald T. Taxonomic and feeding guild classification for the marine benthic macroinvertebrates of the Strait of Georgia, British Columbia / T. Macdonald, B. Burd, V. Macdonald, A. Van Roodselaar. – Fisheries and Oceans Canada, 2010. – 63 p.
14. McLachlan A. Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multiscale analysis. / A. McLachlan, O. Defeo // Marine Ecology Progress Series. – 2005. – Vol. 295. – P. 1–20. https://doi.org/10.3354/meps295001
15. McLachlan A. Characterising sandy beaches into major types and states: Implications for ecologists and managers. / A. McLachlan, O. Defeo, A. D. Short // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2018. – Vol. 215. – P. 152–160. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.09.027
16. Medvedev I. P. Tides in the Black Sea: observations and numerical modelling / I. P. Medvedev //P ure and Applied Geophysics. – 2018. – Vol. 175(6) – P. 1951–1969.
17. Perry J. N. Spatial analysis by distance indices. / J. N. Perry // Journal of Animal Ecology. – 1995. – Vol. 64(3). – P. 303–314.
18. Pyrcz M. J. The whole study on the hole effect / M. J. Pyrcz, C. V. Deutsch // Geostatistical Association of Australasia, Newsletter. – 2003 – Vol. 18. – P. 1–16.
19. Reyes-Martínez M. J. Response of intertidal sandy-beach macrofauna to human trampling: An urban vs. natural beach system approach. / M. J.Reyes-Martínez, M. C. Ruíz-Delgado, J. E. Sánchez-Moyano, F. J. García-García // Marine Environmental Research. – 2015. – Vol. 103. – P. 36–45. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2014.11.005
20. Schlacher T. A. Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impacts. / T. A. Schlacher, D. S. Schoeman, J. Dugan, M. Lastra, A. Jones, F. Scapini, A. Mclachlan // Marine ecology. – 2008. – Vol. 29. – P. 70–90.
21. Schlacher T. A. Metrics to assess ecological condition, change, and impacts in sandy beach ecosystems. / T. A. Schlacher, D. S. Schoeman, A. R. Jones, J. E. Dugan, D. M. Hubbard, O. Defeo, R. M. Connolly // Journal of Environmental Management – 2014. – Vol. 144. – P. 322–335. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.036
22. Schlacher T. A. Golden opportunities: A horizon scan to expand sandy beach ecology / T. A. Schlacher, T. A. Weston, D. S. Schoeman, A. D. Olds, C. M. Huijberts, R. M. Connolly // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2015. – Vol. 157. – P. 1–6. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.02.002
23. Zaitsev Y. A key role of sandy beaches in the marine environment. / Y. Zaitsev // Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment. – 2012. – Vol. 18(2). – P. 114–127.
24. Александров Б. Г. Сучасні уявлення про контурну структуру водного середовища та нові підходи до моніторингу Чорного і Азовського морів (за матеріалами наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 25 жовтня 2017 р.) / Б. Г. Александров // Вісник НАН України. – 2017. – № 12. – С. 42–49.
25. Винарский М. В. Статистические методы в изучении континентальных моллюсков / М. В. Винарский, С. С. Крамаренко, Е. А. Лазуткина, С. И. Андреева, Н. И. Андреев // Статистические методы анализа в биологии и медицине. – 2012. – С. 5–94.
26. Выхованец Г. В. Динамическая устойчивость размеров песчаных пляжей в береговой зоне Черного моря. / Г. В. Выхованец, А. Б. Муркалов, А. А. Стоян // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2014. – Т. 19(1). – С. 63–68.

27. Зайцев Ю. П. Ключевая роль контурных биотопов и их биоценозов в экологии морской среды / Ю. П. Зайцев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2015. – Т. 3-4. – С. 235-238.
28. Копий, В. Г. Сообщества макрозообентоса песчаной псевдолиторали у черноморских берегов Крыма: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата биологических наук: «03.02.10» – гидробиология / В. Г. Копий. – Севастополь, 2014. – 25 с.
29. Савельев А. А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R). / А. А. Савельев, С. С. Мухарамова, А. Г. Пилюгин, Н. А.Чижикова. – Казань: Казанский ун-т, 2012. – 120 с.
30. Сон М. О. Местообитания супралиторали северо-западной части Черного моря / М. О. Сон // Наукові Записки Тернопільського Національного Педагогічного Університету Імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2015. – Т. 64(3–4). – С. 616–619.

B. G. Linetskii
Odesa National Mechnykov University, Department of Hydrobiology and General Ecology
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: linetskii.bg@gmail.com

FEATURES OF USING STATISTICAL METHODS IN INVESTIGATIONS OF THE BLACK SEA SANDY COAST MACROINVERTEBRATES

Abstract
Relevance. The feature of the sandy beaches as the marginal biotope complex is that most of the environmental gradients act across the coastline. The low amplitude of the tides and the non-periodic wind tides determine the dynamics and specificity of these zones in the north-western Black Sea (NWBS). Because of this, the macroinvertebrate sampling design in the NWBS and the statistical processing of the results need special attention.
Aim. The purpose of this paper is to review the methods of statistical data processing that will allow us to clarify and extend our understanding of the structure of macro-invertebrate sand beach communities of NWBS and the features of their use.
Main results. The shape of the sampling device slightly affects the catch of macrofauna. It is acceptable to use both transects and randomized stratified sampling.
A reliable estimation of quantity is provided by kriging methods and recalculation of density per length of the coastline.
The coefficient b of the Taylor equation and the regression of mean crowding characterize species-specific aggregation. For estimation of distribution it is recommended to use spatial autocorrelation coefficients (Moran's I, Geary's C), Ripley's K function, JCA (for binary data) and SADIE.
The relationship between the spatial distributions of species from one sampling station can be detected by the Mantel test.
The biological diversity of macroinvertebrates of NWBS sandy beaches is relatively low, so unspecific fauna can significantly affect the value of indices.
Influence of environmental factors on macroinvertebrates, their groups and communities can be measured using regression analysis or more specific methods.

Suggestions. It is recommended to use a randomized stratified sampling design. Species-specific aggregation parameters should be evaluated by density-independent indices. Geostatistical methods are recommended for estimating the spatial distribution. It is suggested to estimate the number by the results, interpolated by kriging methods. For calculation of biodiversity, it is recommended to exclude randomly introduced species from the sample. It is recommended to use logistic, multiple linear regression and Mantel test to evaluate the impact of environmental factors. The analysis should evaluate the effect of factors at different time scales and use beach indices to characterize beaches.

Keywords: spatial distribution, sampling design, quantitative biology.

References

1. Anselin, L. (1995) «*Local Indicators of Spatial Association—LISA*», Geographical Analysis, 27(2), pp. 93–115. doi: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
2. Bessa, F. et al. (2014) «*Temporal changes in macrofauna as response indicator to potential human pressures on sandy beaches*», Ecological Indicators, 41, pp. 49–57. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.01.023.
3. Bozzeda, F., Zangrilli, M. P., Defeo, O. (2016) «*Assessing sandy beach macrofaunal patterns along large-scale environmental gradients: A Fuzzy Naïve Bayes approach*», Estuarine, Coastal and Shelf Science. Academic Press, 175, pp. 70–78. doi: 10.1016/J.ECSS.2016.03.025.
4. Brazeiro, A., Defeo, O. (1996) «*Macroinfauna zonation in microtidal sandy beaches: Is it possible to identify patterns in such variable environments?*», Estuarine, Coastal and Shelf Science, 42(4), pp. 523–536. doi: 10.1006/ecss.1996.0033.
5. Brown, A. C., McLachlan, A. (2002) «*Sandy shore ecosystems and the threats facing them: Some predictions for the year 2025*», Environmental Conservation, 29(1), pp. 62–77. doi: 10.1017/S037689290200005X.
6. Brown, A. C., Trueman, E. R. (1991) «*Burrowing of sandy-beach molluscs in relation to penetrability of the substratum*», Journal of Molluscan Studies. Narnia, 57(1), pp. 134–136. doi: 10.1093/mollus/57.1.134.
7. Defeo, O. et al. (2009) «*Threats to sandy beach ecosystems: a review*», Estuarine, coastal and shelf science, 81(1), pp. 1–12.
8. Fanini, L., Lowry, J. K. (2016) «*Comparing methods used in estimating biodiversity on sandy beaches: Pitfall vs. quadrat sampling*», Ecological Indicators, 60, pp. 358–366. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.07.009.
9. Fortin, M.-J., Dale, M. R. T., ver Hoef, J. (2002) «*Spatial analysis in ecology*», in Encyclopedia of Environmetrics, pp. 2051–2058.
10. Francois, G. (2014) «*A comparative study of marine litter on the seafloor of coastal areas in the Eastern Mediterranean and Black Seas*», Marine Pollution Bulletin, 89(1–2), pp. 296–304. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.09.044.
11. Gibbs, R. J., Matthews, M. D., Link, D. A. (1971) «*The relationship between sphere size and settling velocity*», Journal of Sedimentary Research, Vol. 41(1), pp. 7–18. doi: 10.1306/74d721d0-2b21-11d7-8648000102c1865d.
12. Lee, R. E. (1980) «*Aggregation of Lady Beetles on the Shores of Lakes (Coleoptera: Coccinellidae)*», American Midland Naturalist.
13. Macdonald, T., Burd, B., Macdonald, V. (2010) «*Taxonomic and feeding guild classification for the marine benthic macroinvertebrates of the Strait of Georgia, British Columbia*», Fisheries and Oceans Canada, 63 p.
14. McLachlan, A., Defeo, O. (2005) «*Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis*», Marine Ecology Progress Series, 295, pp. 1–20. doi: 10.3354/meps295001.

15. McLachlan, A., Defeo, O., Short, A. D. (2018) «*Characterising sandy beaches into major types and states: Implications for ecologists and managers*», Estuarine, Coastal and Shelf Science. Academic Press, 215, pp. 152–160. doi: 10.1016/j.ecss.2018.09.027.
16. Medvedev I. P. (2018) «*Tides in the Black Sea: observations and numerical modelling, Pure and Applied Geophysics*», 175(6), pp. 1951-1969.
17. Perry, J. N. (1995) «*Spatial analysis by distance indices*», Journal of Animal Ecology, 64(3), pp. 303–314.
18. Pyrcz M. J., Deutsch C. V. «*The whole study on the hole effect*», Geostatistical Association of Australasia, Newsletter, 18, pp. 1-16.
19. Reyes-Martínez, M. J. et al. (2015) «*Response of intertidal sandy-beach macrofauna to human trampling: An urban vs. natural beach system approach*», Marine Environmental Research. Elsevier, 103, pp. 36–45. doi: 10.1016/j.marenvres.2014.11.005.
20. Schlacher T. A. et al. (2008) «*Sandy beach ecosystems: key features, sampling issues, management challenges and climate change impact*», Marine Ecology, 29(1), pp. 70–90. doi: 10.1111/j.1439-0485.2007.00204.x.
21. Schlacher T. A. et al. (2014) «*Metrics to assess ecological condition, change, and impacts in sandy beach ecosystems*», Journal of Environmental Management, 144, pp. 322–335. doi: 10.1016/j.jenvman.2014.05.036.
22. Schlacher T. A. et al. (2015) «*Golden opportunities: A horizon scan to expand sandy beach ecology*», Estuarine, Coastal and Shelf Science, 157, pp. 1–6. doi: 10.1016/j.ecss.2015.02.002.
23. Zaitsev Yu. (2012) «*A key role of sandy beaches in the marine environment*», Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 18(2), pp. 114–127.
24. Aleksandrov B. G. (2017) «*Contemporary views on the contour structure of the aquatic environment and new approaches to monitoring the Black and Azov Seas*» [«*Suchasni uiavlennia pro konturnu strukturu vodnoho seredovyshcha ta novi pidkhody do monitorynhu Chornoho i Azovskoho moriv*»], Visnyk NAN Ukrainy, 12, pp. 42-49.
25. Vinarskij M. V., Kramarenko S. S., Lazutkina E. A., Andreeva S. I., Andreev N. I. (2012) «*Statistical methods in the study of continental mollusks*» [«*Statisticheskie metody v izuchenii kontinental'nykh mollyuskov*»], Statisticheskie metody analiza v biologii i meditsine, pp. 5-94
26. Vykhovanets G. V., Murkalov A. B., Stoyan A. A. (2014) «*Dynamic sustainability of sandy beaches zizes in the Black Sea coastal zone*» [«*Dinamicheskaya ustojchivost' razmerov peschanykh plyazhej v beregovoj zone CHernogo morya*»], Visnyk ONU. Seriia: Heohrafichni ta heolohichni nauky, 19(1), pp. 63–68.
27. Zaitsev Yu. (2015) «*The key role of contour biotopes and their biocenoses in the ecology of the marine environment*» [«*Klyuchevaya rol' konturnykh biotopov i ikh biotsenozov v ehkologii morskoj sredy*»], Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriia: Biolohiia., 3-4, pp. 235-238.
28. Kopij V. G. (2014) «*Macrozoobenthos communities of sandy pseudo-littoral off the Black Sea coast of Crimea*» [«Soobshhestva makrozoobentosa peschanoj psevdolitorali u chernomorskikh beregov Kryma: Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk: «03.02.10» – gidrobiologiya»], Sevastopol, 2014. – 25 p.
29. Savel'ev A. A., Mukharamova S. S., Pilyugin A. G., CHizhikova N. A. (2012) «*Geostatistical data analysis in ecology and nature management (using the R package)* » [«*Geostatisticheskij analiz dannykh v ehkologii i prirodopol'zovanii (s primeneniem paketa R)*»], Kazan, Kazanskij universitet, 120 p.
30. Son M. O. (2015) «*Habitats of the supralittoral zone of the northwestern Black Sea*» [«*Mestoobitaniya supralitorali severo-zapadnoj chasti CHernogo morya*»], Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriia: Biolohiia., 64(3–4), pp. 616–619.

УДК 591.5:591.9:59.5(477,74) **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185641**

С. М. Снігірьов, к.б.н, старший науковий співробітник
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Регіональний центр інтегрованого моніторингу, вул. Маяковського, 7, Одеса, 65082, Україна, snigirev@te.net.ua

РЕЗУЛЬТАТИ ІХТІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИБЕРЕЖНИХ ВОД О. ЗМІЇНИЙ (2016–2018)

Наведено результати іхтіологічних досліджень прибережних вод о. Зміїний (Чорне море) 2016–2018 рр. Всього виявлено 73 види морських, солонуватоводних, прохідних і прісноводних риб з 18 рядів, 42 родин, 59 родів. Основу іхтіофауни цього району утворюють морські риби (72,6 % загальної кількості виявлених видів), більшість видів осілі (69,9 %), ведуть донний і придонний спосіб життя (78,1 %), майже в рівній кількості переважають пелагофіли і охороняючи (35,6 % і 32,9 % відповідно). Близько половини знайдених біля острова видів риб (36 з 73) мають охоронний статус. Мінімальні показники біорізноманіття уловів відзначені в листопаді-грудні. Максимуми зафіксовані протягом теплого періоду року (травень-жовтень). Відзначено, що улови з липня по грудень 2016 р. відрізнялися меншою кількістю видів риб та домінуванням окремих масових видів, в зв'язку з чим показники біорізноманіття були незначно нижче періоду 2017–2018 рр. Можливість виявлення нових видів іхтіофауни в прибережних водах острова Зміїний із застосуванням легководолазної техніки і нових технологій безконтактного відеомоніторингу залишається досить високим.

Ключові слова: іхтіофауна; улов на зусилля; острів Зміїний.

На даний час видовий склад іхтіофауни прибережних вод острова Зміїний вивчений досить повно [3, 6, 7, 10-12]. У острова відзначені значні скупчення пелагічних, донних і придонних, переважно морських і солонуватоводних видів риб. За п'ятнадцятирічний період досліджень в уловах неодноразово були виявлені представники прісноводного комплексу, які випадково потрапляють в море в період повноводдя річки Дунай [3, 6, 7, 10-12]. Цей унікальний район вигідно відрізняється біорізноманіттям іхтіофауни – біля острову виявлено близько третини (32,2 %) усієї чорноморської іхтіофауни (227 видів риб відомих для Чорного моря на даний час). Більшість з них, що нерестяться біля острову, особливо на ранніх стадіях свого розвитку, завдяки чорноморським течіям, широко розселяються не тільки в північно-західній частині, а й в інших районах Чорного моря. Таким чином, прибережні води біля острову Зміїний служать своєрідним резервом для збереження генофонду іхтіофауни Чорного моря [3, 6, 7], і комплексні іхтіологічні дослідження цього району не втрачають своєї актуальності.

© С. М. Снігірьов, 2019

Враховуючі це, а також у зв'язку з тим, що з впровадженням в Україні Рамкової директиви морської стратегії [8] важливе місце в морській іхтіології набувають моніторингові дослідження біорізноманіття і кількісних характеристик рибних співтовариств, мета даної роботи – провести аналіз і узагальнити результати моніторингових досліджень іхтіофауни, які проводили в прибережних водах о. Зміїний в період з 2016 по 2018 рр.

Матеріал і методи досліджень

Матеріал зібраний в прибережних водах о. Зміїний в 2016–2018 рр. в рамках міжнародного (EU-UNDP) проекту EMBLAS-II (Поліпшення моніторингу природного середовища Чорного моря) та за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України. Лов риби проводили на станціях моніторингу ОНУ імені І.І. Мечникова [3, 7] ставними зябровими сітками з розміром вічка 16–120 мм за стандартними іхтіологічними методами [2, 4]. У місцях лову риби проводили підводні спостереження з використанням легководолазного спорядження. Визначення видів риб проводили в польових умовах за визначниками [1, 5]. Систематичну належність наведено у відповідності до FishBase [9].

Результати досліджень та їх обговорення

Всього в період досліджень в прибережних водах о. Зміїний виявлено 73 види морських, солонуватоводних, прохідних і прісноводних риб, що належать до 18 рядів, 42 родин, 59 родів. Основу іхтіофауни цього району утворюють морські риби (72,6 % від загальної кількості виявлених видів), більшість видів осілі (69,9 %), ведуть донний і придонний спосіб життя (78,1 %), майже в рівній кількості переважають пелагофіли та види що охороняють ікру (35,6 % і 32,9 %, відповідно). Інші групи риб представлені меншою кількістю видів (табл. 1). Близько половини знайдених біля острова видів риб (36 з 73) мають охоронний статус: 16 видів занесені в списки Червоної книги України, 22 види занесені до Червоної книги Чорного моря, 7 видів – до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи [3, 7, 10].

Аналіз результатів показав, що рівень біорізноманіття іхтіофауни (індекс Шеннона, розрахований за чисельністю) коливався в межах 0,86–3,27 (рис. 1), в середньому складаючи 2,06±0,71 в 2016 році, 2,48±0,65 в 2017 і 2,57±0,71 в 2018 році.

Мінімальні показники біорізноманіття уловів відзначені в листопаді-грудні, коли більшість осілих холодолюбивих видів риб відходять від берега на більші глибини і стають малорухомими, а теплолюбиви мігруючі види риб переміщаються на зимівлю до берегів Криму, Грузії і Туреччини. Максимуми індексу біорізноманіття зафіксовані протягом теплого періоду року (травень-жовтень). У цей час більшість різних видів риб підходить в прибережні води острову для розмноження і нагулу.

Таблиця 1

Еколого-зоогеографічна характеристика іхтіофауни (частки груп у %) прибережних вод острову Зміїний

Група	Частка (%)	Група	Частка (%)
Морські види	72,60	Пелагофіли	35,62
Солонуватоводні	9,59	Охороняючи	32,88
Прохідні	6,85	Фітофіли	10,96
Прісноводні	10,96	Літофіли	5,48
Всього:	**100,00**	Псаммофіли	1,37
		Літопсаммофіли	1,37
Донні	42,47	Яйцеживородні	2,74
Придонні	35,62	Виношувачі	9,59
Пелагічні	21,92	**Всього:**	**100,00**
		Мігранти	30,14
Всього:	**100,00**	Осілі	69,86

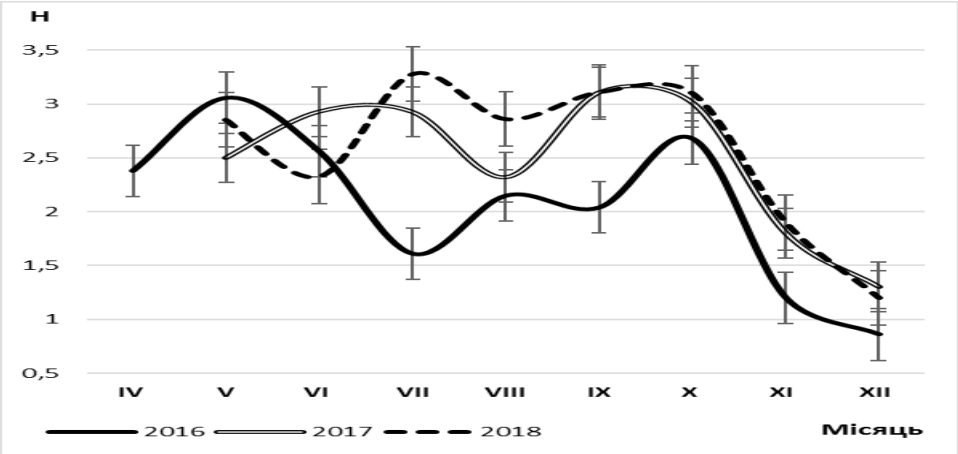


Рис. 1. Видова різноманітність іхтіофауни (індекс Шеннона H (ln), розрахований за чисельністю) прибережних вод о. Зміїний в період 2016–2018 рр.

В результаті досліджень було відзначено, що улови з липня по грудень 2016 р. відрізнялися меншою кількістю видів риб та домінуванням окремих масових видів, в зв'язку з чим показники біорізноманіття були незначно нижче періоду 2017–2018 рр. (Рис. 1). Найбільш ймовірно, динаміка біорізноманіття уловів пов'язана з гідрометеорологічним режимом досліджуваного району, в першу чергу, з впливом стоку річки Дунай на водні маси відкритого моря [7, 10].

У період досліджень 2016–2018 рр. (квітень/травень – грудень) в уловах переважали особини катрана *S. acanthias* (середній улов на зусилля – 5,02±0,51–10,05±0,86 кг, скатів – *R. clavata* до 2,86±0,04 кг і *D. pastinaca* до 8,07±1,19 кг відповідно, мерланга *M. merlangus euxinus* – до 2,61±0,05 кг, скорпени *S. porcus* – 6,69±0,92 кг, сінгіля *L. aurata* – 2,65±0,50 кг, бичка-кругляка *N. melanostomus* – 0,76±0,07–5,31±0,88 кг і калкана *P. maxima maeotica* – 3,38±1,20–6,56±1,24 кг (табл. 2). У 2016 році були відзначені високі улови ставриди *T. mediteraneus ponticus* і хамси *En. encrasicolus* – 3,00±0,08 і 0,71±0,09 кг відповідно. Улов інших видів за даними 2016–2018 рр. в цілому були менш значні (табл. 2).

Таблиця 2

Середня величина улову на промислове зусилля (кг/12 годин/1 сітка (75Х1,5 м)) основних представників іхтіофауни прибережних вод острову Зміїний в період 2016–2018 рр.

№ пп.	Вид риби	Період досліджень, рік		
		2016	2017	2018
1	*S. acanthias* L., 1758	5,02±0,51	10,05±0,86	9,49±0,74
2	*R. clavata* L., 1758	2,86±0,04	2,49±0,05	2,71±0,03
3	*D. pastinaca* (L., 1758)	6,32±0,32	7,37±0,64	8,07±1,19
4	*En. encrasicolus* (L., 1758)	0,71±0,09	0,03±0,01	0,04±0,01
5	*G. mediterraneus* (L., 1758)	1,62±0,51	0,39±0,51	0,47±0,51
6	*M. merlangus euxinus* (Nordmann, 1840)	2,61±0,05	2,19±0,05	2,16±0,11
7	*S. porcus* L., 1758	6,69±0,92	5,91±0,43	6,12±1,16
8	*T. mediteraneus ponticus* Aleev, 1956	3,00±0,08	0,12±0,02	0,59±0,02
9	*L. aurata* (Risso, 1810)	2,42±0,40	2,36±0,87	2,65±0,50
10	*U. scaber* L., 1758	0,94±0,09	0,12±0,05	0,72±0,26
11	*M. batrachocephalus* (Pallas, 1814)	1,44±0,32	0,25±0,12	1,22±0,26
12	*N. melanostomus* (Pallas, 1814)	5,31±0,88	1,41±0,63	0,76±0,07
13	*P.maxima maeotica* (Pallas, 1814)	6,56±1,24	6,39±2,61	3,38±1,20
14	*S. umbra* L., 1758	0,26±0,01	0,52±0,05	0,77±0,05

Слід відзначити збільшення в уловах 2017–2018 рр. особин катрана, ската хвостокола і зниження маси хамси, морського миня, ставриди і бичка-кругляка (табл. 2). Динаміка уловів, ймовірно, може бути зумовлена як врожайністю поколінь окремих видів з одного боку, так і з змінами кормової бази риб з іншого. Так, появу і збільшення молоді катрана врожайного покоління 2015–2016 рр. відзначали не тільки у острова, але і в приловах різноглибинного тралу практично по всій акваторії північно-західній частини Чорного моря (Українська частина) в 2017 і 2018 рр. Зниження уловів бентосоїдних миня і кругляка, а також пелагофільних зоопланктонофагів хамси і ставриди (молодь), ймовірно,

зумовлено подальшим негативним впливом видів-інтродуцентів на кормову базу риб (рапани на донні співтовариства, перш за все на мідійні біоценози, і мнеіопсіса на зоопланктон Чорного моря).

Аналіз динаміки уловів на зусилля по місяцях (квітень/травень – грудень) 2016, 2017 і 2018 рр. представлений на рисунку 2.

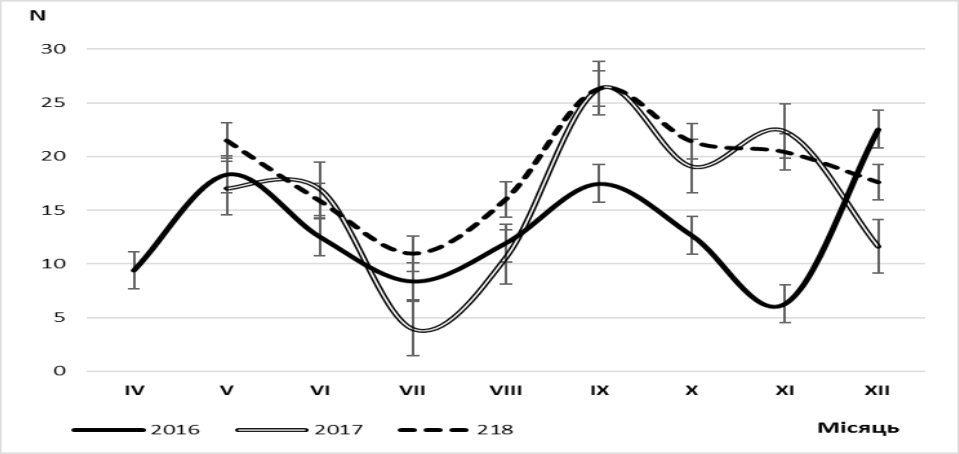


Рис. 2. Середня величина улову на промислове зусилля (N-кг/12 годин/1 сітка (75Х1,5 м)) основних представників іхтіофауни прибережних вод острова Зміїний по місяцях (квітень-грудень) в період 2016–2018 рр.

Величина осінніх (вересень–листопад) уловів 2016 року була нижче, ніж у 2017 і 2018 рр. у зв'язку з меншою кількістю катрана в уловах, але вище в грудні, коли біля острова були відзначені великі скупчення хамси. Липневі улови всіх трьох років досліджень були менш значними порівняно з уловами риби в червні та в серпні. Ймовірно, з підвищенням температури води, в період тривалої штильової погоди в липні, риба стає менш активною і потрапляє в сітки в меншій кількості. Найбільші улови риби були відзначені у вересні 2017 і 2018 рр.

У висновку слід зазначити, що ймовірність виявлення нових видів іхтіофауни в прибережних водах острова Зміїний, особливо зі збільшенням числа візуальних підводних спостережень із застосуванням легководолазної техніки і нових технологій безконтактного відеомоніторингу залишається досить високою. Більш того, такі візуальні дослідження сприятимуть уточненню кількісних характеристик основних видів риб даного району Чорного моря, де застосування сіток на донних субстратах складної конфігурації недостатньо коректне для отримання достовірних результатів.

Висновки

1. Всього в прибережних водах о. Зміїний виявлено 73 види морських, солонуватоводних, прохідних і прісноводних риб, що належать до 18 рядів, 42 родин, 59 родів. Основу іхтіофауни цього району утворюють типові морські риби (72,6 % загальної кількості виявлених видів), більшість видів осілі (69,9 %), ведуть донний і придонний спосіб життя (78,1 %), майже в рівній кількості переважають пелагофіли і охороняючи ікру види (35,6 % і 32,9 %, відповідно). Близько половини знайдених біля острову видів риб (36 з 73) мають охоронний статус: 16 в списках Червоної книги України, 22 – у списках Червоної книги Чорного моря, 7 видів – в Червоному списку МСОП.

2. Рівень біорізноманіття іхтіофауни (індекс Шеннона, розрахований за чисельністю) коливався в межах 0,86–3,27, в середньому складаючи 2,06±0,71 в 2016 році, 2,48±0,65 в 2017 і 2,57±0,71 в 2018 році.

3. В уловах переважали особини катрана (середній улов на зусилля – 5,02±0,51–10,05±0,86 кг, скатів (*R. clavata*) до 2,86±0,04 кг і (*D. pastinaca*) до 8,07±1,19 кг відповідно, мерланга – до 2,61±0,05 кг, скорпени – 6,69±0,92 кг, сінгіля – 2,65±0,50 кг, бичка-кругляка – 0,76±0,07–5,31±0,88 кг і калкана – 3,38±1,20–6,56±1,24 кг. Улови катрана і ската-хвостокола в 2017-2018 рр. були вище, ніж в 2016 р; хамси, морського миня, ставриди і бичка-кругляка – менше показників 2016 р.

Подяки

Це дослідження виконано в рамках наукового проекту «Провести морські екосистемні дослідження і розробити наукову основу для впровадження директиви ЄС по морській стратегії (2017–2019)», який фінансувався Міністерством освіти і науки України з використанням результатів польових досліджень, а також за фінансової підтримки міжнародного (EU-UNDP) проекту EMBLAS-II (Поліпшення моніторингу природного середовища Чорного моря). Автор щиро вдячний співробітникам Регіонального центру інтегрованого моніторингу ОНУ імені І. І. Мечникова Абакумову А. Н., Піцику В. З., Снігірьову П. М., а також співробітнику Інституту морської біології НАНУ Куракину А. П. за допомогу в зборі іхтіологічного матеріалу.

Стаття надійшла до редакції 12.10.2019

Список використаної літератури

1. Васильева Е. Д. Рыбы черного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригалинных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С. В. Богородским / Е. Д. Васильева. – М.: изд-во ВНИРО, 2007. – 238 с.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [Під ред. В.Д. Романенко]. – НАН України. Ін-т гідробіології. – К.: ЛОГОС, 2006. – 408 с.
3. Острів Зміїний: екосистема прибережних вод: монографія / Сминтина В. А., Медінець В. І., Заморов В. В., Снігірьов С. М. та ін.; [відп. ред.: В. І. Медінець]. – Одеса: Астропринт, 2008. – XII. – 228 с.

4. Пряхин Ю. В. Методы рыбохозяйственных исследований / Ю. В. Пряхин, В. А. Шкицкий. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. – 256 с.
5. Световидов А. Н. Рыбы Черного моря / А. Н. Световидов. – М.; Л.: Наука, 1964. – 551 с.
6. Северо-западная часть Чёрного моря: биология и экология / [Под ред. Ю. П. Зайцева, Б. Г. Александрова, Г. Г. Миничевой]. – Киев: Наук. думка, 2006. – 701 с.
7. Снигирев С. М. Донная ихтиофауна прибрежных вод о. Змеиный / С. М. Снигирев.: автореф. дисс. канд. биол. наук. – К. Инт. Гидробиол. НАНУ, 2011. – 20 с.
8. European Commission. Commission Decision of 30 October 2008, establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise (notified under document number C (2008) 6016) (2008/915/EC) // Official Journal of the European Unionю – 2008. – L332. – pp. 20–44.
9. Froese R., Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication, 2019. www.fishbase.org, version (08/2019).
10. Snigirov S. The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants / S. Snigirov, O. Goncharov, S. Sylantyev // Marine Biodiversity. – 2012. – Vol. 42, № 2. – P. 225–239.
11. Snigirov S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea / S. Snigirov, V. Medinets, V. Chichkin, S. Sylantyev // Aquatic Invasions. – 2013. – Vol. 8, Issue 3. – P. 289–297.
12. Snigirov S. Ichthyofauna of Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017 / S. Snigirov, V. Medinets, A. Abakumov, V. Pitsyk, P. Snigirov, I. Soltys, O. Konareva // International scientific conference, dedicated to 95th Anniversary of Academician of the NAS of Ukraine Yuvenaly Zaitsev «Achievements in studies of marginal effect in water ecosystems and their practical significance»: Book of abstracts (June 13-14, 2019, Odessa, Ukraine). Odessa-Istanbul, 2019 – P. 48.

S. M. Snigirov
Odesa Mechnykov National University, Regional Center for Integrated Monitoring and Environmental Research
Str. Maiakovskyi, 7, Odesa, 65082, Ukraine, snigirev@te.net.ua

RESULTS OF ICHTHYOLOGICAL INVESTIGATIONS IN ZMIINYI ISLAND COASTAL WATERS (2016-2018)

Abstract
The results of ichthyological investigations of Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2018 are presented. In total 73 species of fish from 18 orders, 42 families, 59 genera were found.
The **purpose** of this work is to analyze and summarize the results of monitoring studies of ichthyofauna conducted in the coastal waters of Zmiinyi Island in the period from 2016 to 2018
Results Ichthyofauna of this region is formed by marine fish species (72.6 % of all species), most of the species are sedentary (69.9 %), bottom and demersal (78.1 %), pelagophiles and species which are protecting eggs (35.6 % and 32.9 %, respectively). About half of the fish species (36 out of 73) have protected status.
It was noted that the level of biodiversity of ichthyofauna (Shannon index calculated by abundance) ranged from 0.86-3.27, averaging 2.06 ± 0.71 in 2016, 2.48 ± 0.65 in 2017 and 2.57 ± 0.71 in 2018. Minimum of biodiversity indexes were recorded in

November-December. The maximum ones were registered during the warm season (May-October). Catches from July to December 2016 were distinguished by a smaller number of fish species and the dominance of individual mass species, and therefore the biodiversity indicators were slightly lower than the period 2017-2018.
In catches, individuals of picked dogfish (average catch per unit effort - 5.02 ± 0.51 - 10.05 ± 0.86 kg, skates (*R. clavata*) up to 2.86 ± 0.04 kg and (*D. pastinaca*) up to 8.07 ± 1.19 kg, respectively, whiting - up to 2.61 ± 0.05 kg, scorpion fish - 6.69 ± 0.92 kg, golden grey mullet - 2.65 ± 0.50 kg, round goby – 0. 76 ± 0.07 - 5.31 ± 0.88 kg and turbot - 3.38 ± 1.20 - 6.56 ± 1.24 kg prevailed. The catches of picked dogfish and skates increased in 2017-2018 compared with 2016 and the catches of anchovy, shore rockling, horse mackerel and round goby decreased in the period of investigations.
Conclusion The probability of detecting new species of ichthyofauna in the coastal waters of Zmiinyi Island using diving equipment and new non-contact video monitoring technologies remains quite high. Such visual studies will help to clarify the quantitative characteristics of the main fish species in the said Black Sea region.

Keywords: ichthyofaunal; catch per unit effort; Zmiinyi Island.

References

1. Vasyleva E. D. (2007) Ryby Chernoho moria. Opredelytel morskykh, solonovatovodnykh, evryhalynnykh i prokhodnykh vidov s tsvetnimy ylliustratsyiamy, sobrannymi S. V. Bohorodskim, M.: yzd-vo VNYRO, 238 p.
2. Romanenko V. D. (2006) Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod, NAN Ukrainy. In-t hidrobiolohii, K.: LOHOS, 408 p.
3. Smyntyna V. A., Medinets V. I., Zamorov V. V., Snihirov S. M. (2008) Ostriv Zmiinyi: ekosystema pryberezhnykh vod: monohrafiia, Odesa: Astroprynt, 228 p.
4. Priakhyn Yu. V., Shkytskyi V. A. (2008) Metody rybokhoziaistvennykh issledovanyi, Rostov-na-Donu: Yzd-vo YuNTs RAN, 256 p.
5. Svetovidov A. N. (1964) Ryby Chernoho moria, M.; L.: Nauka, 551 p.
6. Zaitseva Yu. P., Aleksandrova B. H., Minichevoi H. H. (2006) Severo-zapadnaia chast Chernoho moria: byolohyia y ekolohyia, Kyev: Nauk. dumka, 701 p.
7. Snihirev S. M. (2011) Donnaya ikhtyofauna pribrezhnykh vod o. Zmiinyi: avtoref. diss. kand. biol. nauk, K. Ynt. Hydrobyol. NANU, 20 p.
8. European Commission. Commission Decision of 30 October 2008, establishing, pursuant to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, the values of the Member State monitoring system classifications as a result of the intercalibration exercise (notified under document number C (2008) 6016) (2008/915/EC), Official Journal of the European Union, 2008. L332, pp. 20–44.
9. Froese R., Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication, 2019. www.fishbase.org, version (08/2019)
10. Snigirov S., Goncharov S., Sylantyev S. (2012) The fish community in Zmiinyi Island waters: structure and determinants, Marine Biodiversity, 42 (2). pp. 225-239.
11. Snigirov S., Medinets V., Chichkin V., Sylantyev S. (2013) Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea, Aquatic Invasions, 8(3), pp. 289-297
12. Snigirov S., Medinets V., Abakumov A., Pitsyk V., Snigirov P., Soltys I., Konareva O. (2019) Ichthyofauna of Zmiinyi Island coastal waters in 2016-2017, International scientific conference, dedicated to 95th Anniversary of Academician of the NAS of Ukraine Yuvenaly Zaitsev «Achievements in studies of marginal effect in water ecosystems and their practical significance»: Book of abstracts (June 13-14, 2019, Odessa, Ukraine). Odessa-Istanbul, p. 48.

УДК(262.5)551.462.32:593.14 **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185642**

Ю. В. Харитонова[1,2], аспірант, інженер
[1]Одеський Національний Університет ім. І. І. Мечникова, кафедра гідробіології та загальної екології
вул. Дворянська 2, 65082, Одеса, Україна
[2]Інститут морської біології Національної академії наук України
вул. Пушкінська 37, 65048 Одеса, Україна, e-mail: kharytonova_julia@ukr.net

АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ВОД УКРАЇНСЬКОГО ШЕЛЬФУ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА ІНДИКАТОРАМИ ЗООПЛАНКТОНУ (НА ПРИКЛАДІ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ)

За результатами багаторічного моніторингу стану зоопланктону в межах узмор'я української частини Дунаю, проаналізовано якість водного середовища перехідних вод в районі взаємодії «річка-море». Якість води визначали в різні сезони року за п'ятибальною шкалою екологічного стану від відмінного до поганого, у відповідність до критеріїв Водної Рамкової Директиви ЄС. У період з 2004 по 2017 рік екологічний стан перехідних вод в районі дельти Дунаю за інтегральним станом зоопланктону змінювався від середнього до доброго.

Ключові слова: зоопланктон; якість води; перехідні води; дельта Дунаю.

Відповідно до Морської стратегії Водної рамкової директиви ЄС (Marine Strategy Framework Directive – MSFD), перехідні (або транзитні) води – це водні маси в гирлах річок, які частково засолені через свою близькість до прибережних вод і значною мірою схильні до впливу стоку прісних вод [14].

Українська частина дельти (1240 км²) становить близько 22 % її загальної площі. Довжина дельти по її головному, Кілійському рукаву – 115 км, протяжність морського краю дельти приблизно180 км, середня ширина узмор'я – 6–10 км [4].

В. С. Большаковим (1970) був запропонований термін "пригирловий район", який він визначив, як прилеглий до гирла цієї річки район моря, в якому опріснення поверхневого шару цілком відчутне, хоча воно не є постійним.

Для Чорного моря, в центральних частинах якого солоність поверхневого шару знаходиться в діапазоні 17,5–18,3 ‰, прийнято вважати зовнішнім кордоном пригирлового району максимально віддалене значення середньомісячної ізогаліни 17 ‰ при її зміненні протягом року [3].

Перехід від прісної річкової води до морської відбувається не рівномірно, а з утворенням зон підвищених градієнтів солоності – гідрофронтів, які утворюються на такій відстані від берега, де вплив стічних вод стає дуже незначним – до 10 км від гирла [3].

Середньо річний стік Дунаю становить 203–210 км²/рік, що забезпечує 36 %

 © Ю. В. Харитонова, 2019

припливу прісних вод у Чорне море і близько 77 % прісноводного стоку до його північно-західної частини [3, 4].

Морський берег Дунаю є зоною постійної взаємодії річкових і морських вод, в результаті чого змінюються їх властивості, утворюються водні маси з новою якістю [4].

Антропогенний вплив різного типу, що приводить до евтрофікації та забруднення водойм, змінює основні характеристики всіх компонентів водної екосистеми. Одним з найважливіших компонентів, структурно і функціонально пов'язаних з іншими, є угрупування зоопланктону. Згідно MSFD, новий підхід для визначення якості водного середовища базується на більшій значущості біологічних показників порівняно з хімічними. Крім того, для більш детальної оцінки якості води, аналогічно Водної Рамкової Директиви (Water Frame Directive – WFD), стали використовувати п'ятибальну шкалу: висока (High), гарна (Good), середня (Medium), низька (Poor), погана (Bad) якість [2, 5, 10, 14] (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація екологічного стану перехідних вод згідно з нормативами Водної Рамкової Директиви (згідно з [5, 14])

Якість	Висока (High)	Добра (Good)	Середня (Medium)	Низька (Poor)	Погана (Bad)
Ступінь відхилення від норми	Відсутня або зміни біологічних, фізико-хімічних та гідроморфологічних елементів якості дуже незначна (еталон)	Слабке відхилення біологічних елементів якості води від еталонних значень	Помірне відхилення біологічних елементів якості води від еталонних значень	Сильне відхилення біологічних елементів якості води від еталонних значень	Критичне відхилення біологічних елементів якості води від еталонних значень

Основними проблемними питаннями методики визначення якості водного середовища за біологічними показниками фітопланктону, зоопланктону, фітобентосу та зообентосу, які повинні бути розроблені для ключових компонентів водної екосистеми (criteria elements), є:

1. Обґрунтування еталонних умов (referent conditions) якості водного середовища, прийнятих як показники гарних екологічних умов за WFD.

2. Пошук ключових показників (характеристик, метрик) стану згаданих життєвих форм.

3. Температурні параметри виділення сезонів (біологічної зими, весни, літа та осені) [2, 5, 10, 14].

Метою роботи є визначення порогових значень інтегрального показника стану зоопланктону для встановлення якості перехідних вод України, на прикладі морського узбережжя дельти Дунаю.

Матеріал та методика дослідження

Географічним об'єктом екологічного моніторингу була пригирлова зона дельти Дунаю. Для визначення якості води проби зоопланктону відбирали з 2004 по 2017 рік у різні періоди року. Визначали якість води за середньомісячними значеннями, які включали дані з 26 станцій (весна – 51, літо – 119, осінь – 96 зібраних проб). Для збору зоопланктону використовували планктонні сітки з діаметром вхідного отвору 36 см і вічком газу 150 мкм [1]. Визначення якісного складу зоопланктону проводили за найбільш поширеними визначниками [8, 9, 13].

При виділенні біологічних сезонів у морі та перехідних водах, що важливо для визначення якості води з урахуванням сезонних змін кількісного розвитку зоопланктону, особливе значення приділяли температурі води, що відбувалось при зміні гідрофізичних умов [1, 2]:

Зима – Т води <8 ° С (відсутність термокліну).

Весна – Т води 8 +16 ° С (формування термокліну).

Літо – Т води> 16 ° С (термоклін).

Осінь – Т води 16-8 ° С (заглиблення термокліну).

Основні поняття, що використовували при оцінці якості водного середовища дельти Дунаю:

1. Метрика (metric) – це те, що може бути виміряне, тобто різні характеристики, які використовуються при оцінці якості водного середовища.

2. Гарний (Good Ecological Status – GES, Good Environmental Status –GenS) або поганий (Not Good Ecological Status – Not GES) екологічний стан. Для визначення GES водних екосистем в рамках MSFD був розроблений огляд методологічних стандартів, який включає опис індикаторів для 11 дескрипторів.

3. Первинні (еталонні) умови, що були до впливу людини (reference period, pristine conditions).

4. Відносна екологічна якість середовища (Ecological Quality Ratio – EQR) – це відношення значення метрики в районі досліджень до її еталонного значення (reference conditions), що знаходиться у межах від 0 до 1 [2, 5, 10].

На сьогодні відомо близько 300 індексів, або індикаторів стану водного середовища за хімічними та біологічними характеристиками [11], шість з яких відносяться до зоопланктону і прийняті для екологічного моніторингу Чорного моря та прилеглих акваторій [11].

Для визначення якості перехідних вод дельти Дунаю за показниками стану зоопланктону були вибрані такі характеристики (метрики) [2, 13]:

1. Загальна біомаса зоопланктону (B), мг·м$^{-3}$;

2. Біомаса ночесвітки *Noctiluca scintillans* (Noc), % від загальної біомаси;

3. Біомаса веслоногих Copepoda (Cop), % від загальної біомаси;

4. Індекс біологічного різноманіття Шеннона, який визначали за чисельністю (H '), біт·екз$^{-1}$.

Інтегральний показник стану зоопланктону (K_J) обчислювався з урахуван-

ням всіх чотирьох згаданих вище метрик за формулою М. Д. Бурштейна [15]:

$K_f = (K_{imin})^{a0.5} \cdot (K_1^{a1} \cdot K_2^{a2} \cdot ... \cdot K_n^{an})^{1/2n}$

де K_1, K_2, K_n – метрики (різні характеристики зоопланктону);a_1, a_2, a_n – вагові коефіцієнти метрик; n – кількість метрик. Умови: $0 < K_i \leq 1$ та $0 < a_i \leq 1$.

Оскільки інтегральний показник стану зоопланктону повинен, в першу чергу, показувати стан водного середовища для охорони та відтворення біологічного різноманіття, вагові коефіцієнти для кожної з метрик визначалися за значенням коефіцієнта кореляції кількісних значень цієї метрики з індексом Шеннона за чисельністю (H '). Значення для всіх метрик, які були використані при визначенні значення K_f, були розраховані на основі бази первинних даних за період з 2004 по 2017 рік.

Вагове значення самого H' приймалося рівним 0.9, так як не могло бути рівним одиниці. Використані підходи для обчислення інтегрального показника стану зоопланктону аналогічні розрахунку сінфітосозологічного індексу, який відображає ступінь раритету рослинних угруповань за кількісними та якісними показниками [7].

Граничні значення для п'яти класів якості водного середовища знаходили за допомогою формули обчислення процентилей в програмі Microsoft EXCEL.

Результати досліджень та їх обговорення

В результаті багаторічного моніторингу (в період з 2004 по 2017 рік) [6] були проаналізовані отримані дані гідрологічних і біологічних показників зоопланктону в українській частині дельти Дунаю.

Дане дослідження допомогло визначити якість води за середньомісячними значеннями, які включали дані з 12 до 26 станцій (всього 266 проб) в різні періоди року. Граничні значення інтегрального показника зоопланктону, який визначав якість водного середовища відповідно до останньої методології MSFD за п'ятибальною шкалою, були розраховані за допомогою процентилей для кожного сезону (табл. 2).

В результаті отриманих даних (рис. 1), гарний (Good) екологічний стан перехідних вод було зареєстровано навесні і восени 2004 і 2005 року. У період між 2006 та літом 2007 року якість води в районі дельти Дунаю помітно погіршилась до поганого (Bad). Починаючи з 2008 року, екологічний стан перехідних вод покращився до середнього (Moderate) класу. У 2010 році якість води знову знизилась до найнижчого (Poor). З літа 2011 ситуація змінюється в кращий бік, і влітку 2013 якість води досягла класу гарного (Good). Восени 2015 року якість знову знизилась до середнього (Moderate). Надалі (осінь 2015 – літо 2016) цей клас якості перехідних вод був постійним. Восени 2016 відзначалося значне зниження якості води, але починаючи з літа 2017 року якість знову покращилась до класу гарного (Good).

Таблиця 2

Значення інтегрального показника стану зоопланктону для визначення якості перехідних вод української дельти Дунаю (розробка автора

Високе	Добре	Середнє	Низьке	Погане
Весна				
>0,483	0,483 – 0,437	0,436 – 0,365	0,364 – 0,268	<0,268
Лето				
>0,584	0,584 – 0,513	0,512 – 0,411	0,410 – 0,376	<0,376
Осінь				
>0,663	0,663 – 0,620	0,619 – 0,539	0,538 – 0,473	<0,473

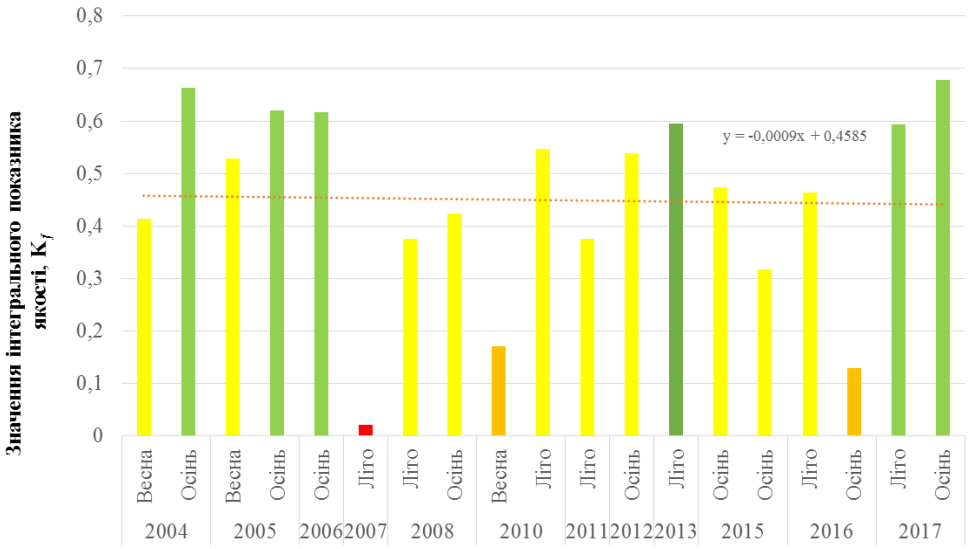


Рис. 1. Багаторічна динаміка зміни екологічного стану перехідних вод України на узбережжі дельти Дунаю (розробка автора)

–добрий, – середній, – низький, – поганий

Перехідні води дельти Дунаю мають різні показники якості води в залежності від сезону року. Якщо порівняти показники якості з 2004 по 2017 рік, влітку і навесні вони значно нижче, ніж восени та взимку. Цю тенденцію можна розглядати як результат зміни в кліматі, вплив весняних паводків та антропогенного впливу, а також виникнення евтрофікації в весняно-літній період.

Водний стік річки Дунай формується на величезній території водозбору з різними фізико-географічними умовами. Багаторічна мінливість стоку в вершині дельти Дунаю визначається двома основними факторами. З одного боку – кліматичними, а з другого – впливом господарської діяльності на водозбір-

ній площі. Зміни кліматичних умов дуже впливають на гідрологічні процеси в гирлової області Дунаю. Зміни температури повітря визначають термічний і льодовий режим внутрішньо дельтових водойм. Крім цього, в дельті Дунаю постійно відбувається перерозподіл стоку, посилене антропогенною діяльністю, і пов'язані з ним гідроморфологічні зміни. Загалом, від атмосферних опадів і випаровування залежить водний баланс дельти та її водойм [12]. І від цих зовнішніх факторів середовища безпосередньо залежать якісні показники зоопланктону та, отже, показники якості води.

Висновки

1. Багаторічний моніторинг якості перехідних вод в українській частині дельти Дунаю показав, що в період з 2004 по 2017 рік екологічний клас якості змінювався від середнього до хорошого.

2. За розрахованим значенням інтегрального показника стану зоопланктону було встановлено, що тільки літо 2007 та осінь 2016 року були найбільш забрудненими періодами.

Стаття надійшла до редакції 9.09.2019

Список використаної літератури

1. Александров Б. Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря / Б. Г. Александров – Киев: Наукова думка, 2008. – 343 с.
2. Александров Б. Г. Імплементація Директиви ЕС про Морську стратегію для Державного моніторингу зоопланктону морських вод України / Б. Г. Александров, Ю. В. Харитонова // Матеріали Всеукраїнської наук. конф. «Євроінтеграція екологічної політики України» (м. Одеса, 29 – 31 травня 2019 р., ОДЕКУ). – Одеса, 2019. – С. 28–37.
3. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море / В. С. Большаков. – Киев: Наукова думка, 1970. – 328 с.
4. Газетов Е. И. Влияние стока реки Дунай на отдельные гидрологические характеристики Северо-Западной части Черного моря в 2004 – 2013 годах / Е. И. Газетов, О. Р. Андрианова, В. И. Мединец, Р. Р. Белевич, В. Н. Морозов // Одесса: Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2015. – Т. 20, Вип. 4. – С. 22–32.
5. Загальна стратегія впровадження Водної Рамкової Директиви (2000/60/ЕС). Керівний документ №5 «Перехідні і прибережні води – Типологія, еталонні умови і системи класифікації» / Бюро офіційних публікацій Європейського співтовариства. – Люксембург, 2003. – 145 с.
6. Заключні звіти про фактично виконані обсяги експедиційних досліджень з науково-дослідної роботи «Контрольні моніторингові спостереження в процесі експлуатації глибоководного суднового ходу Дунай-Чорне море (морська частина) (2007–2017 роки) НАНУ ДУ «Інститут морської біології НАН України». – Одеса, 2017. – 138 с.
7. Зелена книга України / [під ред. Я.П. Дідуха]. – К.: Альтерпрес, 2009. – 448 с.
8. Кутикова Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 511 с.
9. Определитель фауны Черного и Азовского морей / [отв. ред. В. А. Водяницкий; сост.: В. Д. Брайко, М. Бэческу, К. А. Виноградов ; рук. работы Ф. Д. Мордухай-Болтовский; АН УССР; Ин-т биологии южных морей]. –Киев: Наукова думка, 1968. – 1972. – 343 с.

10. Пояснения по разработке типологии прибрежных и переходных водных объектов в соответствии с Водной Рамочной Директивой и Указания по мониторингу таких водных объектов в соответствии с экологическим законодательством ЕС. – Грузия, 2015. – 36 с.
11. Сіохін В. Д. Оцінка ландшафтного та біологічного різноманіття інтегральними біологічними індикаторами та маркерами // В. Д. Сіохін, Б.Г. Александров, Й. І.Черничко, Д. В. Дубина, А. М. Волох, О. В. Мацюра, І. А. Мальцева, Ю. О. Андрющенко, П. І. Горлов, С. М. Подорожний, М. В. Чесалін, Т. Л. Чесаліна, С. В. Винокурова, Т. О. Кирикова, О. М. Долинна, Є. В. Сальнікова – Буденко Сіохін. – Мелітополь: МДПУ імені Б. Хмельницького, 2014. – 153 с.
12. Черой А. И. Возможные климатические изменения в дельте Дуная, Юго-западная часть Украины / А. И. Черой // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. Т 18, вип. 3(19) – Одесса, 2013. – С. 50–56.
13. Borja A. Overview of integrative assessment of marine systems: the ecosystem approach in practice/A. Borja, M. Elliott, J. H. Andersen, T. Berg, J.Carstensen, B. S. Halpern, A. Heiskanen, S. Korpinen, J. S. Stewart Lawndes, G. Martin, N. Rodriguez – Ezpeleta // Frontiers in Marine Science. – 2016. – Vol. 3, Article 20. – P. 1–20.
14. DIRECTIVE2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of marine environmental policy, 2008**.** (MSFD, 2008/56/EC).
15. State of Environment Report of the Western Black Sea based on Joint MISIS cruise (SoE – BS) / [Ed. by Moncheva S. and Boicenco L]. – MISIS Joint Cruise Scientific4Report. 2014. – 401p.

J. V. Kharitonova [1,2]
[1]Odesa National Mechnykov University, Department of Hydrobiology and General Ecology
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine.
[2]Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine
Pushkinska str. 37, 65048 Odesa, Ukraine, e-mail: kharytonova_julia@ukr.net

ANALYSIS OF TRANSITION WATERS OF THE UKRAINIAN BLACK SEA SHELF BY ZOOPLANKTON INDICATORS (ON THE EXAMPLE OF THE DANUBE DELTA)

Abstract
Problem. The Ukrainian part of the Danube Delta is a zone of constant interaction between river and sea waters, resulting in changes in their properties and formation of water masses with new qualities.
According to the EU Maritime Strategy for the EU Water Framework Directive (MSFD), the new approach for determining the quality of the aquatic environment is based on the superiority of biological indicators over chemical ones. In addition, for a more detailed assessment of the quality of the aquatic environment, in accordance with the Water Framework Directive, a five-point assessment of water quality was introduced: High, Good, Medium, Low and Bad.
The ***aim*** of work is to determine the ecological quality class of transitional waters by the integral index of zooplankton in the Ukrainian part of the Danube Delta.
Results. To determine the water quality, zooplankton samples were taken from 2004 to 2017 at different times of the year. Water quality was determined by monthly aver-

age values, which included the data from 26 stations (spring – 51, summer – 119, autumn – 96 collected samples). The following characteristics (metrics) were selected to determine the quality of transitional waters of the Danube Delta according to indicators of zooplankton: total zooplankton biomass, *Noctiluca scintillans* biomass (%) of total biomass, Copepoda biomass (%) of total biomass and Shannon index by number. ***Conclusion.*** As a result of long-term monitoring (from 2004 to 2017), the obtained data of hydrological and biological indices of zooplankton in the Ukrainian part of the Danube Delta were analyzed. A long-term analysis of the quality of the Ukrainian part of the Danube Delta showed that from 2004 to 2017 the environmental quality class varied from medium to good. According to the calculated value of the integral indicator of the status of zooplankton, it was found that only summer 2007 and autumn 2016 were the most polluted periods.

Keywords: zooplankton; water quality; transitional water; Danube Delta.

References

1. Aleksandrov B. G. (2008) *Hydrobiological bases of management of the Black Sea coastal ecosystems* [Gidrobiologicheskie osnovy upravleniya sostoyaniem pribrezhnykh ehkosistem Chernogomorya], Kiev, Naukovadumka, 343p.
2. Aleksandrov B. G., Kharitonova Yu. V. (2019) «Implementation of the EU Marine Strategy Directive for the state monitoring of marine zooplankton in Ukraine» [Implementatsiya Direktivi ES pro Mors'ku strategiyu dlya Derzhavnogo monitoringu zooplanktonu mors'kikh vod Ukraïni»], Odesa, ODEKU, pp. 28 – 37.
3. Bol'shakov V. S. (1970) *Transformation of river waters in the Black Sea* [Transformatsiya rechnykh vod v Chernommore], Kiev, Naukovadumka, 328p.
4. Gazetov E. I., Andrianova O. R, Medinets R. R, Morozov V. N., BelevichV. I. (2015) «Influence of the Danube River runoff on individual hydrological characteristics of the Northwestern Black Sea in 2004-2013» [Vliyanie stoka reki Dunaj na otdel'nye gidrologicheskie kharakteristiki Severo-Zapadnoj chasti Chernogomorya v 2004 – 2013], Odessa, Visnik ONU. Ser.: Geografichni ta geologichni nauki, T. 20, Vip. 4. pp. 22-32.
5. Overalls trategy for the implementation of the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 5 "Transitional and Coastal Waters - Typology, Reference Conditions and Classification Systems". Bureau of Official Publications of the European (2003) [Zagal'na strategiya vprovadzhennya Vodnoï Ramkovoï Direkti] (2000/60/EC). Kerivnij dokument №5 «Perekhidni i priberezhnivodi – Tipologiya, etalonniumovi i sistemiklasifikatsiï», Lyuksemburg, 145 p.
6. Final reports on the actually accomplished volumes of expeditionary research on "Control monitoring observations in the course of the operation of the deep-sea Danube - Black Sea (seapart)" (2007-2017) of NASU "Institute of Marine Biology of NAS of Ukraine" (2017) [Zaklyuchni zviti pro faktichno vikonani obsyagi ekspeditsijnikh doslidzhen' z naukovo-doslidnoï roboti «Kontrol'ni monitoringovi sposterezhennya v protsesi ekspluatatsiï glibokovodnogo sudnovogo khodu Dunaj-Chornemore (mors'ka chastina) (2007–2017 roki) NANU DU «Institut mors'koï biologiï NAN Ukraïni»], Odesa, 138 p.
7. Didukha Ya. P. *Green Paper of Ukraine* (2009) In editor Didukha Ya. P. [Zelena kniga Ukraïni] K., Al'terpres, 448 p.
8. Kutikova L. A., Starobogatov Ya. I. (1977) *Determinant of fresh water in vertebrates of the European part of the USSR (plankton and benthos)* [Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh evropejskoj chasti SSSR (plankton i bentos)] L., Gidrometeoizdat, 1977.
9. Vodyanitskij V. A., Brajko V., BehcheskuD. M., Vinogradov D., Mordukhaj-Boltovskij F. (1968-

1972) *The determinant of the fauna of the Black and Azov seas.* In editor: Vodyanitskij V. A. [Opredelitel' faunyChernogo i Azovskogomorej], Kiev: Naukovadumka, 343 p.

10. Explanations for the development of typology of coastal and transitional water bodies in accordance with the Water Framework Directive and Guidelines for monitoring such water bodies in accordance with EU environmental legislation (2015) [Poyasneniya po razrabotke tipologii prikologicheskim zakonodatel'stvom pribrezhnykh i perekhodnykh vodnykh ob"ektov v sootvetstvii s Vodnoj Ramochnoj Direktivoj i Ukazaniya po monitoringu takikh vodnykh ob"ektov v sootvetstvii], Lyuksemburg, 36 p.
11. Siokhin V. D., Aleksandrov B. G., Chernichko J. I., Dubina D. V., Volokh A. M., Matsyura O. V., Mal'tseva I. A., Andryushhenko YU. O., Gorlov P. I., Podorozhnij S. M., Chesalin M. V., Chesalina T. L., Vinokurova S. V., Kirikova T. O., Dolinna O. M., Sal'nikova–BudenkoSiokhin Є. V (2014) «Assessment of landscape and biological diversity by integrated biological indicators and markers» [Otsinka landshaftnogo ta biologichnogo riznomanittya integral'nimi biologichnimi indikatorami ta markerami]. Melitopol', MDPU imeni B. Khmel'nits'kogo, 153 p.
12. Cheroj A. I. (2013) «Possible climate change in the Danube Delta, Southwestern Ukraine» [Vozmozhnye klimaticheskie izmeneniya v del'te Dunaya, yugo-zapadnaya chast' Ukrainy] Visnik ONU. Ser. Geografichni ta geologichni nauki. T 18, vip. 3(19), Odessa, pp. 50-56.
13. Borja A., Elliott M., Andersen, T., Berg J., Carstensen B. S., Halpern, A., Heiskanen S., Korpinen J. S., StewartLawndes G., Martin G., Rodriguez-Ezpeleta, N. (2016) Overview of integrative assessment of marine systems: the ecosystem approach in practice. Frontiersin Marine Science Vol. 3, Article 20, pp. 1-20.
14. DIRECTIVE 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council establishing a frame work for Community actionin the field of marine environmental policy (MSFD, 2008/56/EC), (2008).
15. Moncheva S. (2014) *State of Environment Report of the Western Black Seabased on Joint MISIS cruise* (SoE–BS). In editor: Moncheva S., Boicenco L., MISIS Joint Cruise Scientific 4 Report. 401 p.

УДК 592: 574.9 **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185644**

А. М. Хоменко[1], аспірант
С. Ю. Утєвський[1], д.б.н., професор
М. О. Сон[2], к.б.н, старший науковий співробітник
М. Ю. Шрестха[1], старший викладач
В. Г. Дядичко[3], к.б.н, старший науковий співробітник
[1] Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, кафедра зоології та екології тварин. Майдан Свободи, 4, Харків, 61000, Україна.
[2] Інститут морської біології НАН України, Відділ якості водного середовища, вул. Пушкінська 37, Одеса, 65011, Україна.
[3] Інститут морської біології НАН України, Відділ екологічної інтеграції біоциклів, вул. Пушкінська 37, Одеса, 65011, Україна

РІДКІСНІ ВИДИ ГЛОТКОВИХ П'ЯВОК (HIRUDINEA: ERPOBDELLIDAE) ПРИЧОРНОМОРСЬКОЇ НИЗОВИНИ: ІДЕНТИФІКАЦІЯ І ПОШИРЕННЯ

Причорноморська низовина входить до ареалів низки видів, які не живуть в Україні на північ від цього регіону. Такими видами є глоткові п'явки *Trocheta danastrica* Stschegolew, 1938 і *Dina stschegolewi* (Lukin & Epshtein, 1960), які були описані з півдня України. У цій роботі ми порівнюємо *T. danastrica* і *D. stschegolewi* з двома морфологічно близькими видами (*D. apathyi* Gedroyć, 1916 і *T. cylindrica* Örley, 1886) фауни України, з якими вони можуть траплятися в одних оселищах. Надаються рекомендації щодо розрізнення цих видів і доповнюється інформація про поширення *T. danastrica* і *D. stschegolewi* в Україні.

Ключові слова: *Trocheta danastrica*; *Dina stschegolewi*; південна Україна; нові знахідки; визначення; зовнішня морфологія; анатомія.

Глоткові п'явки є дуже поширеною та різноманітною групою водних безхребетних [28]. Значну частину видів цієї групи можна розрізнити за дуже малопомітними ознаками [15, 24, 28]. Крім того, ідентифікація глоткових п'явок ускладняється тим, що на стан таких ознак, як кільчастість, туберкуляція (кількість, розмір, форма й розташування сосочків) та забарвлення, що найчастіше використовуються для ідентифікації, можуть сильно впливати умови фіксації та вік досліджуваних особин [9]. Для проведення моніторингу чисельності та поширення рідкісних видів вкрай важливо точно розрізняти морфологічно близькі види, особливо якщо вони мають симпатричне або парапатричне поширення. Одним з регіонів, де поряд живуть декілька морфологічно близьких видів глоткових п'явок є Причорноморська низовина. У цьому регіоні були зареєстровані *Dina stschegolewi* (Lukin & Epshteini, 1960) і *D. apathyi* Gedroyć, 1916 [10], розрізнення яких ускладняється протиріччями в диференційних діагнозах

© А. М. Хоменко, С. Ю. Утєвський,М. О. Сон, М. Ю. Шрестха, В. Г. Дядичко, 2019

різних авторів [3, 15, 23, 24, 29]. Також у Причорноморській низовині живе інший рідкісний вид, *Trocheta danastrica* Stschegolew, 1938 [5], молодих особин якого іноді можна сплутати з *D. stschegolewi* через певну схожість забарвлення та туберкуляції і невиразність кільчастості у молодих п'явок. Крім того, через суперечливу інформацію в багатьох літературних джерелах [3, 10, 18, 21, 23, 24] *T. danastrica* можна сплутати з іншим видом фауни України *T. cylindrica* Örley, 1886 [21]. Тому огляд морфологічних відмінностей між цими видами з урахуванням сучасної номенклатури залишається актуальним.

Отже, метою роботи було максимально повно описати комплекс ознак, за допомогою яких можна розрізнити вищевказані види й уточнити поширення цих п'явок у Причорноморській низовині.

Матеріали і методи дослідження

Зібрані в експедиціях п'явки були релаксовані в 5–10 % водному розчині етанолу і потім зафіксовані в 96 % розчині. Також досліджували матеріали з колекції кафедри зоології та екології тварин Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Для опису відмінностей між видами і перевірки наших визначень вивчали екземпляри *D. stschegolewi* з Криму (місце опису виду), зразки п'явок, ідентифікованих як *D. apathyi*, з Польщі та зразки *T. danastrica* з дельти Дністра (місце опису виду). Особливості зовнішньої морфології та анатомії досліджувалися за допомогою стереомікроскопа Konus Crystal 7-45X Stereo. Розтин проводився за методом Л. Павловського [3]. Для фотодокументації використовували USB-камеру Delta Optical HDCE-50B, а для замальовування – графічний планшет Wacom Intuos M. Детальну інформацію про місця знахідок п'явок внесено до таблиці (табл. 1). Карта знахідок (рис. 3) була складена за допомогою програми QGIS 3.8 [27] і шарів із відкритих баз даних «Global Lakes and Wetlands Database» [14] і «Natural Earth» [22]. Досліджувані зразки зберігаються в колекції кафедри зоології та екології тварин Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Результати і обговорення

Ідентифікація

З видів, які живуть у Причорноморській низовині, найбільш морфологічно подібною до *D. stschegolewi* є *D. apathyi*, або глотківка південна. Цей вид було описано з терен західної України та західної Білорусі [13, 24]. Згодом *D. apathyi* знайшли в Румунській частині дельти Дунаю разом *D. stschegolewi* [10, 11]. З огляду на цей факт обидва схожі види можуть траплятися і в інших водоймах Причорноморської низовини. Під час цього дослідження порівнювали зовнішню та внутрішню морфологію обох видів, для чого використовували зразки *D. stschegolewi* з Криму, звідки цей вид був описаний, та *D. apathyi* з Польщі, з найближчої до типового локалітету відомої популяції [20]. За наявністю сосочків, кільчастістю та характером забарвлення *D. stschegolewi* і *D. apathyi* дуже

Таблиця 1

Досліджені зразки п'явок

Вид, кількість екземплярів	Місце знахідки	Дата знахідки	Довгота, N	Широта, E
D. apathyi, 2 екз.	р. Вісла, м. Варшава, Польща	?	?	?
D. stschegolewi, 10 екз.	Безіменний струмок, м. Симферопіль, АР Крим	15.06.2008	44.93671	34.13329
D. stschegolewi, 1 екз.	р. Дністер, с. Маяки, Біляївський р-н, Одеська обл.	10.05.2003	46.411858	30.260642
D. stschegolewi, 1 екз.	оз. Біле, окол. м. Біляївка, Біляївський р-н, Одеська обл.	13.06.2009	46.448083	30.186528
T. danastrica, 4 екз.	Протока в дельті Дунаю, окол. м. Вилкове, Кілійський р-н, Одеська обл.	09.06.2009	45.40848	29.58407
T. danastrica, 2 екз.	Дельта Дунаю, окол. м. Вилкове, Кілійський район, Одеська обл.	09.06.2009	45.41278	29.60758
T. danastrica, 1 екз.	р. Дністер, с. Маяки, Біляївський р-н, Одеська обл.	25.06.2010	46.41060	30.26284
T. danastrica 1 екз.	р. Дністер, окол. с. Маяки, Біляївський р-н, Одеська обл.	25.06.2010	46.429694	30.170444
T. danastrica, 5 екз.	с. Стара Збур'ївка, Голопристанський р-н, Херсонська обл.	30.04.2017	46.46198	32.35794
T. danastrica, 1 екз.	о. Білогрудий, окол. м. Гола Пристань, Голопристанський р-н, Херсонська обл.	01.05.2017	46.54984	32.53295

схожі, але є й певні відмінності. У літературі згадується про різницю в кількості світлих плям на кільцях. *Dina apathyi* характеризується наявністю 7–9 плям на кільці, а *D. stschegolewi* – 10–12 плям [29]. Згадані відмінності можуть допомогти розрізнити ці види, але підрахувати точну кількість світлих плям на кільці у *D. apathyi* може бути складно через те, що плями можуть зливатися між собою (рис. 1). До того ж, через невелику різницю та недослідженість мінливості цієї ознаки спиратися лише на неї для розрізнення *D. apathyi* та *D. stschegolewi* недостатньо. Нижче наочно продемонстровано, що глотківка Щоголева характеризується більш вираженими сосочками і помітно меншими світлими плямами (рис. 1). Водночас виявилося, що виразність цих ознак значною мірою залежить від умов фіксації, віку особин та індивідуальної мінливості.

Розрізнення цих видів за внутрішньою анатомією ускладняється відсутністю даних про будову статевої системи в оригінальному описі *D. apathyi* [13] та розбіжностями в подальших дослідженнях. Наприклад, згідно з Л. Павловським [3], *D. apathyi* має атріум, який займає трохи більше половини відстані між гангліями, між якими він розташований, і має короткі й товсті роги, тобто

має помітно менший відносний розмір у порівнянні з атріумом *D. stschegolewi* та значно відрізняється за формою [3]. З іншого боку, як повідомляє К. Гроссер [15], *D. apathyi* має атріум, який займає всю відстань між гангліями і відрізняється від атріуму *D. stschegolewi* лише прямішими рогами. Атріуми досліджених нами п'явок з Варшави (рис. 2) більшою мірою відповідають описам Л. Павловського і добре відрізняються від атріуму *D. stschegolewi*, через що ми схиляємося до висновку, що *D. apathyi* та *D. stschegolewi* можна розрізнити за розміром і формою атріуму.

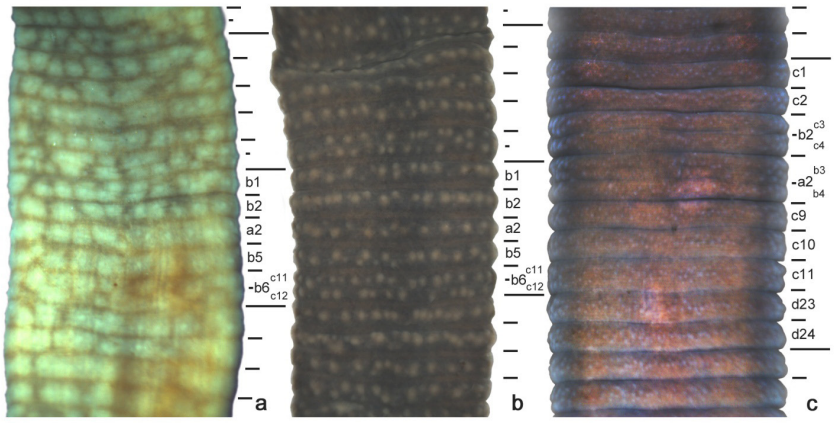


Рис. 1. Порівняння забарвлення, кільчастості і туберкуляції D. apathyi (a), D. stschegolewi (b) та T. danastrica (c)

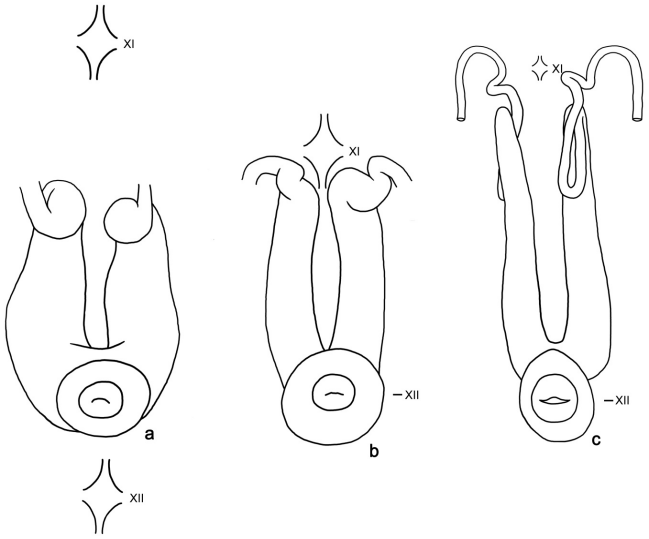


Рис. 2. Атріуми D. apathyi (a), D. stschegolewi (b) і T. danastrica (c): XI і XII – положення одинадцятого і дванадцятого ганглію відповідно

Інший вид, що живе в Причорноморській низовині, *T. danastrica* за деяких обставин також можна сплутати з *D. stschegolewi*. Ці види зазвичай добре розрізняються за розмірами тіла, кільчастістю, характерною для родів *Dina* і *Trocheta* (рис. 1), та положенням гонопорів [1, 3, 5, 18, 24]. Водночас нами було неодноразово помічено, що в разі неякісної, найчастіше посмертної, фіксації значно погіршується виразність туберкуляції та кільчастості. Через неякісну фіксацію сосочки і борозни між кільцями стають малопомітними або навіть зникають, особливо часто це відбувається з молодими особинами п'явок. Через це підрахунок кілець в соміті, порівняння їх ширини та визначення положення гонопорів значно ускладнюється або стає повністю неможливим. До того ж, обидва види мають досить темне забарвлення та сосочки на поверхні тіла [3, 5, 18], через що їх можна переплутати за життя. Для вирішення цієї проблеми порівнювалися зразки *T. danastrica* з дельти Дністра, звідки вона була описана, та *D. stschegolewi* з Криму. Встановлено, що в *T. danastrica*, на відміну від *D. stschegolewi*, ніколи не буває світлих плям (рис. 1). Крім того, у *T. danastrica* сосочки на поверхні тіла значно менші й чисельніші (рис. 1). За формою атріуму ці два види є досить близькими, через що К. Гроссер зближує *D. stschegolewi* із родом *Trocheta* [15]. Незважаючи на це, *D. stschegolewi* і *T. danastrica* дещо розрізняються за формою атріуму. Як можна побачити на ілюстрації (рис. 2), *T. danastrica* має більш витончені роги атріуму, преатріальні петлі *T. danastrica* дуже довгі і лежать паралельно рогам атріуму, на відміну від *D. stschegolewi*, у якої ці петлі мають вигляд невеличких завитків.

Також через суперечливу інформацію в літературних джерелах *T. danastrica* можна неправильно ідентифікувати як трохету струмкову *T. cylindrica* особливо під час обробки матеріалу з місць, де ареали цих двох видів перетинаються. Обидві трохети мають схожу кільчастість та великі розміри, характерні для цього роду. До того ж у публікаціях Г. Неземанна *T. danastrica* згадується під помилковою назвою *T. cylindrica* і *Trocheta* sp. [23, 24]. Водночас справжню *T. cylindrica* він називав *T. bykowskii* Gedroyć, 1913 [21]. Пізніше В. Кошель запропонував назву *T. longiatriata* Košel, 2014 для *T. cylindrica* і *Trocheta* sp. в розумінні Г. Неземанна, але згодом *T. longiatriata* було визнано молодшим синонімом *T. danastrica* [18]. В. Кошель [21] продемонстрував, що *T. danastrica* (в оригінальній статті – *T. longiatriata*) і *T. cylindrica* добре розрізняються між собою за кольором і туберкуляцією: *T. danastrica* має темно-коричневе, майже чорне забарвлення з червоним відтінком і велику кількість сосочків на поверхні тіла; натомість *T. cylindrica* має сіре або світло-коричневе забарвлення інколи з рожевим відтінком і зовсім не має сосочків. За кільчастістю ці види також різняться: *T. danastrica* має лише два широкі подвійні кільця та сім вузьких [18], а *T. cylindrica* має три подвійні кільця і п'ять вузьких [21] завдяки тому, що кільце b5 у *T. cylindrica* подвійне, але не розділене на два окремих кільця (c9 і c10), як у *T. danastrica*. Також обидва види розрізняються за положенням і відстанню між гонопорами. У *T. danastrica* гонопори розділені трьома окре-

мими кільцями або половиною подвійного і двома вузькими кільцями [18], а в *T. cylindrica* гонопори розділені чотирма окремими або двома подвійними кільцями [21]. Щодо положення гонопорів, в обох видів жіночій гонопор зазвичай знаходиться в борозні між кільцями c10 і c11, але положення чоловічого гонопора різниться: у *T. danastrica* він знаходиться в борозні між кільцями b3 і b4, а в *T. cylindrica* – між кільцями b2 і a2 [21]. За будовою атріуму ці два види також значно відрізняються. Атріум *T. danastrica* займає всю відстань між гангліями (рис. 2) [18], проте в *T. cylindrica* атріум займає трохи більше половини цієї відстані [15]. За формою атріум *T. danastrica* більш витягнутий та має паралельні роги (рис. 2), а в *T. cylindrica* роги сильно вигнуті, через що атріум останньої має підковоподібну форму [15]. Також *T. cylindrica* характеризується тим, що її преатриальні петлі мають вигляд невеликих завитків на відміну від *T. danastrica*. Нижче нами наводиться таблиця (табл. 2), яка демонструє ключові відмінності між чотирма розглянутими видами.

Таблиця 2

Основні морфологічні відмінності між деякими видами глоткових п'явок України

Морфологічні ознаки	*D. apathyi*	*D. stschegolewi*	*T. danastrica*	*T. cylindrica*
Білуваті плями	великі	дрібні	немає	немає [21]
Сосочки	дрібні	великі	багато дрібних	немає [21]
Склад соміта	п'ять кілець, останнє подвійне	п'ять кілець, останнє подвійне	дев'ять кілець, з них два подвійні	вісім кілець, з них три подвійні [21]
Відстань між гонопорами	два кільця	два кільця	половина подвійного і два вузьких кільця	два подвійних кільця [21]
Відносний розмір атріуму	половина соміта	як цілий соміт	як цілий соміт	більше половини соміта [15]
Роги атріуму	короткі, прямі	довгі, слабо вигнуті	довгі, прямі	довгі, сильно вигнуті [15]
Преатріальні петлі	слабо виражені, у вигляді завитка	добре виражені, у вигляді завитка	добре виражені, у вигляді петель	слабо виражені, у вигляді завитка [15]

Поширення

Глотківка Щоголева була описана Є. І. Лукіним і В. М. Епштейном з Криму [1] і згодом була знайдена в західній Грузії [2], румунській частині дельти Дунаю [11], Ірані [12, 26], східній Грузії та в Азербайджані [25]. Відомо про знахідки *D. stschegolewi* в Польщі [8], але через вищеописані складності в розрізненні цього виду з *D. apathyi* ці дані потребують підтвердження. Також

подібних п'явок знаходили в Болгарії [19], але через недорозвиненість їхніх статевих органів автор не зміг напевно визначити ці зразки як *D. stschegolewi*. Г. Неземанн і А. Нойберт [24] повідомляли про поширення *D. stschegolewi* у Туреччині та Леванті, але знайдені ними п'явки суттєво відрізнялися від типової *D. stschegolewi*. Згодом цю форму знайшли в Ірані [17] та зрештою описали як *D. orientalis* Grosser, Nesemann & Pešić, 2011 [16]. Також існують твердження про присутність *D. stschegolewi* в басейні Амуру [24], але вони, найімовірніше, пояснюються неправильним перекладом фрагменту тексту з монографії Є. І. Лукіна [3]. Отже, з впевненістю можна стверджувати, що ареал *D. stschegolewi* включає Іран, Азербайджан, Грузію, південну Україну, Румунію та, можливо, Болгарію і Польщу. На території України глотківка Щоголева є досить численною на Кримському півострові [4], але довгий час інших знахідок в Україні не було. Нами цей вид було знайдено в двох локалітетах у дельті Дністра (рис. 3; табл. 1), що є першою знахідкою цього виду в Україні поза межами Криму. З огляду на ці знахідки, поширення *D. stschegolewi* в румунській частині дельти Дунаю [11], повідомлення про схожих п'явок із Болгарії [19] і високу чисельність *D. stschegolewi* в Криму, варто очікувати знаходження цього виду в українській частині дельти Дунаю та дельті Дніпра.

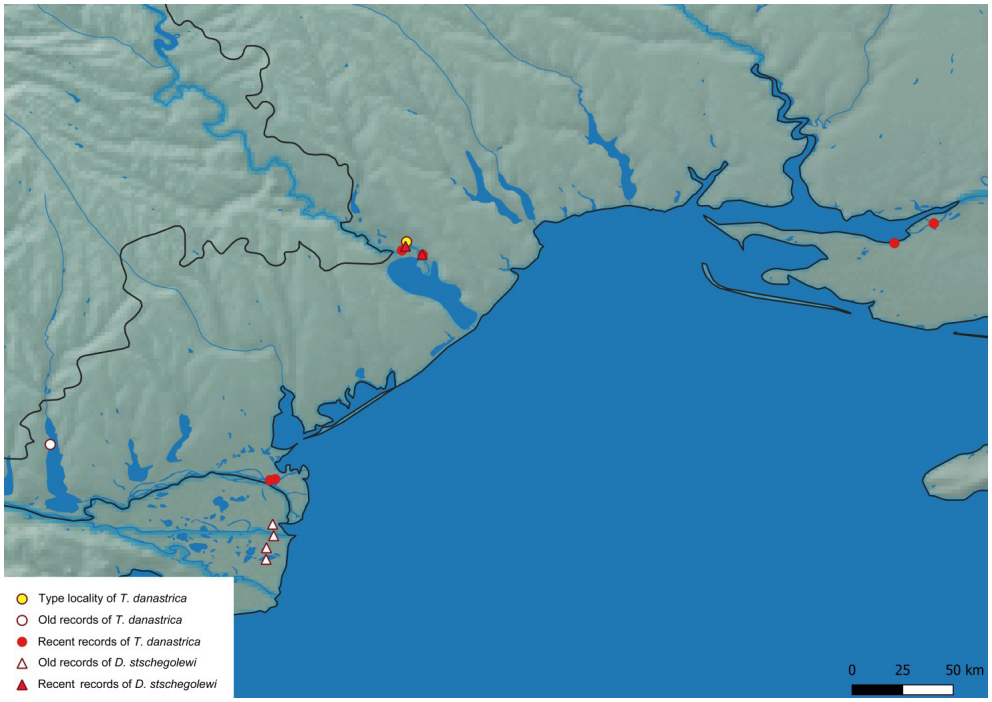


Рис. 3. Знахідки D. stschegolewi і T. danastrica в Причорноморській низовині

Трохета дністровська була описана з дельти Дністра як *Trocheta subviridis* forma *danastrica* Stschegolew, 1938 [5], але згодом її таксономічний статус було підвищено до рангу виду [7]. *Trocheta danastrica* під різними назвами була зареєстрована в південній Україні [5], Румунії [10, 24], Угорщині, північній Греції, азійській частині Туреччини [24], східній Австрії [21] та Сербії [18]. Варто зазначити, що знахідки цього виду в Анатолії та північній Греції лише згадуються в тексті монографії Г. Неземанна й А. Нойберта [24], але інформації про місце знахідки або літературні джерела автори не надали. Можливо, вони мали на увазі знахідки І. Шакітано [3], але посилань на цю статтю в тексті не було. Також в одній з робіт Г. Г. Щоголева [6] повідомляється, що *T. subviridis* крім дельти Дністра також живе на Кавказі та в Криму, але автор не уточнює, чи відносить він ці знахідки до форми *T. subviridis* forma *danastrica*. Пізніше К. Гроссер і В. М. Епштейн [18] зауважили, що трохети з Криму і Кавказу належать до іншого виду, але не уточнили якого саме. Отже, ми можемо впевнено стверджувати про поширення *T. danastrica* на півдні України, в Румунії, Угорщині, Сербії та східній Австрії. Знахідки цього виду в Греції і Туреччині викликають певні сумніви, а поширення його в Криму та на Кавказі видається дуже малоймовірним. Нами цей вид було вперше за довгий час знайдено в дельтах Дністра й Дунаю. Раніше інформація про поширення *T. danastrica* в Україні довгий час обмежувалася знахідками в дельтах Дністра [5] та Дунаю [10] в 30-х і 70-х роках XX сторіччя відповідно. Також ми вперше виявили трохету дністровську в дельті Дніпра, що є найбільш східною достовірною знахідкою цього виду.

Висновки

1. *Dina stschegolewi* добре відрізняється від *D. apathyi* за відносним розміром атріуму та його формою. Спиратися на особливості забарвлення п'явок варто з обережністю через значну мінливість цієї ознаки.
2. Щоби розрізнити *T. danastrica* і *D. stschegolewi* насамперед необхідно звертати увагу на розмір тіла, кільчастість і положення гонопорів, але в разі дослідження неякісно зафіксованого матеріалу, ці ознаки можуть бути недостатньо виразними. В такому випадку ці два види можна розрізнити за забарвленням тіла і розміром преатріальних петель.
3. *Trocheta danastrica* добре відрізняється від *T. cylindrica* за забарвленням, туберкуляцією, кільчастістю, формою і розміром атріуму, але через їхню складну таксономічну історію їх розрізнення ускладнене.
4. *Dina stschegolewi* була виявлена в дельті Дністра, що є першою знахідкою цього виду в Україні поза межами Криму.
5. Уперше за довгий час *T. danastrica* була знайдена в дельтах Дністра й Дунаю. Уперше цей вид було знайдено в Дельті Дніпра, що є найсхіднішою з достовірно відомих знахідок цього виду.

Подяки

Висловлюємо глибоку подяку Павлу Коперському (Варшавський університет) за наданий порівняльний матеріал. Роботу було виконано в межах проекту, профінансованого грантом 0117U004836 Міністерства освіти і науки України.

Стаття надійшла до редакції 02.09.2019

Список використаної літератури

1. Лукин Е. И. Новые сведения о фауне пиявок пресных вод Крыма / Е. И. Лукин, В. М. Эпштейн // Зоологический журнал. – 1960. – Т. 39, № 6. – С. 1429–1432.
2. Лукин Е. И. О географическом распространении двух южных палеарктических видов пиявок – *Batracobdella algira* (Mog.-Tand.) и *Herpobdella stschegolewi* Lukin et Epstein / Е. И. Лукин, В. М. Эпштейн // Зоологический журнал. – 1964. – Т. 43, № 4. – С. 607–608.
3. Лукин Е. И. Пиявки: Пиявки пресных и солоноватых водоёмов / Е. И. Лукин. – Ленинград: Наука, 1976. – 484 с. – (Фауна СССР).
4. Прокопов Г. А. Пиявки (Hirudinea) Крыма / Г. А. Прокопов, С. Ю. Утевский *Заповедники Крыма: Заповедное дело, биоразнообразие, экообразование*: Материалы III науч. конф. Ч. II. Зоология беспозвоночных. Зоология позвоночных. Экология. Симферополь: АР Крым, 2005. С. 48–53.
5. Щёголев Г. Г. Внешняя морфология сомита *Trocheta subviridis* forma *danastrica* в связи с некоторыми соображениями о возникновении вторичной кольчатости у пиявок / Г. Г. Щёголев. // Работы лаборатории общей биологии и зоологи 3-го Московского Медицинского института. – 1938. – № 1. – С. 59–147.
6. Щёголев Г. Г. Пиявки (Hirudinea) / Г. Г. Щёголев. // Жизнь пресных вод СССР [Под ред. В. И. Жадина]. – Москва: Издательство Академии наук СССР, 1949. – С. 131–145.
7. Эпштейн В. М. О систематическом положении и роли в биоценозах пиявки *Trocheta subviridis* f. *danastrica* (Hirudinea, Herpobdellidae) / В. М. Эпштейн, А. В. Заливадный // IV съезд паразитоценологов Украины: Материалы съезда (Харьков, 4–7 октября 1995 г.). – Харьков, 1995. – С. 172–173.
8. Bielecki A. *Herpobdella* (*Dina*) *stschegolewi* Lukin et Epstein, 1960 (Hirudinea, Herpobdellidae) — nowy gatunek dla fauny Polski / A. Bielecki // Przegląd Zoologiczny. – 1978. – V. 2, № 22. – pp. 140–143.
9. Cichocka J. M. Phylogenetic utility of the geometric model of the body form in leeches (Clitellata: Hirudinida) / J. M. Cichocka, A. Bielecki // Biologia. – 2015. – V. 70, № 8. – pp. 1078–1092.
10. Cristea V. Conspectus des Sangsues (Hirudinea) de Roumanie, avec une clé de determination / V. Cristea, D. Manoleli // Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa. – 1975. – № 18. – pp. 23–56.
11. Cristea V. *Dina stschegolewi* (Lukin et Epstein, 1960) (Hirudinea – Erpobdellidae) specic nouă pentru fauna României / V. Cristea // Studii şi cercetări de biologie. – 1975. – V. 2. № 27. – pp. 85–88.
12. Darabi-Darestani K. Five new records and an annotated checklist of the leeches (Annelida: Hirudinida) of Iran / K. Darabi-Darestani, A. Sari, A. Sarafrazi // Zootaxa. – 2016. – V. 4170. № 1. – pp. 41–70.
13. Gedroyć, M. Pijawki (Hirudinea) Polski. Studium monograficzne II. / M. Gedroyć // Rozprawy i Wiadomości z Muzeum im. Dzieduszyckich. – 1916. – V. 2 № 1-2. – pp. 1–101.
14. Global Lakes and Wetlands Database [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.worldwildlife.org/pages/global-lakes-and-wetlands-database.
15. Grosser C. Differentiation of some similar species of the subfamily Trochetinae (Hirudinida: Erpobdellidae) / C. Grosser // Ecologica Montenegrina. – 2015. – V. 2, № 1. – pp. 29–41.
16. Grosser C. *Dina orientalis* sp. nov. — an overlooked new leech (Annelida: Hirudinea: Erpob-

dellidae) species from the Near and Middle East / C. Grosser, H. Nesemann, V. Pešić // Zootaxa. – 2011. – № 2746. – pp. 20–24.
17. Grosser C. On the diversity of iranian leeches (Annelida: Hirudinea) / C. Grosser, V. Pešić // Arch. Biol. Sci. – 2006. – V. 58, № 1. – pp. 21–24.
18. Grosser C. Zum Artstatus des Egels *Trocheta danastrica* Stschegolew, 1938 (Annelida, Hirudinea: Erpobdellidae) / C. Grosser, V. Epshtein // Lauterbornia. – 2009. – № 67. – pp. 77–91.
19. Jueg U. Beitrag zur Hirudinea-Fauna von Bulgarien – Belege im Museum für Naturkunde Berlin, eigene Funde und eine vorläufige Checkliste der Hirudinea in Bulgarien / U. Jueg // Lauterbornia. – 2010. – № 70. – pp. 19–27.
20. Koperski P. Urban environments as habitats for rare aquatic species: the case of leeches (Euhirudinea, Clitellata) in Warsaw freshwaters / P. Koperski // Limnologica. – 2010. – № 40. – pp. 233–240.
21. Košel V. Taxonomical position of two species of *Trocheta* (Hirudinea) described from Central Europe / V. Košel // Biologia. – 2004. – V. 59, № 15. – pp. 25–28.
22. Natural Earth [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.naturalearthdata.com/.\
23. Nesemann H. Identification key to the Hungarian leeches of the subfamily Trochetinae Pawlowski, 1954, with notes on systematics of the subfamily Erpobdellinae Blanchard, 1894 (Hirudinea) / H. Nesemann // Annales historico-naturales Musei Nationalis Hungarici. – 1993. – № 85. – pp. 19–35.
24. Nesemann N. Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinida / N. Nesemann, E. Neubert – Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1999. – pp. 109–145. – (Süßwasserfauna von Mitteleuropa).
25. On the distribution of *Dina stschegolewi* (Hirudinida: Erpobdellidae) in the South Caucasus / [A. Khomenko, S. Utevsky, D. Palatov та ін.]. // Zoology in the Middle East. – 2018. – V. 64, № 1. – pp. 88–90.
26. On the diversity of leeches (Annelida: Hirudina) in the fresh waters of Kurdistan province, Iran / B. Salimi, I. Mobedi, A. Haghighi Khiabanian, M. Soltani. // Arch. Biol. Sci. – 2011. – V. 63, № 3. – pp. 837–840.
27. QGIS: Вільна географічна інформаційна система з відкритим кодом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://qgis.org/uk/site/.
28. Sket B. Global diversity of leeches (Hirudinea) in freshwater / B. Sket, P. Tontel // Hydrobiologia. – 2008. – V.595, № 1. – pp. 129–137.
29. Soós Á. Identification key to the species of the genus *Dina* R. Blanchard, 1892 (Emend. Mann, 1952) (Hirudinea : Erpobdellidae) / Á. Soós // Acta biologica. – 1963. – V. 9, № 1-4. – pp. 253–261.

A. M. Khomenko, S. Y. Utevsky, M. O. Son[2], M. Y. Shrestha[1], V. G. Dyadichko[3]
[1]V.N. Karazin Kharkiv National University, Department of Zoology and Animal Ecology, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine,
e-mail: andrii.khomenko@karazin.ua
Institute of marine biology of the NAS of Ukraine,
[2]Department of Quality of Aquatic Environment,
[3]Department of Ecological Integration of Biocycles,
37 Pushkinska St., Odesa, 65011 Ukraine

RARE ERPOBDELLIDS LEECHES (HIRUDINEA: ERPOBDELLIDAE) OF THE BLACK SEA LOWLAND: IDENTIFICATION AND DISTRIBUTION

The **purpose** of the paper was to describe as fully as possible the complex of features by which one can distinguish the above species and to specify the distribution of these leeches in the Black Sea lowland.
Results. Detailed studies of the external morphology and genital anatomy demonstrated that *D. stschegolewi* is very different from *D. apathyi*. Features such as the number of light spots and their size, as well as the shape and size of papillae differ in *D. stschegolewi* and *D. apathyi*, but these differences do not allow distinguishing between the two leeches with certainty. On the other hand, the relative size of the atrium and its shape are significantly different in the above species. The body size, annulation, and position of gonopores make it possible to distinguish between *T. danastrica* and *D. stschegolewi*, but in the case of poor specimen fixation, preference should be given to coloration and the shape of the atrium and preatrial loops. Due to their complicated taxonomic history, *T. danastrica* can be incorrectly identified as *T. cylindrica*. Coloration, tuberculation, annulation, the shape and the relative size of the atrium were discussed in the light of their usefulness for reliable distinguishing between these species.
Conclusion. Our knowledge of the geographical distribution of *D. stschegolewi* and *T. danastrica* in Ukraine was expanded. *Dina stschegolewi* was first discovered in Ukraine outside Crimea, in the Dniester Delta. The range of *T. danastrica* was found to reach the Dnieper Delta, which is the easternmost reliable distribution frontier for this species. In addition, the presence of populations of this species in the Dniester and Danube deltas was substantiated.

Keywords: *Trocheta danastrica*; *Dina stschegolewi;* Ukraine; new findings; identification; external morphology; anatomy.

References

1. Lukin E. I. Epshtein V. M. (1960) New data on the leech fauna of fresh waters of the Crimea [in Russian], Zoologicheskii Zhurnal, V. XXXIX, № 6, pp. 1429–1432.
2. Lukin E. I. Epshtein V. M. (1964) On the geographical distr ibution of two southern Palearctic species *Batracobdella algira* (Mog.-Tand.) and *Herpobdella stschegolewi* Lukin et Epstein [in Russian], Zoologicheskii Zhurnal, V. XLIII. № 4., pp. 607–608.

3. Lukin E. I. (1976) Leeches: Leeches of fresh and brackish waters [in Russian], Leningrad: Nauka, 484 p. (Fauna USSR).
4. Khomenko A. M., Utevsky S. Y. (2018) Rare species of leeches (Hirudinida) of Ukraine [in Ukrainian], Materials to 4th edition of the Red List of Ukraine: Animals: Vol. 2, Chernivtsi: Druk Art, pp. 437–440.
5. Red Data Book of Ukraine (2009): Animals [in Ukrainian], Kyiv: Hlobalkonsaltynh, 624 p.
6. Stschegolew G. G. (1938) External morphology of the somite of *Trocheta subviridis* forma *danastrica* in connection with some thoughts about the origin of secondary annulation in leeches [in Russian], Raboty laboratorii obshchey biologii i zoologii 3-go Moskovskogo Meditsinskogo instituta, № 1. pp. 59–147.
7. Stschegolew G.G. (1949) Leeches (Hirudinea [in Russian], Life of fresh waters of the USSR, Moskva: Izdatelstvo Akademii Nauk SSSR, pp. 131–145.
8. Epshtein V. M., Zalivadnyi A. V. (1995) On the systematic position and the role in biocoenoses of the leech *Trocheta subviridis* f. *danastrica* (Hirudinea, Herpobdellidae) [in Russian], The 4th Congress of parasitocenologists of Ukraine: Matherials of the Congress [in Russian] (Kharkiv, 4-7 October 1995), Kharkiv, pp. 172-173.
9. Bielecki A. (1978) *Herpobdella* (*Dina*) *stschegolewi* Lukin et Epstein, 1960 (Hirudinea, Herpobdellidae), nowy gatunek dla fauny Polski, Przegląd Zoologiczny, V. 2, № 22, pp. 140–143.
10. Cristea V., Manoleli D. (1975) Conspectus des Sangsues (Hirudinea) de Roumanie, avec une clé de determination, Trav. Mus. Hist. nat. Gr. Antipa, № 18, pp. 23–56.
11. Cristea V. (1975) *Dina stschegolewi* (Lukin et Epstein, 1960) (Hirudinea – Erpobdellidae) specic nouă pentru fauna României, Studii şi cercetări de biologie, V. 2, № 27, pp. 85–88.
12. Darabi-Darestani K., Sari A., Sarafrazi A. (2016) Five new records and an annotated checklist of the leeches (Annelida: Hirudinida) of Iran, Zootaxa, V. 4170. № 1, pp. 41–70.
1. Global Lakes and Wetlands Database [Electronic resource] – Resource access mode: https://www.worldwildlife.org/pages/global-lakes-and-wetlands-database.
2. Grosser C. (2015) Differentiation of some similar species of the subfamily Trochetinae (Hirudinida: Erpobdellidae), Ecologica Montenegrina, V. 2, № 1. pp. 29–41.
3. Grosser C., Nesemann H., Pešić V. (2011) *Dina orientalis* sp. nov. —an overlooked new leech (Annelida: Hirudinea: Erpobdellidae) species from the Near and Middle East, Zootaxa, № 2746, pp. 20–24.
4. Grosser C., Pešić V. (2006) On the diversity of iranian leeches (Annelida: Hirudinea), Arch. Biol. Sci., V. 58, № 1, pp. 21–24.
5. Grosser C., Epshtein V. (2009) Zum Artstatus des Egels Trocheta danastrica Stschegolew, 1938 (Annelida, Hirudinea: Erpobdellidae), Lauterbornia, № 67, pp. 77–91.
6. Jueg U. (2010) Beitrag zur Hirudinea-Fauna von Bulgarien – Belege im Museum für Naturkunde Berlin, eigene Funde und eine vorläufige Checkliste der Hirudinea in Bulgarien, Lauterbornia, № 70, pp. 19–27.
7. Koperski P. (2010) Urban environments as habitats for rare aquatic species: The case of leeches (Euhirudinea, Clitellata) in Warsaw freshwaters, Limnologica, № 40, pp. 233–240.
8. Košel V. (2004) Taxonomical position of two species of *Trocheta* (Hirudinea) described from Central Europe, Biologia, V. 59, № 15, pp. 25–28.
9. Natural Earth [Electronic resource], Resource access mode: https://www.naturalearthdata.com/.
10. Nesemann H. (1993) Identification key to the Hungarian leeches of the subfamily Trochetinae Pawlowski, 1954, with notes on systematics of the subfamily Erpobdellinae Blanchard, 1894 (Hirudinea), Annales historico-naturales Musei Nationalis Hungarici, № 85, pp. 19–35.
11. Nesemann H., Neubert E. (1999) Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinida, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, pp. 109–145, (Süßwasserfauna von Mitteleuropa).
12. Khomenko A., Utevsky S., Palatov D. (2018) On the distribution of *Dina stschegolewi* (Hirudinida: Erpobdellidae) in the South Caucasus, Zoology in the Middle East, V. 64, № 1, pp. 88–90.

13. Salimi B., Mobedi I., Haghighi A., Khiabanian M. (2011) On the diversity of leeches (Annelida: Hirudina) in the fresh waters of Kurdistan province, Iran, Arch. Biol. Sci, V. 63, № 3, pp. 837–840.
14. QGIS: A free and open source geographic information system [Electronic resource] – Resource access mode: https://qgis.org/uk/site/.
15. Soós Á. (1963) Identification key to the species of the genus *Dina* R. Blanchard, 1892 (Emend. Mann, 1952) (Hirudinea: Erpobdellidae), Acta biologica, V. 9, № 1-4, pp. 253–261.

МІКРОБІОЛОГІЯ

УДК 579.26:579.222.4 **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185646**

К. М. Кранга, мол. наук. співробітник
Н. Ю. Васильєва, к.б.н., ст. наук. співробітник
І. В. Страшнова, к. тех.н., ст. наук. співробітник
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра мікробіології, вірусології та біотехнології,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, email: tatkamic@onu.edu.ua

РОЗПОДІЛ І МІНЛИВІСТЬ ЧИСЕЛЬНОСТІ ГЕТЕРОТРОФНИХ, КОЛІМОРФНИХ І МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ У ВОДІ І ГІДРОБІОНТАХ ЧОРНОГО МОРЯ

Вперше показано присутність молочнокислих бактерій у воді Чорного моря і серед асоційованої мікробіоти гідробіонтів. Показано, що максимум чисельності цієї групи у воді Чорного моря ($1,5 \pm 0,33 \times 10^4$ КУО/мл) реєстрували в липні, а максимум чисельності серед асоційованої мікробіоти ($1,66 \pm 0,61 \times 10^4$ КУО/мл) реєстрували в жовтні. Розподіл чисельності коліморфніх бактерій і бактерій, що виросли на середовищі вісмут-сульфідний агар, при дослідженні морської води був зворотним, а при дослідженні асоційованої мікробіоти збігався. Максимум показника загального мікробного забруднення у воді реєстрували в жовтні ($1,1 \pm 0,7 \times 10^6$ КУО/мл), а серед асоційованої мікробіоти гідробіонтів у липні. Виявлено кореляційні взаємозв'язки між показником чисельності бактерій, що характеризують загальне мікробне забруднення, коліморфнимі бактеріями і молочнокислими мікроорганізмами. Показані сезонні зміни чисельності досліджених груп мікроорганізмів.

Ключові слова: показник чисельності; Чорне море; гідробіонти; молочнокислі бактерії.

Мікробіологічна якість морської води є проблемою охорони громадського здоров'я, яка має серйозні наслідки для розвитку туристичної галузі України. До класичних методів оцінки якості водних об'єктів належить визначення специфічних мікробних індикаторів, яких використовують як проксі (тобто величин, які легко вимірювати, що характеризують стан здоров'я екосистеми і ризики для населення) [3]. При подібному підході найчастіше дослідження були спрямовані на виявлення присутності бактерій групи кишкової палички (БГКП), яка об'єднує бактерії сімейства *Enterobacteriaceae*, роди *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia* і *Klebsiella* [6, 10]. Серед мікробних індикаторів, що використовуються найбільш широко – *Escherichia coli* і *Enterococcus spp*. [10].

Однак останні дослідження показали, що такий підбір проксі за санітарно-мікробіологічними показниками є недосконалим, оскільки присутність зазначених мікроорганізмів не обов'язково викликає ситуацію що загрожує здоров'ю людини [7, 9]. Модифікацією наявного підходу може бути розширення

© К. М. Кранга, Н. Ю. Васильєва, І. В. Страшнова, 2019

набору проксі-індикаторів. Так, наприклад, на даний час вивчається зв'язок між індексацією *Bacteroides* і шлунково-кишковими захворюваннями [14].

Серед можливих нових індексних мікроорганізмів слід розглядати і молочнокислі бактерії (LAB), які з одного боку вважаються сприятливими бактеріями для здоров'я навколишнього середовища через їх здатність протидіяти умовно-патогенним мікроорганізмам, але при цьому ідентифікуються як компоненти кишкової мікробіоти [11, 15], що може бути додатком індикатором антропогенного навантаження.

Основною характеристикою LAB є виробництво різних антимікробних речовин, серед яких спирти, перекис водню, молочна, оцтова, мурашина та інші органічні кислоти, лізоцим і бактеріоцини широкого спектра дії, здатні запобігати поширенню хвороботворних і гнильних бактерій в харчових продуктах [2, 5], а також патогенних мікроорганізмів в шлунково-кишковому тракті [12].

Робіт, присвячених дослідженню чисельності і виділенню молочнокислих бактерій зі звичних джерел (ферментовані овочі, кисломолочні бактерії, м'ясні продукти) досить багато, проте публікацій, присвячених вивченню молочнокислих бактерій морського походження недостатньо [8, 13, 15, 17].

Метою даного дослідження було порівняння показників чисельності загального мікробного числа, молочнокислих і умовно-патогенних бактерій у морській воді і гідробіонтах Чорного моря в залежності від сезону.

Матеріали і методи дослідження

Бактерії були ізольовані з морських губок *Haliclona* sp. (order Haplosclerida, Demospongiae) і мідій *Mytilus galloprovincialis*, зібраних за допомогою легководолазного обладнання на глибині 5–6 м в Одеській затоці Чорного моря (Малий Фонтан) на віддаленні від берега 300–400 м у 2018 р. доцентом кафедри гідробіології і загальної екології к.б.н. Ковтуном О. О. Зразки гідробіонтів транспортували в лабораторію в контейнерах об'ємом 10 л з морською водою впродовж приблизно 3 годин. У лабораторії усі отримані зразки тричі промивали морською водою, яку попередньо автоклавували, для відділення сміття і неасоційованих мікроорганізмів. Потім поверхню губок і мідій стерилізували швидким промиванням 70 % етанолом і негайно занурювали в стерильну морську воду.

Для виділення асоційованих мікроорганізмів з губок, зразки кожної губки витягували з води, поміщали в стерильну чашку Петрі і стерильними ножицями поділяли на рівні фрагменти. Один з фрагментів зважували і припускали, що інші приблизно рівні зваженому. Надалі, отримані фрагменти губки (приблизно 1 г) гомогенізували в 5 мл стерильного сольового розчину (3 % NaCl в дистильованої воді). Гомогенат серійно розводили в 10 разів, починаючи з 100 мкл гомогенату в 900 мкл стерильної води до отримання остаточного розведення 10^{-4} від початкової концентрації.

При виділенні асоційованих мікроорганізмів з мідій розділяли зовнішню і

внутрішню поверхню. Із зовнішньої поверхні проводили змив, а для висіву з внутрішньої поверхні мідії розкривали і витягували вміст, який гомогенізували аналогічним засобом. Гомогенат серійно розводили в 10 разів, починаючи з 100 мкл гомогенату в 900 мкл стерильної води до отримання остаточного розведення 10^{-4} від початкової концентрації.

З проб морської води готували серійні розведення до отримання остаточного розведення 10^{-4} від початкової концентрації. Висів проводили на поверхню поживних середовищ MRS, Endo Agar, Bismuth Sulphite Agar і МПА. Усі дослідження проводили у трьох повторностях. Чашки культивували в термостаті за температури 28,0 ± 0,2 °C і 3,70 ± 0,2 °C впродовж 12 і 24 годин.

Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програм Calc та R 3.4.0.

Результати дослідження та їх обговорення

Мікробіологічний контроль морської води та гідробіонтів передбачає визначення загального мікробного обсіменіння (загальне мікробне число – ЗМЧ), а також виявлення та кількісний облік санітарно-показових мікроорганізмів. Точний облік мікроорганізмів, що мешкають у водному середовищі або є асоційованою мікробіотою гідробіонтів, провести неможливо, оскільки не можна створити умови для розмноження і росту усіх наявних мікроорганізмів з використанням класичних методів мікробіології. Тому визначали співвідношення основних груп мікроорганізмів, які відносять до БГКП та показник загальної чисельності мікроорганізмів. Додатково визначали чисельність молочнокислих бактерій, які мешкають у товщі води та є асоційованими з гідробіонтами, щоб визначити різноманіття мікробів у досліджених об'єктах та їх взаємодію.

Зацікавленість у дослідженні асоційованою мікробіоти з мідіями та губками, пояснюється тим, що ті організми є фільтраторами різного рівня організації і їх можна розглядати як сукупний «архів мікроорганізмів», які були присутні в навколишньому середовищі.

Терміни дослідження були пов'язані з періодом максимального антропогенного навантаження (червень), різким зниженням температури (вересень) та максимом доступної відмерлої органічної речовини (жовтень).

На середовищі МПА, яке використовували для дослідження загальної чисельності мікроорганізмів, морфологічні ознаки колоній, що виросли, були ідентичні – напівпрозорі або білі колонії з плоскою поверхнею і рівним краєм. Основні ознаки колоній не змінювалися в залежності від сезону.

У червні 2018 роки кількість мікроорганізмів, яка виросла на повноцінному живильному середовищі МПА, коливалася від $(9,4 \pm 0,39)\times10^3$ КУО/мл. Мінімальний показник був зафіксований для товщі морської води, а максимальні показники – при дослідженні мікроорганізмів, асоційованих з губками. Чисельність гетеротрофних бактерій, що мешкають на поверхні і всередині мідій знаходилася в одних межах – $(3,0 \pm 0,13)\times10^5$ КУО/мл і $(1,18 \pm 0,28)\times10^5$ КУО/ мл

(рис. 1). Морфологічні ознаки колоній, що виросли, були ідентичні – напівпрозорі або білі колонії з плоскою поверхнею і рівним краєм. Основні ознаки колоній не змінювалися в залежності від сезону.

У вересні чисельність мікроорганізмів, що виросли на середовищі МПА, була мінімальною для усіх досліджених зразків. Так, для морської води показник склав (3,03 ± 0,73)×10^0 КУО/мл. На зовнішній стороні мідій показник, що досліджували, склав (5,67± 0,28)×10^0 КУО/мл, а на внутрішній – (6,42 ± 0,37)×10^0 КУО/мл (рис. 1). Усередині губок показник чисельності мікроорганізмів, що виросли на середовищі МПА, був дещо вищим – 7,33 ± 0,51)×10^0 КУО/ мл (рис. 1).

При висіві морської води, відібраної в жовтні, загальне мікробне число досягало (1,1 ± 0,7)×10^6 КУО/мл. Показники загального мікробного числа на поверхні і всередині мідій склали (1,74± 0,51)×10^3 КУО/мл і 6,67± 0,51×10^4 КУО/ мл, відповідно (рис. 1). В губках роду *Haliclona* sp, реєстрували зниження досліджуваного мікробного показника – (5,02± 0,11)×10^1 КУО/мл.

У порівнянні з оцінкою загального рівня мікробного забруднення більш достовірні відомості про небезпечне для здоров'я людини забруднення навколишнього середовища дає кількісний облік індикаторних мікроорганізмів. При визначенні санітарно-показових мікроорганізмів прийнято оперувати не таксономічними категоріями, а груповими поняттями (бактерії групи кишкової палички (БГКП) або загальні коліформні бактерії (ОКБ)). Такий підхід диктується вимогами санітарної практики, яка потребує простих і швидких методів дослідження [4].

На поверхні середовища Ендо (Endo Agar) при дослідженні проб, відібраних в липні 2018 року, реєстрували слизові колонії рожевого, червоного або темно-червоного кольору з металевим блиском або без нього. Мінімальна чисельність мікроорганізмів, що виросли на середовищі Ендо (коліморфні бактерії), була зареєстрована при висіві проб морської води (3,33 ± 0,65)×10^0 КОЕ/мл і з внутрішньої поверхні мідій (2,65 ± 0,26)×10^0 КОЕ/мл (рис. 2). На зовнішній поверхні мідій чисельність коліморфних бактерій, що виросли на середовищі Ендо, досягала (2,28 ± 0,17)×10^4 КУО/мл, а в губках – (2,04 ± 0,13)×10^4 КОЕ/ мл (рис. 2).

У вересні показники чисельності коліморфних бактерій практично не змінилися (рис. 2), а в жовтні ми реєстрували збільшення показника, що перевіряли. Максимальне значення бактерій, які виросли на середовищі Ендо ((7,86 ± 0,68)×10^{11} КОЕ/мл) ми отримали за висіву змиву з зовнішньої поверхні мідій (рис. 2). На внутрішній поверхні мідій показник чисельності коліморфних бактерій був трохи нижчим – (1,4 ± 0,19)×10^8 КОЕ/мл. При дослідженні губок в жовтні зростання коліморфних бактерій не реєстрували (рис. 2).

На поверхні середовища вісмут-сульфідний агар (Bismuth Sulphite Agar) в основному виростали чорні колонії з антрацитовим блиском або темно-сірі колонії без блиску. Мінімальна чисельність мікроорганізмів, що виросли на

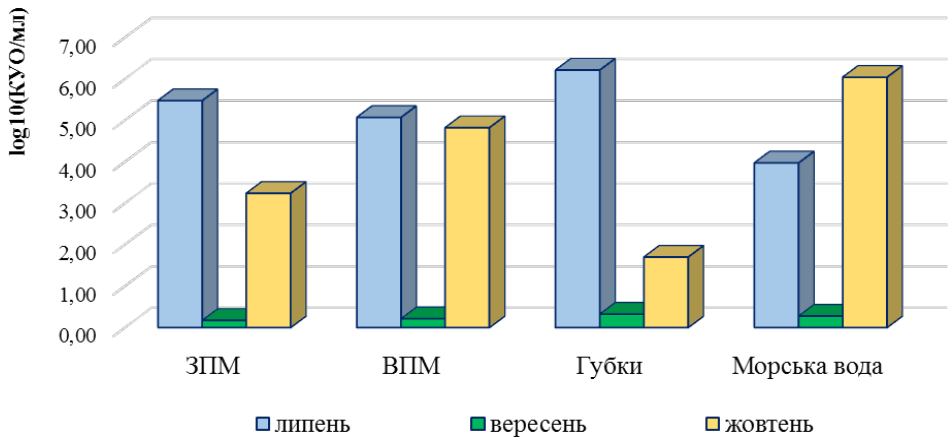


Рис. 1. Показник чисельності мікроорганізмів (log_{10}(КУО/мл)), що виросли на середовищі МПА
Примітка: ЗПМ – зовнішня поверхня мідій; ВПМ – внутрішня поверхня мідій

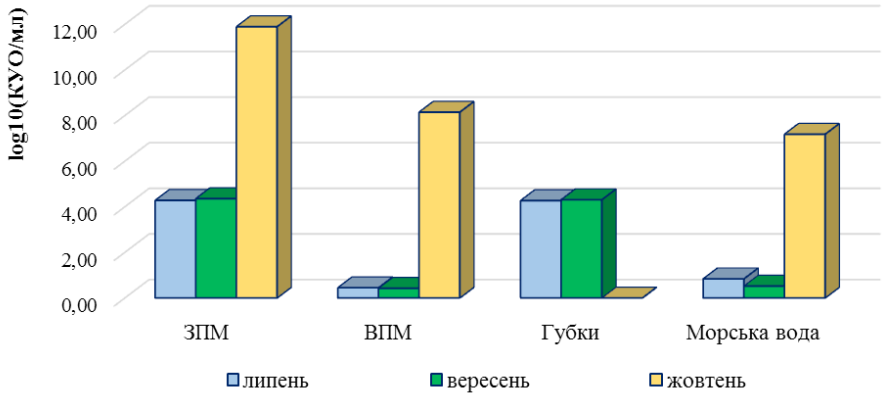


Рис. 2. Показник чисельності мікроорганізмів (log_{10}(КУО/мл)), що виросли на середовищі Endo Agar
Примітка: ЗПМ – зовнішня поверхня мідій; ВПМ – внутрішня поверхня мідій

цьому середовищі, в липні була зареєстрована при дослідженні води – $(1,87 \pm 0,13)\times10^1$ КУО/мл. Із зовнішньої і внутрішньої сторін мідій було висіяно $(4,11 \pm 0,13)\times10^1$ КУО/мл і $(2,21 \pm 0,42)\times10^1$ КУО/мл мікроорганізмів, які попередньо можна віднести до сальмонел за здатністю росту на селективному середовищі «Bismuth Sulphite Agar».

У вересні показник чисельності цих мікроорганізмів значно збільшився при дослідженні губок ($(2,21 \pm 0,51)\times10^4$ КУО/мл) і зовнішньої поверхні мідій ($(1,67\pm 0,45)\times10^4$ КУО/мл), а при дослідженні води, навпаки знизився – $(1,66 \pm 0,68)\times10^0$ КУО/мл (рис. 3).

Дослідження, проведені в жовтні, показали, що максимальна концентрація мікроорганізмів, яку можна попередньо віднести до сальмонел за здатністю росту на селективному середовищі «Bismuth Sulphite Agar», була характерна для мідій: зовнішня поверхня (1,53 ± 0,68)×10^4 КУО/мл, внутрішня поверхня (7,47 ± 0,19)×10^3 КУО/мл (рис. 3). Після висіву гомогенату з губок, росту мікроорганізмів на поверхні цього середовища не реєстрували, а в морській воді чисельність відповідала показнику (1,67 ± 0,15)×10^0 КУО/мл.

Загальну чисельність молочнокислих бактерій, без розділення на палички і коки, реєстрували на середовищі MRS. В даному випадку, ми підраховували чисельність дрібних білих колоній, округлої форми з рівним краєм і блискучою поверхнею. Так, у липні 2018 року чисельність мікроорганізмів, що виросли на середовищі MRS, коливалася від (4,02 ± 0,21)×10^3 КУО/мл (внутрішня поверхня мідій) до (1,5 ± 0,33)×10^4 КУО/мл (морська вода). Серед асоційованої мікробіоти губок чисельність молочнокислих бактерій склала (7,75 ± 0,14)×10^3 КУО/ мл (рис. 4).

У вересні загальна чисельність молочнокислих бактерій також досить низька. Максимальні показники реєстрували за висіву морської води – (3,91 ± 0,13)×10^0 КУО/мл і асоційованої мікробіоти губок (3,68 ± 0,21)×10^0 КУО/ мл (рис. 4). Трохи менші показники чисельності реєстрували при досліджені зовнішньої та внутрішньої поверхні мідій – (2,18 ± 0,33)×10^0 КУО/мл і (2,43 ± 0,21)×10^0 КУО/мл (рис. 4).

У жовтні розподіл показника чисельності змінився. Максимум показника, що досліджували, реєстрували за висіву з зовнішньої поверхні мідій ((1,66 ± 0,61)×10^4 КУО/мл) та гомогенату внутрішньої поверхні ((1,33 ± 0,19)×10^4 КУО/ мл). У морській воді чисельність молочнокислих бактерій склала (1,42 ± 0,61)×10^3 КУО/мл, а після висіву гомогенату з губок, росту мікроорганізмів на поверхні цього середовища не реєстрували (рис. 4).

Лінійний кореляційний аналіз середніх значень чисельності досліджених груп мікроорганізмів показав наявність зв'язків з високим рівнем значущості. Позитивний кореляційний зв'язок (r=0,84 при p=0,05) відзначали між показниками загальної чисельності (показник чисельності мікроорганізмів, які виросли на середовищі МПА) і показником чисельності молочнокислих бактерій (рис. 5). Між середніми значеннями чисельності бактерій, що виросли на середовищі вісмут-сульфідний агар (Bismuth Sulphite Agar) та молочнокислими бактеріями показник кореляції відповідав негативному кореляційному зв’язку (r=-0,9 при p=0,05). Так само між показником загальної чисельності (МПА) і чисельністю мікроорганізмів, що виросли на вісмут-сульфідному агарі, визначали негативну кореляційну залежність (r=-0,81 при p=0,05) (рис. 5).

Взагалі показники чисельності досліджених груп мікроорганізмів характеризувалися сезонною неоднорідністю. Так, максимум показника загального мікробного числа серед асоційованої з гідробіотнамі мікробіоти реєстрували в липні. У воді Чорного моря свого максимуму показник чисельності цієї групи

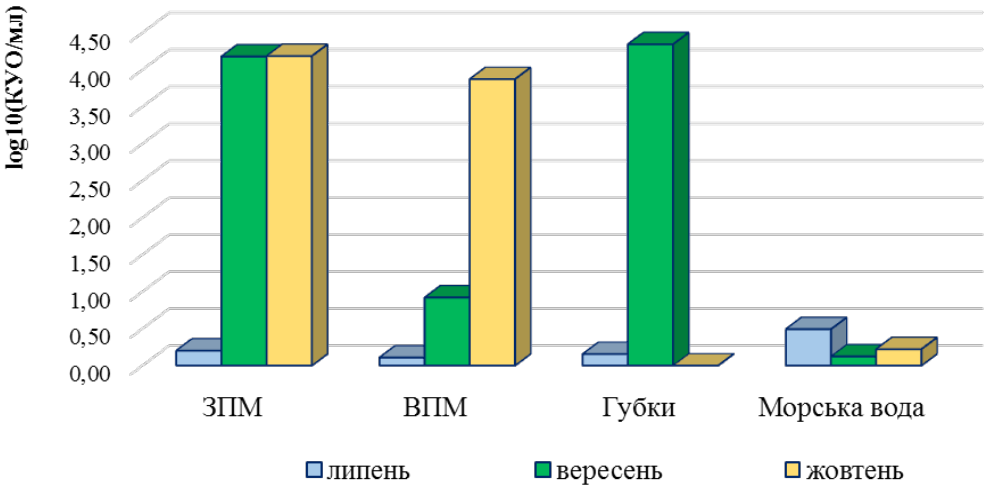


Рис. 3. Показник чисельності мікроорганізмів (log_{10}(КУО/мл)), що виросли на середовищі Bismuth Sulphite Agar
Примітка: ЗПМ – зовнішня поверхня мідій; ВПМ – внутрішня поверхня мідій

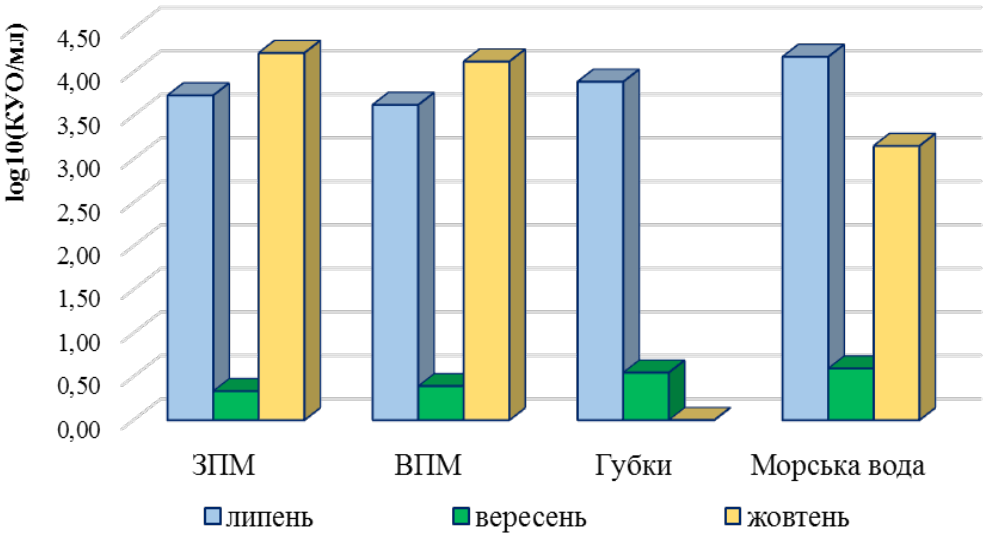


Рис. 4. Показник чисельності мікроорганізмів (log_{10}(КУО/мл)), що виросли на середовищі MRS
Примітка: ЗПМ – зовнішня поверхня мідій; ВПМ – внутрішня поверхня мідій

мікроорганізмів досягав у жовтні, що ймовірно можна пояснити накопиченням відмерлої органічної речовини в після вегетаційний період. Крім того, дослідження проводили (на глибині 5–6 м), де чисельність бактерій значно більша ніж в епілімніоні.

Максимальні значення бактерій, що виросли на середовищі вісмут-сульфідний агар в морській воді в липні, швидше за все пов'язані з антропогенним фактором. Для показника чисельності коліморфних бактерій в морській воді, відзначений пік чисельності в жовтні, що збігається з дослідженнями інших дослідників [1]. Серед асоційованої з гідробіонтами мікробіоти, так само відзначені піки чисельності цих груп мікроорганізмів у жовтні, що можна пояснити тим, що вони є їх власною сімбіонтною кишковою мікрофлорою, так як знаходяться в зворотній залежності від коливань бактерій в середовищі існування молюсків [1].

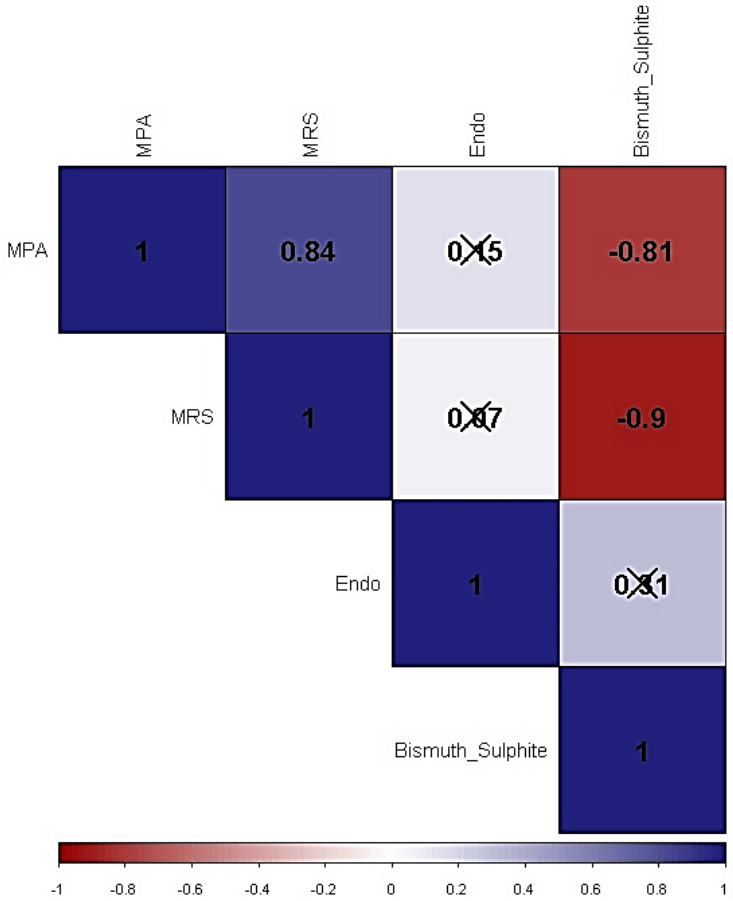


Рис. 5. Показники кореляційного аналізу між середніми значеннями чисельності досліджених груп мікроорганізмів (p=0,05)

Примітка: закреслені значення коефіцієнту кореляції не відповідають заданому рівню значущості

Максимум показника цих груп мікроорганізмів в Чорноморських губках *Haliclona* sp у вересні пов'язаний з тим, що до цього часу формується стійка мікробна асоціація між губками і мікроорганізмами, на яку не впливає різке зниження температури та зниження доступної органічної речовини в товщі води, а практично повна відсутність життєздатних бактерій в губках у жовтні пов'язане з їх коротким періодом життя, що перешкоджає подальшому розвитку асоційованої з ними мікробіоти.

Незважаючи на те, що морські LAB відіграють значну роль в перетворенні органічної речовини, виживання цієї групи сильно залежить від коливань температури і солоності [18]. Швидше за все сукупністю саме цих трьох чинників можна пояснити коливання чисельності молочнокислих бактерій за досліджений період.

Висновки

1. Пік чисельності показника загального мікробного числа в морській воді реєструєтеся в жовтні, а серед асоційованої з гідробіонтамі мікробіоти в липні 2018 року.
2. Пік чисельності молочнокислих бактерій, бактерій, що виросли на середовищі Ендо і вісмут-сульфідний агар, реєструється серед асоційованої з мідіями мікробіоти в жовтні 2018 року.
3. У вересні відзначається загальне зниження чисельності всіх груп мікроорганізмів, крім асоційованих з губками.
4. Показана позитивна кореляція між показниками загального мікробного числа та чисельністю молочнокислих бактерій; негативна кореляція показана між чисельністю молочнокислих бактерій, загальним мікробним числом і чисельністю бактерій, що виросли на вісмут-сульфідному агарі.

Стаття надійшла до редакції 01.10.2019

Список використаної літератури

1. Тропивская А. Г. Распределение и изменчивость фосфатмобилизующих бактерий и соединений фосфора на взморье Дуная / А. Г. Тропивская, Ю. И. Богатова, И. К. Курдиш // Вісник ОНУ. Біологія. – 2014. – Т. 19, вип. 2(35). – С. 77–90.
2. Alakomi H. L. Lactic acid permeabilizes gram-negative bacteria by disrupting the outer membrane / H. L. Alakomi, E. Skyttä, M. Saarela, T. Mattila-Sandholm, K. Latva-Kala, I. M. Helander //Appl. Environ. Microbiol. – 2000. – Vol. 66. – P. 2001–2005. doi:10.1128/AEM.66.5.2001-2005.2000
3. Boon Fei Tan. Next-generation sequencing (NGS) for assessment of microbial water quality: current progress, challenges, and future opportunities/ Boon Fei Tan, Charmaine Ng, Jean Pierre Nshimyimana // Frontiers in Microbiology. – 2015. – Vol. 6. – Article 102. doi: 10.3389/fmicb.2015.01027
4. Boualam M. Relationships between coliform culturability and organic matter in low nutritive / M. Boualam, L. Mathieu, S. Fass, J. Cavard, D. Gatel // Water Research. – 2002. – Vol. 36. – P. 412-420. doi:10.1016/s0043-1354(01)00460-2
5. De Vuyst L. Bacteriocins from lactic acid bacteria: Production, purification and food applications / L. De Vuyst, F. Leroy // J. Mol. Microbiol. Biotechnol. – 2007. – Vol. 13. – P. 194–199. doi:10.1159/00010475

6. Dorevitch S. Water quality as a predictor of gastrointestinal illness following incidental contact water recreation / S. Dorevitch, S. Deflorio-Barker, R.M. Jones, L. Liu // Water Res. – 2015. – Vol. 83. – P. 94–103. doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.028.
7. Figueras M. J. New perspectives in monitoring drinking water microbial quality/ M. J. Figueras, J. J. Borrego // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2010. –Vol. 7. – P. 4179–4202. doi: 10.3390/ijerph7124179
8. Franzmann P. D. Psychrotrophic, lactic acid-producing bacteria from anoxic waters in ace lake, Antarctica*; Carnobacterium funditum* sp. nov. and *Carnobacterium alterfunditum* sp. nov. / P. D. Franzmann, P. Hopfi, N. Wiess, B. J. Tindall // Arch Microbiol. – 1991. – Vol. 156(4). – P. 255-262.
9. Haile R. W. The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff / R. W. Haile, J. S. Witte, M. Gold, R. Cressey, C. McGee, R. C. Millikan // Epidemiology. – 1999. – Vol. 10. – P. 355–363. doi: 10.1097/00001648-199907000-00004
10. Karbasdehi V. N. Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: the Persian Gulf as a case / V. N. Karbasdehi, S. Dobaradaran, I. Nabipour, A. Ostovar, H. Arfaeinia, A. Vazirizadeh, R. Mirahmadi, M. Keshtkar, F. F. Ghasemi, F. Khalifei // J. Environ. Health Sci. Eng. – 2017. – Vol.15. – P. 1–15. https://doi.org/10.1186/s40201-017-0266-2.
11. Kathiresan K. Prospects of lactic acid bacteria of marine origin / K. Kathiresan, G. Thiruneelakandan // Indian Journal of Biotechnology – 2008. – Vol 7. – P. 170-177
12. Li P. Dietary oligonucleotides from yeast RNA influence immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection / P. Li, D. H. Lewis, D. M. Gatlin // Fish Shellfish Immunol. – 2004. – Vol. 16. – P. 561–569. doi:10.1016/j.fsi.2003.09.005
13. Morio Ishikawa. *Halolactibacillus halophilus* gen. nov., sp. nov. and *Halolactibacillus miurensis* sp. nov., halophilic and alkaliphilic marine lactic acid bacteria constituting a phylogenetic lineage in *Bacillus* rRNA group 1/ Morio Ishikawa, Kazuyuki Nakajima, Yuko Itamiya, Sayumi Furukawa, Yasushi, Kazuhide Yamasato // Int J Syst Evol Microbiol. – 2005. – Vol. 55(Pt 6). – P. 2427-2439. doi: 10.1099/ijs.0.63713-0
14. Napier M. D. Exposure to human-associated fecal indicators and self-reported illness among swimmers at recreational beaches: a cohort study / M. D. Napier, R Haugland, Ch. Poole, A. P. Dufour // Environmental Health. –2017. – Vol.16. – Article 103. doi: 10.1186 / s12940-017-0308-3.
15. Ringo E. Lactic acid bacteria in fish: a review / E. Ringo, F. J. Gatesoupe //Aquaculture. – 1998.– Vol. 160. – P. 177-203. doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00299-8
16. Ringo E. Lactic Acid Bacteria in Finfish – An Update/ E. Ringo, S. H. Hoseinifar, K. Ghosh, H. Van Doan // Frontiers in Microbiology. – 2018. –Vol. 9. – Article 1818. doi: 10.3389/fmicb.2018.01818.
17. Toffin L. *Marinilactibacillus piezotolerans* sp.nov., a novel marine lactic acid bacterium isolated from deep sub-seafloor sediment of the Nankai Trough / L. Toffin, K. Zink, C. Kato, P. Pignet, A. Bidault, N. Bienvenu, J. L. Birrien, D. Prieur // International Journal Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2005. – Vol. 55(1). – P. 345-351. doi: 10.1099/ijs.0.63236-0.
18. Va´zquez J.A. Survival of Lactic Acid Bacteria in Seawater: A Factorial Study / J. A. Va´zquez, M.L. Cabo, M.P. Gonza´lez, M.A. Murado// Current Microbiology. – 2003. – Vol. 47. – P. 508–513 doi: 10.1007/s00284-003-4099-0

K. M. Kranga, N. Yu. Vasylieva, I. V. Strashnova
Odesa National Mechniykov University, Department of Microbiology, Virology and Biotechnology,
2, Dvorianska str., Odesa 65082, Ukraine, takmic@onu.edu.ua

DISTRIBUTION AND VARIABILITY OF THE HETEROTROPHIC, COLIMORPHIC AND LACTIC ACID BACTERIA NUMBER IN WATER AND AQUATIC ORGANISMS OF THE BLACK SEA

Abstract
Currently, there is an active revision of established positions in classical microbiology, both in the area of sanitary-microbiological indicators of water quality and the search for groups of microorganisms that were previously thought to be not to be present in seawater and the microbiota associated with its inhabitants. The results of the study of the numbers of the main groups of microorganisms that make up proxy indices for sanitary-microbiological indicators and the numbers of lactic acid bacteria were shown in this article.
The aim of this study was to compare the total microbial number, lactic acid bacteria and colimorphic bacteria in sea water in microbiota associated with its inhabitants depending on the season.
Materials and methods. To study the abundance index of various groups of microorganisms, classical microbiological methods were used. To calculate the presence of a relationship between signs, we used the «corrplot» package in program R 3.4.0.
Research results. The presence of lactic acid bacteria in the water of the Black Sea and among the associated microbiota of aquatic organisms has been shown for the first time. It was shown that the maximum abundance of this group in water ($1.5 \pm 0.33 \times 10^4$ CFU/ml) was recorded in July, and the maximum abundance among the associated microbiota ($1.66 \pm 0.61 \times 10^4$ CFU/ml) was recorded in October. The distribution of the number of colimorphic bacteria and bacteria that grew on bismuth-sulfide agar in the study of seawater was the opposite, and in the study of the associated microbiota was the same. The maximum of the total microbial contamination in water was recorded in October ($1.1 \pm 0.7 \times 10^6$ CFU/ml) in the associated microbiota of aquatic organisms in July. Correlation relationships between the number of bacteria characterizing the total microbial contamination, colimorphic bacteria and lactic acid microorganisms was revealed. Seasonal changes in the number of the studied groups of microorganisms were shown.
Conclusions. Various principles of the distribution of heterotrophic, colimorphic and lactic acid microorganisms depending on the season and place of excretion have been identified.

Keywords: abundance indicator; Black sea; aquatic organisms; lactic acid bacteria.

References

1. Tropivska1G. G., Bogatova1Yu. I., Kurdish I. K. (2014) «Distribution and variability of phosphate-mobilizing bacteria and phosphorous compounds in the Danube coastal waters» [«Raspredeleniye i izmenchivost fosfatmobilizuyushchikh bakteriy i soyedineniy fosfora na vzmorye Dunaya »], Visnyk of ONU. Biology, 19 (2), pp 77-90
2. Alakomi H. L., Skyttä E., Saarela M., Mattila-Sandholm T., Latva-Kala K., Helander I. M. (2000) «Lactic acid permeabilizes gram-negative bacteria by disrupting the outer membrane», Appl. Environ. Microbiol, 66, pp 2001–2005. doi:10.1128/AEM.66.5.2001-2005.2000
3. Boon Fei Tan, Charmaine Ng, Jean Pierre Nshimyimana (2015) «Next-generation sequencing (NGS) for assessment of microbial water quality: current progress, challenges, and future opportunities», Frontiers in Microbiology, 6, 102. doi: 10.3389/fmicb.2015.01027
4. Boualam M., Mathieu L., Fass S., Cavard J., Gatel D. (2002) «Relationships between coliform culturability and organic matter in low nutritive», Water Research, 36, pp 412-420. doi:10.1016/s0043-1354(01)00460-2
5. Vuyst L. De, Leroy F. (2007) «Bacteriocins from lactic acid bacteria: Production, purification and food applications», J. Mol. Microbiol. Biotechnol, 13, pp 194–199. doi:10.1159/00010475
6. Dorevitch S., Deflorio-Barker S., Jones R.M., Liu L. (2015) «Water quality as a predictor of gastrointestinal illness following incidental contact water recreation», Water Res, 83, pp 94–103. doi. org/10.1016/j.watres.2015.06.028.
7. Figueras M. J., Borrego J. J. (2010) «New perspectives in monitoring drinking water microbial quality», Int. J. Environ. Res. Public Health, 7, pp 4179–4202. doi: 10.3390/ijerph7124179
8. Franzmann P. D., Hopfi P., Wiess N., Tindall B. J. (1991) «Psychrotrophic, lactic acid-producing bacteria from anoxic waters in ace lake, Antarctica*; Carnobacterium funditum* sp. nov. and *Carnobacterium alterfunditum* sp. nov.», Arch Microbiol, 156(4), pp 255-262.
9. Haile R. W., Witte J. S., Gold M., Cressey R., McGee C., Millikan R.C. (1999) «The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff», Epidemiology, Vol. 10, pp 355–363. doi: 10.1097/00001648-199907000-00004
10. Karbasdehi V.N., Dobaradaran S., Nabipour I., Ostovar A., Arfaeinia H., Vazirizadeh A., Mirahmadi R., Keshtkar M., Ghasemi F.F., Khalifei F. (2017) «Indicator bacteria community in seawater and coastal sediment: the Persian Gulf as a case», J. Environ. Health Sci. Eng, 15, pp 1–15. https://doi.org/10.1186/s40201-017-0266-2.
11. Kathiresan K., Thiruneelakandan G.(2008) «Prospects of lactic acid bacteria of marine origin», Indian Journal of Biotechnology, 7, pp 170-177.
12. Li P., Lewis D. H., Gatlin D. M. (2004) «Dietary oligonucleotides from yeast RNA influence immune responses and resistance of hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) to *Streptococcus iniae* infection», 16, pp 561–569. doi:10.1016/j.fsi.2003.09.005
13. Morio Ishikawa, Kazuyuki Nakajima, Yuko Itamiya, Sayumi Furukawa, Yasushi, Kazuhide Yamasato (2005) «*Halolactibacillus halophilus* gen. nov., sp. nov. and *Halolactibacillus miurensis* sp. nov., halophilic and alkaliphilic marine lactic acid bacteria constituting a phylogenetic lineage in *Bacillus* rRNA group 1», Int J Syst Evol Microbiol, 55(Pt 6), pp 2427-2439. doi: 10.1099/ijs.0.63713-0.
14. Napier M. D., Haugland R., Poole Ch., Dufour A.P.(2017) «Exposure to human-associated fecal indicators and self-reported illness among swimmers at recreational beaches: a cohort study», Environmental Health, 16, 103. doi: 10.1186 / s12940-017-0308-3.
15. Ringo E., Gatesoupe F. J. (1998) «Lactic acid bacteria in fish: a review», Aquaculture, 160, pp 177-203. doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00299-8.
16. Ringo E., Hoseinifar S. H., Ghosh K., Van Doan H. (2018) «Lactic Acid Bacteria in Finfish—An Update», Frontiers in Microbiology, 9, pp Article 1818. doi: 10.3389/fmicb.2018.01818.
17. Toffin L., Zink K., Kato C., Pignet P., Bidault A., Bienvenu N., Birrien J.L., Prieur D. (2005) «*Marinilactibacillus piezotolerans* sp.nov., a novel marine lactic acid bacterium isolated from deep

sub-seafloor sediment of the Nankai Trough», International Journal Systematic and Evolutionary Microbiology, 55(1), pp 345-351. doi: 10.1099/ijs.0.63236-0

18. Va´zquez J.A., Cabo M.L., Gonza´lez M.P., Murado M.A. (2003) «Survival of Lactic Acid Bacteria in Seawater: A Factorial Study», Current Microbiology, 47, pp 508–513 doi: 10.1007/s00284-003-4099-0.

ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

УДК 616.36:616.3:615.015 **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185649**

О. А. Макаренко, д.б.н., завідувач кафедри
Т. В. Могілевська, аспірант
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра фізіології людини і тварин,
вул. Дворянська 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: makolga29@gmail.com

ПОРІВНЯЛЬНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРЕПАРАТІВ БІОФЛАВОНОЇДІВ ПРИ ЕКСПЕРИМЕТАЛЬНОМУ ГЕПАТИТІ

Проведено експериментальне дослідження гепатопротекторної та антидисбіотичної дії нових вітчизняних препаратів з натуральної сировини на моделі токсичного гепатиту у щурів. Препарат Лекасил з вмістом лецитину та флаволігнанів розторопши має більш виражену гепатопротекторну дію, а Квертулін, який складається з кверцетину та інуліну, більш істотно знижує ступінь дисбіозу в слизовій оболонці товстої кишки щурів з гепатитом.

Ключові слова: щури; токсичний гепатит; дисбіоз; профілактика захворювань гепатобіліарної системи.

Різноманітні порушення харчування, техногенні екологічні фактори, шкідливі звички, надмірне застосування лікарських препаратів призводять до неухильного зростання числа хворих з гепатобіліарною патологією. В Україні до цього часу майже 20 % населення страждають різними формами захворювань печінки [1, 10]. Серйозні побічні дії хімічних й імунобіологічних препаратів, які використовують для лікування гепатобіліарної системи, диктують нагальну необхідність розробки фітозасобів, які володіють багатокомпонентністю, полівалентністю, нешкідливістю і, що особливо важливо, невисокою вартістю [9].

Найбільш часто як гепатопротектори використовують препарати лецитину або інші фосфоліпіди, які відносяться до природних сполук, що входять до складу клітинних мембран і тим самим визначають функціонування клітин печінки та інших органів [4, 12]. Поширення серед фітопрепаратів отримали різні лікарські засоби, що містять флаволігнани розторопші плямистої (*Silybum marianum*) [2, 6]. Також є відомості про високу гепатопротекторну ефективність природного біофлавоноїду кверцетину, який надає свою лікувальну дію за рахунок високої антиоксидантної активності [13].

Аналіз відомостей про сучасні гепатопротектори дозволив вибрати для дослідження серед безлічі засобів два нових препарати, які розроблені сумісно Державною установою «Інститут стоматології та щелепно-лицевої хірургії Національної академії медичних наук України» і Науково-виробничою асоціацією «Одеська біотехнологія» з натуральної сировини – Квертулін і Лекасил. Квертулін містить кверцетин, пребіотик інулін і цитрат кальцію. До складу Лекасила входить макуха розторопші, лецитин і цитрат кальцію.

© О. А. Макаренко, Т. В. Могілевська, 2019

На підставі викладеного метою роботи стало порівняльне дослідження гепатопротекторних та антидисбіотичних властивостей Квертуліна і Лекасила у щурів на тлі моделювання токсичного гепатиту.

Матеріали та методи дослідження

Визначали гепатопротекторні та антидисбіотичні властивості препаратів Лекасил (Висновок МОЗ Україні № 602-123-202/121020 від 25.04.2017 р.) і Квертулін (Висновок МОЗ Україні № 05.03.02-06/444464 від 17.05.2012 р.). Дослідження були проведені на 28 білих щурах стадного розведення (самиці, 7 місяців, середня маса 216 г), яких розділили на 4 групи: 1-а – інтактні (норма), 2-а – токсичний гепатит, 3-я – токсичний гепатит + *per os* Квертулін 300 мг/кг з першого дня досліду, 4-а – токсичний гепатит + *per os* Лекасил 300 мг/кг з першого дня досліду. Токсичний гепатит відтворювали шляхом внутрішньочеревного введення гідразин сульфату (50 мг/кг) на 8, 9 и 10 дні досліду [5].

При проведенні експериментальних досліджень тварини знаходились в стандартних умовах віварію згідно з нормами і принципами Директиви Ради ЕС з питань захисту хребетних тварин, що використовуються для наукових цілей [11].

Тривалість досліду становила 14 днів, після чого щурів наркотизували тіопенталом натрію (20 мг/кг) та робили тотальне кровопускання з серця. Отримували сироватку крові, виділяли печінку та слизову оболонку товстої кишки, які зберігали до дослідів при – 30 °С. Гомогенати тканин готували з розрахунку 50 мг/мл 0,05М трис-HCl-буфера pH 7,5 і для досліджень використовували надосадову рідину.

У гомогенатах печінки визначали маркери запалення та холестазу – активність еластази [7] і лужної фосфатази [3] відповідно. У слизовій оболонці товстої кишки проводили визначення маркера мікробного обсіменіння – активності уреази і неспецифічного антимікробного фактору – активності лізоциму [8]. У сироватці крові проводили визначення «печінкових» маркерів – активності аланінамінотрансферази (АлАт,) лужної фосфатази і вмісту білірубіну [3].

Статистичне опрацювання отриманих даних у серіях дослідів проводилось за методом Ст'юдента, відмінності вважали статистично значущими при $p < 0,05$. Дані наведено як середнє арифметичне значення та похибка середнього (M±m).

Результати дослідження та їх обговорення

Моделювання токсичного гепатиту призводило до збільшення в гомогенатах печінці щурів активності еластази (маркера запалення) на 21 % ($p < 0,01$), а активності ЛФ (маркера холестаза) в 2,8 разів ($p < 0,01$) (табл. 1).

Профілактичне введення Квертуліна знижувало рівень обох показників, активності еластази – до рівня інтактних щурів, а активності ЛФ – майже в два рази (на 47,9 %). Проте, рівень ЛФ зберігався високим по відношенню до нормальних значень ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив гепатопротекторів на активність еластази та лужної фосфатази (ЛФ) в печінці щурів з токсичним гепатитом (*n*=7)

Групи	Активність еластази, мк-кат/кг	Активність ЛФ, мк-кат/кг
Інтактні	193,7 ± 3,5	1,46 ± 0,27
Токсичний гепатит	255,6 ± 12,4 $p < 0,01$	4,05 ± 0,24 $p < 0,01$
Токсичний гепатит + Квертулін	210,1 ± 9,4 $p > 0,05$ $p_1 < 0,05$	2,11 ± 0,18 $p < 0,05$ $p_1 < 0,01$
Токсичний гепатит + Лекасил	198,4 ± 9,9 $p > 0,5$ $p_1 < 0,05$ $p_2 > 0,3$	2,11 ± 0,81 $p > 0,05$ $p_1 < 0,05$ $p_2 = 1,0$

Примітки: p – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 1; p_1 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 2; p_2 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 3.

Застосування Лекасила на тлі гепатиту призводило до зменшення обох досліджуваних маркерів в тканині печінки щурів ($p > 0,5$ і $p_1 < 0,05$), що свідчить про високу гепатопротекторну дію нових препаратів Квертуліна і Лекасила (табл. 1).

Рівень "печінкових" маркерів у сироватці збільшувався у щурів, яким моделювали гепатит: вміст білірубіну – на 40 % ($p < 0,05$), активність АлАТ – на 85 % ($p < 0,01$) і активність ЛФ – в 4 рази ($p < 0,001$) (табл. 2). Отримані результати можуть свідчити про руйнування гепатоцитів (здавлення, розрив мембран), а також порушення виведення жовчі у щурів, яким моделювали токсичний гепатит за допомогою гідразину.

Введення Лекасила знижувало рівень всіх досліджуваних показників сироватки крові щурів: рівня білірубіну – на 20 % ($p_1 < 0,05$), активності АлАТ – на 57 % ($p_1 < 0,01$) і активності ЛФ – в 2 рази ($p_1 < 0,02$). Профілактика препаратом Квертулін призводила до зниження рівня білірубіну на 28 % ($p_1 < 0,05$), активності АлАТ – на 43 % ($p_1 < 0,01$) і активності ЛФ – в 1,2 разів ($p_1 < 0,05$). Отримані результати свідчать, що гепатопротекторна дія Лекасила була виражена більш істотно (табл. 2).

Моделювання токсичного гепатиту збільшувало в слизовій оболонці товстої кишки щурів активність уреази на 43 % ($p < 0,05$), що свідчило про зростання чисельності умовно-патогенних і патогенних бактерій у складі мікробіоценозу цього біотопу (табл. 3). Активність цього ферменту знижувалась у щурів, які отримували Лекасил ($p_1 > 0,3$) або Квертулін ($p_1 > 0,05$).

Таблиця 2

Вплив гепатопротекторів на рівень печінкових маркерів в сироватці крові щурів з токсичним гепатитом (*n*=7)

Групи	Вміст білірубіну, мкмоль/л	Активність АлАТ, мк-кат/л	Активність ЛФ, мк-кат/л
Інтактні	2,38 ± 0,24	0,39 ± 0,05	1,60 ± 0,11
Токсичний гепатит	3,33 ± 0,15 $p < 0,05$	0,72 ± 0,04 $p < 0,01$	6,56 ± 0,40 $p < 0,001$
Токсичний гепатит + Квертулін	2,39 ± 0,35 $p > 0,8$ $p_1 < 0,05$	0,41 ± 0,02 $p > 0,3$ $p_1 < 0,01$	5,46 ± 0,36 $p < 0,01$ $p_1 > 0,05$
Токсичний гепатит + Лекасил	2,65 ± 0,81 $p > 0,3$ $p_1 > 0,05$ $p_2 > 0,5$	0,31 ± 0,03 $p > 0,05$ $p_1 < 0,01$ $p_2 < 0,05$	3,35 ± 0,44 $p < 0,05$ $p_1 < 0,02$ $p_2 < 0,05$

Примітки: p – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 1; p_1 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 2; p_2 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 3.

Таблиця 3

Вплив гепатопротекторів на активність уреази, лізоциму і ступінь дисбіозу в слизовій оболонці товстої кишки щурів з токсичним гепатитом (*n*=7)

Групи	Активність уреази, мк-кат/кг	Активність лізоциму, од/кг	Ступінь дисбіозу, у.о.
Інтактні	1,54 ± 0,14	76 ± 9	1,00 ± 0,13
Токсичний гепатит	2,20 ± 0,35 $p < 0,05$	55 ± 6 $p < 0,05$	1,99 ± 0,20 $p < 0,05$
Токсичний гепатит + Квертулін	1,87 ± 0,10 $p < 0,05$ $p_1 > 0,05$	68 ± 8 $p > 0,05$ $p_1 > 0,05$	1,35 ± 0,18 $p > 0,05$ $p_1 < 0,05$
Токсичний гепатит + Лекасил	1,98 ± 0,24 $p < 0,05$ $p_1 > 0,3$ $p_2 > 0,3$	58 ± 4 $p < 0,05$ $p_1 > 0,3$ $p_2 > 0,05$	1,68 ± 0,17 $p < 0,05$ $p_1 < 0,05$ $p_2 > 0,3$

Примітки: p – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 1; p_1 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 2; p_2 – рівень значущості відмінностей у порівнянні з показниками в групі 3.

В слизовій оболонці товстої кишки щурів при токсичному гепатиті виявлено зменшення активності лізоциму на 28 % ($p < 0,05$) (табл. 3). Лізоцим є ферментом, якій руйнує оболонки мікробів, тому його вважають фактором неспецифічного антимікробного захисту слизових оболонок. Зменшення активності цього ферменту свідчило про зниження рівня неспецифічного антимікробного захисту слизової оболонки товстої кишки щурів з токсичним гепатитом.

Введення щурам з гепатитом препарату Лекасил мало впливало на активність лізоциму ($p_1 > 0,3$), тоді як профілактика Квертуліном підвищувала її на 12,4 % ($p_1 > 0,05$). Важливо відзначити, що активність лізоциму в слизовій оболонці товстої кишки щурів з гепатитом після профілактики Квертуліном відповідала рівню у інтактних щурів ($p > 0,05$, табл. 3).

Розрахований за відносною активністю ферментів (уреази і лізоциму) ступінь дисбіозу, свідчив про його дворазове збільшення в слизовій оболонці товстої кишки щурів при гепатиті ($p < 0,05$). Профілактичне введення щурам Квертуліну приводило до зниження ступеню дисбіозу в слизовій оболонці товстої кишки тварин на 32,2 % ($p_1 < 0,05$), тоді як профілактика Лекасилом зменшувала цей показник тільки на 15,6 % ($p_1 < 0,05$ і $p_2 > 0,3$).

Отже, експериментальні дослідження показали ефективність нових вітчизняних препаратів на моделі токсичного гепатиту у щурів. Важливо відзначити, що за отриманими результатами більш виражену гепатопротекторну дію мала дієтична добавка Лекасил, а більш істотно знижував ступінь дисбіозу в слизовій оболонці товстої кишки щурів з гепатитом Квертулін. Застосування досліджуваних дієтичних добавок, які відносять до функціональних продуктів харчування, може надавати ефективну гепатопротекторну і антидисбіотичну дію в товстій кишці щурів з токсичним гепатитом.

Висновки

1. На тлі моделювання токсичного гепатиту показана гепатопротекторна дія препаратів біофлаваноїдів з перевагою Лекасилу.
2. Квертулін більш істотно, ніж Лекасил знижував ступінь дисбіозу в слизовій оболонці товстої кишці щурів з гепатитом.

Стаття надійшла до редакції 9.09.2019

Список використаної літератури

1. Бабак О. Я. Лекарственные поражения печени: вопросы теории и практики / О. Я. Бабак // Ліки України. – 2008. – № 2 (118). – С. 96-101.
2. Бурмак Ю. Г. Применение биофлавоноидов и эссенциальных фосфолипидов в коррекции иммунных, метаболических и микрогемоциркуляторных изменений у больных коморбидной патологией / Ю. Г. Бурмак, Е. Е. Петров, С. И. Треумова // Фітотерапія. Часопис. – 2017. – № 2. – С. 4-6.
3. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике / А. М. Горячковский. – Одесса: Экология, 2005. – 616 с.
4. Демьяненко С. А. Применение лецитиновых гепатопротекторов в стоматологии / С. А. Демьяненко. – Симферополь: Тарпан, 2010. – 52 с.
5. Левицкий А. П. Антимикробная функция печени / А. П. Левицкий, С. А. Демьяненко, Ю. В. Цисельский – Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2011. – С. 101.
6. Левицкий А. П. Биофлавоноидные гепатопротекторы / А. П. Левицкий, О. А. Макаренко, Е. М. Левченко, С. А. Демьяненко. – Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2014. – 85 с.
7. Левицкий А. П. Методы определения активности эластазы и ее ингибиторов. Метод. рекомендации / А. П. Левицкий, А. В. Стефанов. – К.: ГФЦ, 2002. – 15 с.

8. Левицкий А. П. Ферментативный метод определения дисбиоза полости рта для скрининга про- и пребиотиков. Метод. рекомендации / А. П. Левицкий, О. А. Макаренко, И. А. Селиванская [и др.]. – К.: ГФЦ МЗУ, 2007. – 23 с.
9. Оковитый С. В. Гепатопротекторные средства: Современное состояние проблемы / С. В. Оковитый, Д. С. Суханов, А. Ю. Петров, М. Г. Громатцев // Терапевт. арх. – 2012. – № 2. – С. 62-68.
10. Щербинина М. В. Заболевания печени с холестатическим синдромом, болезни желчного пузыря, и урсодезоксихолевая кислота. Новые акценты / М. В. Щербинина // Сучас. гастроентерол. – 2016. – № 2. – С. 78-86.
11. European convention for the protection of vertebrale animals used for experimental and other scientific purposes. – Strasburg.Council of Europe, 1986. – №123. – 51 p.
12. Gundermann K.-J. Activity of essential phospholipides (EPL) from soybean in liver diseases / K.- J. Gundermann, A. Kuenker, E. Kuntz, M. Drozdzik // Farmacol. Rep. – 2011. – № 63. – P. 643-659.
13. Maalic A. Pharmacological Application of Quercetin and its Derivates: A short Reviw / A. Maalic, F. A. Khan, A. Muntaz, A. Mehmood // Trop. J. Phar. Res. – 2014. – № 13 (9). – P. 1561-1566.

O. A. Makarenko, T. V. Mogilevska
Odesa National Mechnykov University, Department Of Human and Animal Physiology
2, Dvorianska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail makolga29@gmail.com

COMPARATIVE EFFICIENCY OF BIOFLAVONOID PREPARATIONS WITH EXPERIMENTAL HEPATITIS

Abstract

The **aim** of the work is comparative study of hepatoprotective properties of Quertulin (quercetin, inulin and calcium citrate) and Lecasil (squeezed from leaves of thistle, lecithin and calcium citrate) in rats on the background of toxic hepatitis modeling.

Materials and Methods: The studies were conducted on 28 white rats, with caused toxic hepatitis. Prophylaxis of the disease was performed using Quertulin or Lecasil (300 mg / kg) from the first day of the experiment. Toxic hepatitis was reproduced by intra-abdominal administration of hydrazine sulfate (50 mg / kg) at 8, 9 and 10 days. The duration of the experiment was 14 days. In liver homogenates, inflammation markers and cholestasis were determined – the activity of elastase and alkaline phosphatase. In the mucous membrane of the colon the determination of a marker of microbial contamination – activity of urease and non-specific antimicrobial factor – activity of lysozyme was carried out. In the serum, the determination of "liver" markers was performed, the activity of the alanine aminotransferase of alkaline phosphatase and the content of bilirubin.

Results: Preventive use of drugs Lecasil and Quertulin effectively prevents metabolic disorders of the hepatobiliary system: reduced bilirubin levels by 20 and 28%, ALT activity – by 57 and 43% and alkaline phosphatase activity – by 49 and 17%, respectively. The studied drugs also reduced the development of dysbiosis, formed in the colon of rats under conditions of toxic hepatitis: Quertulin reduced the degree of dysbiosis by 32.2%, and Lecasil by 15.6%.

Conclusion: The effectiveness of new domestic drugs in the model of toxic hepatitis in rats is shown. According to the results obtained, the more pronounced hepatoprotective effect is propuced by the dietary supplement of Lecasil, and more significant reduction of the dysbiosis degree in the mucous membrane of the colon of rats with hepatitis – by Quertulin. The application of the studied dietary supplements provides effective hepatoprotective and anti-dysbiosis action in the colon of rats with toxic hepatitis.

Key words: rats, toxic hepatitis, dysbiosis, prevention of diseases of the hepatobiliary system.

References

1. Babak O. Ya. (2008) Medicinal lesions of the liver: questions of theory and practice. *Liky Ukrainy*, 2 (118), p 96-101.
2. Burmak Yu. G., Petrov E. E., Treumova S. I. (2017) Application of bioflavonoids and essential phospholipids in the correction of immune, metabolic and microhemocirculatory changes in patients with comorbid pathology. *Fitotherapiya. Chasopys*, 2, p 4-6.
3. Goryachkovskiy A. M. (2005) *Klinicheskaya biokhimiya v laboratornoy diagnostike-spravochnoe posobie* [Clinical chemistry in laboratory diagnosis - handbook]. Odesa, Ekologiya, p 616.
4. Dem'yanenko S. A. (2010) *Primenenie letcitinovykh gepatoprotektorov v stomatologii* [Application of lecithin hepatoprotectors in dentistry]. Simferopol, Tarpan, p 52.
5. Levitskiy A. P., Dem'yanenko S. A., Tsiselskiy Yu. V. (2011) *Antimikrobnaya funktsiya pecheni* [Antimicrobial liver function]. Odessa, KP OGT, p 101.
6. Levitskiy A. P., Makarenko O. A., Levchenko E. M., Dem'yanenko S. A. (2014) *Bioflavonoidnye gepatoprotektory* [Bioflavonoid hepatoprotectors]. Odessa, KP OGT, p 85.
7. Levitskiy A. P., Stefanov A. V. (2002) *Metody opredeleniya aktivnosti elastazy i eye ingibitorov* [Methods for determination of activity of elastase and its inhibitors]. Kiev, GFC, p 15.
8. Levitskiy A. P., Makarenko O. A., Selivanskaya I. A., Rossachanova L. N., Denga O. V., Pochtar V. N., Skidan K. V., Goncharuk S. V. (2007) *Fermentativnyy metod opredeleniya disbioza polosti rta dlya skrininga pro- i prebiotikov: metodicheskie rekomendat*sii [Enzymatic methods for determination of oral dysbiosis for screening pro- and prebiotics: method guidelines]. Kiev, GFC, p 22.
9. Okovity S. V., Sukhanov D. S., Petrov A. Yu., Gromatsev M. G. (2012) Hepatoprotective agents: Current state of the problem. *Terapevticheskiy arkhiv*, 2, p 62-68.
10. Shcherbinina M. V. (2016) Liver diseases with cholestatic syndrome, gallbladder disease, and ursodeoxycholic acid. New accents. *Suchasna gastroenterologiya*, 2, p 78-86.
11. Gundermann K. J., Kuenker A., Kuntz E., Drozdzik M. (2011) Activity of essential phospholipides (EPL) from soybean in liver diseases. Farmacol. Rep., 63, p 643-659.
12. European convention for the protection of vertebrale animals used for experimental and other scientific purposes (1986), Strasburg.Council of Europe, 123, 51 p.
13. Maalic A., Khan F. A., Muntaz A., Mehmood A. (2014) Pharmacological Application of Quercetin and its Derivates: A short Reviw. Trop. J. Phar. Res, 13(9), p 1561-1566.

ІСТОРІЯ ФАКУЛЬТЕТУ ТА УНІВЕРСИТЕТУ

УДК 378.4 (477.74-21) **doi 10.18524/2077-1746.2019.2(45).185650**

S. G. Kovalenko, Ph.D., assistant professor,
T. V. Vasylyeva[1], Ph.D., assistant professor
O. Yu. Bondarenko, Ph.D., assistant professor
V. V. Nemertsalov[2], Ph.D., assistant professor
Odesa Mechnikov National University, Department of Botany
2, Dvorianska str., Odesa 65082, Ukraine, e-mail: tvas@ukr.net[1]; wism@ukr.net[2]

THE SPECIMENS OF FAMOUS BOTANIST MICHEL GANDOGER IN MSUD HERBARIUM (to the celebration of the year of France in Ukraine)

The thesis described the part of the historical collection of ONU (MSUD) herbarium. Specimens, gathered in the South of France in 1895-1898 by the famous French botanists Michel Gandoger, preserved in the herbarium of E.E. Lindemann were analyzed. There are 332 samples of Gandoger's collection from Rhone and Arnas. The systematical list contains 60 families, 198 genera, 318 species, and 26 forms. In addition, 14 species from 10 families, which were described by Gandoger are presented in MSUD herbarium. His life way and scientific achievements in investigation of the Mediterranean flora were emphasized.

Keywords: herbarium of Odesa National Mechnykov University (MSUD); history of science; Michel Gandoger.

The role of historical herbariums is not only in the study of flora and vegetation, but also in the possibility to study the history of science and biography of scientists. It helps us to imagine the collector, his endeavor, yearning, passion for his deals. These collections are essential in establishing scientific priorities and the correct name of the plant. Significant herbarium collections often allow making the acquaintance with such persons, to see the extensive work, which lies not only for collection but also for attribute the material.

The aim of our investigation was the analysis of herbarium collections of French scientist M. Gandoger presented in MSUD herbarium. The herbarium received the status of a national treasure of Ukraine in 2004. More information about the herbarium (its structure and history) you can find on the website [11]. In honor of the year of France in Ukraine (2019), it was interesting to analyze herbarium collections of one of the famous French botanists of the XIX century, kept in ONU.

The problem of the investigation included systematical analysis of species, kept in MSUD collection, reveal the places of plant collection, and indicate the biographical information about M. Gandoger's life and scientific work.

© Коваленко С. Г., Васильєва Т. В., Бондаренко О. Ю., Немерцалов В. В., 2019

Materials and methods

Materials for investigation were herbarium collections of M. Gandoger, as a part of historical herbarium MSUD "Collection of E. E. Lindemann". E. Lindemann corresponded with many botanists and botanical societies and was engaged in an active herbarium exchange. Due to this fact, his collection is of a particular value. Herbarium specimens were probably obtained from Gandoger in the same way.

We used classical, generally known methods of herbarium collection analysis in the work. Plants on the 332 herbarium' sheets, made by the scientist in 1895-1898 in the south of France were analyzed. Their names and taxonomy are indicated by the nomenclature of those times. The names of settlements are quoted by information from the labels. We also used the biographical materials of scientists and indicated the most important facts from his life in chronological order.

Results and their discussion

Biographical Information. The famous French botanists, mycologist, and doctor – Jean Michel Gandoger – (10.V.1850-4.X.1926) was born in Arnas in the family of wealthy owners of vineyards in Bogole and passed away in Lion (fig.1).

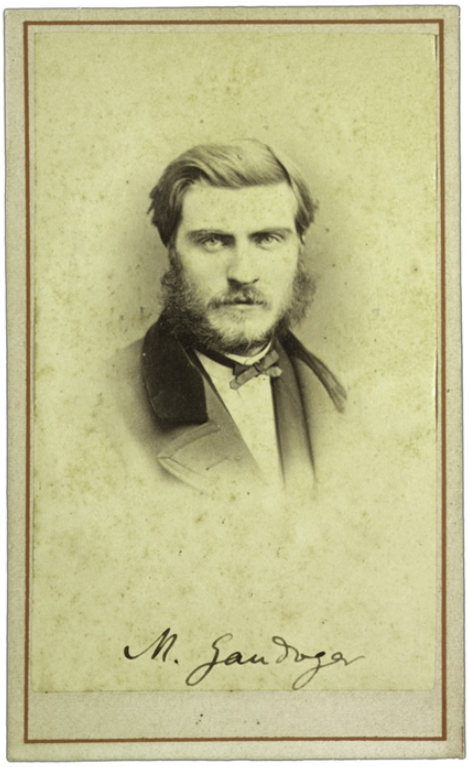


Fig. 1. M. Gandoger, 1876 [3]

M. Gandoger became interested in botany at the age of fifteen. Due to the support of his family (his mother and aunt helped him in this hobby) by the age of twenty he became the owner of an extensive herbarium collection, as well as the author of botanical publications. He was a brilliant autodidact and amator, who willingly learned from contemporaries and predecessors [10]. Gandoger graduated the theological seminary, but as a priest worked only one year in Tizzi-Ouzoce (Algeria) and then returned to Arnas. He devoted his life to studying the Mediterranean flora, especially of Spain, where he made 24 scientific journeys and was considered to be one of the most careful investigators of this region in XIX cent. In 1874 he published materials about South East of the Mediterranean. In 1876 he began to investigate genus *Rosa* and became its famous specialist. Besides Spain, he gathered the herbarium in Greece, Portugal and Algeria. In 1883-1891 he prepared European flora in 27 volumes, then a monograph about family Cruciferae in the world (25000 species, three volumes). Gandoger published a description of 1001 species of plants, which they were not meet before. The list of his principal works was published in "Bulletin" of the French botanical society by padre J. B. Charbonnel in 1927 (v.74. p. 3-11). Besides Magnoliophyta, Gandoger paid attention to ferns and mushrooms. He described and gave the names to many species from different families [6, 8, 9]. The herbarium of world plants he gathered had 800 thousand sheets in 5000 cardboards, which have not survived to our time. The abbot's personal wealth and income allowed him to finance both botanical expeditions and the acquisition of exotic herbarium collections [10].

At his will, the entire herbarium after his death is stored in Lion's botanical garden [6]. Eleven species of plants were named after him in XX century: *Mulinum gandogeri* M. Hiroc. (from 1979 – *M. Gandogerii*), *Anthurium gandogeri* Sodiro (1909), *Hieracium gandogeri* (Zahn.) Zahn., *Sonchus gandogeri* Pit. (1908), *Halimium gandogeri* Janch. (1925), *Carex gandogeri* H.Lev. ex Gand. (1908), *Anthyllis gandogeri* Sagorski (1908), *Brachypodium gandogeri* Hack. ex Gand. (1910), *Nardurus gandogeri* Gredilla (1900), *Poa gandogeri* Fedde (1910), *Leucadendron gandogeri* Schinz. ex Gand. (1918) (Gand. – Gandoger).

Herbarium collection analysis. In the historical herbarium of E. E. Lindemann, there are 332 sheets of his 1895-1898 collection from Rhone and Arnas [2]. The systematical list of plants from Gandogers herbarium, contains 60 families, 198 genera, 318 species, and 26 forms (Table 1).

As we can see, the herbarium includes representatives of two sections: Equsetophyta and Magnoliophyta and three classes: Equsetopsida, Liliopsida, and Magnoliopsida. In the table, the names of the families are given by the taxonomy of the XIX century. To compare the list of species in the herbarium with the modern ideas about their boundaries was not the aim of this work, but it deserves a separate study.

Table 1

Systematical spectrum of plants from Gandoger's herbarium (332 sheets)

N	Family	Quantity of			
		genus	species	forms	h.sh.
1	Equisetaceae	1	2	3	3
2	Aceraceaeae	1	2		2
3	Alismataceae	2	2		2
4	Amaranthaceae	1	1		1
5	Asclepiadaceae	1	1		1
6	Betulaceae	2	2	1	2
7	Boraginaceae	5	9		9
8	Callitrichaceae	1	2		2
9	Campanulaceae	1	2		2
10	Cannabaceae	1	1		1
11	Caprifoliaceae	3	3		3
12	Caryophyllaceae	7	9		9
13	Celastraceae	1	1		1
14	Chenopodiaceae	2	6		6
15	Compositae	30	52		52
16	Convolvulaceae	2	2	1	3
17	Cornaceae	1	1		1
18	Cuscutaceae	1	1		1
19	Crassulaceae	1	1		1
20	Cruciferae	9	10	1	10
21	Cucurbitaceae	1	1		1
22	Dipsacaceae	3	5		5
23	Ericaceae	1	1		1
24	Euphorbiaceae	2	8		8
25	Fagaceae	1	1		1
26	Gentianaceae	1	1		1
27	Geraniaceae	1	5		5
28	Gramineae	12	21	1	21
29	Guttiferae	1	2	1	2
30	Hydrocharitaceae	1	1		1
31	Iridaceae	1	1		1
32	Labiatae	14	22	5	24
33	Leguminosae	14	31		33
34	Lentibulariaceae	1	1		1

Tables continued

35	Liliaceae	4	5	1	5
36	Lythraceae	1	1		1
37	Limoniaceae	1	1		1
38	Malvaceae	2	4		4
39	Moraceae	1	1	1	1
40	Oleaceae	2	6		6
41	Onagraceae	1	2		1
42	Plantaginaceae	1	4	1	5
43	Polygalaceae	1	1		1
44	Polygonaceae	2	7	4	10
45	Potamogetonaceae	1	1	1	1
46	Primulaceae	3	3		2
47	Ranunculaceae	5	11	3	13
48	Rhamnaceae	1	2		2
49	Rosaceae	5	8		8
50	Rubiaceae	2	6		6
51	Salicaceae	2	6	1	6
52	Saxifragaceae	1	1		1
53	Scrophulariaceae	4	10	1	10
54	Solanaceae	1	1		1
55	Tiliaceae	1	1		1
56	Ulmaceae	1	1		1
57	Umbelliferae	14	17		17
58	Urticaceae	1	1		1
59	Valerianaceae	1	1		1
60	Violaceae	1	1		1

Note: h.sh. – herbarium sheets

The richest by the number of species and genera are families Compositae (Asteraceae) (30 g. 52 sp.), Leguminosae (Fabaceae) (14 g. 31 sp.), Labiatae (Lamiaceae) (14 g. 22 sp.), Umbelliferae (Apiaceae) (14 g. 17 sp.), Gramineae (Poaceae) (12 g. 21 sp.), Ranunculaceae (5 g. 11 sp.), Cruciferae (Brassicaceae) (9 g. 10 sp.), Scrophulariaceae (4 g. 10 sp.), Caryophyllaceae (7 g. 9 sp.), Boraginaceae (5 g. 9 sp.). There are nine families, each of which is represented by two species, and seven of them have just one genus. The number of families, which are represented by one species, is 26. From 198 genera, the richest by the number of species are *Centaurea* (9), *Trifolium* (8), *Euphorbia* (7), *Ranunculus*, and *Veronica* (6). Five species represent seven genera, (*Chenopodium, Fraxinus, Galium, Geranium, Hieracium, Medicago, Rumex*). Five genera (*Bromus, Mentha, Myosotis, Plantago, Vicia*) are represented by 4, and seven genera (*Glyceria*, *Lamium, Lotus, Malva, Poa, Potentilla, Vicia*) are represented by three species only. There are 31 genera represented by two species and 89 - by one species only. Twenty-six plant forms in the collection were relevant at that time, but not today.

The significant genera belong to different families. For example, in family Euphorbiaceae, there is just one genus, but family Compositae is the richest one in genera and species: *Centaurea* (9 species), *Hieracium* (5 species) and nine genera with two species. In family Leguminosae, there is one genus with eight species - *Trifolium,* one genus with five species – *Medicago,* two genera with three species - *Lotus* and *Vicia,* two genera with two species – *Genista* and *Lathyrus.* In family Labiatae – 4 species belong to genus *Mentha*, three species – *Lamium*, two species – *Origanum.*

In the book «Plantarum Novarum praesertim ad Flora Europe stectautes» [5], there are 99 species of plants, which received their names due to Gandoger's accurate scientific description. There are 14 species of plants from 10 families named by him in MSUD herbarium. They are: *Artemisia arvensis* Gdgr., *Batrachium arnassense* Gdgr., *Caltha arnasensis* Gdgr., *Centaurea lineata* Gdgr., *Erysimum arnasense* Gdgr., *Euphorbia vallis* Gdgr., *Galium Botirayanum* Gdgr., *Glechoma sepium* Gdgr., *Lamium muroreum* Gdgr., *Mentha asperifolia* Gdgr., *Potentilla nivalis* Gdgr., *Pulmonaria nemoricula* Gdgr., *Ranunculus idionanthus* Gdgr., *Senecio arnassensis* Gdgr. Four of those species received their names in honor of M. Gandoger's native town [4, fig.2-4]. In MSUD herbarium collection there are also samples of *Mentha sativa* L. var. *taste* Link., described by him as *Mentha hydrogenous* Gdgr. The study of these sheets is important because they are autotypes, and can serve as types (holotypus or lectotypes) [1].

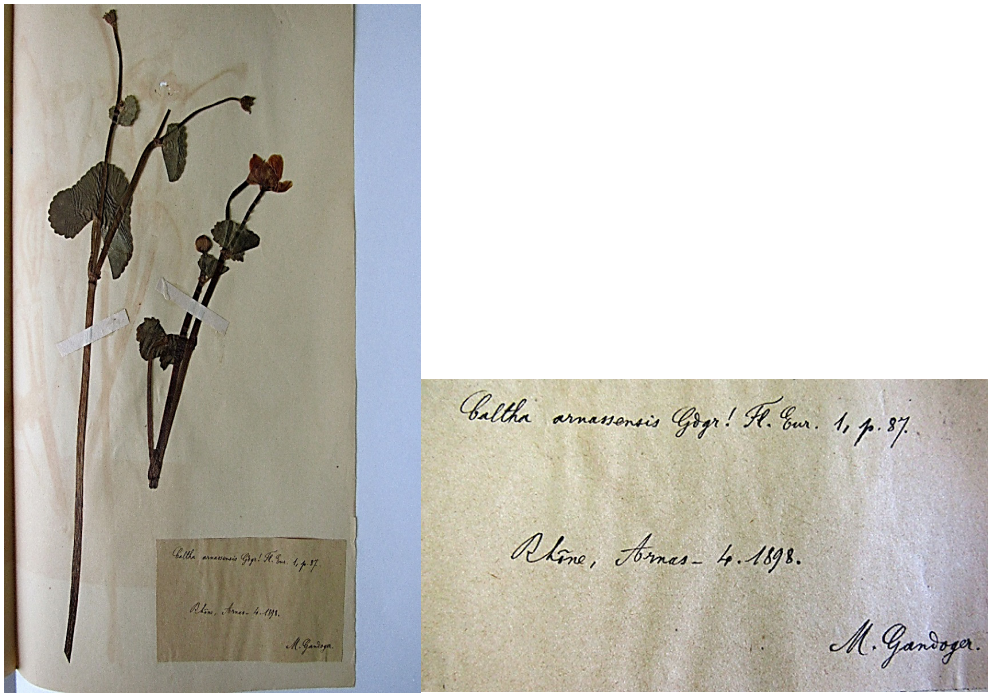


Fig.2. Herbarium sheet and label of Caltha arnassensis Gdgr., collected on Rhone, 1898

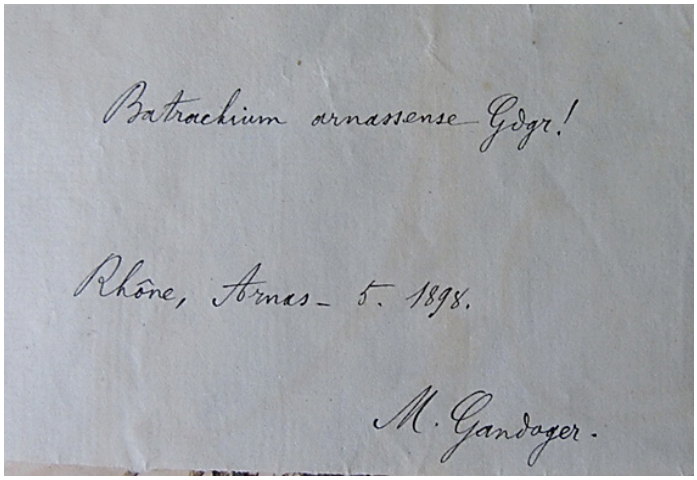


Fig.3. Label of Batrachium arnassense Grdgr., collected on Rhone, 1898

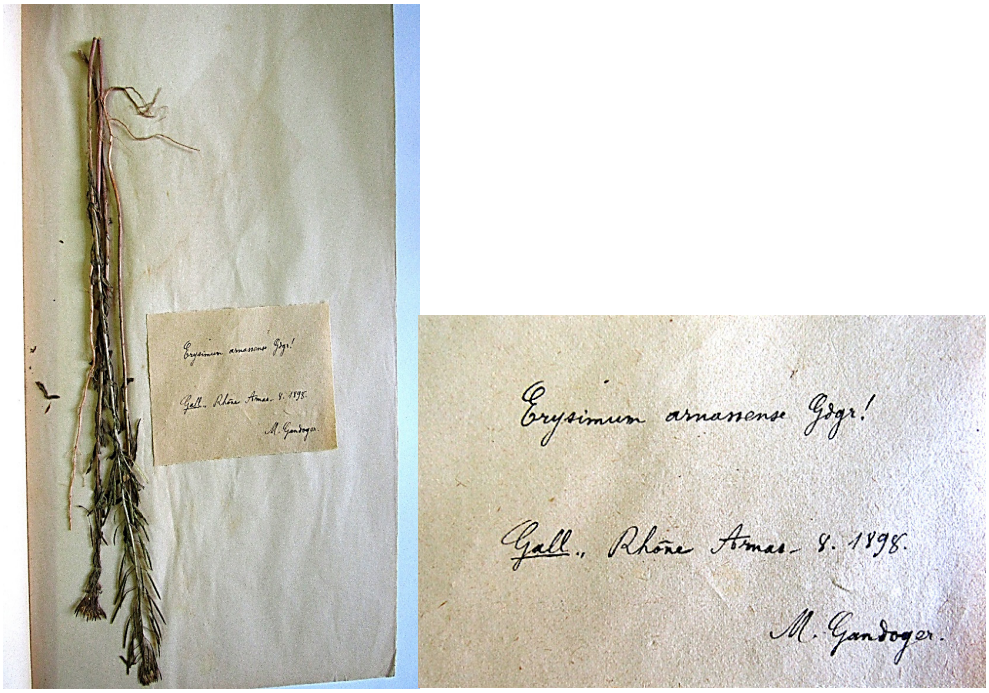


Fig. 4. Herbarium sheet and label of Erysimum arnassense Gdgr. from Rhone, 1898

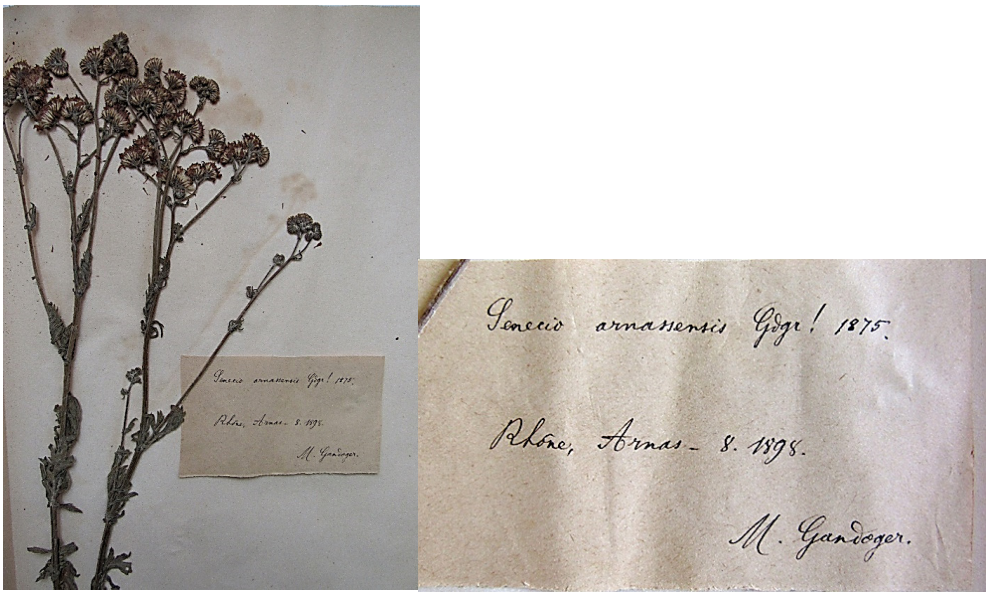


Fig. 5. Herbarium sheet and label of Senecio arnassense Gdgr., described for science in 1875, collected in 1898

It is necessary to indicate that in the modern International Plants Names Index (IPNI) the surname of Gandoger in denominations of taxon is written as Gand. Now there are 2325 names published as Gand. The most of the species names, indicated on the labels of this collection, are absent in IPNI [9]. They have other synonyms today.

Conclusion

In this way, the future investigation of herbarium samples of MSUD collected by M. Gandoger on the South East of France at the end of XIX takes a possibility to study the Mediterranean flora, climate, and environmental conditions' changes. In our work, we tried to describe the value of M. Gandoger in studying plant species, and show his significant role in its investigation. The study of the collection revealed 14 herbarium sheets, which are autotypes.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2019

Список використаної літератури

1. Алексеев Е. Б. Ботаническая номенклатура / Е. Б. Алексеев, И. А. Губанов, В. Н. Тихомиров. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 168 с.
2. Скарби гербарію ОНУ (MSUD). Гербарна колекція Е. Е. Ліндеманна / уклад.: С. Г. Коваленко, О. Ю. Бондаренко, Т. В. Васильєва, В. В. Немерцалов. – Одеса : Освіта України, 2017. – 776 с.
3. Biblioteca dell' Orto botanico, Università di Padova, Italia – URL: https://archive.org/details/M-Gandoger-recto-PHAIDRA_o_1773
4. *Gandoger Michaele*. Decades plantarum novarum praesertim ad floram europae spectantes. Deuxième partie publiée dans le Bulletin de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales, 22: 416-459. URL: https://archive.org/details/mobot31753003743520
5. *Gandoger Michaele*. Flora Cretica. URL: https://archive.org/details/mobot31753000530409
6. *Gandoger Michaele*. Flore Lyonnaise et des departaments du sud-ext comprenant l'analyse des plantes spontanées et des plantes cultivées comme industrielles ou ornementales. Paris, Lyon, 1875. 322 s. URL: https://archive.org/details/florelyonnaiseet00gand
7. *Gandoger Michaele*. Monograpia. Rosarum Europaea et Orientis. URL: https://archive.org/details/monographiarosar04 gand/page/n5
8. *Gandoger Michaele.* Novus conspectus Florae Europae. Sive enumeratio systematica Plantarum omniutn in Europa hucusque sponte cognitarum. Paris, 1910. 542 s. URL: https://archive.org/details/novusconspectusf00gand/page/n5
9. IPNI. URL: https://www.ipni.org/a/3009-1; https://www.ipni.org/?q=author%20std%3AGand.
10. L'abbé J.-B. Charbonnel (1927) L'abbé Michel Gandoger, Bulletin de la Société Botanique de France, 74:1, 3-11, DOI: 10.1080/00378941.1927.10833641 https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00378941.1927.10833641?needAccess=true
11. Publications with mention of Herbarium collections of Odessa I.I Mechnikov National University (MSUD) URL: http://onu.edu.ua/en/structure/faculty/bio/herbarium-national-heritage/publications-with-mention-of-herbarium-collections-f-odessa-i-i-mechnikov-national-university-msud

С. Г. Коваленко, Т. В. Васильєва[1], О. Ю. Бондаренко, В. В. Немерцалов[2]
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра ботаніки
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна, e-mail: tvas@ukr.net[1]; wism@ukr.net[2]

КОЛЕКЦІЯ ВІДОМОГО БОТАНІКА МІШЕЛЯ ГАНДОЖЕ У ГЕРБАРІЇ MSUD (до святкування року Франції в Україні)

Метою досліджень був аналіз гербарних зборів французького вченого Мішеля Гандоже - відомого ботаніка XIX ст., які зберігаються в історичному гербарії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (MSUD), що включено до переліку об'єктів, які становлять Національне надбання України.
У завдання досліджень входило: провести систематичний аналіз видів, представлених в колекції, виявити місця збору рослин, оприлюднити біографічні відомості щодо життя та наукової діяльності М. Гандоже.
Матеріалом для дослідження були гербарні збори М. Гандоже 1895-1898 рр. з півдня Франції, які є частиною іменної колекції Е.Е. Ліндеманна.
Таксономічну належність рослин наведено за номенклатурою того часу, назви населених пунктів цитуються згідно інформації, що представлена на етикетках. Використовували класичні загальновідомі методи аналізу гербарних колекцій.
Результати. Мішель Гандоже присвятив своє життя вивченню флори Середземномор'я, особливо Іспанії, куди він здійснив 24 наукові подорожі, був одним з перших описувачів флори Іберії. Крім Іспанії, він збирав гербарій у Греції, Португалії, Алжирі. У 1883-1891 рр. підготував європейську флору у 27 томах. Зібраний ним гербарій рослин світу нараховує 800 тисяч аркушів.
Висновок. В історичному гербарії Е. Е. Ліндеманна представлено 332 аркуші зборів М. Гандоже з узбережжя Рони (Rhone) та з Арні, Систематичний склад рослин зазначеної колекції включає 318 видів та 26 форм з 198 родів та 60 родин. 14 гербарних аркушів є автотипами.
Ключові слова: гербарій Одеського національного університету імені І.І. Мечникова (MSUD), історія науки, Мішель Гандоже.

References

1. Alekseev E. B., Gubanov I. A., Tikhomirov V. N. (1989) Botanical nomenclature [Botanicheskaya nomenklatura], M.: Izd-vo MGU, 168 s.
2. Herbarium' collection by E.E. Lindemann (2017) [Herbarna Kolektsiia E. E. Lindemanna] Uklad.: S.G. Kovalenko, O.Yu. Bondarenko, T.V. Vasylyeva, V.V. Nemertsalov, Odesa : Osvita Ukrainy, 776 S.
3. Library of the Botanical Garden, University of Padua, Italy– URL: https://archive.org/details/M-Gandoger-recto-PHAIDRA_o_1773
4. Gandoger Michael. The ten new plants, especially at the flower European agendas. Second part, published in the Bulletin of the agricultural, scientific and literary Society of Pyrenees-Orientales, 22: 416-459. URL: https://archive.org/details/mobot31753003743520
5. Gandoger Michael. Flora Cretica URL: https://archive.org/details/mobot31753000530409
6. Gandoger Michaele. Flore Lyonnaise and south-ext departments including the analysis of spontaneous plants and plants grown as industrial or ornamental. Paris, Lyon, 1875. 322 s. URL: https://archive.org/details/florelyonnaiseet00gand

7. Gandoger Michaele. Monograpia. Rosarum Europaea and Orientis. URL: https://archive.org/details/monographiarosar04 gand/page/n5
8. Gandoger Michael. The new look of the European flora. Systematic OR RELATING omniutn Plants in Europe will hitherto been recognized. Paris, 1910. 542 s. URL: https://archive.org/details/novusconspectusf00gand/page/n5
9. IPNI. URL: https://www.ipni.org/a/3009-1; https://www.ipni.org/?q=author%20std%3AGand.
10. Abbot J.-B. Charbonnel (1927) Abbot Michel Gandoger, Bulletin of the Botanical Society of France, 74: 1, 3-11, DOI: 10.1080/00378941.1927.10833641 https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00378941.1927.10833641?needAccess=true
11. Publications with mention of Herbarium collections of Odessa I.I Mechnikov National University (MSUD) URL: http://onu.edu.ua/en/structure/faculty/bio/herbarium-national-heritage/publications-with-mention-of-herbarium-collections-f-odessa-i-i-mechnikov-national-university-msud.

З'ЇЗДИ ТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Біологічна секція "The Importance of G. Gamow's Ideas for Biology of the 21st Century" у 6-ій Гамовській Міжнародній конференції, що проходила в серпні 2019 року в ОНУ імені І. І. Мечникова, присвячена 115-річному ювілею Г. А. Гамова

Кафедрою генетики і молекулярної біології біологічного факультету ОНУ імені І. І. Мечникова у цьому році вперше організовано біологічну секцію у 6-ій Гамовській міжнародній конференції "New Trends in Astrophysics, Cosmology and Radioastronomy after Gamow", яка проходила спільно з 19-ою Гамовською літньою школою «Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology, Gravitation, Cosmomicrophysics, Radioastronomy and Astrobiology» 11-18 серпня в Одесі. Астрофізичні конференції щорічно проводяться астрофізиками ОНУ. Біологічна секція під назвою "The Importance of G. Gamow's Ideas for Biology of the 21st Century" мала засідання 12.08.2019 та була присвячена 115-річному ювілею Г. А. Гамова.

Георгій Антонович Гамов відомий фізик-теоретик та астрофізик, який народився в Одесі 4 березня 1904 року та навчався у Новоросійському університеті в 1921 році на математичному відділенні фізико-математичного факультету. Він зробив значний вклад в становлення молекулярної біології, вперше поставив проблему генетичного коду. Після відкриття та опублікування моделі дволанцюгової спіралі ДНК Дж. Уотсоном і Ф. Криком. Г. А. Гамов зрозумів, що структура білків в клітини, які складаються із 20 основних амінокислот, повинна бути зашифрована в послідовності з чотирьох нуклеотидів, що входять до складу молекули ДНК. За допомогою арифметичних розрахунків Г. А. Гамов показав, що при поєднанні 4 нуклеотидів трійками складаються 64 різні комбінації, чого цілком достатньо для «запису спадкової інформації».

Серед доповідачів пленарної частини біологічної секції були професор Е. П. Фішер (Гейдельбергський університет, Німеччина) – вчений, що займається історією науки та написав більше 60 книг, серед яких біографія Нобелівського лауреата Макса Дельбрюка. Г. А. Гамов був наставником Макса Дельбрюка в 1931-1932 роках в Копенгагені, де вчені не тільки дискутували, а й здійснювали розрахунки задля вирішення питань з теоретичної фізики – з'ясування структури атомного ядра, визначення енергії нейтронів і електронів, α-розпаду та γ-радіації.

На секції виступили з пленарними доповідями старший науковий співробітник Інституту молекулярної біології і генетики НАН, лауреат стипендії Президента для молодих науковців, к.б.н. О. В. Савицький (м. Київ, Україна), член-кореспондент НААН, д.б.н. С. В. Чеботар – завідувач кафедри генетики та молекулярної біології ОНУ імені Мечникова, провідний науковий співробітник Інституту мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН, д.б.н. О. М. Громозова (м. Київ, Україна). Активну участь в обговоренні доповідей

брали к.х.н. В.В. Сімірський керівник УП «Госпрозрахзункового дослідного виробництва Інституту біоорганічної хімії Національної академії наук Білорусі» (м. Мінськ, Білорусь), д.с.-г.н. Н. А. Мулюкіна – заступник директора з наукової роботи Національного наукового центру «Інституту виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова», науковий співробітник Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення – О. М. Благодарова

В роботі секції прийняли участь понад 40 науковців з трьох країн: Україна, Німеччина, Білорусь, серед яких було багато молодих талановитих вчених. На секції було заслухано та обговорено 10 наукових доповідей, за результатами досліджень виконаних в 13 провідних наукових установах України, Білорусі, Німеччини, Австрії.

УДК 577.217.32

Савицький О. В.
Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ, Україна,
e-mail: savytskyi@moldyngrid.org

ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ОБЧИСЛЕННЯ В БІОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Просторова організація та конформаційні властивості молекул біополімерів лежать в основі практично всіх біологічних процесів. У зв'язку з цим, вирішення багатьох біологічних задач пов'язано саме з необхідністю вивчення тривимірної структури протеїнів і нуклеїнових кислот, а проблема їх просторової організації – є актуальною для молекулярної біології, біофізики, фармакології та медицини. З появою комп'ютерної техніки встановлено більш ніж сто тисяч тривимірних структур протеїнів та їх комплексів, які депоновано у базі даних Protein Data Bank (PDB, http://www.rcsb.org/). Однак координати молекул, отримані методом рентгеноструктурного аналізу, є статичними, а їх конформаційні властивості, за наявності фізіологічних умов розчинника, можуть суттєво відрізнятись. Одним із перспективних методів при експериментальних дослідженнях структури молекули в нативному стані є спектроскопія ЯМР (ядерного магнітного резонансу). У випадках, коли експериментальні дані просторової організації досліджуваного протеїну або його структурного комплексу з субстратами відсутні, ефективною альтернативою є методи комп'ютерної структурної біології. Дані методи ще називають комп'ютерним експериментом або експериментом *in silico* [1].

Розглянуто сучасні практичні підходи високопродуктивних обчислень у прикладних біологічних дослідженнях [2-5].

References

1. Савицький О. В. / Комп'ютерне моделювання молекулярної динаміки *H. sapiens* тирозил-тРНК синтетази та її мутантних форм // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук, − Київ, 2017. − С. 146.
2. Kravchuk V. O., Savytskyi O. V., Odynets K. O., Mykuliak V. V. and Kornelyuk A. I. Computational modeling and molecular dynamics simulations of mammalian cytoplasmic tyrosyl-tRNA synthetase and its complexes with substrates // *J Biomol Struct Dyn.* − 2017. − V. 35, N 13. − P. 2772-2788.
3. Savytskyi O. V, Kornelyuk A. I. Computational modeling of molecular dynamics of G41R mutant form of human tyrosyl-tRNA synthetase, associated with Charcot-Marie-Tooth neuropathy // *Ukr Biochem J.* − 2015. − V. 87, N 6. − P. 142-53.
4. Savytskyi O. V., Yesylevskyy S. O. and Kornelyuk A. I. Asymmetric structure and domain binding interfaces of human tyrosyl-tRNA synthetase studied by molecular dynamics simulations // *J Mol Recognit.* − 2013. − V. 26, N 2. − P. 113-20.
5. Savytskyi O. V., Sliusar I. A., Yesylevskyy S. O., Stirenko S. G. and Kornelyuk A. I. Integrated tools for molecular dynamics simulation data analysis in the MolDynGrid virtual laboratory. // *Proceedings of the 6-th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2011.* − 2011. − V. 1, − P. 209-211.

УДК 577.2

Fischer E. P.
University of Heidelberg, Heidelberg, Germany, e-mail: epfischer@t-online.de

"MOLECULAR BIOLOGY" − A CREATION OF PHYSICISTS WITH THE HELP OF GEORGE GAMOW

The term "molecular biology" came into use in 1938 when the Rockefeller Foundation supported research activity that was originally called "mathematical biology" to create an exact science of life. Molecular biology became mainstream when it was discovered that one can study genetics with bacteria and their viruses called phages. In 1944 the physicist and Nobel laureate Erwin Schrödinger published his lectures about the question "What is life?" and he suggested that the most important topic were the action of genes that were composed of atoms as was then discovered for the first time. Schrödinger wondered how life managed to escape the second law of thermodynamics with its increasing entropy and he suggested to understand genes as a code script that would supply life with the information it needed to maintain its order. In the following years the nature of genes was shown to consist of DNA (and its double helix) with the genetic information encoded in a sequence of bases in its center. After 1953 it became clear that there had to be a (genetic) code that allows the genes to create the proteins that are responsible for all the chemical reactions going on in a living cell, and at the point Georg Gamow entered the scene with wonderful ideas laid out in many letters to Francis Crick and James Watson that kept the dis-

cussion among scientists going. Eventually the interest of molecular biologists concentrated on a molecule called RNA and Gamow founded an organization called the RNA Tie Club, in order to solve the riddle of the RNA structure and to understand how it builds proteins. Gamow even started an RNA Tie Club letter bearing the slogan "Do or die, or don´t try". Each member of the Club was assigned an amino acid and Gamow chose Alanine for himself signing the letters with "Ala". It took some heroic efforts to fully understand the genetic code and biologist needed till the 1960s to establish it eventually learning that the key to the code was the natural occurrence of amino acids as Gamow had suspected from his first involvement on in 1953. The molecular biologists of this period loved Gamow as a colorful personality always ready for practical jokes. The presentation will describe how molecular biology was made by physicists and wonder what that means for the current understanding of life.

УДК 577.2:631[633.111:664.64.016.8]

Chebotar S. V.[1, 2]
[1]Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine,
e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua
[2] Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa, Ukraine

APPLICATION OF RESULTS OF SEQUENCING OF THE WHEAT GENOME TO BREEDING PROGRAMS (PERSPECTIVES AND DIFFICULTIES)

During the last decades huge efforts have been made by wheat scientific community to produce a high quality reference sequence of wheat genome cv. Chinese Spring [1, 2]. This work had improved our knowledge about genome organization *Triticum aestivum* L., distribution of gene sequences along chromosomes, presence of different families of repetitive and transposon elements, uneven distribution of recombination events, high proportion of nonsyntenic and duplicated genes, existence of chromosomal domains enriched with co-expressed genes. Chapman et al. [3] provided an additional draft whole genome assembly of a synthetic hexaploid wheat. At the project of IPK whole genome assembly and annotation (a close to reference quality) of Germany winter wheat cultivar 'Julius' have been developed, that contribute to better understanding of haplotype diversity and the extent of structural variation in bread wheat [4].

Development of the screening technology 135K array that is based on a new set of SNP markers that have been identified through sequence capture of the wheat Exome and 20K array ideally suited for screening of wheat lines (in genomic selection scheme) by TraitGenetics (www.traitgenetics.com) – are very effective tool for wheat breeding. That permits to develop genomic selection methodology and apply

genome-wide markers with considered random effects on phenotype with the aim to generate transgressive wheat lines.

But even in time when using such effective molecular genetic tools and approaches, wheat breeding lines that have been developed by introgressive hybridization with relative species with the aim to introduce new resistance genes to biotic and abiotic stress are 'exotic' material which is difficult to characterize correct by molecular markers. These difficulties observe due to chromosome rearrangement that had induced by introgressive hybridization with species that are carriers homeological chromosomes and among which can occur different type of translocation and apparent spontaneous transfer of chromatin between chromosomes of three A, B and D subgenome. Also for introgressive lines there can be increasing level of chasmogamy due to incorporation to wheat genome chromosomes or their parts from species with chasmogamy reproductive mechanism, for example, like *Secale cereale L*.

References

1. International Wheat Genome Sequencing Consortium (2014) «*A Chromosome-based draft sequence of the hexaploid bread wheat (Triticum aestivum) genome»,* Science, 345: 1251788. doi: 10.1126/science.1251788
2. Paux E. (2017) *«How can genome organization impact wheat breeding (and vice versa)?»,* Proceedings 13th International Wheat Genetics Symposium (April 23-28, 2017 Tulln, Austria) − P. 44.
3. Chapman J. A., Mascher M., Buluc A., et al. (2015) *«A whole-genome shotgun approach for assembling and anchoring the hexaploid bread wheat genome»*, Genome Biol., 16:26. doi: 10.1186/s13059-015-0582-8
4. Padmarasu S., Mascher M., Himmelbach A., Mayer K. F. X., Scholz U., Stein N. (2017) *«Whole genome shotgun sequencing and de novo assembly of the German wheat cultivar 'Julius' using NRGene DeNovoMAGIC2.0TM assembly»,* Proceedings 13th International Wheat Genetics Symposium (April 23-28, 2017 Tulln, Austria) − P. 185.

УДК 633.11:631.523:575.116.4

Blagodarova E. M.
Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa, Ukraine, e-mail: Blagodarova2017@gmail.com

THE STORAGE PROTEINS ALLELES AS MARKERS OF BREADMAKING QUALITY, IT'S POLYMORPHISM AND DIVERSITY

The storage proteins are exist in grain endosperm of all cereals and are dedicated for growing germ feeding. They are good investigated. At first, structure and biochemical properties, polymorphism, then it's relationship with human useful attributes, and, at last, genetical control. There are two points of view to storage protein's alleles as a markers of wheat organism properties ("to be or not to be") as well as there are two markers concepts (wide and narrow). Narrow concept is that marker

of property may be only this property gene allele. In narrow view storage proteins alleles are markers of bread-making quality, because they are the main material that formes structure of bread. The wide concept supposed that allele of one genetic sign can mark some genetic caused level of other sign. The problem is when we deal with the signs coding by several loci, as many very important cereal varieties properties are. Adaptability and harvest level, frost and deseases resistance – can we investigate these sign markers, or it is a wrong in theory.

To take the answer we are went in two ways. At first, the variability in wheat storage proteins loci alleles content was studied in different selection centres with different climatic zones in Ukraine. And we have take a result that zones has differences in these allele composition, that is consistent with information about connection of allele presence and its influence to some wheat cultivar's properties in general. Then we have analyses more than 4 thousands progenies from two crosses for its storage protein's alleles composition as well as harvest level, frost resistance and bread-making quality. We have received many statistically verified results about markering some sign's levels with protein's alleles, breadmaking quality most of all. Than we have composed ideal allele formula for our zone and chose the best line from 50 ones with it. This line become a variety called Panna, the first theoretical variety, created it theoretical department, it was better than standart in all aspects, it was included in Ukrainian wheat varieties Register, and it was extra-quality variety.

References

1. Благодарова О. М. Геногеографія алелів гліадин- і глютенинкодуючих локусів українських сортів озимої м'якої пшениці і їх зв'язок з агрономічними ознаками / О. М. Благодарова, М. А. Литвиненко, Е. А. Голуб // Зб. наук. праць СГІ−НАЦ НАІС. – Одеса, 2004. − Вип. 6(46), ч. 2. − С. 179−193.
2. Попереля Ф. О. Генетика якості зерна перших генотипів надсильної пшениці України / Ф. О. Попереля, О. М. Благодарова // Цитология и генетика. − 1998. − Т. 32, № 6. – С. 11−19.

УДК 530.145.1

Cherkas S. L.[1], Kalashnikov V. L. [2]
[1]Institute for Nuclear Problems, Belarus State University, Minsk, Belarus,
e-mail: cherkas@inp.bsu.by
[2]Institute of Photonics, Vienna University of Technology, Vienna, Austria

COSMOLOGICAL SINGULARITY AS AN INFORMATIONAL SEED FOR EVERYTHING

G. Gamov is always interested in informational aspects of biological systems and their connection with cosmology. Here it is considered, how to place some amount of matter into the cosmological singularity and to encode its state. Two different approaches are suggested, which give the same result. The expression for the spectral

energy density of the scalar particles, which is initially encoded at the singularity, is deduced. An informational aspect of the problem is discussed. As a result, we have demonstrated that the momentum wave packet could be well-defined at the cosmological singularity so that: 1) some amount of matter could be «placed» at the singularity, and, thereby, 2) some information could be encoded into it. It is not a creation of the particles from vacuum, because a vacuum does not exist before the field oscillators begin to oscillate. Creation of particles from the vacuum is widely considered at 1960th. However, the amount of matter occurs to be very low for the power law expansion including the linear expansion in cosmic time. From the other hand, a vacuum could be defined only after the moment when the field oscillators begin to oscillate, that is relatively far from the singularity. In contrast, in the approach considered it seems evident that one could place any amount of matter and information into the singularity.

We have considered only an illustrative example with the simple formulas. However, it could be a prototype of how really information about Everything could be stored at the singularity [1].

References

1. Cherkas S. L., Kalashnikov V. L. Cosmological singularity as an informational seed for Everything (electronic resource) // arXiv: 1905.06790 [phys-gen]. Available at: https://arxiv.org/abs/1905.06790. [Accessed 11 May 2019].

УДК 577.113.5 + 582.76.77

Ishchenko O. O., Volkov R. A.
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine,
e-mail: r.volkov@chnu.edu.ua

APPLICATION OF 5S rDNA FOR PHYLOGENY RECONSTRUCTION IN *ACER* AND *DIPTERONIA*

The genus *Acer* is one of the biggest ones in the family Sapindaceae. The taxonomic history of the genus is complicated involving numerous rearrangements of species into different sections or even in separate genera. One of the most surprising recent findings is that the related small genus *Dipteronia* (2 species) should be placed into *Acer* [1], although these two genera clearly differs morphologically.

The phylogeny of genus *Acer* still remains poorly studied at the molecular level. The 5S rDNA represents a useful tool for molecular taxonomy [2]. However, the molecular organization of this genomic region remains insufficiently studied for representatives of the genera *Acer* and *Dipteronia*. Therefore, we cloned and sequenced the 5S rDNA intergenetic spacer region (IGS) of six species of genus *Acer* (*A. campestre, A. cissifolium, A. morofolium, A. negundo, A. platanoides, A. pseudoplatanus*) and one species of *Dipteronia* (*D. sinensis*).

Our data show that the IGS of *Acer/Dipteronia* contain sequence motives, which are similar to that ones, involved in 5S rDNA transcription regulation in species representing other families of angiosperms [3]. These motives include putative "TATA"-box, GC and C elements, which are necessary for transcription initiation, as well as "Oligo-T region" required for termination.

Among the species studied the highest level of IGS similarity – 96.7% – was found between *A. campestre* and *A. platanoides* (section *Platanoidea*) whereas the lowest level – 50.2% – was observed between *A. negundo* (sect. *Negundo*) and *A. pseudoplatanus* (sect. *Acer*). The sequence similarity between *D. sinensis* and species of *Acer* ranges from 64.5 (*A. morofolium*) to 91.4% (*A. cissifolium*). On the phylogenetic ML-dendrogram *D. sinensis, A. cissifolium* and *A. negundo* were combined in the same clade with the boot-strap support of 73. Hence, our novel data strongly support the proposition that the species of *Dipteronia* should be replaced into genus *Acer* in spite of morphological difference.

References

1. Harris A. J. The utility of single-copy nuclear genes for phylogenetic resolution of *Acer* and *Dipteronia* (Acereae, Sapindaceae) / A. J. Harris, E. Frawley, J. Wen // Ann. Bot. Fennic. – 2017. − Vol. 54. − P. 209−222.
2. Volkov R. A. Molecular evolution of 5S rDNA of *Solanum* species (sect. *Petota*): application for molecular phylogeny and breeding / R. A. Volkov, C. Zanke, I. I. Panchuk, V. Hemleben // Theor. Appl. Genet. – 2001. − Vol. 103, No 8. − P. 1273−1282.
3. Douet J. Transcription of the 5S rRNA heterochromatic genes is epigenetically controlled in *Arabidopsis thaliana* and *Xenopus laevis* / J. Douet, S. Tourmente // Heredity. − 2007. − Vol. 99. − P. 5−13.

УДК 577.113.5 + 582.632

Tynkevich Y. O., Gerasymchuk I. V., Volkov R. A.
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine,
e-mail: r.volkov@chnu.edu.ua

5S RIBOSOMAL DNA OF DISTANTLY RELATED *QUERCUS* SPECIES: MOLECULAR ORGANIZATION AND TAXONOMIC APPLICATION

The genus *Quercus* (oak) is a widespread and economically important genus of tree plants. The intrageneric taxonomy of this group remains controversial due to widely distributed interspecific hybridization and convergent similarity of morphological traits. Further progress in this problem requires application of molecular methods. Still, cpDNA-based markers were mainly used in taxonomic studies of *Quercus*. However, considering the role of reticular evolution in oaks phylogeny [1], wider use of nuclear markers appears to be desirable.

Taking into account that the comparison of 5S rDNA was successfully used in the molecular taxonomy of plants [2], we cloned and sequenced this genomic region for representatives of three taxonomically distant *Quercus* species: *Q. acutissima* (sect. *Cerris*) and *Q. glauca* (sect. *Cyclobalanopsis*) from East Asia and *Q. texana* (sect. *Lobatae*) from North America. We also identified 5S rDNA in the genome sequences available in the Genbank database for North American species *Q. lobata* (sect. *Quercus*) and for the related genus *Castanea*. The novel sequences were aligned with the previously published 5S rDNA sequences of western Eurasian representatives of sections *Quercus*, *Cerris* and *Illex.*

It was shown that the 5S rDNA repeated units demonstrate a high level of intragenomic sequence similarity in representatives of genus *Quercus*. At the same time, numerous nucleotide substitutions and indels were found by comparison of intergenic spacers (IGS) of different species. In *Quercus,* the potential external elements of the 5S rDNA promoter differ from those in other families of dicotyledonous plants [3]. The results of the comparative sequence analysis of the 5S rDNA IGS support the existing taxonomy of the genus and indicate the isolated position of sect. *Cyclobalanopsis*, which can be considered as a separate subgenus.

References

1. Simeone M. C. Plastome data reveal multiple geographic origins of *Quercus* group *Ilex* / M. C. Simeone, G. W. Grimm, A. Papini, F. Vessella, S. Cardoni, E. Tordoni, R. Piredda, A. Franc, T. Denk, // PeerJ. – 2016. − Vol. 4. e1897. doi: 10.7717/peerj.1897.
2. Volkov R. A. Molecular evolution of 5S rDNA of *Solanum* species (sect. *Petota*): application for molecular phylogeny and breeding / R. A. Volkov, C. Zanke, I. I. Panchuk, V. Hemleben // Theor. Appl. Genet. – 2001. − Vol. 103, No 8. − P. 1273−1282.
3. Douet, J. Transcription of the 5S rRNA heterochromatic genes is epigenetically controlled in *Arabidopsis thaliana* and *Xenopus laevis* / J. Douet, S. Tourmente // Heredity. – 2007. − Vol. 99. − P. 5−13.

УДК 577.21:616.6

Sirokha D.[1,2], Gorodna O.[2], Livshits H.[2], Kozyrieva K.[1,2], Livshits L.[2]
[1] Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv, Ukraine,
e-mail: di.siroka@gmail.com
[2] Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

NOVEL MUTATIONS IDENTIFIED AFTER WES AND PREDICTED ENCODED PROTEINS ALTERATIONS IN PATIENTS WITH DSD

Disorders of sex development (DSD) include diverse clinical phenotypes (1 in 4500 live births) and represent a major pediatric concern [1]. There are more than 80 known genes involved in DSD pathogenesis and about 960 possibly implicated candidates.

The aim of the research was to identify new DSD gene candidates using whole exome sequencing in trios (DSD-affected child and both parents) with following bioinformatical analysis of discovered SNPs.

Paternal substitution 15:41862801 G/T and de novo insertion 15:41865665 -/GTGGGCGTTCGG (GRCh37) in *TYRO3* gene were detected in 46, XY, female with gonadal dysgenesis. Substitution is resulted in loss of canonical splice site on the beginning of exon 12, and as a result, deletion of exon 12 from transcript, that leads to the junction of exons 11 and 13 in the sequence of mRNA transcript and creation of premature stop codon. If cryptic site use, exon 12 will be 7 nucleotides shorter, this leads to frame shift and premature stop codon and loss of kinase domain in TYRO3 protein. Insertion in exon 17 leads to duplication of 4 amino acids and thereby elongation of α-helix in kinase domain.

Maternal substitution 15:42977290 C/T (GRCh37), Arg1172Cys and paternal deletion 15:42979360 AGCACA/- (GRCh37), 1862Ser and 1863Thr were found in *STARD9* gene (both in the region with protein's unknown functional activity) in 46, XY, female with gonadal dysgenesis. It may cause the changes in tertiary structure of STARD9, including location of StAR domain which initiates steroid production by mediating the delivery of cholesterol to the first enzyme in steroidogenic pathway.

Mutation in *WT1* gene was identified in 46, XX, male, with ovotestis. De novo SNP 11:032413528 T/C (GRCh37) impairs recognition by the spliceosome protein SRp40, leads to retaining of *WT1* gene's intronic 9-10 sequence in mRNA, and therefore formation of premature stop codon, resulting in a lack of 19 amino acids in DNA-binding domain of WT1 protein.

New candidate gene mutations, described in our study, may be used to update DSD-target diagnostic panels after Sanger sequencing validation. To reveal functional significance of identified mutations in candidate DSD-causing genes mammalian cellular *ex vivo* models will be established.

References

1. Blackless M. How sexually dimorphic are we? Review and synthesis / M. Blackless, A. Charuvastra, A. Derryck, A. Fausto-Sterling, K. Lauzanne, E. Lee // American Journal of Human Biology. – 2000. – Vol. 12. – P. 151–166.

УДК 582.282.23:576.311.31.004.12]:551.590.2

Gromozova E. N., Voychuk S. I., Kachur T. L., Gretsky I. A.
Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
e-mail: gren.elen@gmail.com

SENSITIVITY OF MICROORGANISMS TO THE COSMIC WEATHER CHANGE

To date, a large amount of factual material has been compiled on the influence of cosmophysical factors, the so-called space weather, on biological processes. But the issues of the nature and mechanism of action of these factors remain poorly understood. Microorganisms are an excellent object of investigation of these effects, since they are highly sensitive to environmental changes, participate in almost all processes taking place in the biosphere and can be considered as a relatively simple model. One of the processes that demonstrate the connection between biological and cosmophysical rhythms is the reaction of metachromasy (MTX) of volutin granules of microorganisms (bio-astronomic effect of Chizevsky-Velchover). When we stain the cells with methylene blue this structures usually colored in blue, sometimes became violet or red - this is the so called reaction of methachromasy. During more than 10 years of monitoring this reaction in standard laboratory conditions we first established that methachromasy rhythmic is associated with the typical periods of Space-Physics events [1].

The one-way ANOVA showed highly significant (close to the line) connection of the metachromasy index with cosmic rays ($F(2) = 151.14$ ($p<10-7$)the feedback with the solar activity, close to the inverse relationship with geomagnetic activity, and nonlinear coupling with the solar wind speed. It was shown that when the flow of charged particles (Solar Wind) increases the growth rate of yeast decreases while sensitivity to antibiotics - increases. We try to study the mechanism of this relation and established that one of the main receptor of these signals may be inorganic polyphosphates. These biomolecules are present at all stages of evolution and characterized by polyfunctional action [2]. It is possible to suggest that study of the mechanism of the metachromasy reaction of volutin granules of yeast cells may lead to the explanation of a lot of phenomena of space biology. Apparently, the continuation of this work requires the combined efforts of specialists in different fields of knowledge.

Now we research the sensitivity of bioluminescent bacteria to changes in the intensity of the earth's magnetic field.

References

1. Gromozova E. Cosmic Rays as Bio-regulator of Deep Time Terrestrial Ecosystems / E. Gromozova, S. Voychuk, P. Grigoriev, V. Vishnevsky, M. Ragulskaya // Sun and Geosphere. – 2012. – Vol. 7(1). – P. 117−120.

2. Kulaev I. S. Macromolecular inorganic polyphosphates: biochemistry, cell biology, biotechnology // I. S. Kulaev, V. M. Vagabo, T. V. Kulakovskay // Press «Nauchniy Mir». – Moscow, 2005. – P. 216.

УДК 612.9-092:579.887.111:612.215:612.085.2

Kostiuk S. A.
State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: s.kostiuk@mail.ru

THE ROLE OF SURFACTANT PROTEIN IN THE MODELING IN VITRO PATHOGENIC PROPERTIES OF MYCOPLASMA PNEUMONIA

The toxin associated with respiratory distress syndrome *Mycoplasma pneumoniae* interacts with a high degree of affinity with the surfactant protein A (SP-A) and has a direct cytopathic effect on pulmonary cells epithelium. It is important to study the mechanisms of realization of the pathogenic potential of *Mycoplasma pneumonia*, determining its pathogenic potential, associated with the surfactant protein A.

The aim of the study was to determine the role of SP-A in the manifestation of pathogenic properties of *M. pneumoniae*.

The In vitro model was the cell line of human lung carcinoma A549, which activated by *M. pneumoniae* and recombinant CARDS toxin (rCARDS), human SP-A used for cell preincubation. The relative expression of cytokine genes TNF-α, RANTES, IL-6 and IL-33 was evaluated by comparing CT (ΔΔCT) using GAPDH as a reference gene.

The presence of SP-A was accompanied by increased expression of A549 TNF-α, IL-6, RANTES cells and limited the production of IL-33 ($p<0.05$) associated with Allergy. Adding to the environment of the cultivation of SP-A and subsequent infection of *Mycoplasma pneumoniae* led to a significant decrease in expression of the CC chemokine RANTES in 24 hours. The effect of SP-A in respect of restrictions on the production of IL-33 in *Mycoplasma* infection may be significant in reducing the risk of formation of allergic response during infection of *Mycoplasma pneumoniae*.

SP-A regulates the interaction between *M. pneumoniae*, rCARDS and A549 cells by modulating cytokine expression. The study of the effect of surfactant protein A on the pathogenic properties of *Mycoplasma pneumoniae* on human bronchial epithelial cells brings clarity to the understanding of the mechanisms of realization of the pathogenic potential of *Mycoplasma pneumoniae*: on the one hand, *Mycoplasma pneumonia* interacts with SP-A, which can contribute to the penetration of the pathogen into the human cell, on the other hand, SP-A binds free CARDS molecules and thus can reduce the amount of the active form of one of the main factors of pathogenicity *Mycoplasma pneumoniae* – CARDS-toxin.

УДК 616.857-037-078.088.7

Kostiuk S. A., Poluyan O. S.
State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: s.kostiuk@mail.ru

THE STUDY OF THE DOPAMINE-BETA-HYDROXYLASE DBH3 GENE POLYMORPHISM IN PATIENTS WITH MIGRAINE

Dopamine β-hydroxylase (DBH) is a key enzyme in the development of neurological diseases, particularly migraines. In the literature there is no data on the effect of DBH3 on the development of the disease: it is known only about the association of polymorphic gene variants with changes in the level of DBH in the serum of patients with migraine with aura (MA).

The arm of the work was developing a method for detecting DBH3 gene polymorphism in patients with migraine on the basis of PCR.

Peripheral blood samples from 40 patients with MA and 40 healthy individuals (K) comparable by sex and age were used as biological material. Genomic DNA was isolated using TRIzol reagent ("Invitrogen", USA). Oligonucleotides were designed using the online application Primer3 V. 0.4.0 and the online algorithm mfold/DNAfold. Statistical data processing was carried out using the application package "SPSS version 16" (SPSS Inc.). To solve the problem of comparing two independent groups of qualitative variables, the criterion $\chi 2$ was used. The significance level $p<0.05$ is accepted as critical.

For detection the replacement of A→G in position 444, the following oligonucleotide primers were selected:

DBH3-f-5'-TCCTTCATGCCTGGAGCCCAGTGCTTGTCT-3'

DBH3-r-5'-GACAGGAAAGGTACTATGACATTGGCACAG-3'

The composition of the reaction mixture (final volume – 10 µl):1 µl genomic DNA (20 µg/µl), 0.4 µl of each primer (5 mm), 0.1 µl Taq polymerase (5 U/µl), 5 µl Master-Mix, 13.0 µl DEPC. The conditions of thermocycling: 94°C – 30 s; 35 cycles 94°C – 30 s, 60°C 30 s, 72°C – 30 s; 72°C – 2 min.

The PCR product was treated with *Eco NI* restrictase and analyzed by electrophoresis in 3% agarose gel. The PCR product had a size of 207 b.p. DBH3 allele. A were not exposed to Eco NI, while alleles G were split into fragments 169 and 38 b.p.

Statistically significant ($p<0.05$) differences on the basis of "DBH3 genotype" in the group of male patients with MA were revealed (table 1).

Table 1

Relative (%) and absolute (n) frequencies of the genotypes at the polymorphic locus DBH3

Genotype	MA, male	MA, women	K, male	K, women
AA	15,00% (n=3)	30,00% (n=6)	30,00% (n=6)	30,00% (n=6)
AG	60,00% (n=12)	40,00% (n=8)	35,00% (n=7)	40,00% (n=8)
GG	25,00% (n=5)	30,00% (n=6)	35,00% (n=7)	30,00% (n=6)

Further research to identify polymorphic variants of the gene DBH 3 will establish the pathogenic mechanisms of migraine with aura and the contribution of genetic factors in this pathology.

УДК 616.314.17-002-078

Kostiuk S.A.[1], Poluyan O. S.[1], Simirski M. V.[2]
[1]State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus
[2]Educational institution «Belarusian state medical university», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: simirskivv@mail.ru

MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PERIODONTOPATHOGENIC FLORA IN PATIENTS WITH INFLAMMATORY-DESTRUCTIVE DISEASES OF PERIODONTIUM

The development of periodontitis is most frequently associated with an increase in the number and persistence in periodontal tissues bacteria of the first order (*Porphyromonas gingivalis* (P.g.), *Tannerella forsythensis* (T.f.), *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (A.a.)) and second order (*Prevotella intermedia* (P.i.) and *Treponema denticola* (T.d.)).

The aim of the work – to study the species composition of periodontopathogenic microflora of gingival pockets in patients with inflammatory and destructive periodontal diseases by using PCR method in real time.

The research included 55 patients: group 1 consisted of 15 patients with chronic complex periodontitis, group 2 – 12 patients with chronic simple periodontitis, group 3 – 12 patients with chronic complex periodontitis with aggressive course, group 4 – 16 patients with chronic gingivitis. The contents of the dentogingival pocket were used as a biological material. The significance level $p<0.05$ is accepted as critical.

Results and discussion. Periodontopathogenic flora was detected in 92.31±7.96% of cases with periodontitis; in 68.75±7.82% of cases with gingivitis, pathogens

were detected in both mono-and mixed state. Frequency of detection of periodontopathogenic microorganisms: group 1 – mono-infection (60,0%), mixed- infection (33,33%), absence of microbial DNA (6,64%); group 2 - mono-infection (50,0%), mixed-infection (33,33%), absence of microbial DNA (16,66%); group 3 – mono-infection (33,33%), mixed-infection (66,67%), absence of microbial DNA (0,0%); group 4 – mono-infection (43,75%), mixed-infection (25,00%), absence of microbial DNA (31,25%).

The high frequency of detection of periodontal flora in the contents of the gingival pockets indicates the etiological role of these microorganisms in the development of periodontal diseases. The PCR method, which has high analytical characteristics and the speed of obtaining the result, should be used in the algorithm of examination of patients of dental profile.

УДК 616.5-002-056.43:616.521-036.1:616.5-078.088.7

Milkoto N. A., Kostiuk S. A., Rudenkova T. V., Poluyan O. S., Glinkina T. V.
State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: s.kostiuk@mail.ru

THE RELATIONSHIP OF CLINICAL DATA AND SKIN MICROFLORA MOLECULAR-GENETIC IDENTIFICATION RESULTS IN PATIENTS WITH ATOPIC DERMATITIS AND ECZEMA

The microbial landscape of the skin in patients with atopic dermatitis (AD) and eczema differs significantly from the microflora of healthy people. A distinctive feature of blood pressure and eczema is the increased colonization of the skin of patients by microorganisms and high susceptibility to infectious agents.

The aim of the study was to analyze the relationship of clinical and anamnestic data and the results of molecular genetic identification of individual representatives of the skin microflora in patients with blood pressure and eczema.

107 patients were examined: group 1–79 patients with atopic dermatitis (L20.0–L20.9); group 2–28 patients with eczema (L30.0−L30.9). The control group (group 3) included 30 healthy individuals. As methods of clinical and instrumental examination of patients were used: examination of patients; visual assessment using the SCORAD evaluation scale, confirmed by photodocumentation, dermatoscopy.

Molecular genetic identification of the microflora of the skin (*C. albicans*, *C. glabrata*, *C. parapsilosis*, *E. floccosum*, *M. furfur*, *M. restricta*, *M. obtusa*, *M. globosa*, *M. sympodialis*, *M. pachydermatis*, *T. interdigitale*) was performed using PCR method in real time [1].

When carrying out molecular genetic analysis of the skin scrapings of patients revealed the presence of *C. albicans* (74,77% (n=80)), *C. glabrata* (37,38% (n=40)),

C. parapsilosis (15,89% (n=17)), *E. floccosum* (about 4.67% (n=5)), *M. furfur* (of 35.51% (n=38)), *M. restricta* (of 7.48% (n=8)), *M. obtusa* (12,15% (n=13)), *M. globose* (22,43% (n=24)), *M. sympodialis* (of 44.86% (n=48)), *M. pachydermatis* (5,61% (n=6)), *T. interdigitale* (about 4.67% (n=5)).

With the use of statistical analysis (independence criterion – χ2-Pearson), significant differences in the frequency of detection of all studied pathogens between the main and control groups ($p<0.05$), as well as between groups 1 and 3 ($p<0.05$) and groups 2 and 3 were established. In the biological material of the patients of the main study group, pathogens were present in the form of mixed infection. Significant relationships were established between the presence of 3 or more pathogens in the biological material of patients and the prevalence of the skin process 40-80% ($\chi2=71,26$; $p=0.007$), the intensity of clinical manifestations with a degree of severity of 2-3 points ($\chi2=52.18$; $p=0.025$), the degree of severity of subjective symptoms from 5 to 10 points ($\chi2=29.65$; $p=0.031$). The presence of significant associations was also found between the presence of 4 or more pathogens in the scraping of the patient's skin and the severe course of the disease ($\chi2=64.75$; $p=0.034$).

References

1. Rudenkova T. V. The development of molecular-genetic method of identification of the microflora in the skin scrapings / T. V. Rudenkova [et al.] // Dermatovenereology and cosmetology. – 2019. – Vol. 5, No 2. – P. 125−131.

УДК 633.11:572.22

Navalikhina A., Antonyuk M., Ternovska T.
National University of Kyiv-Mohyla Academy, Kyiv, Ukraine,
e-mail: a.navalihina@gmail.com

ANALYSIS OF THE SMALL RNA-SEQ DATA OF THE BREAD WHEAT LINES WITH INTROGRESSIONS FROM AMBLYOPYRUM MUTICUM

Modern high-throughput methods of the transcriptomes analyses are tend to generate large data sets, which are impossible to interpret without bioinformatics methods. The small RNA-seq method is used to study miRNAs – short regulatory sequences widely distributed in plants. The results of small RNA-seq are stored in the FASTQ files which record millions of sequences each representing individual molecule. Data analysis workflow vary depending on the aims of the study, but the main steps are common: identification of known small RNAs, identification of novel small RNAs, looking for sequences differentially expressed among groups of genotypes, target prediction and annotation.

In this study we used bioinformatics instruments for analysis of the data obtained

after sequencing of the small RNAs libraries of five genotypes: common wheat *Triticum aestivum* L. variety Aurora (2n = 6x = 42, AABBDD), genome substitution amphidiploid Aurotica (2n=6x=42, AABBTT) with TT genome from *Amblyopyrum muticum*, and three dark colored hairy glumed plants from the *T. aestivum* / *A. muticum* introgressive lines, the development of which is described in [1].

After trimming adapters, raw reads were filtered by length and quality score with FilterFASTQ tool. Processed reads were aligned with the Bowtie [2] against known pre-miRNA sequences of *B. distachyon* and *T. aestivum* deposited in the miRBase. Additionally, processed reads were mapped to the wheat genome with the miRPlant software to find novel miRNA sequences [3]. Known miRNAs and predicted novel miRNAs were analyzed for the differential expression between libraries with limma-voom algorithm [4]. The target genes for the DE predicted miRNAs were predicted with psRNATarget [5], the transcription factors were identified amongst the targets with the BLAST [6] against Gramineae sequences from Plants Transcription Factor Database.

References

1. Iefimenko T. S. Introgression of *Aegilops mutica* genes into common wheat genome / T. S. Iefimenko, M. Z. Antonyuk, V. S. Martynenko, A. G. Navalihina, T. K. Ternovska // Cytol. Genet. – 2018. – Vol. 52, No 1. – P. 21–30.
2. Langmead B. Ultrafast and memory-efficient alignment of short DNA sequences to the human genome / B. Langmead, C. Trapnell, M. Pop, S. L. Salzberg // Genome Biol. – 2009. – V. 10.
3. An J. miRPlant: an integrated tool for identification of plant miRNA from RNA sequencing data / J. An, J. Lai, A. Sajjanhar, M. L. Lehman, C. C. Nelson // BMC Bioinformatics. – 2014. – Vol. 15, No 1. – P. 275.
4. Law C. W. Voom: precision weights unlock linear model analysis tools for RNA-seq read counts / C. W. Law, Y. Chen, W. Shi, G. K. Smyth // Genome Biol. – 2014. – Vol. 15, No 2.
5. Dai X. psRNATarget: a plant small RNA target analysis server (2017 release) / X. Dai, Z. Zhuang, P. X. Zhao // Nucleic Acids Res. – 2018. – Vol. 46. – P. 49–54.
6. Altschul S. F. Basic local alignment search tool. / S. F. Altschul, W. Gish, W. Miller, E. W. Myers, D. J. Lipman // J Mol. Biol. – 1990. – Vol. 215 – P. 403–410.

УДК 616-001-078.088.7

Poluyan O. S.[1], Kostiuk S. A.[1], Rudenkova T. V.[1], Simirski V. V.[2]
[1]State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus,
[2]Unitary Enterprise «Pilot Product of the Institute of Bioorganic Chemistry National Academy of Sciences of Belarus», Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: simirskivv@mail.ru

GENE EXPRESSION PROFILE EVALUATION IN TRAUMATOLOGY

Early diagnosis of inflammatory diseases of the musculoskeletal system is necessary to avoid destructive processes that can lead to a significant deterioration in the quality of life, early disability and premature death. In this regard, expectations for gene research are high.

The aim of the study was to assess the levels of gene expression of individual genes in patients with inflammatory and non-inflammatory diseases of traumatology profile.

Studies were conducted in patients with rheumatoid arthritis (RA), reactive arthritis (Rea) and osteoarthritis (OA). The sample size of each group is 30 patients. Biological material for the study − samples of synovial tissue of the knee joint. To analyze expression levels, we selected the following genes: genes of fibroblast growth factor β2 (TGF-β2), genes of collagen 4 (*col4a1*) MATRIX components, genes of vascular cell adhesion molecules (VCAM-1) and intercellular adhesion molecules (ICAM-1) of synoviocytes. Calculation of expression levels was carried out relative to house-keeping gene HGUS: for comparing the normalized level of expression taken from the level of 0.8-1.0.

By determining the levels of *TGF-β2* gene expression, an increase in this indicator (>5.9) was found in the group of patients with OA, in the group of patients with RA the levels of normalized expression were <0.6, whereas in Rea – within 0.8-1.0. The decrease in gene expression levels of *COL4A1* collagen was observed in OA (<0.3 mm), the increase in RA (>9,4), the value of the expression levels of this gene in Pea is made of 0.8-1.0. The expression of genes of adhesion molecules *ICAM-1* and *VCAM-1* was enhanced both in RA (>14.2 and >13.8, respectively) and in Rea (4.3-8.6 and 3.6-7.9, respectively), while in OA these parameters were within the "established norm" (0.8-1.0).

The study of gene expression opens up new opportunities for practical traumatology. Clinical questions and expectations focused on the study of molecular markers and gene expression profile for initial diagnosis, gene expression profiles in this initial stage of the disease can provide important information about the triggering mechanisms of the pathological process.

УДК 612.015.34:611.778:57.088.7

Rudenkova T. V., Kostiuk S. A., Poluyan O. S., Glinkina T. V., Milkoto N. A.
State educational institution «Belarusian medical academy of post-graduate education», Minsk, Republic of Belarus, e-mail: s.kostiuk@mail.ru

MOLECULAR-GENETIC METHOD FOR DETECTION EXPRESSION LEVELS OF THE XENOBIOTICS BIOTRANSFORMATION GENES IN THE PATIENTS SKIN

Metabolism of xenobiotics is formed in the process of evolution of the adaptation mechanism of the body, aimed at neutralizing toxic substances. This process is genetically determined and on the one hand universal, and on the other has individual characteristics for each person.

The aim of the work was to adapt the molecular genetic method to determine the levels of expression of xenobiotic biotransformation genes (*UGT1A7*, *HMOX2*, *BLVRA*, *CCL13*, *APOBR*, *ABCC2*, *GSTP1*) in scrapings of deep layers of the skin of patients.

The studies were performed using scrapings of deep layers of skin from patients with atopic dermatitis (n=3) and eczema (n=3), as well as practically healthy individuals in the control group (n=3). The allocation of RNA and the reverse transcription reaction was performed using sets of reagents "Art RNA MiniSpin" and "ArtMix-RT revertaza" (LLC "ArtBioTech", RB). The resulting cDNA was used for the production of TaqMan PCR in real time using the reagent "Quick-Load Taq 2X Master Mix" (Primtech, RB), specially selected pairs of primers and probes for each gene, including house-keeping genes, on the thermal cycler "Rotor-Gene-6000" ("Corbett research", Australia).

At the first stage of the study, pairs of primers (forward and reverse) and sequences of TaqMan probes for *UGT1A7*, *HMOX2*, *BLVRA*, *CCL13*, *APOBR*, *ABCC2*, *GSTP1* genes were selected using Vector NTI software. Next, we conducted the optimization of the composition of the reaction mixture and the mode of amplification for the detection of expression of each of the tested genes.

In 3 samples, negative results were obtained to identify the expression of the gene *ABCC2*, in 3 samples – the gene *GSTP1*. In all other cases, the threshold cycle values obtained by performing monoplex PCR in real time for target genes ranged from 18.64 to 32.04.

In order to assess the level of amplification of nonspecific DNA fragments, an electrophoretic analysis of amplicons obtained during PCR was additionally carried out, the results of which confirmed the presence of specific DNA fragments in all analyzed samples. The high analytical specificity of the adapted method was also confirmed by the method of sequence analysis of amplicons extracted from the gel after electrophoresis (genetic analyzer ABI Prism 310 ("Applied Biosystems",

USA)). To normalize the values of target gene expression levels, the gene *GAPDH* (glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase) was chosen as a reference gene, since it was the lowest value of the coefficient of variation – 6.1%.

УДК 633.854.78:575.2227

Shatarnov O. P., **Shatarnova T. M.**, **Davydenko O. G.**
Institute of Genetics and Cytology NAS of Belarus, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: shatarnov@tut.by

EARLY MATURITY LINES AS THE BASE OF SUNFLOWER (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) HYBRID BREEDING IN BELARUS

Sunflower (*Helianthus annuus L.*) is non-traditional for Belarus crop. Since 1995 years in our Institute was started the breeding program for creation the ultra-early and early maturity sunflower hybrids with vegetation period 80-100 days with high oil content.

In present two hundred thirty early maturity sunflower lines were created and four F1 sunflower hybrids were including in national list.

Investigation our material by SSR-markers shows low genetic diversity of sterility maintainer lines. In order to expand genetic base our material we introduced new hybrids from USA, Serbia, Swiss, France, Germany, Moldova and Russia.

The high productivity forms with short vegetation period were selected. Plant heights, sunflower head diameter, 1000 seed weight, seed yield, oil content, vegetation period, resistant to major diseases (sclerotinia, rust, verticillium vilt, septoria, downy mildew) were analyzed. In results of multiple selection and self-pollination (2016-2018) fertility restoration lines M215/16Rf, M217/16Rf, M226(6)/16Rf, M67/17Rf, M92/17Rf, M111/17Rf, M58/18Rf, M67/18Rf, M76/18Rf, M148/18Rf, M153/18Rf and sterility maintainer lines M294/16B, M296/16B, M68/17B, M103/17B were obtained.

Using the new fertility restoration lines allowed to get the high productivity hybrids (seed yield 3,5-4 t/ha, vegetation period – 90-95 days). These previously results allow us to see good perspective of new breeding material.

Now two F_1 sunflower hybrids «Krok» and «Azimut» are testing by State Inspection for Testing and Protection of Plant Varieties of the Republic of Belarus.

Early maturity, high productivity and high oil content are allowed to use our hybrids outside traditional zone sunflower growing.

УДК 577.2:633.1

Bakuma A. O.[1], Bulavka N. V.[2], Chebotar G. O.[1], Chebotar S. V.[1,3]
[1] Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, Ukraine,
e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua
[2] The V.M. Remeslo Myronivka institute of wheat National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Myronivka, Ukraine,
[3] Plant Breeding and Genetics Institute − National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odessa, Ukraine

PHOTOPERIODIC SENSITIVITY AND GENETIC POLYMORPHISM OF *Ppd-1* GENES IN UKRAINIAN WHEAT VARIETIES AND LINES

Solar radiation is one of the main regulator of the various physicochemical and photobiological processes in plants. A huge number of experimental and theoretical works are devoted to the study of wheat photoperiodism − the reaction to the daily rhythm of lighting, expressed in a change in the duration of growth and development of plants.

The successful reproductive cycle of wheat plants largely depends on earing and flowering in favorable conditions. Information about the genetic control of these processes and the molecular interactions in their background is necessary for better understanding of the mechanisms of adaptability of wheat. The reaction to the photoperiod, vernalization (the influence of low temperatures) and ambient temperature are the main exogenous factors that affect the transition to flowering.

The response of wheat to the photoperiod is regulated by the *Ppd-1* system, which includes genes located on the chromosomes of the second homeologues group. Dominant *Ppd-1* genes reduce the photoperiodic sensitivity of wheat plants. *Ppd-D1* is the key gene that determines the photoperiodic reaction of common wheat (*Triticum aestivum* L.). An analysis of the geographical distribution of *Ppd* genes in the world showed that winter wheat varieties that were grown in the more northern latitudes were highly sensitive to the photoperiod, while varieties of southern latitudes reacted poorly on the decrease in daylight hours. Breeders have chosen the *Ppd* genotypes, that were the best adapted for certain environmental conditions, during selection of plants with the most suitable agronomical important traits for the growing region.

The aim of the work was to study genetic polymorphism and photoperiodic sensitivity of modern Ukrainian varieties and lines of bread winter wheat.

The photoperiod sensitivity and genetic polymorphism at *Ppd-1* system were investigated for analogue-lines (BC_7) created in PBGI on two different genetic backgrounds of the well-known Ukrainian varieties “Kooperatorka” and “Stepnyak” and modern winter wheat varieties from The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat (MIP; 49°64’ N; 31°08’ E) − Beregynya myronivs’ka (2016), Economka

(2008), Zymoyarka (2007), Kryzhynka (2002), Legenda myronivs'ka (2012), Myronivs'ka zolotovercha (at the varietal testing), Myronivs'ka 65 (2000), Myronivs'ka storichna (2009), Oberig myronivs'ky (2014), Pamyati Remesla (2009), Svitanok myronivs'ky (2014), Juviliyar myronivs'ky (2009). For studies of photoperiodic sensitivity of lines and varieties, experiment was conducted in 2015 and 2019. The sprouted seeds were irrigated for 60 days, planted in vegetable vessels on the open air on April, 16 and grown for natural and artificially reduced (12 hours) photoperiod for 30 plants (2 vegetable vessels) of each grade in each of the experimental variants. The photoperiod was carried out by closing the plants with a box of dark film from 7 to 75 days after discharging. The expiration date of each plant was noted by the label. The data analysis was performed with variation statistics.

By using PCR analysis with molecular markers we have identified the alleles of photoperiod sensitivity genes in the analogue-lines and winter wheat varieties. In the recurrent lines Kooperatorka and Stepnyak 1 we revealed allele *Ppd-D1b*. The allele *Ppd-D1a* was detected in the early analogue-lines Kooperatorka rannya and Stepnyak 1 ranniy. The ratio of dominant and recessive alleles of the *Ppd-D1* gene in MIP varieties was 76% and 34%, respectively. There was no polymorphism at *Ppd-B1* and *Ppd-A1* loci, all lines and varieties were carriers of the recessive alleles *b*.

Lines with the *Ppd-D1b* allele had a strong reaction to shortening of the day light length which manifested in the heading delay for 14.2 days for the Kooperatorka and 11.7 days for Stepnyak 1 on the shortened photoperiod. The presence of the *Ppd-D1a* allele in the genotype significantly decreased the sensitivity to the photoperiod. The difference in the length of the period from germination to heading on a natural and shortened photoperiod in the lines Kooperatorka rannya and Stepnyak 1 ranniy reached 4.6 and 5.8 days, respectively. We also analyzed differences in the length of the period before heading between pairs of lines and between groups of MIP varieties, which differed by the *Ppd-D1* gene alleles, on the natural and shortened photoperiod. The difference in heading time was 2-3 days on a natural photoperiod, on the shorter photoperiod it increased to 8-12.6 days. It should be noted that significant delay in vegetation was observed on the reduced day for plants with recessive alleles: some of the plants remained in the exit into the tube phase, while plants from line Kooperatorka stay on in the tillering phase.

УДК 575.174.015.3:664.641.12

Popovych Yu. A.[1], Metakovsky E. V., Chebotar G. O.[1], Chebotar S. V.[1,2]
[1] Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine,
e-mail: s.v.chebotar@onu.edu.ua
[2] Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigations, Odesa, Ukraine

POLYMORPHISM OF *γ*-GLIADIN LOCI *Gli-A1, Gli-B1* and *Gli-D1* IN BREAD WHEAT VARIETIES THAT HAVE DIFFERENT ELECTROPHORETIC VARIANTS OF GLIADINS

Collection of 44 bread wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) from different countries that have been characterized by different electrophoretic specters of allelic variants of gliadins by E. Metakovsky [2018] were analyzed by using PCR with allele-specific primers, which were recommended Zhang et al. [2003] for *Gli-A1*, *Gli-B1*, *Gli-D1* loci.

We have revealed – three different amplification fragments with primers to *Gli-B1.1* allele and five fragments with primers to *Gli-B1.2* allele among tested varieties.

For wheat varieties with allelic variant of gliadins − *Gli-B1b* and *Gli-B1n* the amplification fragment 369 bp was detected with the primers to *Gli-B1.1* allele; the *Gli-B1q* allelic variant of gliadin was corresponded to amplification fragment − 375 bp. For wheat varieties with *Gli-B1i, Gli-B1j, Gli-B1m, Gli-B1o, Gli-B1r* electrophoretic allelic variants of gliadins we have detected 400 bp amplification fragment with primers to *Gli-B1.1* allele. Wheat varieties that have *Gli-B1f* allelic variant of gliadins also have fragment of amplification 397 bp according to PCR with allele-specific primers to *Gli-B1.2* allele. In our experiment the *Gli-B1d* allelic variant of gliadins was corresponded to fragment of amplification 409 bp that have been developed with primers to *Gli-B1.2* allele, but Polischuk et al. [2010] have shown that *Gli-B1d* corresponded to *Gli-B1.1* allele. The *Gli-Ba* and *Gli-B1p* allelic variants of gliadins correspond to 21 bp and *Gli-B1e* allelic variant of gliadins match to 391 bp PCR-fragment, which have been developed in allele-specific PCR with primers to *Gli-B1.2* allele. For wheat varieties with *Gli-B1c* allelic variant of gliadins amplification fragments 400 bp or 397 bp were detected and similar for varieties with *Gli-B1h* we detected fragments − 400 or 409 bp with primers to *Gli-B1.2* allele. In some varieties *Gli-B1g* matches 400 bp fragments of *Gli-B1.1* allele and for other varieties with *Gli-B1g* fragment 397 bp was amplified with primers to *Gli-B1.2* allele. Similar situation was with *Gli-B1k* allelic variant of gliadins, which for number wheat varieties was corresponded to amplification fragments 400 bp of *Gli-B1.1* or 397 bp of *Gli-B1.2* alleles for some other wheat varieties.

We did not reveal clear correspondence between allelic variants of gliadins and

amplification fragments that have been developed by allele-specific PCR for *Gli-A1* and *Gli-D1* loci among tested varieties. For the loci we have observed six heterogeneous varieties and seven varieties with two alleles *Gli-A1.1* and *Gli-A1.2* together and 12 varieties with *Gli-D1.1* and *Gli-D1.2* alleles together in each studied genotype of the variety. In this case we have used BLAST service to find sequences which were used by Zhang et al. [2003] for primer developing and compared that sequences with another in the database. We have searched the same sequences with different alleles of *Gli-A1* and *Gli-D1* loci and plenty of the similar sequences with some different mutations. But the most interesting results we have got for *Gli-A1* locus. We have found a big sequence MG560140.1 (5335195 bp) published by Huo et al. [2018], which include two copies of *Gli-A1.1* allele sequence, that amplified in PCR and EF426565.1 (157918 bp) published by Gao et al. [2007] containing *Gli-A1.1* and *Gli-A1.2* sequences together. It could be the reason why we have observed two alleles together in some varieties. But for *Gli-D1* locus we did not found analogous big sequences.

References

1. Gao S., Gu Y.Q., et al. Rapid evolution and complex structural organization in genomic regions harboring multiple prolamin genes in the polyploid wheat genome // Plant Mol Biol. − 2007. – Vol. 65. – P. 189−203. DOI: 10.1007/s11103-007-9208-1.
2. Huo N., Zhang S. et al. Gene Duplication and Evolution Dynamics in the Homeologous Regions Harboring Multiple Prolamin and Resistance Gene Families in Hexaploid Wheat (electronic resource) // Front Plant Sci. − 2018. – Vol. 23. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29875781.
3. Zhang W. Identification of SNPs and development of allele-specific PCR markers for γ-gliadin alleles in Triticum aestivum / W. Zhang, M. C. Gianibelli, Ma L. Rampling, K. R. Gale // Theoretical and Applied Genetics. − 2003. – Vol. 107. – P. 130–138.
4. Metakovsky E. A. catalog of gliadin alleles: Polymorphism of 20th century common wheat germplasm / E. Metakovsky, V. Melnik, M. Rodriguez-Quijano, V. Upelniek, M. Carrillo // The Crop Journal. − 2018. – Vol. 6. – P. 628−641.
5. Polischuk A. M. Analysis of varieties and near-isogenic lines of bread wheat by PCR with allele-specific primers to *Gli-1* and *Glu-3* loci / A. M. Polischuk, S. V. Chebotar, O. M. Blagodarova [et al.] // Cytology and genetic. − 2010. – Vol. 6. – P. 22−31.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

1. ПРОФІЛЬ ЖУРНАЛУ

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

1. Наукові статті.
2. Короткі повідомлення.
3. Бібліографія.
4. Матеріали конференцій.
5. Рецензії.
6. Матеріали з історії науки та університету.

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

1.3. Мова видання – українська, англійська).

1.4. До редакції «Вісника...» подається відредагований і погоджений з редколегією текст статті, записаної на електронному носії у форматі *.doc (гарнітура Times New Roman (Cyr), кегль 14, відстань між рядками 1,5 інтервали; поля: ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см, верхнє – 2 см, нижнє – 2 см), набраний без застосування функції «Розстановка переносів» та два екземпляри «роздруківки» з неї.

Резюме двома додатковими мовами (зразок оформлення публікації наведено наприкінці Правил).

Рекомендація кафедри або наукової установи до друку.

2. ПІДГОТОВКА СТАТТІ – ОБОВ'ЯЗКОВІ СКЛАДОВІ

Оригінальна стаття має включати:

2.1. Вступ, в якому обговорюють актуальність проблеми, формулюють мету та основні завдання дослідження.

2.2. Матеріали і методи дослідження.

2.3. Результати дослідження.

2.4. Аналіз результатів або їх обговорення.

2.5. Висновки.

2.6. Список літератури.

2.7. Анотація lsОрезюме подається українською або англійською мовами

2.8. Ключові слова.

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 – в лівому верхньому кутку першого аркуша.
2. Прізвище та ініціали автора (авторів) мовою статті, вчений ступінь та посада, ідентифікатор ORCID.
3. Назва наукової установи (в тому числі відділу, кафедри, де виконано працю).
4. Повна поштова адреса (за міжнародним стандартом), телефон та електронна адреса (e-mail) для співпраці з авторами.
5. Назва статті. Вона повинна точно відбивати зміст праці, бути короткою (в межах 9 повнозначних слів), містити ключові слова.
6. Анотація мовою оригіналу друкується перед початком статті з відступом 20 мм від лівого поля. Містить не більше 50 повнозначних слів і передує (окремим абзацом) основному тексту статті.
7. Під анотацією друкуються ключові слова, які відокремлюються крапкою з комою.
8. Далі йде текст статті, що включає основні змістові розділи, список використаної літератури.
9. Таблиці та малюнки разом з підписами та необхідними поясненнями до них розміщуються у тексті статті, після першого згадування про них у тексті.
10. На окремому аркуші подаються анотація (українською, російською та англійською мовами та резюме (українською та англійською мовами), оформлених таким чином: прізвище та ініціали автора (авторів), назва назва наукової установи, повна поштова адреса установи, назва статті, слово «Резюме» (Abstract), текст резюме, ключові слова.
    Резюме повинне бути зрозумілим без звертання до самої публікації включати актуальність проблеми, мету, методи дослідження, основні результати дослідження, висновки та конкретні пропозиції автора.
    Об'єм резюме 150–280 слів. З основними вимогами до «Резюме» можна ознайомитись на сайті *http://visbio.onu.edu.ua/about/submissions#authorGuidelines.*

3.3 Стаття повинна бути підписана автором (авторами).

4. МОВНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТЕКСТУ: ТЕРМІНОЛОГІЯ. УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ, ПОСИЛАННЯ. ТАБЛИЦІ, СХЕМИ, МАЛЮНКИ

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

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

4.3. Якщо часто повторювані у тексті словосполучення автор вважає за потрібне скоротити, то такі абревіатури за першого вживання наводять у дужках. Наприклад: селекційно-генетичний інститут (далі СГІ).

4.4. Посилання на літературу подаються у тексті статті, обов'язково у квадратних дужках, цифрами. Цифра в дужках позначає номер праці у «Списку використаної літератури». Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006 (див. «Бюлетень ВАК України, 2009, № 5, с 26–30).

4.5. Цифровий матеріал, по можливості, слід зводити у таблиці і не дублювати у тексті. Таблиці повинні бути компактними, мати порядковий номер; графи, колонки мають бути точно визначеними логічно і графічно. Цифровий матеріал таблиць повинен бути оброблений статистично. Матеріал таблиць (як і малюнків) повинен бути зрозумілим незалежно від тексту статті. При об'єднанні декількох рисунків або фотографій в один рисунок рекомендується позначати кожен з них прописними літерами знизу. Наприклад:

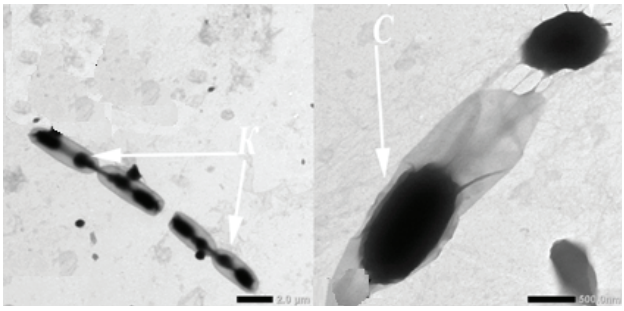


Рис. Кристали (а) та ендоспори (б) штаму Bacillus sp. ONU29, отримані методом електронної мікроскопії

4.6. Рисунки виконуються у програмах «Діаграма Microsoft Graph» або «Діаграма Microsoft Excel» та вставляються у текст. Кожна крива на рисунку повинна мати номер, зміст кривих пояснюється у підписах під рисунком. На осях абсцис і ординат рисунка зазначається лише величина, що вимірюється, і розмірність в одиницях СІ (%, мм, г і т.п.).

4.7. У розділі «Результати досліджень» (якщо цей розділ не поєднаний з «Аналізом результатів», див. 2.4) необхідно викласти лише виявлені ефекти без коментарів – всі коментарі та пояснення подаються в і результатів». При викладі результатів слід уникати повторення змісту таблиць та рисунків, а звертати увагу на найважливіші факти та певні закономірності, що з них випливають. Математичні (хімічні) формули виконуються засобами внутрішнього редактора формул «Microsoft Equal» і, при потребі, нумеруються.

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

Редколегія має право редагувати текст статей, рисунків та підписів до них, погоджуючи відредагований варіант з автором, а також відхиляти рукописи, якщо вони не відповідають вимогам «Вісника ОНУ. Біологія». Рукописи статей, що прийняті до публікування, авторам не повертаються.

5. ЛІТЕРАТУРА

Список літератури друкується мовою оригіналу відповідної праці. Назви праць у списку літератури розташовуються у алфавітному порядку і оформлюються за ГОСТ 7.1:2006.

Додатково у електронному варіанті необхідно додати References оформлений згідно міжнародним стандартам за гарвардським стилем (BSI) на англійській мові. При оформленні російськомовного джерела іншою мовою після переведення джерела в [квадратних дужках] вказується транслітерування російського вихідного джерела в тих же рамках оформлення на англійську мову. Детальну інформацію та приклади можна отримати на сайті *http://visbio.onu.edu.ua/about/ submissions#authorGuidelines.*

Приклади бібліографічних описань

Книги, монографії, атласи, словники

1. Горячковский А. М. Клиническая биохимия в лабораторной диагностике: [справочное пособие] / *А. М. Горячковский.* – Одесса: Екология, 2005. – 616 с.
2. Эккерт Ф. Физиология животных. Механизмы и адаптация / Р. Эккерт, Д. Рэнделл, Дж. Огастин; пер. с англ. Н. Н. Алипова, М. И. Харченко. – Москва: Мир, 1992. – 344 с. – (Т. 2).
3. Поздеев О. К. Медицинская микробиология: учебник для ВУЗов / под ред. В. И. Покровского. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2002. – 786 с.
4. Определитель высших растений Украины / Д. Н. Доброчаева, М. И. Котов, Ю. Н. Прокудин и др. – К.: Наукова думка, 1987. – 548 с.

5. Анатомія пам'яті: атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті: посіб. для етуд. та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. – 2-ге вид, розшир, та доповн. – Дніпропетровськ: Пороги, 2005. – 218с.
6. Українсько-німецький тематичний словник / [уклад. Н. Яцко та ін.]. – К.: Карпенко, 2007. –219 с.

Статті із журналів

1. Андриевский А. М. Онтогенетические особенности пептидгидролазной активности экстрактов тканей Drosophila melanogaster / А. М. Андриевский, С. В. Катаненко, В. Н. Тоцкий // Укр. биохим. журн. – 1982. – Т.54, № 5. – С. 519–524.
2. Zhow S. Drug bioactivation, covalent binding to target proteins and toxicity relevance / S. Zhou, E. Chhan, W. Duan, F. Newmen // Drug Metab Rev. – 2005. – Vol. 37 (1) – P. 41–213.

Збірки

1. Андриевский А. М. Спектр тканевых карбоксиэстераз в онтогенезе суслика крапчатого (*Spermophilus suslicus* Guld.) / А. М. Андриевский, Ю. Н. Олейник, В. А. Кучеров, А. С. Асманская // Генетика в современном обществе: науч. конф., 3–5 окт. 2004 г.: тезисы докл. – Харьков, 2004. – С. 12.
2. Селекция in vitro генотипов пшеницы с комплексной устойчивостью к фузариозу злаков / Е. А. Клечковская, С. А. Игнатова, А. И. Слепченко и др. // Биология клеток растений in vitro, биотехнология и сохранение генофонда: VII междунар. симп.: труды. – Москва, 2001. – С. 372.
3. De Man J. C., Cell transfer and Interferon Studies / J. C. De Man, M. Rogosa, M. E. Sharpe // Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, 2004. – P. 31.

Дисертації, автореферати дисертації

1. Олярник О. О. Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня, канд. біол. наук: 03.00.04 «Биохимия» / О. О. Олярник. – К., 2007. – 17 с.
2. Олярник О. О. Дослідження процесів перекисного окислення ліпідів та активності ферментів антиоксидантного захисту при цукровому діабеті: дис... канд. біол. наук: 03.00.04 / Олексій Олексійович Орляник. – Київ, 2007. – 117 с.
3. Патент України СО7Д 243/24 ФС № 953812. Способ отримання 3-окси7-бром-5(орто-хлор)-бенздиазепина / И. И. Иванов; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского.– № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. — 3 с

Депоновані наукові роботи, патенти, авторськи свідотства

1. Рябушко Л. И. Микрофитобентос Филлофорного поля Зернова. – Севастополь: Деп. в ВИНИТИ 11.07.91 г.,№ 2981. – В91, 1991. –28 с.
2. Патент України С07Д 243/24 ФС № 953812. Способ отримання 3-окси-7-бром-5(орто-хлор)-бенздиазепина / И. И. Иванов; заявитель и патентообладатель Физико-химический институт им. А. В. Богатского. – № 19803; Заявл. 09.04.90; опубл. 22.06.92; НКИ 355/68. – 3 с.

Приклади бібліографічних описань за BSI

Книги

1. Horiachkovskii A. M. (2005) Clinical Biochemistry in laboratory diagnostics [Klinicheskaia biokhimiia v laboratornoi diahnostike], Odessa: Ecology, 616 p.
2. Dobrochaeva D. N., Kotov M. I., Prokudin Yu. N. (1987) The determinant of higher plants of Ukraine [Opredelitel visshih rastenii Ukrainy], Kiev, 548 p.

Книги під редакцією

1. Pozdeev O. K. (2002) Medical microbiology: a textbook for high schools. In editor: Pokrovskiy V. I. [Meditsinskaia microbiolohiia: uchebnik dlia VUZ], Moskva: GEOTAR-MED, 786 p.

Статті, збірки

1. Andrievskii A. M., Katanenko S. V., Totskii V. N. (1982) «Developmental features peptidgidrolazy activity of extracts of tissues *Drosophila melanogaster»* [«Ontoheneticheskie osobennosti peptidhidrolazonoi aktivnosti ekstraktov tkanei *Drosophila melanogaster*»], Ukr. biochemistri J, No 54, 5, pp 519–524.
2. Klechkovskaia E. A., Ihnatova C. A., Slepchenko A. I. (2010) «Selection of *in vitro* wheat genotypes with complex resistance to fusarium cereals», Biology of plant cells *in vitro,* biotechnology and the preservation of the gene pool, VII International Symposium [«Selektsiia in vitro henotipov pshenitsi s kompleksnoi ustoichivostiu k fuzariozu zlakov» Biolohiia kletok rastenii *in vitro,* biotekhnolohiia i sokhranenie henofonda], Moskow, p 372.
3. De Man J. C. (2004) «Cell transfer and Interferon Studies», Abstracts of the V International symposium of immunopharmacology, 17–21 May 2004: proc. of conf, Quebec, P. 31.

Дисертації, автореферати

1. Oliarnyk O. O. (2007) The study of lipid peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetes [Doslidzhennia protsessiv perekysnoho okyslennia lipidiv ta aktyvnosti fermentiv antyoksydantnoho zakhystu pry tsukrovomu diabeti. dis….kand. biol. nauk], Kiev, 117 p.

6. ЗРАЗОК ОФОРМЛЕННЯ ПУБЛІКАЦІЇ

УДК 615.015.11:615.261.1:615.032

І. А. Кравченко[1,2], д-р біол. наук, професор
Б. В. Приступа[1], аспірант
А. О. Кобернік[1], канд. біол. наук, старший викладач
[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, кафедра фармацевтичної хімії,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна. e-mail: koberni@mail.ru
[2] Фізико-хімічний інститут імені О.В. Богатського НАН України,
Люстдорфська дорога, 86, Одеса, 65080

ПРОТИЗАПАЛЬНА АКТИВНІСТЬ ЕСТЕРІВ ІБУПРОФЕНУ ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМУ ВВЕДЕННІ

На моделі карагенін-індукованого запалення встановлено, що рівень протизапальної активності складних естерів ібупрофену з різною довжиною вуглеводневого ланцюга при їх трансдермальному введенні за показниками динаміки зміни ширини та об'єму осередку запалення не поступаються ефекту референт-препарату – мазі ібупрофену, а у випадку використання довголанцюгових естерів навіть перевищують його ефект.

Ключові слова: протизапальна активність, НПЗЗ, естери ібупрофену, карагенін, трансдермальне введеня.

... Текст вступу до статті
Матеріали та методи досліджень
Текст матеріалів та методів роботи
Результати та їх обговорення
Викладення результатів та їх аналіз
Висновки

Список використаної літератури

1. Головенко Н. Я. Биохимическая фармакология пролекарств / Н. Я. Головенко, И. А. Кравченко. – Одесса: Екологія, 2007. – 358 с.
2. Morris J. C. Carrageenan-induced paw edema in the rat and mouse / C. J. Morris // Methods Mol. Biol. – 2003. – V. 225. – P. 121.

И. А. Кравченко[1,2], Б. В. Приступа[1], А. А. Коберник[1]
[1]Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
кафедра фармацевтической химии
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина, e-mail: koberni@mail.ru
[2]Физико-химический институт имени А. В. Богатского НАН Украины,
Люстдорфская дорога, 86, Одесса, 65080

ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ ИБУПРОФЕНА ПРИ ТРАНСДЕРМАЛЬНОМ ВВЕДЕНИИ

Резюме
В результате проведенного исследования было показано, что уровень противовоспалительной активности эфиров ибупрофена с разной длиной углеродной цепи при их трансдермальном введении по показателям динамики изменения объема очага воспаления не уступают эффекту референт-препарата – мази ибупрофена на модели карагенин-индуцированого воспаления. А в случае использования длинноцепочечных эфиров действуют лучше препарата сравнения.

Ключевые слова: противовоспалительная активность, эфиры, ибупрофен, каррагенин, трансдермальное введение.

I. A. Kravchenko[1,2], B. V. Prystupa[1], A. O. Kobernik[1]
[1] Odesa National Mechnykov University, Pharmaceutical Chemistry Department
2, Dvoryanska str., Odesa, 65082, Ukraine, e-mail: koberni@mail.ru
[2] A. V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of NAS Ukraine
86, Lustdorfska doroga, Odesa, 65080, Ukraine

ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF IBUPROFEN ESTERS BY TRANSDERMAL DELIVERY

Abstract
The goal of this study was to investigate the anti-inflammatory activity of ibuprofen esters ointment after their transdermal application on the model of carrageenaninduced inflammation in experimental animals. In this paper, we have studied the transdermal delivery of ibuprofen esters with methyl, ethyl, octyl and heptyl radicals. The anti-inflammatory activity was assessed on the basis of inhibition of paw edema induced by the injection of 0.2 ml of 0.2 % solution of carrageenan (an edematogenic agent) into the subplantar region of the hind paw of the rat. The ointments were consisted of PEG -1500, PEO -400 and 1,2- propylene glycol in the following proportions: 4 : 2: 3 and consisted 5 % of ibuprofen esters. For comparison, 5 % ibuprofen ointment (cream Dolhit) was used. Paw volumes were measured at the beginning of the experiment with a plethysmometer. As a result of the study, it was shown that the level of anti-inflammatory activity ointment with ibuprofen esters with different length of radical

in transdermal delivery was not different from anti-inflammatory activity of the commercial referent drug – ibuprofen ointment and in some cases, were more active. We shown that the transdermal delivery of methyl, ethyl and heptyl esters of ibuprofen reduces the level of white blood cells in the blood of experimental rats to the level of physiological norm at the 4th day, after a significant level increase in the acute phase of inflammation.

Key words: anti-inflammatory activity, NSAIDs, ibuprofen esters, carrageenan, transdermal delivery.

Верстка С. О. Остапенко

Підписано до друку 28.11.2019 р. Формат 70х108/16.
Ум.-друк. арк. 15,58. Тираж 100 пр.
Зам. № 2042.

Видавець та виготовлювач
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215 від 22.11.2011.
65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12, Україна
Тел.: +38 (048) 723 28 39
e-mail: druk@onu.edu.ua