

57  
Н.34

# **Наукові Записки**

**Тернопільського національного  
педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка**

**Серія: біологія**



**2 (76)**  

---

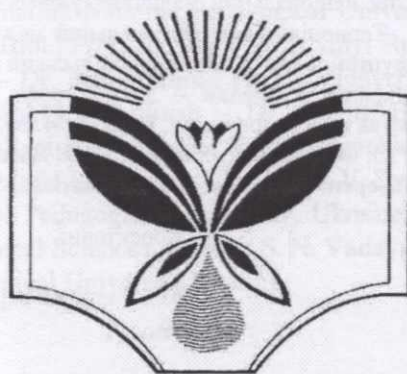
**2019**



# Наукові записки

**Тернопільського національного  
педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка  
Серія: Біологія**

**Scientific Issues  
Ternopil Volodymyr Hnatiuk  
National Pedagogical University  
Series: Biology**



**2 (76)  
2019**

Бібліотека Тернопільського  
національного педагогічного  
університету ім. В. Гнатюка



**886482**

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — 2019. — № 2 (76). — 114 с.

*Друкується за рішенням вченої ради  
Тернопільського національного педагогічного університету  
імені Володимира Гнатюка  
від 25.06.2019 р. (протокол № 13)*

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Головний редактор:**

**Н. М. Дробик** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

**Заступники головного редактора:**

**В. В. Грубінко** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

**О. Б. Столяр** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

**Члени редакційної колегії:**

**І. В. Азізов** – д.б.н., проф., Інститут молекулярної біології і біотехнології Національної академії наук Азербайджану, Баку; **М. М. Барна** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **О. І. Боднар** – к.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **В. І. Бумейстер** – д.б.н., проф., Сумський державний університет, Україна; **С. Н. Вадзюк** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, Україна; **Р. Й. Гончарова** – д.б.н., проф., Інститут генетики і цитології Національної академії наук Білорусі, Мінськ; **Л. Р. Грицак** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **П. Жимські** – д.мед.н. (біологія), доцент, Познанський медичний університет, Польща; **І. Я. Капрусь** – д.б.н., проф., Державний природознавчий музей НАН України, Львів; **В. З. Курант** – д.б.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **В. Г. Кур'ята** – д.б.н., проф., Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського, Україна; **О. В. Лукаш** – д.б.н., проф., Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Україна; **Н. В. Пасечко** – д.мед.н., проф., Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського, Україна; **С. В. Пида** – д. с-г.н., проф., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **Г. І. Фальфушинська** – д.б.н., Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна; **Г. Федак** – д.б.н., проф., Оттавський науково-дослідний центр розвитку сільського господарства та агропродуктів, Канада; **М. М. Федоряк** – д.б.н., проф., Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, Україна; **В. О. Хоменчук** – к.б.н., доцент, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна (*відповідальний секретар*)

Коректори: О. С. Вербовецька  
Т. І. Белей  
Комп'ютерна верстка: Г. М. Голіней  
А. І. Герц  
О. Б. Мацюк

**Адреса редакції:**

*Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. Максима Кривоноса, 2  
м. Тернопіль, 46027  
E-mail: journal@chem-bio.com.ua  
http://journals.chem-bio.com.ua*

*Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356P від 27.10.2009.*

Українські, російські та латинські назви рослин і тварин наведені за авторським текстом  
За зміст, авторську позицію та достовірність наведених у статтях фактів, цитувань відповідальність  
несуть автори.

## ЗМІСТ

### БОТАНІКА

- Л. К. САВЧУК, І. В. ВИГОВСЬКИЙ  
РАРИТЕТНІ ВИДИ РОСЛИН У ФЛОРИСТИЧНОМУ СКЛАДІ  
БАЗАЛЬТОВИХ КАР'ЄРІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ..... 8
- Н. І. ЦИЦЮРА, Р. С. ПАНАСЕНКО  
ОЦІНКА ДЕКОРАТИВНОСТІ ВИДІВ ТА ФОРМ РОДУ *THUJA L.*  
У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ ..... 13

### ЗООЛОГІЯ

- М. П. БОЙКО, О. К. ВІКИРЧАК, Г. М. ГОЛНЕЙ, Л. О. ШЕВЧИК  
ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ  
ПОПУЛЯЦІЙ ЗЕЛЕНОЇ ЯЩІРКИ (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768)  
НА ТЕРИТОРІЇ НПП «ДНІСТРОВСЬКИЙ КАНЬЙОН»..... 20

### БІОХІМІЯ

- В. А. БОГАТИРЕНКО, І. В. КАЛІНІН, О. М. ВОЛОЧНЮ  
РОЗРОБЛЕННЯ БІОРОЗКЛАДНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ  
НА ОСНОВІ КАЗЕЇНУ МОЛОКА ..... 27
- О. І. НОРЫН, Н. І. FALFUSHYNSKA  
GREEN SYNTHESIS OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES FROM THE  
AYURVEDIC HERBS AND THEIR ANTIRADICAL POTENTIALS ..... 31
- V. Z. KURANT, V. O. KHOMENCHUK, V. Ya. BYYAK, N. G. ZINKOVSKA,  
V. S. MARKIV  
INFLUENCE OF HEAVY METALS IONS ON THE CONTENT OF PROTEINS  
AND NUCLEIC ACIDS IN THE ORGANISM OF FRESHWATER FISH..... 37
- V. V. KHOМА, L. L. GNATYSHYNA, V. V. MARTINYUK, YU. S. RAROK,  
D. OZOLIŅŠ, I. KOKORITE, A. SKUJA, G. H. SPRINĢE, O. B. STOLIAR  
APPLICATION OF METAL-BINDING CHARACTERISTICS OF AQUATIC  
ANIMALS IN THE ASSESSMENT OF COMPLEX  
ENVIRONMENTAL POLLUTION ..... 43
- М. Г. ЯЧНА, О. Б. МЕХЕД, О. П. ТРЕТЯК, Б. В. ЯКОВЕНКО  
ВМІСТ ФОСФОЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ КОРОПА ЛУСКАТОГО  
(*CYPRINUS CARPIO L.*) ЗА ДІЇ НАТРІЙ ЛАУРИЛСУЛЬФАТВМІСНОГО  
ТА БЕЗФОСФАТНОГО СИНТЕТИЧНИХ М'ЯСОЗАМІНИВ ..... 48

### ГЕНЕТИКА

- О. О. ДМИТРЕНКО, І. В. ДМИТРЕНКО, Ж. М. МІНЧЕНКО, І. С. ДЯГІЛЬ  
АЛЕЛЬНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ СИСТЕМИ HLA У ХВОРИХ НА ХРОНІЧНУ  
МІЄЛОЇДНУ ЛЕЙКЕМІЮ З *e13a2* ТА *e14a2* ТРАНСКРИПТАМИ ГЕНА *BCR/ABL1*.. 53

### ГІДРОБІОЛОГІЯ

- Г. Б. ГУМЕНЮК, О. С. ВОЛОШИН, В. О. ХОМЕНЧУК, Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА  
ДИНАМІКА ВМІСТУ НІТРОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК  
У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ РІЧОК ПРИП'ЯТЬ ТА ТУРІЯ ..... 58

### ЕКОЛОГІЯ

- П. С. ГНАТІВ, І. Я. КАПРУСЬ, П. Р. ХІРІВСЬКИЙ, О. Д. ЗІНЮК, Б. В. КРЕКТУН,  
Ю. Я. КОРИНЕЦЬ, А. М. БУЧКО, О. В. ЗЕЛІСКО, Н. Є. ПАНАС, Н. Я. ЛОПОТИЧ,  
М. Я. ОНИСКОВЕЦЬ  
ЕКОЛОГІЯ ТА СЕРЕДОВИЩЕЗНАВСТВО ЯК НАУКИ І СПЕЦІАЛЬНОСТІ ..... 64

### ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

- М. С. КАЗНАЧЄВА  
МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ШЛУНКОВОЇ СТІНКИ  
ПРИ МЕТАБОЛІЧНОМУ СИНДРОМІ..... 72

О. А. МАКАРЕНКО, Т. В. ГЛАДКІЙ, А. В. МАЙКОВА, Т. В. МОГИЛЕВСЬКА ПОВЕДІНКОВА АКТИВНІСТЬ ЩУРІВ І РІВЕНЬ ЕНДОТОКСИКОЗУ МОЗКУ НА ТЛІ ГІДРАЗИНОВОГО ГЕПАТИТУ .....	78
<b>ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН</b>	
А. Ю. ПАСТОЩУК, Л. М. БУЦЕНКО, Л. М. СКІВКА ВПЛИВ <i>PSEUDOMONAS SYRINGAE</i> НА ІНТРОДУКОВАНІ СОРТИ ПШЕНИЦІ .....	85
С. О. ПРИПЛАВКО, В. М. ГАВІЙ ПОРІВНЯЛЬНИЙ ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ АЗОТОФІТ, ЯНТАРНА КИСЛОТА ТА ВИМПЕЛ НА ДИНАМІКУ ПРОЦЕСІВ РОСТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ ЮВІВАТА .....	91
В. В. РОГАЧ ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОЗПОДІЛУ РІЗНИХ ФОРМ ВУГЛЕВОДІВ В ОРГАНАХ РОСЛИН БАКЛАЖАНІВ ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ .....	97
<b>ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ</b>	
В. П. ПАТИКА, І. П. ГРИГОРЮК, М. М. БАРНА, Н. М. ДРОБИК, О. Б. КОНОНЧУК З ВІДДАНІСТЮ СВОЇЙ СПРАВІ, З ЛЮБОВ'Ю ДО ЛЮДЕЙ ТА З ІСКРОЮ ДОБРА У СЕРЦІ (до 60-річчя від дня народження академіка АНВШ, професора СВІТЛАНИ ВАСИЛІВНИ ПИДИ) .....	104

# БОТАНІКА

УДК 581.92 (477)

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.1

Л. К. САВЧУК, І. В. ВИГОВСЬКИЙ

Рівненський державний гуманітарний університет  
вул. Пластова, 31, Рівне, 33000  
e-mail: lubasav4uk@gmail.com

## **РАРИТЕТНІ ВИДИ РОСЛИН У ФЛОРИСТИЧНОМУ СКЛАДІ БАЗАЛЬТОВИХ КАР'ЄРІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ**

Наведено результати вивчення поширення раритетних видів флори на ділянках діючих і вироблених базальтових кар'єрів та на прилеглий до них території, які розміщені у межах Волинського Полісся. Встановлено зростання 4 видів рослин із «Червоної книги України» (2009 р.) та 18 видів, які підлягають регіональній охороні в Рівненській області. За категоріями раритетності найбільше представлені малопоширені та потенційно вразливі види. Із дуже рідкісних видів виявлено *Primula elatior*, рідкісними є 4 види (*Gagea pratensis*, *Aquilegia vulgaris*, *Rosa mediata*, *Melittis sarmatica*). Поступове відновлення природної рослинності після припинення прямого антропогенного впливу сприяє поширенню раритетного фітокомпоненту.

*Ключові слова:* природоохоронний статус, категорії раритетності, регіональна охорона, Рівненська область, трансформовані екотопи, «Червона книга України» (2009 р.).

Одним із наслідків антропогенної трансформації природних екотопів часто є синантропізація та адвентизація рослинного покриву. Після припинення впливу або зменшення інтенсивності дії трансформуючих факторів у таких екотопах спостерігаються демутаційні процеси, характер яких визначається багатьма зовнішніми та внутрішніми факторами. Рослинність може набувати рис, характерних для її зонального типу, у флористичному складі можуть з'являтися окремі раритетні види. Найімовірніше, це пов'язано з тим, що внаслідок порушення рослинного покриву часто з'являються ділянки, які позбавлені рослинності або вона виявляється досить розрідженою. Це зумовлює появу вільних екологічних ніш, зменшує конкуренцію між видами флори та в підсумку збільшує імовірність проростання та подальшого закріплення тут видів із зниженою ценотичною активністю за умови потрапляння сюди спор або насіння із прилеглих територій. У цьому процесі важливим є наявність на таких прилеглих територіях ділянок із природною або наближеною до неї рослинністю, хоча діаспори деяких видів можуть заноситись із більш віддалених територій.

Саме такими закономірностями пояснює, наприклад, Я. П. Дідух зростання на невеликій площі раніше еродованих, а пізніше засаджених лісом, ділянок, більше десятка видів раритетних рослин у Сморгівському лісі в Рівненській області [4]. Факти зростання реліктових і рідкісних видів флори на порушених екотопах із пониженою ценотичною конкуренцією наводяться і в інших публікаціях [5–7], як і власне на урбанізованих територіях східної частини Волинського Полісся [3–4]. Варто зауважити, що у процесі трансформації в окремих випадках внаслідок локального порушення ґрунтового покриву та появи мікрорельєфних форм збільшується екотопологічна диференціація території.

У процесі розробки та видобутку копалин, зокрема й базальтів, здійснюється часткове або повне зняття ґрунтового субстрату, проводиться складування розкривних порід і кам'янисто-щебених уламків та утворенням відвалів. Після закінчення експлуатації родовищ проводиться рекультивация вироблених ділянок, яка передбачає засипання кар'єрів, вирівнювання поверхні, покриття її техноґрунтом із специфічними властивостями, які можуть суттєво відрізнятися від таких ділянок для типових зональних ґрунтів. На насипних субстратах із відсутньою рослинністю, що виникають під час експлуатації діючих та рекультиваций вироблених родовищ, запускаються первинні аллогенні сукцесії, які можуть включати демутаційні процеси.

Промислові родовища базальту розташовані у північно-західній частині Рівненської області та приурочені до Рівненського тектонічного розлому і Волинського трапового покриву. Близьке до денної поверхні залягання базальтів спостерігається в басейні р. Горинь, де вони утворюють основу куполоподібних підвищень із відносними висотами 20–25 м. Абсолютні висоти місцевості тут складають 201–202 м., тому найбільша кількість базальтових кар'єрів, як діючих, так і колишніх, знаходяться на проміжку с. Злазне – с. Базальтове (урочище Янова Долина), в околиці сс. Берестовець, Великий Мидськ (біля хутора Мувця), біля вже неіснуючого с. Гутвин та новий кар'єр біля с. Рудня Костопільського р-ну Рівненської області. Подібний характер залягання спостерігається також у басейні р. Стир, хоч тут базальти залягають дещо глибше. Потужність осадових відкладів над базальтами на цій ділянці досягає 10 м. Базальтові кар'єри в басейнах р. Стир розміщені в околицях сс. Полиці та Іванчі (Рафалівський кар'єр) Володимирецького р-ну [8].

Мета наших досліджень полягала в аналізі хорології, екологічних умов зростання та стану популяцій раритетних видів у складі флори на території базальтових кар'єрів, які розташовані в межах Волинського Полісся.

#### Матеріал і методи досліджень

Для аналізу використані матеріали польових флористичних досліджень, проведених упродовж 2017–2018 рр. на території Костопільського та Володимирецького р-нів Рівненської області. Дослідження включали ділянки діючих і вироблених базальтових кар'єрів, а також прилеглу територію безпосереднього впливу шириною 10–50 м. До складу раритетного фітокомпоненту були включені види флори, що внесені до третього видання «Червоної книги України» (2009 р.) [12], а також види, що підлягають охороні на регіональному рівні [11]. Усі виявлені раритетні види флори були проаналізовані за категоріями раритетності в межах усієї території Рівненської області. Із врахуванням запропонованих раніше підходів [2] виділено 4 категорії видів: дуже рідкісні, рідкісні, малопоширені, потенційно вразливі. Поширення червонокнижних видів у межах Рівненської області та їхні категорії раритетності наведені за В. О. Володимирцем [1]. Назви видів наведені із використанням баз The Plant List [15], International Plant Names Index [14], Catalogue of Life [13] із врахуванням нових уточнень. Система *Magnoliophyta* прийнята за прагматичною класифікацією С. Л. Мосякіна [10].

#### Результати досліджень та їх обговорення

Проведені на території, зайнятій виробленими базальтовими кар'єрами, польові дослідження дозволили виявити 4 види флори із 3 родин, які включені до третього видання «Червоної книги України» (2009 р.) [12] та 18 видів із 14 родин, які підлягають регіональній охороні на території Рівненської області [11]. Гербарні зразки наведених нижче раритетних видів рослин, які були зібрані під час проведення флористичних досліджень, зберігаються на кафедрі агрохімії, ґрунтознавства та землеробства Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне).

Із видів, які включені до «Червоної книги ...», у рослинному покриві представлені *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó та *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, які є представниками родини *Orchidaceae*, *Atocion lithuanicum* (Zapał.) Tzvel. (*Silene lithuanica* Zapał.) із родини *Caryophyllaceae* та *Utricularia minor* L. із родини *Lentibulariaceae*.

*Epipactis helleborine* за природоохоронним статусом є неоціненим видом, у межах території Рівненської області він є потенційно вразливим, розсіяно трапляється на усій

території області, однак більше поширений у її лісостеповій частині. Коручка чемерникова є однією із найпоширеніших найчастотніших лісових орхідей Рівненщини, що зростає як у складі природних, так і антропогенно трансформованих угруповань. Її природне місцезростання приурочене до листяних і мішаних лісів, чагарникових заростей, узлісь, лісових лук. На досліджуваній території коручка виявлена на ділянках, де після добування базальту сформувалися деревно-чагарникові угруповання за участю *Betula pendula* Roth, *Carpinus betulus* L., *Populus tremula* L., *Pinus sylvestris* L., *Salix caprea* L., *Acer negundo* L., *Rosa canina* L., *Euonymus europaeus* L. Вона також виявлена і на прилеглий території як компонент лісових фітоценозів. Зростання виду відмічено на базальтових кар'єрах біля сс. Берестовець, Базальтове (Костопільський р-н) та на південь від с. Іванчі (Володимирецький р-н). Чисельність популяції складала від десятка особин біля с. Берестовець до сотні рослин біля с. Іванчі. Виявлені популяції включали майже всі вікові стани, із яких частка генеративних особин становила понад 70%. У досліджуваних локалітетах вид представлений окремими куртинами по 1–6 особин, що зростали серед розрідженого травостою із середньою зімкнутістю деревостану (0,4–0,6).

*Dactylorhiza incarnata* за природоохоронним статусом є вразливим видом, у межах території Рівненської області він також є потенційно вразливим, розсіяно зустрічається на усій території області. Цей вид пальчатокорінника є найпоширенішим і найчисельнішим із болотних орхідей на території Рівненщини, який здебільшого зростає на сирих і заболочених луках. *D. incarnata* виявлений лише на виробленому кар'єрі на південь від с. Іванчі, де зростає на вологій ділянці серед оголених базальтових брил із проекційним покриттям травостою до 80%. Тут він представлений 4 особинами у генеративному стані із високою життєвістю. У складі травостою його супроводжували такі види, як *Agrostis stolonifera* L., *Ranunculus repens* L., *Equisetum palustre* L., *Potentilla reptans* L., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Mentha arvensis* L., *Tussilago farfara* L.

*Atocion lithuanicum* за природоохоронним статусом є неоціненим видом, який для території Рівненської області є потенційно вразливим, розсіяно зустрічається у межах Волинського та Житомирського Полісся, де зростає в складі псамофітних угруповань на піщаних дюнах, біля доріг, на узліссях. Під час обстежень виявлений на краю виробленого кар'єру, що прилягає до ґрунтової дороги, на північний захід від с. Іванчі. Вид представлений 3 квітучими особинами. У складі травостою, проекційне покриття якого складало до 90%, виявлено такі види, як *Calamagrostis canescens* (Weber ex F.H. Wigg.) Roth, *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski, *Lolium perenne* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Oenothera biennis* L., *Stellaria graminea* L., *Potentilla argentea* L., *Crepis biennis* L. Поодинокі особини цього виду також виявлені в околиці с. Берестовець, де вони зростали неподалік водойми, що утворилася на дні виробленого кар'єру. Місцезростання виду характеризується доволі розрідженим травостоєм із проекційним покриттям до 40% та наявністю значної кількості оголеного базальтового щебеню. Разом із *Atocion* відмічені *Carex hirta* L., *Poa compressa* L., *Ranunculus acris* L., *Equisetum arvense* L., *Cerastium holosteoides* Fr.

*Utricularia minor* за природоохоронним статусом є вразливим видом, який для території Рівненської області є рідкісним, зрідка зустрічається у межах Волинського та Житомирського Полісся, де зростає в складі угруповань неглибоких і малопроточних ацидофільних водойм. Під час обстежень виявлений у західній частині водойми на дні виробленого кар'єру в околиці с. Базальтове. Тут він формує невеликі за площею, практично одновидові фрагменти заростей, із проекційним покриттям до 50–70% на глибині до 50 см. Зрідка його супроводжує *Batrachium circinatum* (Sibth.) Spach, який підлягає регіональній охороні в Рівненській області. Життєвість виду виявилась задовільною із присутністю квітучих особин.

Із видів, як охороняються на регіональному рівні [11], за категоріями раритетності 9 видів є потенційно вразливими, 4 види належать до малопоширених, 4 види виявились рідкісними, 1 вид – дуже рідкісним. Із останньої категорії представлений *Primula elatior* (L.) Hill. На території Рівненщини цей вид достовірно відомий із регіонального ландшафтного парку «Надслучанський» (Березнівський р-н) [9], у Рівненському обласному краєзнавчому музеї зберігаються гербарні зразки виду з Млинівського (урочище Лози біля смт Млинів),



Демидівського (біля с. Товпижин поблизу Хрінницького водосховища) та Радивилівського районів. Первоцвіт високий виявлений на узліссі мішаного лісу, який безпосередньо прилягає до нині діючого кар'єру в околиці с. Базальтове. Ділянка компактного зростання виду займала площу приблизно 5 м<sup>2</sup>, його проєкційне покриття складало до 80%.

Із рідкісних видів на досліджуваній території підтверджено зростання *Gagea pratensis* (Pers.) Dumort., *Aquilegia vulgaris* L., *Rosa mediata* Dubovik, *Melittis sarmatica* Klokov. *Gagea pratensis* та *Melittis sarmatica* були виявлені на безпосередньо прилеглий до кар'єрів території у складі лісових угруповань відповідно біля с. Берестовець та с. Базальтове Костопільського р-ну. В обох випадках у складі популяцій присутні генеративні особини, відмічено лише 6 особин *Melittis sarmatica* серед доволі розрідженого трав'яного покриву (проєкційне покриття до 20%), чисельність *Gagea pratensis* оцінюється декількома десятками особин. *Aquilegia vulgaris* та *Rosa mediata* також були виявлені біля с. Берестовець на ділянках із відновленою після видобування каменю рослинністю. *Aquilegia vulgaris* зростала серед розріджених чагарникових заростей за участю *Euonymus europaeus*, *Rosa canina*, *Rubus caesius* L., *Salix purpurea* L. у нижній частині виробленого кар'єру, де представлена 3 куртинами із генеративними пагонами. *Rosa mediata* формувала чагарникові зарості на схилі відвалах кар'єру зі збідненим трав'яним покривом та представлена тут поодинокими кущами.

Із малопоширених видів на досліджуваній території відмічені *Veronica teucrium* L., *Dentaria bulbifera* L., *Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce, *Inula helenium* L. 9 із виявлених видів є потенційно вразливими: *Batrachium circinatum*, *Polypodium vulgare* L., *Salix myrsinifolia* Salisb., *Anemone sylvestris* L., *Trifolium alpestre* L., *Malva excisa* Rchb., *Digitalis grandiflora* Mill., *Hippuris vulgaris* L., *Campanula persicifolia* L.

Певний інтерес представляють також знахідки таких видів, як *Pyrola media* Sw., *Scabiosa columbiana* L. та *Chamaenerion dodonaei* (Vill.) Kostel. *Pyrola media* раніше була відома лише із Рівненського р-ну, на досліджуваній території зростала у молодому заболоченому сосняку віком до 15–20 років на дні кар'єру в околиці с. Берестовець. *Scabiosa columbiana* на території Рівненщини нині достовірно відома лише із узлісних ділянок біля с. Базальтове та біля залізничної станції Любомирськ Рівненського р-ну (гербарні зразки зберігаються на кафедрі агрохімії, ґрунтознавства та землеробства НУВГП, м. Рівне). Під час досліджень рослина виявлена у великій кількості на схилі кар'єру та на прилеглий до нього території також в околиці с. Базальтове. Дискусійним є питання про аборигенність *Chamaenerion dodonaei*, що виявлений на виробленому кар'єрі на південь від с. Іванчі. Цей вид відомий із південно-західних регіонів України, у межах Рівненської області раніше не був виявлений. Зростав він серед оголених базальтових брил із досить розрідженим травостоєм (проєкційне покриття 15–20%). Зазначені види варто рекомендувати для включення їх у список регіональної охорони на території Рівненської області.

### Висновки

Отже, поступове відновлення природної рослинності на вироблених базальтових кар'єрах після припинення прямого антропогенного впливу сприяє зростанню тут раритетних видів флори. Здебільшого вони мають обмежене поширення, невисоку чисельність та найчастіш приурочені до ділянок із пониженою ценотичною конкуренцією видів травостою. Частина видів формує повночленні самопідтримувані популяції. Раритетний фітокомпонент вибірково зберігся і на безпосередньо прилеглий до кар'єрів території.

1. Володимирець В. О. Види фітобіоти Рівненської області з Червоної книги України (2009 р.). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне, 2016. 3 (75). С. 21–47.
2. Володимирець В. О. Доповнення до списку видів флори, що підлягають регіональній охороні на території Рівненської області. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне, 2012. 2 (58). С. 130–143.
3. Володимирець В. О., Гуцман С. В., Ойцось Л. В. Раритетні види рослин у складі флори міст східної частини Волинського Полісся. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія Біологія*. Тернопіль, 2016. № 2 (66). С. 14–21.
4. Дідух Я. П. Загадки Сморгівського лісу. *Етюди фітоєкології*. Київ : Арістей, 2008. С. 251–255.

5. Дидух Я. П. Эколого-ценотические особенности поведения некоторых реликтовых и редких видов в свете теории оттеснения реликтов. *Етюди фітоєкології*. Київ : Арістей, 2008. С. 104–126.
6. Ена А. В. Популяционно-количественный состав и экологические особенности вечнозеленых реликтов дендрофлоры Крыма и проблемы их охраны : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.05. Ялта, 1986. 26 с.
7. Кучеревський В. В. Еколого-біологічні особливості *Cymbocasma borysthena* (Pall. ex Schlecht.) Klok. et Zoz на Дніпропетровщині. *Укр. бот. журн.* 1986. 43 (6). С. 72–73.
8. Мельник В. І. Базальтовий край. Рівне : Овід, 2017. 84 с.
9. Микитин Т. М., Володимирець В. О., Берташ Б. М., Якимчук А. Ю. Регіональний ландшафтний парк «Надслучанський»: еколого-економічні передумови раціонального природокористування : монографія. Рівне : «Волинські обереги», 2017. 248 с.
10. Мосякін С. Л. Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі. *Укр. бот. журн.* 2013. 70 (3). С. 289–307.
11. Про затвердження Переліку регіонально рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин на території Рівненської області та Положення до нього : Рішення Рівненської обласної ради від 07 грудня 2018 р., № 1229. – URL: [http://oblrada.rv.ua/documents/rishennya/7\\_sklikannya.php?SECTION\\_ID=171&ELEMENT\\_ID=17752](http://oblrada.rv.ua/documents/rishennya/7_sklikannya.php?SECTION_ID=171&ELEMENT_ID=17752).
12. Червона книга України: Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
13. Catalogue of Life: 2018 Annual Checklist. – URL: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/info/ac/>.
14. International Plant Names Index. – URL: <http://www.ipni.org/>.
15. The Plant List. – URL: <http://www.theplantlist.org/>.

## References

1. Volodymyrets' V.O. Vydy fitobioty Rivnens'koi oblasti z Chervonoj knyhy Ukrainy (2009 r.). *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*. Rivne, 2016. 3 (75). S. 21–47.
2. Volodymyrets' V. O. Dopovnennia do spysku vydiv flory, shcho pidliahaiut' rehional'niy okhroni na terytorii Rivnens'koi oblasti. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*. Rivne, 2012. 2 (58). S. 130–143.
3. Volodymyrets' V. O., Hutsman S. V., Oytsius' L. V. Raryetni vydy roslyn u skladi flory mist skhidnoi chastyny Volyns'koho Polissia. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsional'noho pedahohichnoho universytetu im. V. Hnatiuka. Serii Biolohiia. Ternopil'*, 2016. No 2 (66). S. 14–21.
4. Didukh Ya. P. *Zahadky Smorzhivs'koho lisu. Etiudy fitoekologii*. Kyiv : Aristey, 2008. S. 251–255.
5. Didukh Ia. P. Ekologo-tsenoticheskie osobennosti povedeniia nekotorykh reliktovykh i redkikh vidov v svete teorii ottseneniia reliktovykh. *Etiudy fitoekologii*. Kiiv : Aristey, 2008. S. 104–126.
6. Ена А. В. Популяционно-количественный состав и экологические особенности вечнозеленых реликтов дендрофлоры Крыма и проблемы их охраны : автореф. дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.05. Ялта, 1986. 26 с.
7. Кучеревський В. В. Еколого-біологічні особливості *Cymbocasma borysthena* (Pall. ex Schlecht.) Klok. et Zoz на Дніпропетровщині. *Укр. бот. журн.* 1986. 43 (6). С. 72–73.
8. Мельник В. І. Базальтовий край. Рівне : Овід, 2017. 84 с.
9. Mykytyn T. M., Volodymyrets' V. O., Bertash B. M., Yakymchuk A. Yu. Rehional'nyy landshaftnyy park «Nadsluchans'kyy»: ekologo-ekonomichni peredumovy ratsional'noho pryrodokorystuvannia : monohrafiia. Rivne : «Volyns'ki oberehy», 2017. 248 s.
10. Mosiakin S. L. Rodyny i poriadky kvitkovykh roslyn flory Ukrainy: prahmatychna klasyfikatsiia ta polozhennia u filohenetychniy systemi. *Ukr. bot. zhurn.* 2013. 70 (3). S. 289–307.
11. Pro zatverdzhennia Pereliku rehional'no ridkisnykh i takykh, shcho perebuvauiut' pid zahrozoiu znyknennia, vydiv roslyn na terytorii Rivnens'koi oblasti ta Polozhennia do n'oho : Rishennia Rivnens'koi oblasnoi rady vid 07 hrudnia 2018 r., No 1229. – URL: [http://oblrada.rv.ua/documents/rishennya/7\\_sklikannya.php?SECTION\\_ID=171&ELEMENT\\_ID=17752](http://oblrada.rv.ua/documents/rishennya/7_sklikannya.php?SECTION_ID=171&ELEMENT_ID=17752).
12. Chervona knyha Ukrainy: Roslynnyy svit / za red. Ya. P. Didukha. Kyiv : Hlobalkonsalting, 2009. 900 s.
13. Catalogue of Life: 2018 Annual Checklist. – URL: <http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2018/info/ac/>.
14. International Plant Names Index. – URL: <http://www.ipni.org/>.
15. The Plant List. – URL: <http://www.theplantlist.org/>.

L. K. Savchuk, I. V. Vyhovskiy

Rivne State Humanitarian University, Ukraine

## RARE SPECIES OF PLANTS IN THE FLORISTIC COMPOSITION OF BASALT QUARRIES OF VOLYN POLISSYA

Industrial deposits of basalt are located in the northwestern part of Rivne region and confined to Rivne tectonic fault and Volyn trap cover. Close deposits of basalt to the surface is observed in the basin of the Goryn River (on the gap between the village of Zlazne and Basaltove (the tract of Janov Dolyna), the neighborhood of Berestovets, Velykyi Mydsk (near the village of Mutvytzia), near the village of Rudnya) in Kostopil district, also in the Styr River basin (the neighborhood of Polytzi and Ivanchi (Rafalivskyy Quarry) in Volodymyrets district).

Materials from field floristic research conducted over 2017-2018 were used for analysis. The research included areas of existing and produced basalt quarries, as well as an adjacent area of direct influence of 10-50 m width. Species of flora were included in the structure of the rare phytocomponent, listed in the third edition of the Red Book of Ukraine (2009) and also species that are subject to protection at the regional level. All identified rare species of flora were analyzed by category of rarity within the entire territory of Rivne region (4 categories of species were identified: very rare, rare, limited distribution, endangered).

According to the results of the research, 4 species of flora from the Red Book of Ukraine (2009) and 18 species are under Rivne region protection. Among the Red List species, stable populations form *Epipactis helleborine* and *Utricularia minor*. *Dactylorhiza incarnata* and *Atocion lithuanicum* are represented by isolated generative individuals in the studied territory. By category of rarity, limited distribution and endangered species are presented. The rarest species, *Primula elatior* was found, there are 4 rare species (*Gagea pratensis*, *Aquilegia vulgaris*, *Rosa mediata*, *Melittis sarmatica*). 9 species are endangered, most of them are typical for reserves: *Batrachium circinatum* and *Hippuris vulgaris*. 4 species belong to the group of limited distribution. Phytosociological interest in Rivne region is the findings of such species as *Pyrola media*, *Scabiosa columbiana* and *Chamaenerion dodonaei*. The gradual regeneration of natural vegetation after the termination of direct anthropic influence helps to distribute rare phytocomponents. Most of the rare species have a limited distribution, a small number and are often spread in the areas with a lower cenotic competition.

*Key words:* conservation status, category of rarity, regional protection, Rivne region, transformed ecotopes, «Red Book of Ukraine» (2009).

Надійшла 17.04.2019.

УДК 582.477.2/58.006

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.2

<sup>1</sup>Н. І. ЦИЦЮРА, <sup>2</sup>Р. С. ПАНАСЕНКО

<sup>1</sup>Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка  
вул. Ліцейна, 1, Кременець, Тернопільська область, 47000

<sup>2</sup>Кременецький ботанічний сад  
вул. Ботанічна, 5, Кременець, Тернопільська область, 47003  
e-mail: smaragds@ukr.net

## ОЦІНКА ДЕКОРАТИВНОСТІ ВИДІВ ТА ФОРМ РОДУ *THUJA* L. У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ

Наведено результати вивчення декоративних якостей 3 видів та 13 форм роду *Thuja* із колекції Кременецького ботанічного саду. Виявлено 4 високодекоративних, 11 декоративних та 1 середньдекоративний таксони. Подано рекомендації до використання досліджених видів та форм у таких категоріях садово-паркових насаджень, як солітери, групові та алейні посадки, куліси та екрани, бордюри, боскети, фігурні вироби, кам'яністі гірки, садові вази.

L. K. Savchuk, I. V. Vyhovskiy

Rivne State Humanitarian University, Ukraine

## RARE SPECIES OF PLANTS IN THE FLORISTIC COMPOSITION OF BASALT QUARRIES OF VOLYN POLISSYA

Industrial deposits of basalt are located in the northwestern part of Rivne region and confined to Rivne tectonic fault and Volyn trap cover. Close deposits of basalt to the surface is observed in the basin of the Goryn River (on the gap between the village of Zlazne and Basaltove (the tract of Janov Dolyna), the neighborhood of Berestovets, Velykyi Mydsk (near the village of Mutvytzia), near the village of Rudnya) in Kostopil district, also in the Styr River basin (the neighborhood of Polytzi and Ivanchi (Rafalivskyy Quarry) in Volodymyrets district).

Materials from field floristic research conducted over 2017-2018 were used for analysis. The research included areas of existing and produced basalt quarries, as well as an adjacent area of direct influence of 10-50 m width. Species of flora were included in the structure of the rare phytocomponent, listed in the third edition of the Red Book of Ukraine (2009) and also species that are subject to protection at the regional level. All identified rare species of flora were analyzed by category of rarity within the entire territory of Rivne region (4 categories of species were identified: very rare, rare, limited distribution, endangered).

According to the results of the research, 4 species of flora from the Red Book of Ukraine (2009) and 18 species are under Rivne region protection. Among the Red List species, stable populations form *Epipactis helleborine* and *Utricularia minor*. *Dactylorhiza incarnata* and *Atocion lithuanicum* are represented by isolated generative individuals in the studied territory. By category of rarity, limited distribution and endangered species are presented. The rarest species, *Primula elatior* was found, there are 4 rare species (*Gagea pratensis*, *Aquilegia vulgaris*, *Rosa mediata*, *Melittis sarmatica*). 9 species are endangered, most of them are typical for reserves: *Batrachium circinatum* and *Hippuris vulgaris*. 4 species belong to the group of limited distribution. Phytosociological interest in Rivne region is the findings of such species as *Pyrola media*, *Scabiosa columbiana* and *Chamaenerion dodonaei*. The gradual regeneration of natural vegetation after the termination of direct anthropic influence helps to distribute rare phytocomponents. Most of the rare species have a limited distribution, a small number and are often spread in the areas with a lower cenotic competition.

*Key words:* conservation status, category of rarity, regional protection, Rivne region, transformed ecotopes, «Red Book of Ukraine» (2009).

Надійшла 17.04.2019.

УДК 582.477.2/58.006

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.2

<sup>1</sup>Н. І. ЦИЦЮРА, <sup>2</sup>Р. С. ПАНАСЕНКО

<sup>1</sup>Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка  
вул. Ліцейна, 1, Кременець, Тернопільська область, 47000

<sup>2</sup>Кременецький ботанічний сад  
вул. Ботанічна, 5, Кременець, Тернопільська область, 47003  
e-mail: smaragds@ukr.net

## ОЦІНКА ДЕКОРАТИВНОСТІ ВИДІВ ТА ФОРМ РОДУ *THUJA* L. У КРЕМЕНЕЦЬКОМУ БОТАНІЧНОМУ САДУ

Наведено результати вивчення декоративних якостей 3 видів та 13 форм роду *Thuja* із колекції Кременецького ботанічного саду. Виявлено 4 високодекоративних, 11 декоративних та 1 середньодекоративний таксони. Подано рекомендації до використання досліджених видів та форм у таких категоріях садово-паркових насаджень, як солітери, групові та алейні посадки, куліси та екрани, бордюри, боскети, фігурні вироби, кам'яністі гірки, садові вази.

*Ключові слова:* Кременецький ботанічний сад, рід *Thuja*, декоративні якості, група декоративності, зелені насадження.

**Вступ.** Одним із пріоритетних завдань Кременецького ботанічного саду як науково-дослідної установи є інтродукційні випробування нових видів та форм рослин. Важливою умовою для деревних інтродуцентів задля подальшого впровадження в культуру є їх декоративність.

Перспективними декоративними рослинами є представники роду *Thuja* L., яким притаманний широкий поліморфізм, що проявляється в різноманітності форм та розмірі крони, будові пагонів, забарвленні хвої, мальовничості силуетів та робить їх цінним матеріалом для садово-паркового будівництва.

Існує ряд методик, використання яких дає можливість оцінити декоративні якості деревних рослин. Так, для їх естетичної оцінки пропонують враховувати найбільш характерні ознаки: життєву форму, ростові можливості, будову, силует і щільність крони, характер гілкування, забарвлення хвої, декоративність плодів та шишок, стійкість до хвороб і шкідників тощо [1, 2, 4, 5, 6, 8, 9]. Залежать також декоративні якості від спадкових особливостей та умов навколишнього середовища.

Найбільш інформативною, на нашу думку, для комплексної оцінки декоративності хвойних є модифікована методика Савушкіної І. Г. та Сеїт-Аблаєвої С. С., використання якої дозволить сформуванню перспективного асортименту для озеленення [9].

**Матеріал і методи досліджень**

Рід *Thuja* складає основу коніферетуму Кременецького ботанічного саду й представлений 3 видами та 13 декоративними формами, більшість з яких успішно акліматизувались і, як наслідок, є перспективними для використання в умовах Кременецького горбогір'я [3]. Дослідження проводили протягом 2017–2019 рр.

Для оцінки декоративних якостей представників роду *Thuja* була використана методика Савушкіної І. Г. та Сеїт-Аблаєвої С. С. [9]. Під час визначення групи декоративності враховували такі ознаки: період декоративності, архітекtonіку крони, забарвлення хвої в літній період, забарвлення хвої в зимовий період, декоративність шишок, відносну пошкоджуваність хворобами і шкідниками, аромат. Кожну ознаку оцінювали від 1 до 5 балів, а потім індексували за допомогою коефіцієнта значущості. Величина коефіцієнта визначається тривалістю дії кожної декоративної ознаки і силою її естетичного та емоційного впливу на спостерігача. Найбільш високі перевідні коефіцієнти (4 і 3) присвоєні таким ознакам: період декоративності, архітекtonіка крони (форма, структура, охвоєння), забарвлення хвої у літній та зимовий періоди [9] (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала градацій ознак для оцінки декоративності видів і форм роду *Thuja*

Ознака	Р*	Бали				
		1	2	3	4	5
Період декоративності	4	-	-	певний період вегетації	вегетаційний період	протягом року
Архітекtonіка крони	4	крона не сформована або деградована, охвоєння менше 20%	крона рідка, неоднорідна, охвоєння 21-50%	крона рідка, слабо однорідна, охвоєння 51-60%	крона середньо-щільна, середньо-однорідна, охвоєння 61-80%	крона щільна, однорідна, охвоєння до 100%
Забарвлення хвої у літній період	3	одноколірна (зелена)	одноколірна (зелена), насичена	одноколірна (зелена) з сизим нальотом	має незначні ознаки колористичного забарвлення (від темно-зеленого до блакитного, сизого і золотистого)	має яскраво виражене колористичне забарвлення – блакитнувате, сизе, золотисте, смугасте

Продовження таблиці 1						
Забарвлення хвої у зимовий період	3	буре, бронзове або сіре забарвлення хвої усїєї крони	буре, бронзове або сіре забарвлення хвої більше 30% крони	буре, бронзове забарвлення або сірий наліт на кінцях пагонів	незначно відрізняється від літнього забарвлення	ідентичне літньому забарвленню
Декоративність шишок	2	знижують декоративний ефект	практично не помітні, мають невиразне забарвлення, утворюються рідко	слабо помітні, небагато-чисельні, декоративний ефект недовготривалий	помітні, багато-чисельні, підсилюють декоративний ефект	красиві, інтенсивно забарвлені, чітко виділяються на фоні хвої
Відносна пошкоджуваність хворобами і шкідниками	1	шкідниками – понад 40% поверхні рослини; хворобами - всїєї хвої, відмирання пагонів	шкідниками - до 40% поверхні рослини; хворобами - більше 50% хвої, пагонів	шкідниками - до 20% поверхні рослини; хворобами - до 50% хвої, пагонів	шкідниками - до 10% поверхні рослини; хворобами вражені окремі хвоїнки і пагони незначною мірою	шкідниками - до 5% поверхні рослини; пошкодження хворобами відсутні
Аромат	1	різкий, неприємний	слабкий, неприємний	слабкий, приємний або специфічний	сильний, приємний	дуже інтенсивний, приємний

Примітка: \*Р – перевідний коефіцієнт.

За сумарною бальною оцінкою досліджувані види і форми розподіляли у наступні групи: I – високодекоративні (75–90 балів), II – декоративні (60–74 бали), III – середньодекоративні (45–59 балів), IV – малодекоративні (менше 44 балів).

#### Результати досліджень та їх обговорення

Важливу роль в оцінці декоративності рослин відіграє період декоративності – проміжок часу, протягом якого рослина не втрачає привабливості [5]. Туї – вічнозелені рослини, тому за цим показником отримали 4 і 5 балів. У 4 бали оцінювали ті види та форми, у яких забарвлення хвої в зимовий період частково знижувало декоративний ефект у порівнянні з літнім забарвленням, набуваючи бурого відтінку. До таких таксонів належать *Th. occidentalis* та форми '*Hosseri*', '*Aurea*', '*Ericoides*', '*Ericoides Aurea*', '*Globosa*', '*Globosa Nana*', '*Elegantissima*', '*Lutea*', '*Lutescens*' та *Th. plicata*. Тобто вони найбільш декоративні саме у вегетаційний період. Хвоя форм '*Holmstrup*', '*Columna*', '*Cristata*', туї західної, *Th. plicata* '*Zebrina*' та *Th. standishii* в зимовий період незначно відрізняється від літнього забарвлення або ж не змінює його, тобто декоративна протягом року. Тому за даною ознакою ці таксони оцінені у 5 балів (табл. 2).

Не менш важливою за значимістю ознакою є архітектоніка крони – система побудови крони, яка визначається її розмірами, формою, характером галуження, ступенем однорідності та охоєнням. У туй форма крони не зазнає значних сезонних змін і залежить від спадкових особливостей таксона. Оцінку 4 бали отримали *Th. occidentalis* L. та форми '*Holmstrup*', '*Aurea*', '*Cristata*', *Th. plicata* '*Zebrina*'. *Th. standishii*, для яких характерна середньо-щільна, середньо-однорідна крона з охоєнням 61–80%. Решта 10 таксонів оцінені у 5 балів за щільну, однорідну крону з охоєнням до 100%.

Оцінки декоративності видів і форм роду *Thuja* колекції Кременецького ботанічного саду

Вид, форма	Декоративні ознаки							СБ	ГД
	ПД	АК	ЗХЛ	ЗХЗ	ДШ	ПХШ	А		
	P=4	P=4	P=3	P=3	P=2	P=1	P=1	Max 90	
<i>Th. occidentalis</i> L.	4/16*	4/16	2/6	2/6	4/8	4/4	4/4	60	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Holmstrup'	5/20	4/16	2/6	4/12	3/6	5/5	3/3	68	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Hosseri'	4/16	5/20	2/6	3/9	3/6	5/5	3/3	65	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Aurea'	4/16	4/16	5/15	3/9	4/8	5/5	3/3	72	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Columna'	5/20	5/20	2/6	5/15	4/8	4/4	4/4	77	I
<i>Th. occidentalis</i> 'Cristata'	5/20	4/16	3/9	5/15	0	5/5	3/3	68	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Ericoides'	4/16	5/20	3/9	1/3	0	4/4	3/3	55	III
<i>Th. occidentalis</i> 'Ericoides Aurea'	4/16	5/20	5/15	2/6	0	5/5	3/3	65	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Globosa'	4/16	5/20	1/3	2/6	4/8	4/4	4/4	61	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Globosa Nana'	4/16	5/20	3/9	1/3	4/8	4/4	3/3	63	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Elegantissima'	4/16	5/20	2/6	2/6	4/8	5/5	4/4	65	II
<i>Th. occidentalis</i> 'Lutea'	4/16	5/20	5/15	5/15	4/8	5/5	3/3	82	I
<i>Th. occidentalis</i> 'Lutescens'	4/16	5/20	4/12	4/12	4/8	5/5	3/3	76	I
<i>Th. standishii</i> (Gord.) Carr.	5/20	4/16	3/9	4/12	3/6	5/5	4/4	72	II
<i>Th. plicata</i> D.Don.	4/16	5/20	2/6	4/12	4/8	4/4	4/4	70	II
<i>Th. plicata</i> 'Zebrina'	5/20	4/16	4/12	5/15	4/8	5/5	4/4	80	I

Примітка. \* – бал / бал з урахуванням перевідного коефіцієнта, ПД – період декоративності, АК – архітектоніка крони, ЗХЛ – забарвлення хвої в літній період, ЗХЗ – забарвлення хвої в зимовий період, ДШ – декоративність шишок, ПХШ – відносна пошкоджуваність хворобами і шкідниками, А – аромат, СБ – сумарний бал, P – перевідний коефіцієнт, ГД – група декоративності.

Особливу привабливість туям надає забарвлення хвої, яке дозволяє створити контрасти у садово-паркових композиціях. Максимальну оцінку (5 балів) за особливий декоративний ефект забарвлення літньої хвої отримали таксони *Th. occidentalis* 'Aurea', 'Ericoides Aurea', 'Lutea', які мають яскраво виражену колористичну золотисту хвою. Мають незначні ознаки колористичності, або сизий наліт, або строкату хвою *Th. occidentalis* 'Cristata', 'Ericoides', 'Globosa Nana', 'Lutescens', *Th. plicata* 'Zebrina' та *Th. standishii*. За ознакою «забарвлення хвої у літній період» вони оцінені у 3 та 4 бали. Оцінку 2 бали отримали *Th. occidentalis* L. та форми 'Holmstrup', 'Hosseri', 'Columna', 'Elegantissima', *Th. plicata* за насичене, але одноколірне забарвлення хвої. Найнижчу оцінку 1 бал має *Th. occidentalis* 'Globosa', у якої одноколірна зелена хвоя.

Для деяких туй є характерною зміна забарвлення хвої в зимовий період. Побуріння всієї крони спостерігається у *Th. occidentalis* 'Ericoides' та *Th. occidentalis* 'Globosa Nana'. За цією ознакою вони оцінені в 1 бал. Зміна забарвлення хвої більше 30% крони оцінена в 2 бали, що є властивим для *Th. occidentalis* та форм 'Ericoides Aurea', 'Globosa', 'Elegantissima'. Зміну

забарвлення хвої тільки на кінцях пагонів відзначено у форм туї західної 'Hosseri' та 'Aurea'. За цією ознакою вони оцінені у 3 бали. Забарвлення хвої *Th. occidentalis* 'Holmstrup', *Th. occidentalis* 'Lutescens', *Th. plicata*, *Th. standishii* в зимовий період незначно відрізняється від літнього забарвлення, за що названі таксони отримали 4 бали. І найвищий бал за збереження забарвлення без змін протягом усього року отримали *Th. occidentalis* 'Cristata', 'Columna', 'Lutea', *Th. plicata* 'Zebrina'.

Особливий інтерес при оцінюванні декоративності представляють шишки туй. Вони невеликі, яйцеподібно-продовгуваті, світло-коричневі, 8 мм завдовжки, звисаючі на коротких гілках. Луски шишок шкірясті, більш чи менш розкриваються [7]. У туй вони не мають значного декоративного ефекту. Вищий бал (4) при оцінці цієї ознаки отримали *Th. occidentalis*, форми 'Aurea', 'Columna', 'Globosa', 'Globosa Nana', 'Elegantissima', 'Lutea', 'Lutescens' та *Th. Plicata*, *Th. plicata* 'Zebrina'. Нижчий бал (3) отримали форми туї західної 'Holmstrup', 'Hosseri' та *Th. standishii*, на яких шишки слабо помітні, небагаточисельні, їхній декоративний ефект недовготривалий. *Th. occidentalis* 'Ericoides', 'Ericoides Aurea' та 'Cristata' шишок не утворюють.

Відносна пошкоджуваність хворобами і шкідниками – ознака, яка робить істотний вплив на декоративність та характеризує рослини з практичної сторони. Так, у досліджуваних рослин колекції Кременецького ботанічного саду шкідниками та хворобами пошкоджено близько 10% та 5% поверхні рослини, що дає підстави оцінити їх у 4 та 5 балів відповідно. Для підтримки декоративності та хорошого життєвого стану рослинам потрібне проведення регулярних обробок.

Хвоя туй містить фітонцидні речовини та ефірну олію, завдяки яким вони очищають повітря та насичують його своїм ароматом. Приємний освіжаючий запах туй має тонізуючу дію, сприяє відновленню сил після хвороб, втоми, стресу, заспокоює, сприяє концентрації сил та уваги. Така властивість робить туї цінним матеріалом для благоустрою територій. Так, слабкий приємний аромат (3 бали) притаманний таким формам *Th. occidentalis* як 'Holmstrup', 'Hosseri', 'Aurea', 'Cristata', 'Ericoides', 'Ericoides Aurea', 'Globosa Nana', 'Lutea', 'Lutescens'. Приємний і сильний аромат (4 бали) у *Th. occidentalis* та її форм 'Columna', 'Globosa', 'Elegantissima', *Th. standishii*, *Th. plicata* та *Th. plicata* 'Zebrina'.

Згідно встановленого в результаті дослідження сумарного балу оцінки декоративності, до групи високодекоративних видів і форм (I група декоративності), набравши 77, 82, 76 та 80 балів, увійшли *Th. occidentalis* 'Columna', *Th. occidentalis* 'Lutea', *Th. occidentalis* 'Lutescens' та *Th. plicata* 'Zebrina' відповідно. Більшість видів і форм роду *Thuja* колекції Кременецького ботанічного саду відносяться до II групи декоративності – декоративні рослини (від 60 до 74 балів). У цю групу були віднесені 3 види і 8 форм (див. табл. 2). До III групи середньодекоративних туй віднесено *Th. occidentalis* 'Ericoides', яка набрала мінімальну кількість балів (55), що пов'язано з побурінням хвої у зимовий період, відсутністю шишок та частковим пошкодженням хворобами та шкідниками. Малодекоративних таксонів не виявлено.

Завдяки високим декоративним якостям туї є цінним матеріалом для ландшафтного дизайну та можуть бути використані у різних категоріях зелених насаджень [10] (табл. 3).

Таблиця 3

Використання видів та форм видів і форм роду *Thuja* у різних категоріях зелених насаджень

Рід, вид, форма	Солітери	Групові посадки	Алейні насадження	Бордюри	Боскети	Фігурні вироби	Кулси та екрани	Кам'яністі гірки	Садові вази
<i>Th. occidentalis</i>	-	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Th. occidentalis</i> 'Holmstrup'	-	-	+	-	-	-	+	-	+
<i>Th. occidentalis</i> 'Hosseri'	-	-	-	+	+	-	-	+	+



## БОТАНІКА

Продовження таблиці 3									
<i>Th. occidentalis 'Aurea'</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>Th. occidentalis 'Columna'</i>	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Th. occidentalis 'Cristata'</i>	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Th. occidentalis 'Ericoides'</i>	-	+	-	-	-	+	-	+	-
<i>Th. occidentalis 'Ericoides Aurea'</i>	-	+	-	-	-	+	-	+	-
<i>Th. occidentalis 'Globosa'</i>	-	+	-	+	+	+	-	-	+
<i>Th. occidentalis 'Globosa Nana'</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	+
<i>Th. occidentalis 'Elegantissima'</i>	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Th. occidentalis 'Lutea'</i>	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Th. occidentalis 'Lutescens'</i>	+	+	+	-	-	+	+	-	-
<i>Th. standishii</i>	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Th. plicata</i>	+	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Th. plicata 'Zebrina'</i>	+	+	+	-	-	-	+	-	-

### Висновки

Рід *Thuja* складає основу коніферетуму Кременецького ботанічного саду і представлений 3 видами і 13 декоративними формами.

У результаті проведеної оцінки їх декоративності *Th. occidentalis 'Columna'*, *Th. occidentalis 'Lutea'*, *Th. occidentalis 'Lutescens'* та *Th. plicata 'Zebrina'* віднесені до групи високодекоративних рослин. *Th. occidentalis* та її форми 'Holmstrup', 'Hosseri', 'Aurea', 'Cristata', 'Ericoides Aurea', 'Globosa', 'Globosa Nana', 'Elegantissima', *Th. standishii* та *Th. plicata* – до групи декоративних. До III групи середньодекоративних туй віднесено *Th. occidentalis 'Ericoides'*.

Досліджені види і форми туй рекомендуємо для створення солітерних і групових посадок, алей, кулісів та екранів, бордюрів, боскетів та кам'янистих гірок. З окремих видів можна формувати декоративні фігури та можна висаджувати їх у садових вазах.

1. Білоус В. І. Садово-паркове мистецтво. Коротка історія розвитку та методи створення художніх садів. Київ : Науковий світ. 2001. 299 с.
2. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія. Київ : Вища школа. 2003. 199 с.
3. Каталог рослин Кременецького ботанічного саду / Р. С. Іваницький та ін. Кременець : СПД ФО Калашник Т. Б. 2015. 160 с.
4. Ковалевський С. Б., Кривохатко Г. А. Комплексна оцінка декоративності рослин культиварів *Thuja occidentalis* L. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 2. С. 23–25.
5. Колесников А. И. Декоративная дендрология. Москва : Лесная промышленность. 1974. 704 с.
6. Котелова Н. В., Виноградова О. Н. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года. *Физиология и селекция растений, озеленение городов*. Москва : МЛТИ. 1974. С. 37–44.
7. Крюссман Г. Хвойные породы. Москва : Лесная промышленность. 1986. 256 с.
8. Кученева Г. Г. К методике комплексной оценки древесных растений для целей озеленения. *Бюлетень Главного ботанического сада*. 1986. Вып. 142. С. 54–59.
9. Савушкина И. Г., Сеит-Аблаева С. С. Методика оценки декоративности представителей рода *Juniperus* L. / *Экосистемы*. 2015. Вып. 1. С. 97–105.
10. Пушкар В. В., Кузнецов С. С. Основні принципи і прийоми побудови композицій з використанням хвойних. Київ : ДАКККиМ. 2005. 176 с.

### References

1. Bilous V. I. Sadovo-parkove mystetstvo. Korotka istoriia rozvytku ta metody stvorennia khudozhnikh sadiv. Kyiv : Naukovyy svit. 2001. 299 s.
2. Kalinichenko O. A. Dekorativna dendrolohiia. Kyiv : Vyshcha shkola. 2003. 199 s.
3. Katalog roslyn Kremenets'koho botanichnoho sadu / R. S. Ivanyts'kyu ta in. Kremenets' : SPD FO Kalashnyk T. B. 2015. 160 s.
4. Kovalevs'kyu S. B., Kryvokhat'ko H. A. Kompleksna otsinka dekorativnosti roslyn kul'tyvariv *Thuja occidentalis* L. *Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy*. 2019. t. 29. No 2. S. 23–25.

5. Kolesnikov A. I. Dekorativnaia dendrologiia. Moskva : Lesnaia promyshlennost'. 1974. 704 s.
6. Kotelova N. V., Vinogradova O. N. Otsenka dekorativnosti derev'ev i kustarnikov po sezonam goda. Fiziologiya i selektsiia rasteniy, ozelenenie gorodov. Moskva : MLTI. 1974. S. 37–44.
7. Kriussman G. Khvoynye porody. Moskva : Lesnaia promyshlennost'. 1986. 256 s.
8. Kucheneva G. G. K metodike kompleksnoy otsenki drevesnykh rasteniy dlia tseley ozeleneniia. Biuleten' Glavnogo botanicheskogo sada. 1986. Vyp. 142. S. 54–59.
9. Savushkina I. G., Seit-Ablaeva S. S. Metodika otsenki dekorativnosti predstaviteley roda Juniperus L. / Ekosistemy. 2015. Vyp. 1. S. 97–105.
10. Pushkar V. V., Kuznetsov S. S. Osnovni pryntsypy i pryomy pobudovy kompozytsiy z vykorystanniam khvoynykh. Kyiv : DAKKKiM. 2005. 176 s.

*N. I. Tsytsyura, R. S. Panasenko*

Kremenets Taras Shevchenko Regional-Humanitarian-Pedagogical Academy, Ukraine  
Kremenets Botanical Garden, Ukraine

#### ASSESSMENT OF THE DECORATIVITY OF SPECIES AND FORMS OF THE *THUJA* L. FAMILY IN THE KREMENETS BOTANICAL GARDEN

The perspective plants for landscaping of the urban areas are the species and forms of the genus *Thuja* L., as those characterized by high decorative qualities and relative resistance to disease and pests.

The article presents the results of studying the decorativeness of the forms of *Th. occidentalis* L., *Th. plicata* D.Don. and *Th. standishii* (Gord.) Carr. from the Kremenets Botanical Garden's collection. When evaluating the decorative qualities of the under investigation taxons, the decorativeness period, crown architectonics, needle colouring in summer and winter periods, cones' decorativeness, relative damaging by the diseases and pests and the aroma have been taken into account.

4 highly decorative (*Th. occidentalis* 'Columna', *Th. occidentalis* 'Lutea', *Th. occidentalis* 'Lutescens' та *Th. plicata* 'Zebrina'), 11 decorative (*Th. occidentalis* та її форми 'Holmstrup', 'Hosseri', 'Aurea', 'Cristata', 'Ericoides Aurea', 'Globosa', 'Globosa Nana', 'Elegantissima', *Th. standishii*, *Th. plicata*) and 1 medium decorative taxons (*Th. occidentalis* 'Ericoides') have been revealed in the result of the investigation.

The recommendations for using the under investigation species and forms in the categories of garden and park plantations such as tapeworms, group and alley plantings, backdrops and screens, borders, baskets, curly goods, rocky hills, garden vases have been given.

*Key words: Kremenets botanical garden, Thuja family, decorative qualities, decorativity group, green plantings.*

Надійшла 15.05.2019.

# ЗООЛОГІЯ

УДК 598.1:591.5

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.3

<sup>1</sup>М. П. БОЙКО, <sup>2</sup>О. К. ВІКИРЧАК, <sup>1</sup>Г. М. ГОЛІНЕЙ, <sup>1</sup>Л. О. ШЕВЧИК

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>Національний природний парк «Дністровський каньйон»  
вул. Степана Бандери, 5 б, Заліщики, Тернопільська область, 48604  
e-mail: halyna.holiney@gmail.com

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ЧИСЕЛЬНОСТІ ТА ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОПУЛЯЦІЙ ЗЕЛЕНОЇ ЯЩІРКИ (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) НА ТЕРИТОРІЇ НПП «ДНІСТРОВСЬКИЙ КАНЬЙОН»**

---

Досліджено сучасний стан популяцій зеленої ящірки (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) в межах території Національного природного парку «Дністровський каньйон». Вивчено чисельність та просторову структуру популяцій виду в різних біотопах на основі багаторічних фенологічних спостережень згідно програми Літопису природи парку та власних досліджень авторів. Наведено дані про просторовий розподіл виду на території парку за останні 6 років. Проведено аналіз чисельності популяцій ящірки зеленої в різних біотопах та особливостей впливу основних екологічних факторів на стан цих популяцій.

*Ключові слова:* *Lacerta viridis* Laurenti, екологія, популяція, біотоп, НПП «Дністровський каньйон».

Фауністичні дослідження є основою зоологічної науки. Саме достовірні відомості про видовий склад, спосіб життя, чисельність, поширення, особливості розмноження є не тільки вихідними даними подальших зоологічних, еволюційних й екологічних досліджень, але й становлять основу природоохоронної діяльності, яка базується на аналізі стану ресурсів тваринного світу. Вивчення змін таких показників як чисельність і структура популяцій наземних хребетних залишається важливим завданням сучасної екології.

Зелена ящірка (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768; *Reptilia, Squamata*) – один із вразливих видів рептилій української герпетофауни. Цей вид є об'єктом багатьох екологічних досліджень, зокрема спрямованих на вивчення структури популяцій, біотопного розподілу, у тому числі в межах природних територій, які охороняються, а також територій, що зазнають помітної антропогенної трансформації [11, 12]. Одним із мало вивчених показників залишається чисельність локальних популяцій зеленої ящірки в межах її ареалу. На особливу увагу заслуговують чинники, що об'єктивно впливають на подібні зміни і процеси [10, 12].

Головним завданням нашого дослідження було виявлення особливостей структури популяцій зелених ящірок та специфіки біотопного розподілу виду в Тернопільському Придністер'ї.

### Матеріал і методи досліджень

Для проведення популяційно-екологічних досліджень нами були використані стандартні методики польового збору матеріалу та аналізу одержаних результатів, які використовуються в демакології.

Обліки проведені у 6 пунктах, що охоплюють різні типи природних та трансформованих біотопів. Підрахунок чисельності виконано маршрутним методом візуального спостереження за кількістю особин на маршруті (2–3 км) в перерахунку на 1 км [9].

В основу роботи покладено польові дослідження, здійснені протягом 8 експедиційних виїздів, які проводилися у квітні – серпні 2018 року та дані регулярних фенологічних спостережень НПП «Дністровський каньйон».

Планові обліки чисельності *L. viridis* проводились на двох комплексних фенологічних маршрутах (КФМ) які охоплюють різноманітні біотопи [3].

КФМ 2012-001 Дністер – Пустельня – Джурин:

I ділянка – берег р. Дністер (1 км), доступні для спостережень біотопи – р. Дністер, острови;

II ділянка – крутий схил річкової долини (0,5 км), доступні для спостережень біотопи – лучно-степові угруповання, сосновий ліс;

III ділянка – автотраса, листяний ліс (0,5 км), для спостережень біотопи чагарникові зарості з переважанням жарнівцю віничкового;

IV ділянка – початок лісу – урочище Пустельня (1,5 км), доступні для спостережень біотопи – зрілий дубово-грабовий ліс, травертинова скеля;

V ділянка – р. Джурин (2 км), доступні для спостережень біотопи – заліснена заплава;

VI ділянка – с. Устечко (1 км), доступні для спостережень біотопи – штучна екосистема с. Устечко.

КФМ № 2012-002 Городок – Добрівляни:

I ділянка – Городоцька (2 км), доступні для спостережень біотопи – р. Дністер, штучна екосистема села;

II ділянка – урочище Печеніги (2 км), доступні для спостережень біотопи – р. Дністер, пасовище, глинисті ерозійні урвища;

III ділянка – с. Деренівка – с. Криве (3 км), доступні для спостережень біотопи – р. Дністер, лісо-чагарникові зарості, лучно-степові ділянки, кам'яністі осипи, вапнякові скелі;

IV ділянка – колишня турбаза – с. Добрівляни, доступні для спостережень біотопи – лісо-чагарникові зарості, ділянки відновлення природної рослинності.

### Результати досліджень та їх обговорення

*L. viridis* перебуває під особливою охороною Бернської конвенції (додаток II) та занесена до Червоної книги України (2009).

Ареал *L. viridis*: охоплює Середню та Південну Європу, південний захід Східної Європи та північно-західну частину Малої Азії. В Україні трапляється мозаїчно в степовій і лісостеповій зонах майже виключно Правобережної України, а також у Закарпатті [2].

В біогеоценозах зелена ящірка, як більш крупний вид, є не тільки консументом 2-го та 3-го порядків, а виступає ще й як хижак-консумент 4-го порядку (у раціонах присутні хребетні – консументи 2–3 порядків). Співвідношення кормових об'єктів у живленні виду має певні відмінності у вологих та сухих біотопах [4].

Зелена ящірка є стенотопним видом, який надає перевагу лише 2–3-м біотопам, і тому є дуже вразливим видом. У місцях, де угруповання *L. viridis* залишаються чисельними, вона, безумовно, відіграє значну роль в екосистемах [6].

За даними Л. Ю. Соколенко, у межах Західного Поділля *L. viridis* виявлена виключно в районі Західно-Подільського Придністров'я по долині Дністра та його приток [7, 8], тому результати нашого дослідження дозволяють досить повно оцінити сучасний стан популяцій *L. viridis* у цьому регіоні (рисунок).

Наші дослідження вказують на те, що популяції зеленої ящірки території НПП «Дністровський каньйон» трапляються в різноманітних біотопах, але найчастіше місця знахідок пов'язані із чагарниками. Біотопи зеленої ящірки можна поділити на дві групи: 1) типові й 2) мало типові, у яких зелені ящірки зустрічаються спорадично або випадково (фото).

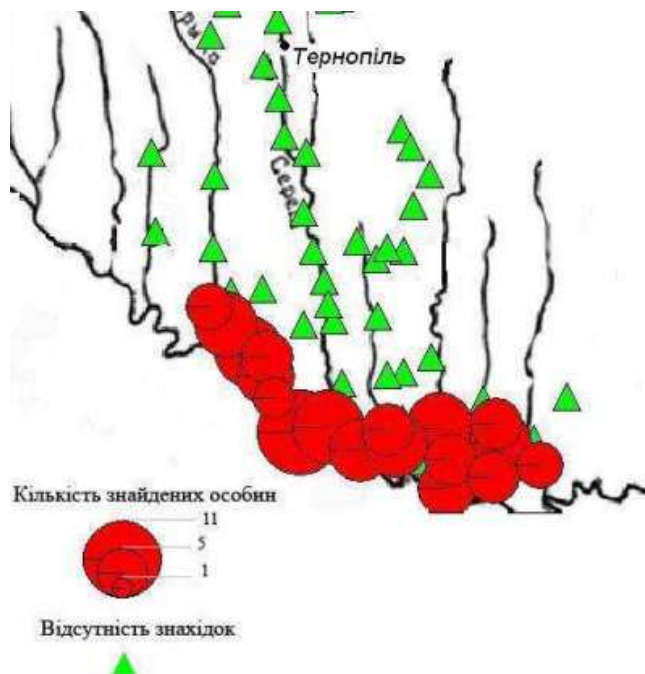


Рисунок. Місця поширення і кількість знайдених особин *L. viridis* на території НПП «Дністровський каньйон» [7]



Фото. Ящірка зелена, ок. с. Добрівляни, Заліщицького р-ну, відкритий схил р. Дністер. 24.04.2018 р. (фото з архіву НПП «Дністровський каньйон»)

У результаті проведених досліджень встановлено, що в типових біотопах (лісові галявини, узлісся, схили річкових долин) *L. viridis* є найбільш чисельним видом плазунів. Найвищу чисельність популяцій ящірки зеленої виявлено на південних схилах р. Дністер.

Згідно з попередніми дослідженнями науковців, оселища ящірки зеленої приурочені до лісо-чагарникових заростей широколистяних та мішаних лісів і до ділянок з густим травостоєм лучно-степової рослинності та чагарниками глоду й шипшини, де чисельність виду коливається від 20–50 ос./км до 30–50 ос./км; дещо меншою вона є на кам'янистих осипах та вапнякових скелях (6–11 ос./км) [8].

Так, на III ділянці КФМ №2012-002 Городок – Добрівляни особини дослідженого виду зустрічались з частотою 1 екз. на 100 м (10 ос. на маршруті) (табл. 1). За сприятливих погодних умов на цій ділянці фіксувалося більше 30 особин [3]. На лучино-степових ділянках околиць с. Голігради було зафіксовано багато особин дослідженого виду. На кам'янистих осипах та вапнякових скелях в околиці смт. Мельниця Подільська за період дослідження на маршруті фіксували 1 особину.

В інших біотопах чисельність зеленої ящірки значно менша, проте стабільно фіксується хоча б декілька екземплярів на узліссях (околиці с. Добрівляни – 4 особини на маршруті), а також у заплавних біотопах (околиці с. Монастирсьок – 1 особина). На території НПП «Дністровський каньйон» зелена ящірка спостерігається і в антропогенізованих умовах, на дорогах, поряд із будівлями. Окремі особини заходять у населені пункти, що розміщені неподалік природних оселищ.

Таблиця 1

Місця виявлення ящірки зеленої у НПП «Дністровський каньйон» (дані за 2018 рік)

№	Дата	Місце фіксування	Координати	Кількість зафіксованих особин
1.	5.04.18	Урочище Самотія, околиці с. Голігради	48°36'4.09" пн.ш. 26° 8'51.21" сх.д.	+∞
2.	7.04.18	околиці смт. Мельниця Подільська, урочище Бавки	48°36'4.09" пн.ш. 26° 8'51.21" сх.д.	1
3.	2.05.18	околиці с. Добрівляни, дорога до колишньої т/б	48°40'36.86" пн.ш. 25°45'53.18" сх.д.	10
4.	12.05.18	околиці с. Гінківці, схил р. Тупа, деградовані лучно-степові фітоценози	48°46'17.55" пн.ш. 25°45'24.67" сх.д.	1
5.	6.07.18	околиці с. Добрівляни, дорога до колишньої т/б	48°40'36.86" пн.ш. 25°45'53.18" сх.д.	4
6.	6.09.18	околиці с. Монастирсьок, берег р. Серет	48°43'52.55" пн.ш. 25°52'1.07" сх.д.	1
7.	13.09.18	берег Дністра, нижче колишньої т/б	48°40'25.03" пн.ш. 25°47'32.30" сх.д.	∞*
8.	27.09.18	околиці с. Добрівляни, дорога до колишньої т/б	48°40'36.86" пн.ш. 25°45'53.18" сх.д.	1

Примітка: \* переважно ювенільні особини

За результатами проведених досліджень виявлено важливе значення рослинності в біотопному розподіл популяцій дослідженого виду. Зелена ящірка трапляється на ділянках узлісся, де наявні злаково-чагарникові, злаково-різнотравні або злаково-осокові асоціації з високим помірно щільним травостоєм та з достатньою кількістю сховищ. Наявність підстилки не обмежує розселення ящірок, хоча вони віддають перевагу ділянкам, де підстилка мало потужна. Зелені ящірки уникають ділянок, де в складі рослинності багато представників Губоцвітих (*Lamiaceae*) та деяких інших рослин, зокрема амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia*). Зелена ящірка трапляється в біотопах з окремими представниками Айстрових (*Asteraceae*). Загалом встановлено, що цей вид плазунів віддає перевагу асоціаціям із домінуванням злаків та осокових.

*Просторова структура популяцій.* Просторовий розподіл особин зеленої ящірки залежить від характеру біотопів. На території НПП «Дністровський каньйон» чітко

простежується наявність двох типів просторової структури популяцій: плямиста (агрегована) та стрічкоподібна (витягнута пляма). Виявлено й певні варіації основних структур: щільно-плямиста з відстанями від 10–15 до 50–100 м між групами, плямиста з великими відстанями (до 2 км), стрічкоподібна з відстанями між субпопуляціями до 1 км, а також агрегаційно-мозаїчна при найбільшій щільності поселення ящірок. На вологих луках зафіксовано нерівномірно-плямисте розселення із відстанями між особинами від 7 м.

Характер просторового розподілу пов'язаний із двома основними чинниками: форма та розміри придатних для заселення ділянок та наявність кормової бази (з високою щільністю дрібних безхребетних). Третій не менш важливий чинник – присутність людини та ступінь її втручання [6].

Добова активність зеленої ящірки в значній мірі залежить від температури та освітленості (погода сонячна), та меншою мірою – від вологості. У добових міграціях більш активна молодь, статевозрілі самки мігрують зрідка, самці – різко територіальні [8].

Для розмноження виду характерне утворення факультативних пар, статевозрілі самці мають виражені ревіри, під час шлюбної поведінки зрідка фіксується стратегія сателізму та виявлено самців з невибірковою парувальною поведінкою [1, 4].

### Висновки

*L. viridis* є домінантним видом плазунів на схилах Дністра, його приток, струмків, ярів та балок.

Біотопна приуроченість просторового розподілу популяцій зеленої ящірки підлягає під загальноприйнятту типологію:

1) схили горбів та балок з густим травостоем та чагарниками глоду і шипшини (чисельність поселень 30–50 ос./км);

2) ділянки, що пов'язані з широколистяними та мішаними лісами – лісові галявини, узлісся, лісові дороги (20–50 ос./км);

3) круті схили ярів, берегові кручі з відслоненнями вапняків з трав'янисто-чагарниковою рослинністю (6–11 ос./км).

Просторова структура угруповань *L. viridis* у регіоні переважно агрегаційна й існує в кількох різних формах, що пов'язано з конфігурацією сприятливих ділянок, кормовою базою та міжвидовими стосунками.

1. Зіненко О. І. Плазуни Лівобережного Лісостепу України (поширення, морфологія, таксономія, біологія, екологія) : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.08. Київ, 2006. 21 с.
2. Котенко Т. І., Ситнік О. І. Ящірка зелена *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768). *Червона книга України* : Тваринний світ / за заг. ред. І. А. Акимова. Київ, 2009. С. 389.
3. Літопис природи Національного природного парку «Дністровський каньйон». 2018. Т. 6. 451 с.
4. Малюк А. Ю. Онтогенетические аспекты формирования межвидовых различий по морфометрическим признакам между прыткой, *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758, и зеленой, *L. viridis* (Laurenti, 1768), ящерицами (Lacertidae, Sauria, Reptilia). *Збірник праць Зоологічного музею*. 2018. № 47. С. 52–65.
5. Марисова І. В. Земноводні та плазуни північної Тернопільщини. *Наукові записки Кременецького педінституту*. 1961. №. 6. С. 23–35.
6. Ситнік О. І. Характеристика щільності і структури поселень зеленої ящірки (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) Придніпровського лісостепу України. *Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель*. 2013. Вип. 42. С. 134–140.
7. Соболенко Л. Ю. Амфібії та рептилії Західного Поділля: фауна, екологія і поширення видів: автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.08. Київ, 2010. 24 с.
8. Соболенко Л. Ю. Фауністичні дослідження плазунів Західного Поділля. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 6. С. 52–58.
9. Щербак М. М. Кількісний облік земноводних та плазунів: методичні рекомендації щодо проведення моніторингу біологічних об'єктів на заповідних територіях. Київ, 1996. С. 15–17.
10. Assmann O. Protection measures for the Green Lizard – *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) near Passau (Germany, Lower Bavaria). *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 251–268.
11. Elbing K. Species protection program «Smaragdeidechse» *Lacertaviridis* (Laurenti, 1768) in Brandenburg. *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 269–278.

12. Mikatova B. The Lizard, *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768), in the Czech Republic: Distribution, Ecology and Conservation aspects. *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 138–149.

## References

- Zinenko O. I. Plazuny Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy (poshyrennia, morfolohiia, taksonomiia, biolohiia, ekolohiia) : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.08 Kyiv, 2006. 21 s.
- Kotenko T. I., Sytnik O. I. Yashchirka zelena *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) . Chervona knyha Ukrainy : Tvarynnyy svit / za zah. red. I. A. Akimova. Kyiv, 2009. S. 389.
- Litopys pryrody Natsional'noho pryrodnoho parku «Dnistrovs'kyi kan'yon». 2018. T. 6. 451 s.
- Maliuk A. Iu. Ontogeneticheskie aspekty formirovaniia mezhvidovykh razlichiy po morfometricheskim priznakam mezhdru prytkoy, *Lacerta agilis* Linnaeus, 1758, i zelenoy, *L. viridis* (Laurenti, 1768), iashcheritsami (Lacertidae, Sauria, Reptilia). Zbirnik prats' Zoologichnogo muzeiu. 2018. N. 47. S. 52–65.
- Marysova I. V. Zemnovodni ta plazuny pivnichnoi Ternopil'shchyny. Naukovi zapysky Kremenets'koho pedinstytutu. 1961. No. 6. S. 23–35.
- Sytnik O. I. Kharakterystyka shchil'nosti i struktury poselen' zelenoi iashchirky (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) Prydniprov's'koho lisostepu Ukrainy. Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekul'tyvatsii zemel'. 2013. Vyp. 42. S. 134–140.
- Sobolenko L. Yu. Amfibii ta reptylii Zakhidnoho Podillia: fauna, ekolohiia i poshyrennia vydiv: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.08. Kyiv, 2010. 24 s.
- Sobolenko L. Yu. Faunistychni doslidzhennia plazuniv Zakhidnoho Podillia. Naukovyy visnyk NLTU Ukrainy. 2014. Vyp. 6. S. 52–58.
- Shcherbak M. M. Kil'kisnyy oblik zemnovodnykh ta plazuniv: metodychni rekomendatsii shchodo provedennia monitorynhu biolohichnykh ob'ektiv na zapovidnykh terytoriiakh. Kyiv, 1996. S. 15–17.
- Assmann O. Protection measures for the Green Lizard – *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768) near Passau (Germany, Lower Bavaria). *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 251–268.
- Elbing K. Species protection program «Smaragdeidechse» *Lacertaviridis* (Laurenti, 1768) in Brandenburg. *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 269–278.
- Mikatova B. The Lizard, *Lacerta viridis* (Laurenti, 1768), in the Czech Republic: Distribution, Ecology and Conservation aspects. *Mertensiella*. 2001. N. 13, Rh., 31. P. 138–149.

*M. P. Boiko, O. K. Vikyrchak, H. M. Holinei, L. O. Shevchyk*  
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine  
Dniester Canyon National Nature Park, Ukraine

## REFERENCE OF STRUCTURE AND ABUNDANCE OF THE GREEN LIZARD (*LACERTA VIRIDIS* LAURENTI, 1768) POPULATIONS ON THE TERRITORY OF THE NNP «DNIESTER CANYON»

Reliable information about the species composition of the fauna, way of life, abundance, distribution, and breeding features is not only the initial data for in-depth zoological, evolutionary and ecological research, but also the source for nature conservation activity based on the analysis of the state of wildlife resources.

The European green lizard (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768; *Reptilia, Squamata*) is one of the most vulnerable species of reptiles in the domestic herpetofauna. Therefore, it is the object of ecological research aimed at studying population structure, biotopic distribution, including within the protected natural areas and areas that are undergoing significant anthropogenic transformation.

The work is based on field studies conducted in April - August 2018 and data from the regular phenological observations of the Dniester Canyon National Nature Park.

The current status of the European green lizard population (*Lacerta viridis* Laurenti, 1768) within the territory of Dniester Canyon National Nature Park has been investigated. The abundance and spatial distribution of the species populations in different biotopes have been studied on the basis of long-term phenological observations according to the program of the Chronicle of Nature of the National Nature Park and the authors' research. The data of the species occurrence on the territory of the Park for the last six years is given. The abundance of the European green lizard populations under different biotopical conditions and the main factors influencing the studied parameters have been analyzed.



The European green lizard has been found to be a stenotopic species that favors only 2-3 biotopes, so it is highly vulnerable due to distortion of specific stations. Besides, *L. viridis* is the dominant species of reptiles on the Dniester slopes, its tributaries, streams, gullies and ravines.

The biotopes inhabited by this species can be grouped into three main types:

1) slopes of hills and ravines with thick-growing grass and bushes of hawthorn and dog rose (settlement density- 30-50 inhabitants/km);

2) areas related to broad-leaved forests and mixed forests - glades, outskirts of forests, forest roads (20-50 inhabitants/km);

3) steep slopes of gullies, steep bank slopes with limestone outcrops with herbaceous and shrubby vegetation (6-11 inhabitants/km).

The spatial distribution of *L. viridis* communities in the region is predominantly aggregative and exists in several different forms, which is related to the configuration of favorable plots, the nutritive base and interspecies relationships.

*Key words: Lacerta viridis, ecology, population, biotope, Dniester Canyon National Nature Park.*

Надійшла 21.05.2019.

# БІОХІМІЯ

УДК 544.77.022+547.96

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.4

В. А. БОГАТИРЕНКО, І. В. КАЛІНІН, О. М. ВОЛОЧНЮК

Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова  
вул. Пирогова, 9, Київ, 02000  
e-mail: ikalin@rambler.ru

## **РОЗРОБЛЕННЯ БІОРОЗКЛАДНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА ОСНОВІ КАЗЕЇНУ МОЛОКА**

Наведені сучасні відомості про складну структуру молекул казеїну молока. Показано, що на основі казеїну можна одержати полімерні плівки за умови додавання до полімерної композиції модифікованих полісахаридів, зокрема карбоксиметилцелюлози, а також ряду добавок, що відіграють роль пластифікаторів і структуроутворювачів.

*Ключові слова: біорозкладні полімерні матеріали, казеїн, кополімери, карбоксиметилцелюлоза, плівки, міцність на розрив.*

Відомо, що молоко містить усі необхідні для людського організму поживні речовини (білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни) і складається як з білкових (казеїну, альбуміну, глобуліну), так і з небілкових компонентів (вода, лактоза, жирні кислоти, зола, мікроелементи, вітаміни, ферменти, гормони), з яких найбільшу частку складає вода – 88,18%. Молочний цукор, жири, білки та органічні кислоти складають лише 11,2%. Основна частка білків (2,79% усіх речовин молока) представлена казеїном – це близько 80%.

Казеїн відноситься до білків з біологічною цінністю, тому в усьому світі він і його похідні знаходять все більше застосування в харчовій промисловості. З казеїну виготовляють молочні продукти, використовують для створення модифікованих продуктів (імітація сиру в піці, гамбургерах), входить до складу напоїв (стабілізатор для збереження пінних властивостей), хлібобулочних виробів (підвищує зв'язувальну здатність, тобто здатність тримати форму); він також вводиться в суміші для дитячого харчування. Відомі перетворення казеїну в штучне м'ясо і штучну ікру [3].

Окрім харчової, казеїн широко застосовують в деревообробній промисловості, зокрема здавна відомий казеїновий клей для дерев'яних поверхонь і казеїнові ґрунтовки; казеїн додають у фарби, де він виконує функції загущувача й стабілізатора, або до текстильної продукції – у присутності казеїну волокна не дають усадку при пранні. Наразі одним з найбільш актуальних напрямків його використання є виготовлення біопластику, здатного до біорозкладання [2]. Необхідність у розробці нового надлегкого і біорозкладаючого матеріалу постала у зв'язку із зростанням стурбованості людства з приводу накопичення пластикових відходів і залежності виробництва пластмас від видобутку нафти.

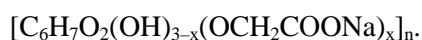
Модифікація структури казеїну є підґрунтям для розроблення нових та удосконалення впроваджених технологій одержання біорозкладних матеріалів. Одним з перспективних напрямків цих досліджень є створення плівок медичного призначення. Проте розв'язання такого завдання не є простим, оскільки плівки з чистого казеїну мають низькі технологічні характеристики, а саме дуже низьку міцність й еластичність; вони легко розчинні у воді.

Покращання властивостей плівок можна досягнути одержанням композиційних матеріалів на основі казеїну та інших матеріалів. Зараз уже відомі дослідження, присвячені розробці таких матеріалів, зокрема можливість формування кополімеру казеїну та метилцелюлози і одержання плівок [4].

Відповідно до зазначеного, метою нашої роботи стала розробка біорозкладної полімерної композиції на основі казеїну, яка б утворювала міцні та еластичні плівки.

### Матеріал і методи досліджень

Об'єктом досліджень був свіжовиділений кислотний казеїн, який осаджували з молока торгової марки «Селянське» з жирністю 0,5%. Процес включав такі стадії: нагрівання молока, додавання розчину ацетатної кислоти (з масовою часткою кислоти 15%) і фільтрування під вакуумом. Після фільтрування маса казеїну містила 30% води. Для одержання нетоксичної водорозчинної полімерної композиції другим полімером була вибрана карбоксиметилцелюлоза КМЦ промислового виробництва, хімічна формула якої може бути записана так:



У промислових зразках КМЦ (вона також відома як харчова добавка Е466) ступінь заміщення коливається в межах від 0,5 до 1,2 карбоксиметильних груп на одну ангідроглюкозну одиницю, тому він змінюється від 60 до 90%. Середня молекулярна маса лежить в межах 50000–500000. Як пластифікатор у полімерну суміш додавали гліцерин та дифеніламін. Для стабілізації композиції у водному середовищі додавали кальцій хлорид, що попереджає агрегацію міцел казеїну.

Одержані зразки плівок тестували за параметром міцності на розрив ( $\sigma_r$ ) за формулою [3, 5]

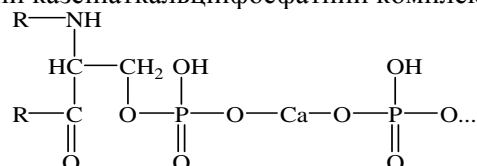
$$\sigma_r = \frac{F_r}{A_0},$$

де  $F_r$  – розтягувальне навантаження в момент розриву, Н,  $A_0$  – початковий поперечний переріз зразка, мм<sup>2</sup>.

### Результати досліджень та їх обговорення

Дослідженнями останніх років доведено існування чотирьох фракцій казеїну –  $\alpha_{s1}$ -Сп,  $\alpha_{s2}$ -Сп,  $\beta$ -Сп й  $\kappa$ -Сп [1, 6, 7]. При їх асоціації утворюються стабільні наночастинки – субміцели казеїну з розміром приблизно 10 нм, які далі з'єднуються між собою й утворюють більші структури – міцели глобулярної форми. Поліпептидні ланцюги фракцій казеїну згортаються в субміцелі так, що більшість гідрофобних радикалів складають основне ядро, а гідрофільні групи розташовуються на поверхні субміцел. Гідрофільна частина містить негативно заряджені кислотні групи глутамінової, аспарагінової і ортофосфатної кислот  $\kappa$ -казеїну. Гідрофільні ділянки  $\kappa$ -казеїну – глікомакропептиди виступають за межі міцел, що надає їм «ворсистого» вигляду і попереджає агрегацію окремих міцел.

Окрім органічних складових, казеїн містить неорганічний кальцій фосфат у вигляді наночастинок  $Ca_9(PO_4)_6$ , який виконує роль зв'язуючого компонента, утворюючи з молекулами різних фракцій казеїну єдиний казеїнаткальційфосфатний комплекс (ККФК):



Казеїнаткальційфосфатний комплекс та гідрофобні взаємодії між субодинамиціями забезпечують у цілому стабільність глобул казеїну. Кількість кальцій фосфату в молоці зумовлюється вмістом казеїну, який, у свою чергу, підвищує розчинність колоїдного  $Ca_9(PO_4)_6$ . Стабілізувати міцели казеїну можуть також і розчини деяких солей, наприклад, кальцій хлориду. Загальноприйнята схема, що відображає структуру міцели казеїну, показана на рис. 1.

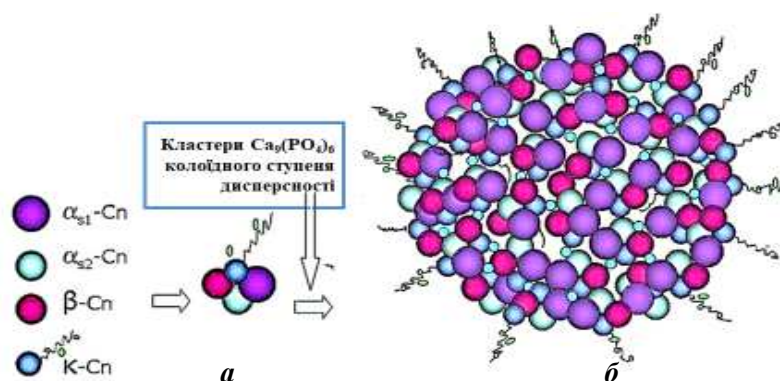


Рис. 1. Структура глобули казеїну: *a* – субміцели казеїну розміром приблизно 10 нм; *б* – міцели казеїну (20–300 нм) глобулярної форми

При одержанні полімерної композиції співвідношення між вмістом казеїну та КМЦ у відсотках становило відповідно 30 до 70 на суху масу полімерів. Полімерні композиції виливали на скляну поверхню в чашки Петрі шаром товщиною 3-4 мм і залишали до повного застигання й висушування. Фотографії одержаних плівок представлені на рис. 2.

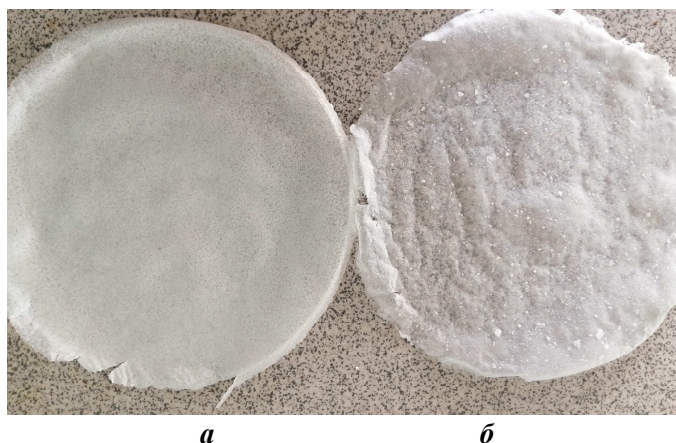


Рис. 2. Плівки на основі КМЦ та казеїну з додаванням  $\text{CaCl}_2$  і дифеніламіну (*a*) та без добавок (*б*)

Згідно з рис. 2, за зовнішнім виглядом одержані плівки можна оцінити так: введення солі  $\text{CaCl}_2$  та дифеніламіну до складу полімерної композиції дозволяє одержати прозоріші плівки з більш рівномірною структурою.

Використання цих додаткових компонентів при створенні композиційного матеріалу позитивно впливає також на міцність і еластичність плівок, зокрема міцність на розрив ( $\sigma_r$ ). Цей показник збільшується майже вдвічі.

### Висновки

Використання казеїну для створення біорозкладних плівок, які можна застосовувати як пакувальний матеріал в харчових технологіях, у медицині, є перспективним напрямом сучасних досліджень. Позитивного результату можна досягти, якщо створювати композиційні матеріали на основі казеїну та модифікованих полісахаридів, зокрема карбоксиметилцелюлози із додаванням в якості пластифікатора гліцерину та стабілізатора водної емульсії – водорозчинних солей кальцію.

1. Гринченко Н. Г. Модифікація структури та функціонально-технологічних властивостей казеїну: наукові та прикладні аспекти / Н. Г. Гринченко, Д. О. Тютюкова, П. П. Пивоваров // Харчова наука та технологія, 2017. – Т. 11. – Вип. 1. – С. 57–70.
2. Замотаєв П. В. Тенденции развития мирового рынка биоразлагаемых полимеров / П. В. Замотаєв, Е. В. Шибирин, О. Д. Федоряк // Упаковка, 2010. – № 2. – С. 18–23.
3. Їстівні плівки на базі казеїну та доцільні способи визначення їхніх механічних характеристик / [К. В. Копилова, С. Б. Вербицький, Т. С. Кос, О. В. Вербова, О. Б. Козаченко] // Матеріали VII Міжнародної спеціалізованої науково-практичної конференції «Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності», 13 вересня 2018 р., Київ. – К. : НУХТ, 2018. – С. 116–117.
4. Патент RU 2395540: Способ получения композиций, подвергающихся биодеструкции, на основе простого эфира целлюлозы [Электронный ресурс] / А. А. Каданова, С. Ф. Андрусенко, О. В. Воробьева, С. С. Аванесян, Е. В. Волосова; владелец Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ставропольский государственный университет (RU). – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/239/2395540.html>.
5. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение (с Изменением №1) : ГОСТ 14236-81 [Электронный ресурс]. – М. : Издательство стандартов, 1992. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/gost-14236-81>.
6. Скалка В. В. Визначення різних форм казеїну у молоці методом диск-електрофорезу / В. В. Скалка, О. М. Савчук, Л. І. Остапченко // Фізика живого, 2010. – Т. 18, № 3. – С. 36–38.
7. Юкало В. Г. Электрофорез білків молока / В. Г. Юкало // Медична хімія. – 2000. – Т.2, № 4. – С. 79–82.

## References

1. Hrynchenko N. H. Modyfikatsiia struktury ta funktsional'no-tekhnologichnykh vlastyvostey kazeinu: naukovi ta prykladni aspekty / Hrynchenko N.H., Tiutiukova D.O., Pyvovarov P.P. // Kharchova nauka ta tekhnolohiia, 2017. – Т. 11. – Vyp. 1. – S. 57-70.
2. Zamotaev P.V. Tendentsii razvitiia mirovogo rynka biorazlagaemykh polimerov / Zamotaev P.V., Shibirin E.V., Fedoriak O.D. // Upakovka, 2010. – No 2. – S. 18-23.
3. Istivni plivky na bazi kazeinu ta dotsil'ni sposoby vyznachannia ikhnikh mekhanichnykh kharakterystyk / [Kopylova K.V., Verbyts'kyu S.B., Kos T.S., Verbova O.V., Kozachenko O.B.] // Materialy VII Mizhnarodnoi spetsializovanoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Resurso- ta enerhooshchadni tekhnolohii vyrobnytstva i pakuvannia kharchovoi produktsii – osnovni zasady ii konkurentozdatnosti», 13 veresnia 2018 r., m. Kyiv. – K. : NUKhT, 2018. – S. 116-117.
4. Patent RU 2395540: Sposob polucheniia kompozitsiy, podvergaiushchikhsia biodestruktsii, na osnove prostogo efira tselliulozy [Elektronniy resurs] / Kadanova A. A., Andrusenko S. F., Vorob'eva O. V., Avanesian S. S., Volosova E. V.; vladelets Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniia Stavropol'skiy gosudarstvennyy universitet (RU). – Rezhim dostupu: <https://findpatent.ru/patent/239/2395540.html>.
5. Plenki polimernye. Metod ispytaniia na rastiazhenie (s Izmeneniem No1) : GOST 14236-81 [Elektronniy resurs]. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1992. – Rezhim dostupu : <http://docs.cntd.ru/document/gost-14236-81>.
6. Skalka V.V. Vyznachennia riznykh form kazeinu u molotsi metodom dysk-elektroforezu / Skalka V.V., Savchuk O.M., Ostapchenko L.I. // Fizyka zhyvoho, 2010. – Т. 18, No 3. – S. 36-38.
7. Yukalo V. H. Elektroforez bilkiv moloka / V. H. Yukalo // Medychna khimiia. — 2000. — Т.2, No 4. — S. 79–82.

*V. A. Bohatyrenko, I. V. Kalinin, O. M. Volochnyk*  
National Pedagogical Dragomanov University, Ukraine

## DEVELOPMENT OF A BIODEGRADABLE POLYMER COMPOSITION BASED ON CASEIN MILK

The article sums up the results of the study of milk casein as a biopolymer, which is widely used in food industry, construction, pharmacy, etc. and on the basis of which polymer films for biodegradable materials can be obtained. The analysis draws on data on the structure of milk casein molecules as a complex globular micellar system, which is constructed by nanoscale sub-micelles, interconnected by calcium phosphate sites, with the formation of a casein-calcium phosphate complex. Sub-micelles differ in structure and function, according to which their four fractions are distinguished. The hydrophilic carboxyl groups of the glutamic, aspartic and orthophosphate acids of the  $\kappa$ -casein

fraction provide the stabilization of casein micelles in the aqueous medium. Such structure of casein does not allow to receive film materials, they have low technological characteristics, very low durability and elasticity, high fragility. Moreover, they are easily soluble in water.

Studies have shown that on the basis of casein it is possible to obtain polymer films, provided the use of a polymer composition, in which besides casein there is a modified polysaccharide. To obtain such a composition, carboxymethylcellulose was used, which also has biodegradable properties, however, unlike casein, it is capable of forming sufficiently strong polymer films. The polymer composition was synthesized in two steps: first, an aqueous solution of carboxymethyl cellulose was prepared, to which freshly precipitated casein with a moisture content of 20%, precipitated from skim milk, was added. The composition of the polymer composition was enriched with a number of additives serving as plasticizers, and structure-forming. The triatomic alcohol glycerol and diphenylamine were added as plasticizers too. In order to regulate the structure of the aqueous dispersion medium and prevent the processes of aggregation of casein micelles, calcium chloride solution was injected in the composition. The given polymer composition after polymerization in the air-drying process makes it possible to obtain sufficiently strong composite polymer films, the transparency of which depends on the type of plasticizer selected and the presence of  $\text{CaCl}_2$ .

*Key words: biodegradable polymeric materials, casein, copolymers, carboxymethylcellulose, films, tensile strength.*

Надійшла 26.04.2019.

УДК: 546,47:546.05:544.021

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.5

O. I. HORYN, H. I. FALFUSHYNSKA

Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine  
e-mail: falfushynska@tnpu.edu.ua

## **GREEN SYNTHESIS OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES FROM THE AYURVEDIC HERBS AND THEIR ANTIRADICAL POTENTIALS**

Green synthesis of nanoparticles using environmental-friendly reducing agents is in the focus. We applied green technology for the synthesis of zinc nanoparticles (nZnO) using leaves extract of *Catharanthus roseus* and fruits extract of *Momordica charantia* (Karela). The development and advance of nZnO biosynthesis from leaves and fruits extracts of *target medicinal plants* was observed by UV/VIS spectroscopy. The peaks were determined at 355 and 365 nm for nZnO synthesized from the leaf extracts of *M. charantia* and *C. roseus* correspondingly. Synthesized nanoparticles have demonstrated antiradical capacity against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and towards 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) in physiologically relevant concentration. Synthesized nZnO using *Catharanthus roseus* and *Momordica charantia* extracts reflected the same optical, antioxidant and antihyperglycemic (Horyn et al., 2019) characteristics and could be applied in the fields of medical and pharmaceuticals for formulation of new drugs.

*Key words: Green synthesis, nano zinc oxide, Catharanthus roseus, Momordica charantia, antiradical capacity.*

Nowadays, metal-containing nanoparticles, and particularly nanozinc oxide (nZnO), is going shares deeply in broad range of industrial fields namely electronics, photonic devices, biomedical and pharmaceutical sector [9]. However, the potential adverse effects of metal oxide nanoparticles in biomedical and pharmaceutical fields needs to be properly evaluated. Numerous studies have demonstrated that nZnO should provoke adverse effects to both animals and human [8, 28, 30]. We have shown in particular that nZnO provoked up-regulation of stress-related, metal-binding proteins,

fraction provide the stabilization of casein micelles in the aqueous medium. Such structure of casein does not allow to receive film materials, they have low technological characteristics, very low durability and elasticity, high fragility. Moreover, they are easily soluble in water.

Studies have shown that on the basis of casein it is possible to obtain polymer films, provided the use of a polymer composition, in which besides casein there is a modified polysaccharide. To obtain such a composition, carboxymethylcellulose was used, which also has biodegradable properties, however, unlike casein, it is capable of forming sufficiently strong polymer films. The polymer composition was synthesized in two steps: first, an aqueous solution of carboxymethyl cellulose was prepared, to which freshly precipitated casein with a moisture content of 20%, precipitated from skim milk, was added. The composition of the polymer composition was enriched with a number of additives serving as plasticizers, and structure-forming. The triatomic alcohol glycerol and diphenylamine were added as plasticizers too. In order to regulate the structure of the aqueous dispersion medium and prevent the processes of aggregation of casein micelles, calcium chloride solution was injected in the composition. The given polymer composition after polymerization in the air-drying process makes it possible to obtain sufficiently strong composite polymer films, the transparency of which depends on the type of plasticizer selected and the presence of  $\text{CaCl}_2$ .

*Key words: biodegradable polymeric materials, casein, copolymers, carboxymethylcellulose, films, tensile strength.*

Надійшла 26.04.2019.

УДК: 546,47:546.05:544.021

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.5

O. I. HORYN, H. I. FALFUSHYNSKA

Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine  
e-mail: falfushynska@tnpu.edu.ua

## **GREEN SYNTHESIS OF ZINC OXIDE NANOPARTICLES FROM THE AYURVEDIC HERBS AND THEIR ANTIRADICAL POTENTIALS**

Green synthesis of nanoparticles using environmental-friendly reducing agents is in the focus. We applied green technology for the synthesis of zinc nanoparticles (nZnO) using leaves extract of *Catharanthus roseus* and fruits extract of *Momordica charantia* (Karela). The development and advance of nZnO biosynthesis from leaves and fruits extracts of *target medicinal plants* was observed by UV/VIS spectroscopy. The peaks were determined at 355 and 365 nm for nZnO synthesized from the leaf extracts of *M. charantia* and *C. roseus* correspondingly. Synthesized nanoparticles have demonstrated antiradical capacity against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl and towards 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) in physiologically relevant concentration. Synthesized nZnO using *Catharanthus roseus* and *Momordica charantia* extracts reflected the same optical, antioxidant and antihyperglycemic (Horyn et al., 2019) characteristics and could be applied in the fields of medical and pharmaceuticals for formulation of new drugs.

*Key words: Green synthesis, nano zinc oxide, Catharanthus roseus, Momordica charantia, antiradical capacity.*

Nowadays, metal-containing nanoparticles, and particularly nanozinc oxide (nZnO), is going shares deeply in broad range of industrial fields namely electronics, photonic devices, biomedical and pharmaceutical sector [9]. However, the potential adverse effects of metal oxide nanoparticles in biomedical and pharmaceutical fields needs to be properly evaluated. Numerous studies have demonstrated that nZnO should provoke adverse effects to both animals and human [8, 28, 30]. We have shown in particular that nZnO provoked up-regulation of stress-related, metal-binding proteins,

metallothioneins in the liver and Zn-carrying vitellogenin-like proteins in the blood plasma of frog *P. ridibundus* [1]. Also, it was capable to stimulate lysosomal protease cathepsin D activity, oppress caspase-3 activity and modulate the multixenobiotic-resistance protein activity and HSP70, HSP72 and HSP60 in the digestive gland and in the gills of bivalves mollusks [8, 12]. nZnO has affected not only animals, but also human. In particular, nZnO significantly reduced alveolar A549 cell viability [30], altered cellular morphology, cytoskeletal arrangement, lysosomal stability and mitochondrial membrane potential in human primary astrocytes as well as stimulated apoptosis [27].

The synthesis of nZnO was grounded on several physical and chemical methods namely spray-pyrolysis, chemical reduction, laser ablation, electrolysis, sol gel, hydrothermal, but most of these methods being costly, and/or wanting the use of toxic solvents [26]. Indeed, the above mentioned approaches not only use toxic and expensive reagents, but it is highly likely by-products of reactions make nZnO so formed inappropriate for use in biomedical applications. To overcome these challenges, the popularity of 'green' chemistry technology is rapidly arising. The most useful in green synthesis of nanoparticles are plant, bacteria, fungi, enzymes and algae [19-21]. The biosynthetic nZnO provide numerous benefits of eco-friendliness and compatibility for biomedical and pharmaceutical applications.

*Catharanthus roseus* and *Momordica charantia* (*Karela*) belong to important medicinal herbs listed in Aurveda, enriched with more than 100 alkaloids and bioactive compounds including phenolic compounds and other enzymatic and non-enzymatic antioxidants [4]. It was shown that *C. roseus* contains terpenoid indole alkaloids such as vinblastine and vincristine (natural anticancer drugs), ajmalicine (antihypertensive) and serpentine (sedative) and *M. charantia* contains charantin, charine, cryptoxanthin etc used in therapy for treating different diseases. However, few reports have addressed to the development of the environmental-friendly nZnO synthesis based on *Catharanthus roseus* and *Momordica charantia* as reducing and capping agents [15]. Hence, present work aimed to elaboration of zinc oxide nanoparticles biosynthesis using *C. roseus* and *M. charantia* and evaluation its antiradical activity. The process can be also applied for production of other metallic nanocrystalline with biomedical properties.

## Materials and methods

### Phytoextracts preparation

The ground powdered leaves of *Catharanthus roseus* were boiled in the distilled water for 45 min at 100 °C. The dark brown extract was filtered using 0.45- $\mu$ m sintered glass funnel to remove insoluble fractions and macromolecules. The resulting extract reached the polyphenols and aminoacids which acted as the reducing agent for nZnO biosynthesis.

### Green-synthesis technology

Green synthesis of ZnO nanoparticles using a leaf extract of *Catharanthus roseus* and commercial form of *Momordica charantia* fruits (Swanson® Bitter Melon) carried out from ZnSO<sub>4</sub> solution. For synthesis of nanoparticles, 25 ml of 2.25% plant extract treated with 1.0 M sodium hydroxide (10 ml) was taken and heated to 60°C in the dark to avoid photo-catalysis. Then 100 ml zinc sulphate solution (0.0025, 0.05, 0.075, 0.01, 0.0155, 0.02 M) was added and the mixture was boiled for 15-120 min (15, 30, 60, 120 min) until it diminished to dark-yellow paste. The resultant product was further washed in double-distilled water and ethanol. The paste was then collected in a ceramic mortar and heated at 200 oC for 2 minutes up to the state of light yellow powder. The resulting powder was used to antiradical and antihyperglycemic activity determination. The preparation of nZnO was characterized by UV/Vis spectrophotometer (U-LAB 100UV) in the wavelength range of 200–500 nm.

### Evaluation of the antiradical activity

Antiradical activity of synthesized nZnO against DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, *Sigma*) according to Carrasco-Pozo et al., 2008 [5]. The assay is based on the measurement of the reducing ability of the thiols toward DPPH•. Briefly, the studied samples were mixed with 30  $\mu$ M DPPH in 80% methanol and allowed to react during 40 min at 30 °C. The absorbance was read within 40 min at 517 nm. Glutathione reduced was used as a standard compound.

ABTS (2, 2'-azino-bis 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid, *Sigma*) free radical scavenging activity was analyzed according to Shabestarian et al. (2017) [19]. The reaction mixture contained 1



mL of the ABTS working solution and 1mL of 10, 100 and 200  $\mu$ M of synthesized nanoparticles. After incubation for 1 h at room temperature in dark, absorbance was registered at 734 nm. Glutathione reduced was used as a standard compound.

The experiments were done in triplicate and results were expressed as mean  $\pm$  SD. All statistical calculations were performed with Statistica v. 12.0 and Excel for Windows-2013. Differences were considered significant if the probability of Type I error was less than 0.05.

### Results and discussion

Our results have proven that *C. roseus* and *M. charantia* are the good sources for the green synthesis of nZnO. The synthesized nZnO were characterized by UV/Vis spectrophotometric technique (Fig. 1). The absorption peaks were registered between 355 and 365 nm and located in the specific absorbance range (320-390 nm) for biosynthesized nZnO based on different herbal extracts as reducing and capping agents [15] due to their large excitation binding energy at room temperature. It is well known from absorption spectroscopy that the band gap increases on decreasing particle size. The high blue shift absorption for the synthesized nZnO in comparison with the bulk ZnO (around 385nm) can be due to a high decrease in particle size [21]. Then we can sum that the particle size of synthesized nZnO using *M. charantia* was smaller than for *C. roseus*.

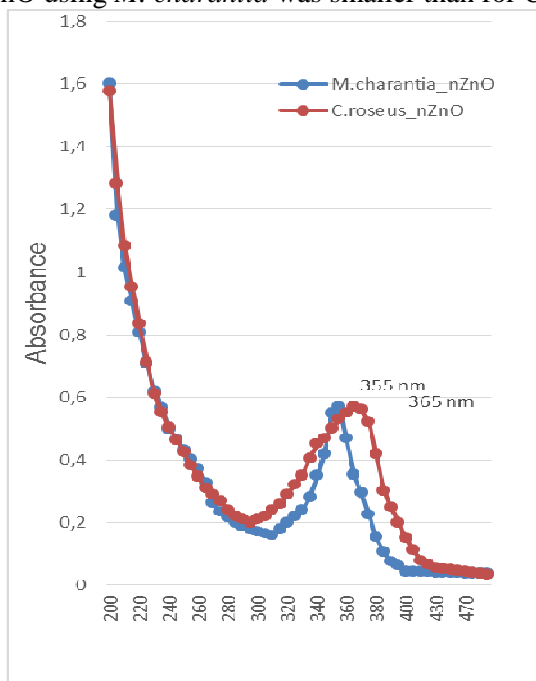


Figure 1. UV–Visible spectrum of the synthesized ZnO nanoparticles by (A) zinc sulphate and *Momordica charantia* and *Catharantus roseus* extracts as precursors

To estimate how the nZnO green synthesis is affected by the concentration of zinc sulphate and time of the reaction as the most important parameters we have carried the reaction out with constant concentration of herbal extracts, temperature and pH, but variable salt concentration or reaction time. As had predicted, the nZnO formation was increased while increasing the zinc sulphate concentration and the concentration of 0.0155 M was chosen as the most appropriate within 0.0025-0.02 M range according to the best ratio of  $D_{355-365}/D_{300-310}$  equal to 3.5. Meanwhile no absorption peaks were observed at 0.0025M and 0.005M. Similar results were observed with flower extract of *Nyctanthes arbortristis*, where increasing concentrations of zinc acetate (0.0025–0.01 M) were used to optimize the synthesis of ZnO NPs [23].

It was proven that the reaction time is an important factor for the nanoparticles synthesis. The reaction time should depend on the nature of metals and reducing agent namely herbal extracts. In the present experiment no absorption peak was observed in 15 min and 30 min. It was appeared with increasing the reaction time up to 60 and 120 min, but no principal difference in the nZnO absorbance was registered between 60 and 120 min of reaction. Then, 60 min of reaction was stated as the most appropriate for both *C. roseus* and *M. charantia* extracts. Our result is in a good agreement with the

previously published studies on *C. roseus*, where the most appropriate reaction time was also determined in the range of 1-3 h [10].

The synthesized nZnO possessed dose dependent free radical scavenging activity against both DPPH and ABTS in the same range for nZnO prepared based on *C. roseus* and *M. charantia* extracts. Meanwhile antiradical activity to ABTS was slightly, but significantly higher than to DPPH (Fig. 2). Many kinds of antioxidants of the extract could perform synergistically. Obviously, during the synthesis of the nZnO, bioactive compounds of medicinal plants extracts, among them vinblastine, vincristine, alkaloids ajmalicine, serpentine, phenolic compounds, are adsorbed onto the surface of the synthesized nanoparticles and displace high tendency to interact with and reduce ABTS and DPPH with high efficiency according to the high surface area to volume ratio of nanoparticles.

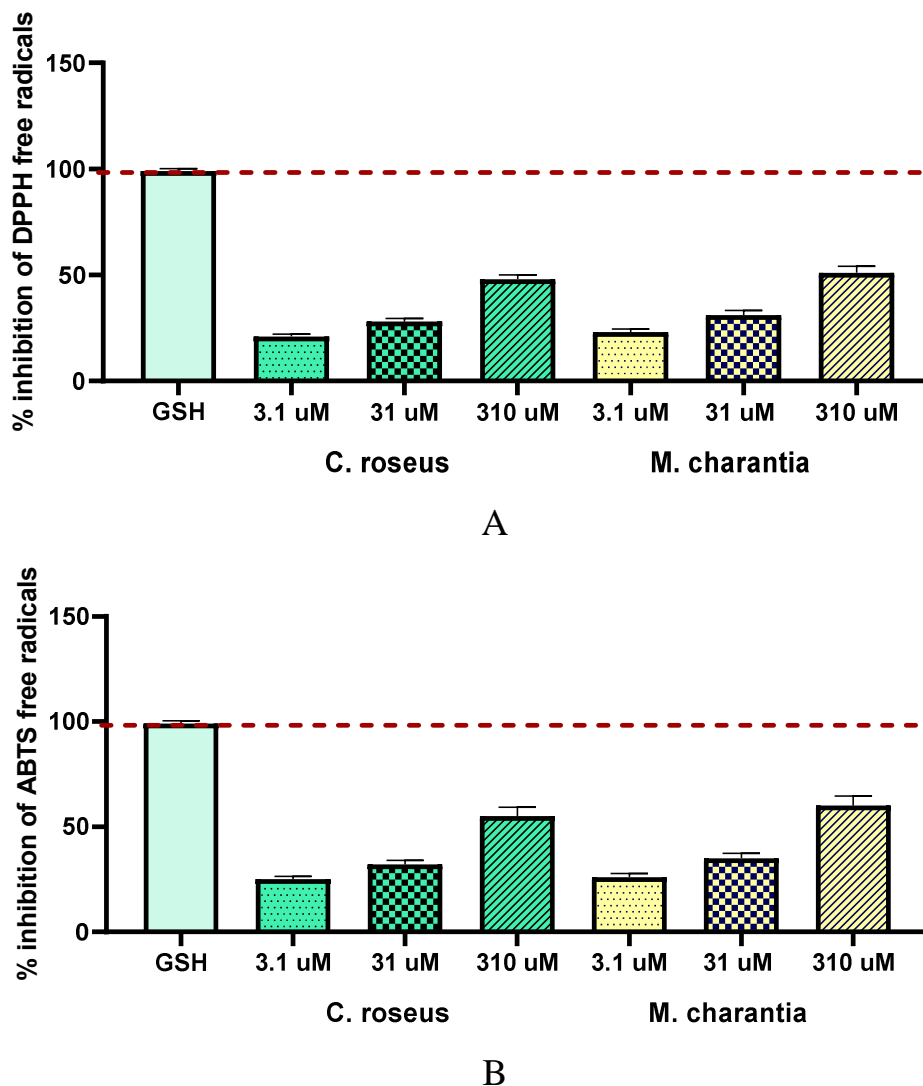


Figure 2. Scavenging capacity of synthesized ZnO nanoparticles on DPPH (A) and ABTS (B) free radicals as compared to glutathione as reference compound

It was proven that nanoparticles can penetrate biological membranes and damage living tissues and organs due to their small size, unique composition and high activity. Nevertheless nZnO are used in different fields of science and industry, among them pharmacy, health care and foods, it has been classified by EU hazard classification as ecotoxic (N; R50-53) [27]. nZnO exhibits higher toxic effects than other metallic nanoparticles and this is likely because of their ion-shedding ability [27]. The design of ecofriendly green synthetic protocols for nZnO allows omitting toxic by-products and, which is vitally important, dressing nZnO with antibacterial [14] and, putatively, antiradical properties. The present study results showed that nZnO synthesized using both *C. roseus* and

*M. charantia* extracts were capable to inhibit DPPH and ABTS free radicals. Due to our knowledge, there is no data in regards to radical-scavenging activity of nZnO based on selected plants. Meanwhile, our results are in a good agreement with previous reports devoted to gold and silver nanoparticles [19, 20, 25]. In particular, it was estimated that DPPH radical-scavenging activity of gold nanoparticles obtained from *S. monoica* was 43% at 1 mg/mL [25].

Thus, a green synthetic method using *C. roseus* and *M. charantia* extracts can be used as a safe, simple and economical process for production of ZnO nanoparticles, without requirement of any chemical reductant or capping agent. The bioactive compounds presented in both *C. roseus* and *M. charantia* primary should potentially served as an electron donor system and ligand agents to form stabilized nanoparticles. Tested *C. roseus* and *M. charantia* extracts seem to be perspective alternatives in large-scale metallic nanoparticles manufacturing without generating any toxic byproducts. Synthesized nZnO possess promising antiradical and antidiabetic activities that allows using them for biomedical and pharmaceutical purposes.

### Acknowledgment

This work was supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine (133B and research grant for young fellows MV-1). The authors would like to thank Prof. Oksana Stoliar for constructive ideas and valuable scientific comments

### References

1. A calcium channel blocker nifedipine distorts the effects of nano-zinc oxide on metal metabolism in the marsh frog *Pelophylax ridibundus* / Falfushynska H., Gnatyshyna L., Horyn O. [et al.] // Saudi J Biol Sci. – 2019. – Vol. 26, Issue 3. – P. 481–489. DOI: 10.1016/j.sjbs.2017.10.004
2. A resonance light scattering ratiometry applied for binding study of organic small molecules with biopolymer / Huang C. Z., Pang X. B., Li Y.F. [et al.] // Talanta. – 2006. – Vol. 69, Issue 1. – P. 180–186. DOI: 10.1016/j.talanta.2005.09.022
3. A review on green synthesis of silver nanoparticles / Geoprincy B. N., Vidhya Srri U., Poonguzhali N. [et al.] // Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. – 2013. – Vol 6, Suppl 1. – P. 8–12.
4. A rich source of potential bioactive compounds with anticancer activities by *Catharanthus roseus* cambium meristematic stem cell cultures / Moon S. H., Pandurangan M., Kim D. H. [et al.] // Journal of ethnopharmacology. – 2018. – Vol. 217. – P. 107–117. DOI: 10.1016/j.jep.2018.02.021
5. Acaricidal, pediculicidal and larvicidal activity of synthesized ZnO nanoparticles using *Momordica charantia* leaf extract against blood feeding parasites / Gandhi P. R., Jayaseelan C., Mary R. R. [et al.] // Exp Parasitol. – 2017. – Vol. 181. – P. 47–56. DOI: 10.1016/j.exppara.2017.07.007
6. *Badri N. E.* Optical absorption measurement of synthesized ZnO using Ultra Violet-Visible Spectrophotometer / N. E. Badri, M. S. E. Badri, K. M. Sulieman // International Journal of Science and Research. – 2014. – Vol. 4, Issue 11. – P. 62–65.
7. *Bhumi G.* Biological synthesis of zinc oxide nanoparticles from *Catharanthus roseus* (L.). G. Don. Leaf extract and validation for antibacterial activity / G. Bhumi, N. Savithamma // Int J Drug Dev Res. – 2014. – Vol. 6. – P. 208–214.
8. Bioenergetic responses of freshwater mussels *Unio tumidus* to the combined effects of nano-ZnO and temperature regime / Falfushynska H. I., Gnatyshyna L. L., Ivanina A. V. [et al.] // Sci Total Environ. – 2019. – Vol. 10. – P. 1440–1450. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.09.136.
9. Biomedical application of nanotechnology / Ramos A. P., Marcus A. E. C., Camila B. T. [et al.] // Biophys. Rev. – 2017. – Vol. 9, Issue 2. – P. 79–89. DOI: 10.1007/s12551-016-0246-2
10. *Catharanthus roseus*-mediated zinc oxide nanoparticles against photocatalytic application of phenol red under UV@ 365nm. / Kalaiselvi A., Roopan S. M., Madhumitha G. [et al.] // Curr. Sci. – Vol. 111. – P. 1811–1815. DOI: 10.18520/cs/v111/i11/1811-1815
11. Comparison of antidiabetic effects of *P. Sonchifolia*, *C. Roseus* and *M. Charantia* extracts and green synthesized zno nanoparticles towards common carp model: in vitro study / Horyn O., Hrabra S., Savchyn T. [et al.] // 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. – P. 117-124. DOI: 10.5593/sgem2019/6.1/S24.015
12. Detoxification and cellular stress responses of unionid mussels *Unio tumidus* from two cooling ponds to combined nano-ZnO and temperature stress / Falfushynska H. I., Gnatyshyna L. L., Ivanina A. V. [et al.] // Chemosphere. – 2018. – Vol. 193. – P. 1127–1142. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.11.079
13. Different approaches for the synthesis of zinc oxide nanoparticles / Zaheer A., Farman U-K., Sajid M. [et al.] // Open Journal of Chemistry. – 2018. – Vol. 1. – P. 19–25. DOI: 10.30538/psrp-ojc2018.0003

14. *Dobrucka R.* Biosynthesis and antibacterial activity of ZnO nanoparticles using *Trifolium pratense* flower extract / R. Dobrucka, J. Długaszewska // *Saudi J Biol Sci.* – 2016. – Vol. 23, Issue 4. – P. 517–523. DOI: 10.1016/j.sjbs.2015.05.016
15. Effective antimicrobial activity of Green ZnO nano particles of *Catharanthus roseus* / Gupta M., Tomar R. S., Kaushik S. [et al.] // *Front Microbiol.* – 2018. – Vol. 9. – P. 2030. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02030
16. *Fakhari S.* Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: a comparison / Fakhari S., Jamzad M., Fard H. K. // *Green Chemistry Letters and Reviews.* – 2018. – Vol. 10. – P. 19–24.
17. *Fan Z.* Zinc oxide nanostructures: synthesis and properties/ Zhiyong Fan, Jia Grace Lu // *J Nanosci Nanotechnol.* – 2005. – Vol. 5, Issue 10. – P. 1561–1573. DOI: 0.1166/jnn.2005.182
18. Flash synthesis of flower-like ZnO nanostructures by microwave-induced combustion process / Caoa Y., Liua B., Huangb R. [et al.] // *Materials Letters.* – 2011. – Vol.65, Issue 2). – P.160–163. DOI: 10.1016/j.matlet.2010.09.072
19. Green synthesis of gold nanoparticles using sumac aqueous extract and their antioxidant activity / Shabestarian H., Homayouni-Tabrizi M., Soltani M. [et al.] // *Materials Research.* – 2017. – Vol. 20, Issue 1. – P. 264–270. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2015-0694
20. Green synthesis of multifunctional silver and gold nanoparticles from the oriental herbal adaptogen: Siberian ginseng / Abbai R., Mathiyalagan R., Markus J. [et al.] // *Int J Nanomedicine.* – 2016. – Vol. 11. – P. 3131–3143. DOI: 10.2147/IJN.S108549
21. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles by celosia argentea and its characterization / Vaishnav J., Subhaa V., Kirubanandana S. [et. Al.] // *Journal of Optoelectronics and Biomedical Materials.* – 2017. – Vol. 9, Issue 1. – P. 59–71.
22. *Iravani S.* Green synthesis of metal nanoparticles using plants / S. Iravani // *Green Chemistry.* – 2011. – Vol. 13. – P. 2638–2650. DOI: 10.1039/c1gc15386b
23. Jamdagni P. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using flower extract of *Nyctanthes arbor-tristis* and their antifungal activity / P. Jamdagni, P. Khatri, J. S Rana // *J. King Saud. Univ. Sci.* – 2016. – Vol. 30. – P. 168–175. DOI: 10.1016/j.jksus.2016.10.002
24. *Okuyama K.* Preparation of nanoparticles via spray route / Kikuo Okuyama, I. Wuled Lenggoro // *Chemical Engineering Science.* – 2003. – Vol 58, Issue 3. – P.537–547 2003 DOI: 10.1016/S0009-2509(02)00578-X
25. Phytofabrication of gold nanoparticles assisted by leaves of *Suaeda monoica* and its free radical scavenging property / Arockiya Aarthi Rajathi F., Arumugam R., Saravanan S. [et al.] // *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology.* – 2014. – Vol. 135. – P. 75–80. DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2014.03.016
26. *Ramesh R.* Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using flower extract *Cassia Auriculata* / R. Ramesh, A. Rajendran, M. Meenakshisundaram // *Journal of NanoScience and NanoTechnology.* –2014. – Vol 2, Issue 1. – P. 41–45.
27. *Siddiqi K. S.* Properties of zinc oxide nanoparticles and their activity against microbes / K. S. Siddiqi, A. ur Rahman, A. Husen // *Nanoscale Res Lett.* – 2018. – Vol. 13. – P. 141. DOI: 10.1186/s11671-018-2532-3
28. *Sudhakaran S.* Zinc oxide nanoparticle induced neurotoxic potential upon interaction with primary astrocytes / Sudhakaran S., Athira S. S., Mohanan P. V. // *Neurotoxicology.* – 2019. – Vol. 73. – P. 213–227. DOI: 10.1016/j.neuro.2019.04.008
29. Synthesis and characterization of zinc oxide (zno) nanoparticles using mango (*mangifera indica*) leaves / Ashwath Narayana B. S., Kushal P., Nasehuddin A. [rt al.] // *IJRAR.* – 2018. Vol. 5, Issue 3. – P. 432–439. DOI: 10.1729/Journal.18354
30. Toxicity of TiO<sub>2</sub>, ZnO, and SiO<sub>2</sub> nanoparticles in human lung cells: safe-by-design development of construction materials / Remzova M., Zouzelka R., Brzicova T. [et al.] // *Nanomaterials (Basel).* – 2019. – Vol. 9, Issue 7. – pii: E968. DOI: 10.3390/nano9070968

*О. І. Горин, Г. І. Фальфушинська*

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

### ЗЕЛЕНИЙ СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК ЦИНК ОКСИДУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЮРВЕДИЧНИХ ТРАВ ТА ЇХ АНТИРАДИКАЛЬНИЙ ПОТЕНЦІАЛ

Технології зеленого синтезу наночастинок з використанням екологічно чистих відновників набувають все більшої популярності. Ми застосували технологію зеленого синтезу для отримання наночастинок цинк оксиду (nZnO), на основі екстракту листя катарантуса *Catharanthus roseus* та екстракту плодів момордіки *Momordica charantia* (карела). Успішність процесу біосинтезу nZnO з екстрактів листя та плодів лікарських рослин оцінювали спектрофотометрично. Інтенсивність піків визначали при 355 і 365 нм для nZnO, синтезованих з фітоекстрактів *M. charantia* і *C. roseus* відповідно. Синтезовані наночастинки володіють

антирадикальними властивостями щодо 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозилу та до 2,2'-азино-біс (3-етилбензотіазолін-6-сульфонової кислоти) у фізіологічно релевантних концентраціях. Синтезовані nZnO з використанням екстрактів *Catharanthus roseus* та *Momordica charantia* характеризуються подібними оптичними, антиоксидантними та антигіперглікемічними характеристиками (Horyn et al., 2019) та можуть бути застосовані у медичній та фармацевтичній галузях для розробки нових лікарських препаратів.

*Ключові слова:* зелений синтез, нано-цинк оксид, *Catharanthus roseus*, *Momordica charantia*, антирадикальні властивості.

Надійшла 14.05.2019.

УДК 597.5:577.12: 57.047

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.6

<sup>1</sup>V. Z. KURANT, <sup>1</sup>V. O. KHOMENCHUK, <sup>1</sup>V. Ya. BYYAK, <sup>2</sup>N. G. ZINKOVSKA,  
<sup>1</sup>V. S. MARKIV

<sup>1</sup>Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine  
Lyceum lane, 1, Kremenets, 47003  
e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

## **INFLUENCE OF HEAVY METALS IONS ON THE CONTENT OF PROTEINS AND NUCLEIC ACIDS IN THE ORGANISM OF FRESHWATER FISH**

From the launched research we obtained the aggregate data, that not only confirm and broaden our concept of the important role of protein and nucleic metabolism in the processes of detoxication of heavy metals ions and formation of resistance to them, but also allow making an integral estimation of biochemical reaction of carp organism to chronic intoxication.

*Key words:* freshwater fish, proteins, nucleic acids, heavy metals.

Contamination of water reservoirs by heavy metals is one of the limiting factors of aquatic ecosystems functioning and their biological productivity. Being part of many organic substances, or engaging them in the interaction, they influence many biochemical processes in aquatic organisms. The ions of metals can form strong connections in the tissues along with various biologically active centres, including the sulphur-containing ligands, that may be enclosed in proteins and amino acids. Their activity is related to the enzymes that contain metal ions in their composition or are actuated by them [6, 10].

One of the basic principles of biochemical adaptation of an organism is to maintain the structural and functional integrity of macromolecules. Much of this is applied to proteins and nucleic acids – biopolymers, that perform an extremely important role in the adaptation of aquatic lives to environmental conditions [10].

### **Materials and methods**

The object of the given research was carp – *Cyprinus carpio* L. For the experiment the 2 year old fish with the mass of 250-300 grams were rummaged from the natural stews of Ternopil region (Zalistsi fish-breeding complex). The experiments were carried out in 200 litre aquariums filled with the precipitated water from the local water supply system under constant gas and temperature operating conditions. During the process the fish were not fed. The effect of Mg, Zn, Cu and Pb ions in two concentrations are complied with 2 and 5 maximum permissible concentrations (MPC) [1]. The period of acclimation was 14 days.

антирадикальними властивостями щодо 2,2-дифеніл-1-пікрилгідрозилу та до 2,2'-азино-біс (3-етилбензотіазолін-6-сульфонової кислоти) у фізіологічно релевантних концентраціях. Синтезовані nZnO з використанням екстрактів *Catharanthus roseus* та *Momordica charantia* характеризуються подібними оптичними, антиоксидантними та антигіперглікемічними характеристиками (Horyn et al., 2019) та можуть бути застосовані у медичній та фармацевтичній галузях для розробки нових лікарських препаратів.

*Ключові слова:* зелений синтез, нано-цинк оксид, *Catharanthus roseus*, *Momordica charantia*, антирадикальні властивості.

Надійшла 14.05.2019.

УДК 597.5:577.12: 57.047

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.6

<sup>1</sup>V. Z. KURANT, <sup>1</sup>V. O. KHOMENCHUK, <sup>1</sup>V. Ya. BYYAK, <sup>2</sup>N. G. ZINKOVSKA,  
<sup>1</sup>V. S. MARKIV

<sup>1</sup>Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

<sup>2</sup>Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine  
Lyceum lane, 1, Kremenets, 47003  
e-mail: khomenchuk@tnpu.edu.ua

## **INFLUENCE OF HEAVY METALS IONS ON THE CONTENT OF PROTEINS AND NUCLEIC ACIDS IN THE ORGANISM OF FRESHWATER FISH**

From the launched research we obtained the aggregate data, that not only confirm and broaden our concept of the important role of protein and nucleic metabolism in the processes of detoxication of heavy metals ions and formation of resistance to them, but also allow making an integral estimation of biochemical reaction of carp organism to chronic intoxication.

*Key words:* freshwater fish, proteins, nucleic acids, heavy metals.

Contamination of water reservoirs by heavy metals is one of the limiting factors of aquatic ecosystems functioning and their biological productivity. Being part of many organic substances, or engaging them in the interaction, they influence many biochemical processes in aquatic organisms. The ions of metals can form strong connections in the tissues along with various biologically active centres, including the sulphur-containing ligands, that may be enclosed in proteins and amino acids. Their activity is related to the enzymes that contain metal ions in their composition or are actuated by them [6, 10].

One of the basic principles of biochemical adaptation of an organism is to maintain the structural and functional integrity of macromolecules. Much of this is applied to proteins and nucleic acids – biopolymers, that perform an extremely important role in the adaptation of aquatic lives to environmental conditions [10].

### **Materials and methods**

The object of the given research was carp – *Cyprinus carpio* L. For the experiment the 2 year old fish with the mass of 250-300 grams were rummaged from the natural stews of Ternopil region (Zalistsi fish-breeding complex). The experiments were carried out in 200 litre aquariums filled with the precipitated water from the local water supply system under constant gas and temperature operating conditions. During the process the fish were not fed. The effect of Mg, Zn, Cu and Pb ions in two concentrations are complied with 2 and 5 maximum permissible concentrations (MPC) [1]. The period of acclimation was 14 days.

The total content of albumins in tissues was determined by a biuretic method with some modifications [3] while in nucleic acids fractions – by Lowry and co-authors [11]. Nucleic acids were fixed spectrophotometrically by Tsanev R.H. and Markov G.G. [8] in accordance with the authors' recommendations [2]. For the protein fractions of fish blood serum the diagnostic set "Cormay gel protein 100" (Austria) was used. To determine the significant difference the obtained data underwent certain statistic processing [5].

### Results and discussion

In our studies significant deviations from the control indices of content as for aggregate proteins and proteins combined with nucleic acids under the influence of higher concentrations of ions of metals were not found. A certain increase in the total number of proteins in the liver may indicate to an active part of this organ in the synthesis of adaptive proteins.

The slightest deviation from the control indexes of the total protein content (table 1) was found in the muscles of carp, which testifies to the fact that along with the increased activity of lysosomal proteases and the rising contents of free amino acids the aggregate protein content remains constant. The latter points rather to deep restructuring of protein metabolism in the body of fish under the influence of heavy metals than to their use in energy processes by means of amino acids oxidation.

Table 1

Effect of heavy metals on the content of total protein in carp tissues

(mg %, M ± m, n = 5)

Group	Manganese	Zinc	Copper	Lead
Liver				
Control	9,84±0,72	9,40±0,42	10,86±0,52	11,22±0,40
2 MPC	10,35±0,73	9,67±0,62	9,94±0,45	11,45±0,33
5 MPC	10,36±0,93	9,03±0,27	12,85±1,26	12,17±0,69
Muscles				
Control	12,58±0,83	12,73±0,38	15,50±0,32	15,08±0,24
2 MPC	13,55±1,49	13,70±0,58	13,81±0,27*	14,84±0,79
5 MPC	13,22±0,39	13,55±0,54	14,19±0,34*	14,92±0,27
Blood				
Control	13,03±0,59	11,21±0,54	13,86±1,29	12,26±0,78
2 MPC	14,58±0,26*	13,94±0,63*	15,56±0,47	12,94±0,64
5 MPC	13,63±1,05	11,09±0,86	17,81±0,73*	12,22±0,81

Note. \* – significant difference compared to the control, P < 0,05

The change of the content of proteins in the structure of nucleoprotein complexes is probably related to the functional characteristics of these complexes. It is a well known fact, that some proteins can act as the repressors of genome. Therefore, their number in the tissue may be an indicator of the size of the protein blockade of nucleic acids molecules. In our studies we could not find any statistically significant deviations from the control indices of protein content in the fractions of RNA and DNA (tables 2, 3). It is possible that under these experimental conditions the body of fish does not undergo any significant functional changes at the genetic level and its adaptation passes on the level of phenotype through modification of the quantitative and qualitative composition of molecules.

Changing of the chemical structure of water environment inevitably leads to the changes in protein composition of fish blood. The obtained data proves the alteration of the total protein concentration and the ratio of protein fractions in the serum of carp, its body exposed to higher concentrations of heavy metal ions. Thus, the total protein content in the blood serum of fish increases when affected by manganese, zinc, lead, and especially copper. Deviations of this index from the control indices increase along with the rise of metal concentration in water.

Table 2

Effect of heavy metals on the content of RNA in carp tissues (mg% P, M ± m, n = 5)

Group	Manganese	Zinc	Copper	Lead
Liver				
Control	64,23±1,56	47,33±4,18	43,76±2,99	45,72±1,69
2 MPC	69,84±1,56*	50,49±4,05	40,67±1,09	53,01± 4,80
5 MPC	67,04±3,72	59,95±2,99*	52,45±1,86*	73,49±6,19*
Muscles				
Control	14,44±0,48	13,67±1,68	6,73±0,52	13,04±0,36
2 MPC	13,88±0,81	15,01±1,12	5,76±0,14	12,48±0,81
5 MPC	14,55±1,05	12,34±0,57	6,17±0,46	15,00±0,52*
Blood				
Control	27,49±2,20	17,18±2,09	23,28±1,69	26,65±0,99
2 MPC	28,40±2,01	18,51±1,56	28,89±1,30*	21,32±1,90*
5 MPC	23,49±2,88	12,27±1,20	28,61±1,05*	22,16±0,69*

Note. \* – significant difference compared to the control, P < 0,05

Table 3

Effect of heavy metals on the content of DNA in carp tissues (mg% P, M ± m, n = 5)

Group	Manganese	Zinc	Copper	Lead
Liver				
Control	23,20±3,14	21,00±1,29	15,00±1,73	20,50±0,96
2 MPC	26,40±2,31	22,00±1,67	13,20±1,02	23,00±1,73
5 MPC	22,80±1,03	21,60±1,17	22,40±1,17*	29,50±1,26*
Muscles				
Control	9,25±0,75	8,00±0,32	3,40±0,51	6,40±0,24
2 MPC	6,60±0,87*	7,80±0,20	3,00±0,32	6,00±0,00*
5 MPC	6,00±0,45*	8,40±0,40	2,60±0,24	7,40±0,24*
Blood				
Control.	51,60±3,06	51,20±3,38	36,00±4,97	31,60±0,98
2 MPC	52,00±3,74	56,00±1,41	37,00±4,36	32,00±2,53
5 MPC	56,67±3,71	45,20±5,98	44,00±2,28	42,50±1,71*

Note. \* – significant difference compared to the control, P < 0,05

An increase of the total protein content in the serum of carp due to heavy metals, in our opinion, should be considered primarily as a result of the synthesis of the acute phase of proteins, growth of the level of blood haemolyse in the experimental fish, augmentation of the number of transporting proteins which bind and transfer the ions of metals, and also of blood coagulation. Besides, a higher content of proteins in the blood serum of experimental fish may be caused by the enhanced dissolution of proteins in tissues resulting from the increase of activity of proteolytic enzymes under intoxication.

Determination of the fractional composition of carp blood serum exposed to the influence of heavy metals has an important diagnostic value. Thus, under both of the studied metals concentrations the content of albumin in blood serum of fish increases (figure 1). The only exception is lead at 2 MPC of metal in water. This protein plays an important role in maintaining the osmotic pressure in the blood and in transporting of a number of substances, including amino acids and inorganic ions [9]. Therefore, there becomes clear the increase of quantity of albumin which under the intoxication and active proteolysis of tissue proteins and transports of free amino acids. The largest growth of albumin concentration in the serum of fish is observed under the influence of copper ions. This phenomenon is



consistent with the data that albumin carries the fast-exchange fractions of copper, while the slow-exchange fractions of this metal are transported by  $\alpha_2$ -globulins [9]. The ability of albumin to bind calcium ions and magnesium is also well known [4]. It is possible, that according to the similar principle of this protein binds other divalent ions, there by reducing their toxicity to the body. On the other hand, the ions of the investigated metals may exhibit a stimulating effect on the biosynthesis of albumin.

Because of intoxication the carp blood serum globulins undergo certain changes. These proteins are involved in the transportation of lipids, hormones, vitamins, metal ions; form important complexes of blood coagulation, while  $\gamma$ -globulins fraction contains antibodies of the immune system. It is logical to assume that the change of globulins in the content of blood serum leads to the violation of performance of the described functions by them.

Higher concentrations of ions of the investigated metals in particular caused a slight increase in the content of  $\alpha_1$ -globulin at 2 MPC of metals in water, while the  $\alpha_2$ -fraction responded in the same way to 5 MPC of the investigated metals. Zinc was considered to be an exception, for the action of which the reduction of the content of fractions  $\alpha_1$ - and  $\alpha_2$ -globulins was observed in both cases. Taking into account that zinc inhibits the activity of certain proteases, the decrease of  $\alpha_1$ -globulins containing antitrypsin and antichimotrypsin might be a response of the carp serum protein system to the increased level of zinc in water. One should also admit the growth of the content of  $\alpha_2$ -globulins under the effect of copper ions at the concentration of 5 MPC, which is consistent with the data [4] that exactly this fraction contains ceruleoplasmin – an acute phase protein which actively transports the ions of copper.

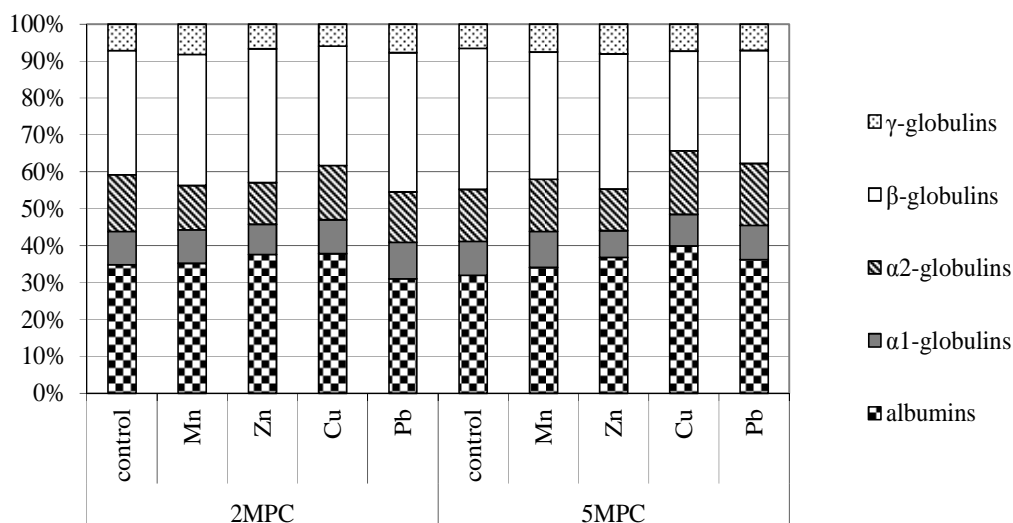


Fig. 1. Relative content of carp blood serum proteins in control groups and under intoxication (% of total proteins)

Somewhat different dynamics was detected as for the content of  $\beta$ -globulins of carp blood serum under the influence of ions of the investigated metals. At the level of 2 MPC of metals in water we have noticed the growth in the total proteins and their fraction under the effect of ions of manganese, zinc and lead, and only copper ions were reducing this index. At 5 MPC of metals in water all of the investigated chemical elements caused the reduction of  $\beta$ -globulins content in the blood serum of fish. Thus more significant deviations from the control group were observed due to the influence of copper ions and lead.

One of the main functions of  $\beta$ -globulins is the transportation of iron ions [4], which is part of haemoglobin structure, and thus participates in the processes of oxidation. The decrease of the amount of this metal in the blood leads to a decrease of oxidation processes in the whole organism, which we observe in the conditions of intoxication when anaerobic ways of energy formation is dominated over the aerobic.

Because under the action of ions of the investigated metals the content of  $\gamma$ -globulins, especially at the concentration of 5 MPC, grows in the carp blood serum. With this fraction of proteins, that contains antibodies, are mainly associated the protective properties of the body and therefore it is clear why their number increases under intoxication.

A very important diagnostic value has the determination of fish blood serum lipoproteins content — complexes of proteins and lipids, whose role in the process of adaptation of the body of fish to the environmental conditions is rather significant. Our studies revealed  $\alpha$ - and  $\beta$ -lipoprotein fractions: the  $\alpha$ -fraction accounted for 72-78% of the proteins, and  $\beta$  – for only 22-28% (Table 2). The dynamics of changes in these fractions under the influence of ions of metals investigated was also different. While the number of  $\alpha$ -lipoproteins in the blood serum of experimental fish at both studied concentrations of metals in water was increasing, the amount of  $\beta$ -lipoprotein, in contrast, declined. The only exception was the indicator of the impact of lead ions at 2 MPC of metal in water.

The reduction of the content of  $\beta$ -lipoproteins, that are a low-density lipoprotein fraction, is probably happening due to the fact, that these protein-lipid complexes are absorbed by tissues and undergo disintegration in lysosomes [7]. Therefore, the fortified catabolism of  $\beta$ -lipoproteins and the decrease of their content may be the result of the increased activity of lysosomal enzymes in the studied tissues of fish under intoxication.

Table 4

Dynamics of the content of lipoproteins in the carp blood serum under the influence of heavy metal ions (% , M  $\pm$  m, n = 5)

Group	$\alpha$ - lipoproteins		$\beta$ - lipoproteins	
	2 MPC	5 MPC	2 MPC	5 MPC
Control	72,22 $\pm$ 0,74	77,63 $\pm$ 1,3	27,77 $\pm$ 0,74	22,37 $\pm$ 1,3
Manganese	86,18 $\pm$ 0,83*	89,31 $\pm$ 0,7*	13,82 $\pm$ 0,66*	10,69 $\pm$ 0,7*
Zinc	86,18 $\pm$ 0,06*	89,48 $\pm$ 1,5*	11,82 $\pm$ 0,07*	10,52 $\pm$ 1,15*
Copper	85,68 $\pm$ 1,02*	90,73 $\pm$ 0,7*	14,32 $\pm$ 1,02*	9,27 $\pm$ 0,7*
Lead	68,47 $\pm$ 1,27	83,08 $\pm$ 1,88	31,53 $\pm$ 1,27	16,92 $\pm$ 1,88*

Note. \* – significant difference compared to the control, P < 0,05

The growth of  $\alpha$ -lipoproteins may be explained by the fact that this fraction is quite easily formed from very low density lipoproteins and chylomicrons the decay of which is accompanied by the increase in the number of phospholipids, free cholesterol and apolipoproteins [7]. Biosynthesis of  $\alpha$ -lipoproteins takes place in the liver and small intestine and the main function of this fraction is to maintain the transformation processes of lipids. Alongside with this the level of high-density lipoproteins ( $\alpha$ -lipoprotein) in blood serum is an integral indicator of lipoproteins exchange and characterizes the efficiency of the transport systems functioning and transformation of lipids in the body as a whole.

### Conclusion

Thus, the study of carp protein system under intoxication of its body by heavy metal ions made it possible to learn the mechanisms of functional homeostasis and adaptive responses of fish blood, which may serve as a prerequisite for identifying of the integrated indicators, that point to the key changes in the organisms of the aquatic environment under the extreme conditions.

1. Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник. Л.: Химия, 1985. 240 с.
2. Галкин В. В., Бердышев Г. Д. К вопросу о количественном определении нуклеиновых кислот биохимическими методами в тканях различных животных. *Биохимия*. 1968. Т. 33, № 1. С. 66-76.
3. Калачнюк Г. І., Гжицький С. З. Визначення концентрації білка у вмісті рубця за принципом виявлення пептидних зв'язків. ДАН УРСР. 1974 Б. №4. С. 353–355.
4. Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. М.: Мир, 2000. 470 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 351 с.

6. Ноздрюхина Л. Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Наука, 1977. 184 с.
7. Холодова Ю. Д., Чаяло П. П. Липопротеины крови. К.: Наукова думка, 1990. 208 с.
8. Цанев Р. Г., Марков Г. Г. К вопросу о количественном спектрофотометрическом определении нуклеиновых кислот. Биохимия. 1960. Т. 25, № 1. С. 151–159.
9. Чегер С. И. Транспортная функция сывороточного альбумина. Бухарест: Изд-во Академии соц. респ. Румынии, 1975. 183 с.
10. Hochachka P. W., Somero G. N. Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution. Oxford: Oxford University Press, 2002. 466 p.
11. Lowry O. H., Rosenbrough N. J., Farr A., Randall R. J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193, № 1. P.265–275.

## References

1. Bespamiatnov G.P., Krotov Iu.A. Predel'no dopustimye kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v okruzhaiushchey srede: spravochnik. L.: Khimiia, 1985. 240 s. (in Russian).
2. Galkin V.V., Berdyshev G.D. K voprosu o kolichestvennom opredelenii nukleinovyykh kislot biokhimicheskimi metodami v tkaniakh razlichnykh zhivotnykh Biokhimiia. 1968. T. 33, No 1. S. 66 76. (in Russian).
3. Kalachniuk H.I., Hzhys'tkyu S.Z. Vyznachennia kontsentratsii bilka u vmisti rubtsia za pryntsyptom vyivlennia peptydnykh zv'iazkiv. DAN URSR. 1974 B. No 4. S. 353-355. (in Ukrainian).
4. Kol'man Ia., Rem K.-G. Nagliadnaia biokhimiia. M.: Mir, 2000. 470 s. (in Russian).
5. Lakin G.F. Biometriia. M.: Vysshiaia shkola, 1990. 351 s. (in Russian).
6. Nozdriukhina L.R. Biologicheskaiia rol' mikroelementov v organizme zhivotnykh i cheloveka. M.: Nauka, 1977. 184 s. (in Russian).
7. Kholodova Iu.D., Chaialo P.P. Lipoproteiny krovi. K.: Naukova dumka, 1990. 208 s. (in Russian).
8. Tsanev R.G., Markov G.G. K voprosu o kolichestvennom spektrofotometricheskom opredelenii nukleinovyykh kislot. Biokhimiia. 1960. T. 25, No 1. S. 151-159. (in Russian).
9. Cheger S.I. Transportnaia funktsiia syvorotochnogo al'bumina. Bukharest: Izd-vo Akademii sots. resp. Rumynii, 1975. 183 s. (in Russian).
10. Hochachka P. W., Somero G. N. Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution. Oxford : Oxford University Press, 2002. 466 p.
11. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193, № 1. P. 265-275.

*В. З. Курант, В. О. Хоменчук, В. Я. Бияк, Н. Г. Зіньковська, В. С. Марків*  
 Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
 Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка

## ВПЛИВ ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА ВМІСТ БІЛКІВ ТА НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ В ОРГАНІЗМІ ПРІСНОВОДНИХ РИБ

В дослідженнях одержано сукупність даних, які підтверджують і розширюють уяву про важливу роль білкового та нуклеїнового обмінів у процесах детоксикації іонів важких металів, у формуванні стійкості до них, а також отримані результати дають можливість здійснити комплексну оцінку біохімічної реакції організму риб на хронічну інтоксикацію.

За дії підвищених концентрацій іонів важких металів в тканинах коропа збільшується вміст нуклеїнових кислот. Більшою мірою зростає кількість РНК, особливо при 5 ГДК металів у воді. Виявлена зміна співвідношення РНК/ДНК за дії досліджуваних металів опосередковано свідчить про наявність експресії геному, що пов'язано із біосинтезом специфічних адаптивних білків, зокрема, металотіонеїнів. Значніші відхилення від норми спостерігали в печінці та крові риб, менші – у м'язах.

Інтоксикація організму коропа іонами важких металів приводить, як правило, до зростання в його тканинах загального вмісту білків. Збільшення кількості білків у печінці коропа свідчить про синтез у цьому органі металотіонеїнів, який більше активується іонами міді та свинцю і менше – іонами марганцю та цинку. Вміст білків у фракціях РНК та ДНК майже не змінюється, що вказує на стабільність нуклеопротеїдних комплексів тканин коропа за дії іонів досліджуваних металів.

Виявлено високу чутливість білкової системи сироватки крові коропа до підвищеного вмісту іонів важких металів у воді, яка проявляється у збільшенні сумарного вмісту білків та зростанні білкового коефіцієнту за дії всіх досліджених металів. На рівні фракційного складу білків сироватки крові помічено зростання вмісту альбумінів при обох вивчених концентраціях металів у воді та  $\gamma$ -глобулінів при їх рівні 5 ГДК. Відзначена тенденція до збільшення вмісту білків фракцій  $\alpha_1$ - та  $\beta$ -глобулінів при 2 ГДК металів у воді та зниження цих показників при 5 ГДК. Вміст білків у фракції  $\alpha_2$ -глобулінів, як правило, знижується, за винятком випадку впливу іонів міді та свинцю в кількості 5 ГДК.

Вплив підвищених концентрацій досліджених металів приводить до зростання кількості  $\alpha$ -ліпопротеїдів в сироватці крові коропа та до зниження вмісту  $\beta$ -ліпопротеїдів, що свідчить про перебудову за інтоксикації механізмів гомеостатичної регуляції рівня ліпідів в крові риб та використання їх в адаптивних процесах.

*Ключові слова: прісноводні риби, білки, нуклеїнові кислоти, важкі метали.*

Надійшла 17.04.2019.

УДК: 577.352.38:577.64

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.7

<sup>1</sup>V. V. KHOMA, <sup>1,2</sup>L. L. GNATYSHYNA, <sup>1</sup>V. V. MARTINYUK, <sup>1</sup>YU. S. RAROK,  
<sup>3</sup>D. OZOLIŅŠ, <sup>3</sup>I. KOKORITE, <sup>3</sup>A. SKUJA, <sup>3</sup>G. H. SPRINĢE, <sup>1\*</sup>O. B. STOLIAR

<sup>1</sup>Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

<sup>2</sup>I. Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University  
Maidan Voli 1, Ternopil, 46001, Ukraine

<sup>3</sup>University of Latvia, Riga  
e-mail: Oksana.Stolyar@tnpu.edu.ua

## **APPLICATION OF METAL-BINDING CHARACTERISTICS OF AQUATIC ANIMALS IN THE ASSESSMENT OF COMPLEX ENVIRONMENTAL POLLUTION**

The present study aimed to compare the ability of bivalve mollusks and fish to accumulate some toxic metals in their tissues in the polluted environment. Populations of *Dreissena polymorpha*, *Unio tumidus* and *Carassius gibelio* in Latvia in Ukraine were investigated. In the mollusks from the polluted reservoirs, the accumulation of Zn, Cu, Cd in the tissues but decrease in metallothioneins concentration was detected, whereas the fish did not appropriate reflect the aquatic quality.

*Key words: metallothioneins, bivalve mollusks, fish, copper, zinc, cadmium, bioindicator.*

Freshwater mollusks are widely distributed in both natural and artificial aquatic bodies. They can serve as bio-indicators of aquatic pollution due to their ability to accumulate different substances from the environment [2]. Fish also is usually utilized as bioindicative species because of its major ecological role in the aquatic food-webs and sensitivity to stressful conditions [5]. The detection of the accumulation and compartmentalization of toxic metals in the tissues of the aquatic animals represents the valuable part of the exploring of these animals in the assessment of environmental health [2]. Metallothioneins are the ubiquitous cellular molecular targets for d-metals, mostly for cadmium (Cd), zinc (Zn) and copper (Cu). They serve as buffering proteins that keep these metals in the less toxic form (particularly Cd) and provide the distribution of essential metals Zn and Cu among the functional proteins of signaling and catalysis [1]. Therefore, the induction or increased levels of the metallothioneins in the organism or separated tissues are frequently using to justify metal exposure. However, according to the long-years' experience of the laboratory, the impact of complex pollution during life history can disturb the accumulative ability of the aquatic animals and their

Виявлено високу чутливість білкової системи сироватки крові коропа до підвищеного вмісту іонів важких металів у воді, яка проявляється у збільшенні сумарного вмісту білків та зростанні білкового коефіцієнту за дії всіх досліджених металів. На рівні фракційного складу білків сироватки крові помічено зростання вмісту альбумінів при обох вивчених концентраціях металів у воді та  $\gamma$ -глобулінів при їх рівні 5 ГДК. Відзначена тенденція до збільшення вмісту білків фракцій  $\alpha_1$ - та  $\beta$ -глобулінів при 2 ГДК металів у воді та зниження цих показників при 5 ГДК. Вміст білків у фракції  $\alpha_2$ -глобулінів, як правило, знижується, за винятком випадку впливу іонів міді та свинцю в кількості 5 ГДК.

Вплив підвищених концентрацій досліджених металів приводить до зростання кількості  $\alpha$ -ліпопротеїдів в сироватці крові коропа та до зниження вмісту  $\beta$ -ліпопротеїдів, що свідчить про перебудову за інтоксикації механізмів гомеостатичної регуляції рівня ліпідів в крові риб та використання їх в адаптивних процесах.

*Ключові слова:* прісноводні риби, білки, нуклеїнові кислоти, важкі метали.

Надійшла 17.04.2019.

УДК: 577.352.38:577.64

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.7

<sup>1</sup>V. V. KHOMA, <sup>1,2</sup>L. L. GNATYSHYNA, <sup>1</sup>V. V. MARTINYUK, <sup>1</sup>YU. S. RAROK,  
<sup>3</sup>D. OZOLIŅŠ, <sup>3</sup>I. KOKORITE, <sup>3</sup>A. SKUJA, <sup>3</sup>G. H. SPRINĢE, <sup>1\*</sup>O. B. STOLIAR

<sup>1</sup>Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University  
M. Kryvonosa Str., 2, Ternopil, 46027, Ukraine

<sup>2</sup>I. Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University  
Maidan Voli 1, Ternopil, 46001, Ukraine

<sup>3</sup>University of Latvia, Riga  
e-mail: Oksana.Stolyar@tnpu.edu.ua

## **APPLICATION OF METAL-BINDING CHARACTERISTICS OF AQUATIC ANIMALS IN THE ASSESSMENT OF COMPLEX ENVIRONMENTAL POLLUTION**

The present study aimed to compare the ability of bivalve mollusks and fish to accumulate some toxic metals in their tissues in the polluted environment. Populations of *Dreissena polymorpha*, *Unio tumidus* and *Carassius gibelio* in Latvia in Ukraine were investigated. In the mollusks from the polluted reservoirs, the accumulation of Zn, Cu, Cd in the tissues but decrease in metallothioneins concentration was detected, whereas the fish did not appropriate reflect the aquatic quality.

*Key words:* metallothioneins, bivalve mollusks, fish, copper, zinc, cadmium, bioindicator.

Freshwater mollusks are widely distributed in both natural and artificial aquatic bodies. They can serve as bio-indicators of aquatic pollution due to their ability to accumulate different substances from the environment [2]. Fish also is usually utilized as bioindicative species because of its major ecological role in the aquatic food-webs and sensitivity to stressful conditions [5]. The detection of the accumulation and compartmentalization of toxic metals in the tissues of the aquatic animals represents the valuable part of the exploring of these animals in the assessment of environmental health [2]. Metallothioneins are the ubiquitous cellular molecular targets for d-metals, mostly for cadmium (Cd), zinc (Zn) and copper (Cu). They serve as buffering proteins that keep these metals in the less toxic form (particularly Cd) and provide the distribution of essential metals Zn and Cu among the functional proteins of signaling and catalysis [1]. Therefore, the induction or increased levels of the metallothioneins in the organism or separated tissues are frequently using to justify metal exposure. However, according to the long-years' experience of the laboratory, the impact of complex pollution during life history can disturb the accumulative ability of the aquatic animals and their

metallothioneins towards the toxic metals or to activate their efflux from the organism [5, 6]. These circumstances can have the serious limitations for the biological monitoring of pollution by industrial metals in the aquatic environment.

The present study aimed to compare the ability of bivalve mollusks and cyprinid fish to accumulate in their tissues Zn, Cu, Cd as the compounds of the industrial pollution and to buffering them in the metallothioneins in the conditions of realistic environment. For this study, we selected the typical areas that are characterized by the complex agricultural and municipal pollution.

### Materials and methods

The sites in Latvia were represented by the artificial reservoir of Riga hydropower plant (HPP) on the river Daugava (R-group) in two consequent years and the pristine lake Kanieris (KL, referent site, in one year). In Ukraine, the areas in the basin of the river Dniester were selected, namely Ternopil lake (T-group), the reservoir of small Kasperivtci HPP (before and downstream of the dam, Kb and Kd correspondingly) on the river Seret and the sites on the small tributary Zhvanchyk (before and downstream of the dam of micro HPP, Zhb, Zhd correspondingly). The R- and T-groups were represented by the bivalve mollusk, zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771, Bivalvia), Zh groups were comprised by the swollen river mussel *Unio tumidus* (Philipsson, 1788, Bivalvia), and the Kb and Kd groups included both *U. tumidus* (Kbm, Kdm groups) and fish prussian carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782, Cyprinidae) (Kbf, Kdf groups). Additionally, the fish from the Ternopil market was examined (Kf).

For the analysis of the metals in the tissues, the six individuals of *U. tumidus* or *C. auratus* or six pools of the soft tissues of *D. polymorpha* (from at least five specimens each) in each group were dissected. For the metallothionein chromatography, tissue samples from five individuals of experimental group were pooled in aliquot quantity. The concentration of Cu, Zn and Cd was measured in the samples of the tissues and pooled eluate of metallothionein-containing fractions after the size-exclusion chromatography. The metal concentration was analyzed by atomic absorption spectrophotometry against certified standards after the digesting of samples. Cu and Zn concentration was analysed on spectrometer C-115, (“Lomo”, Russia) and Cd, on graphite furnace atomic absorption spectrometer S-600 (“Selmi”, Ukraine). Quantification of metallothioneins associated thiols was accomplished spectrophotometrically after their ethanol/chloroform extraction and incubation with 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid). The detailed analysis of the applied methods is presenting in [3, 4].

Metallothionein analyses were carried out in triplicate for three independent samples, and metal measurements in the tissue were carried out in six specimens. Results were expressed as mean  $\pm$  SD. Shapiro-Wilk test was used for the assessment of normality. Data were analyzed with parametric Student's t-test significant at  $p < 0.05$ . Statistical calculations were performed with Statistica v 8.0 and Excel for Windows-2000.

### Results and discussion

When the mussels from different sites and in two years were compared, the lesser level of Zn was found in the KL specimens, whereas the level of Zn in the gonads in the Kbm group and the level of Cu in the digestive gland in this group were greatest (Table 1, 2). The lower Cd concentration was found in the digestive gland in Kdm group. In all other groups levels of these metals were similar. In fish, the concentrations of metals in the tissues were not different between the sites, and only the level of Cd was lower in the Kdf group (Table 3).

Table 1

Concentration of metals in the total soft tissues of *D. polymorpha* from three reservoirs in Latvia and Ukraine

Metal / Groups	KL	R	T	R
	September, 2017 y		October, 2018 y	
Zn, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	106.4 $\pm$ 4.36 <sup>a</sup>	131.4 $\pm$ 13.0 <sup>b</sup>	219,4 $\pm$ 40.1 <sup>c</sup>	158.4 $\pm$ 45.6 <sup>b</sup>
Cu, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	1.61 $\pm$ 0.50 <sup>a</sup>	1.67 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	0.80 $\pm$ 0.27 <sup>b</sup>	0.85 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>
Cd, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	1.49 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>	1.51 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	4.06 $\pm$ 2.16 <sup>b</sup>	2.64 $\pm$ 0.74 <sup>a,b</sup>

In Tables 1, 2, 3, data presented as mean  $\pm$  SD (N=6). If the letters are the same, this indicates that the values do not differ significantly ( $P > 0.05$ )

Table 2

Concentration of metals in the tissues of *U. tumidus* from four sites in Ukraine in summer, 2017

Metal / Groups	Digestive gland			
	Znb	Zhd	Kbm	Kdm
Zn, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ DW	633.5 $\pm$ 68.3 <sup>a</sup>	562.3 $\pm$ 54.6 <sup>a</sup>	548.3 $\pm$ 48.2 <sup>b</sup>	533.3 $\pm$ 91.2 <sup>a</sup>
Cu, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ DW	13.83 $\pm$ 2.40 <sup>a</sup>	12.13 $\pm$ 4.00 <sup>a</sup>	20.23 $\pm$ 2.46 <sup>b</sup>	20.04 $\pm$ 2.33 <sup>b</sup>
Cd, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ DW	6.21 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>	6.07 $\pm$ 0.81 <sup>a</sup>	7.42 $\pm$ 1.80 <sup>a</sup>	1.79 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>
Gonads				
Zn, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	87.1 $\pm$ 20.1 <sup>a</sup>	91.99 $\pm$ 6.5 <sup>a</sup>	117.9 $\pm$ 3.9 <sup>b</sup>	75.0 $\pm$ 38.0 <sup>c</sup>
Cu, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	1.93 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	2.92 $\pm$ 1.09 <sup>a</sup>	2.26 $\pm$ 0.36 <sup>a</sup>	2.47 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>
Cd, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	1.07 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.02 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.96 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	1.1 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>

Table 3

Concentration of metals (M $\pm$ SD, n=6), metallothionein-associated metals (M, % of total metal in the tissue) and thiols (M $\pm$ SD, n=6) in the hepatopancreas of *C. auratus* from the Kasperivtci reservoir

Parameter / Groups	tissue			metallothioneins		
	Kf	Kbf	Kdf	Kf	Kbf	Kdf
Zn, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	387.0 $\pm$ 37.6	369.5 $\pm$ 47.9 <sup>a</sup>	352.3 $\pm$ 29.7 <sup>a</sup>	63.3 (16.4%)	58.6 (15.9%)	55.6 (15.7%)
Cu, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	4.12 $\pm$ 0.97	5.50 $\pm$ 1.66 <sup>a</sup>	4.69 $\pm$ 0.95 <sup>a</sup>	1.24 (30.1%)	1.19 (21.6%)	1.22 (26.0%)
Cd, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	2.46 $\pm$ 0.57	2.44 $\pm$ 0.54 <sup>a</sup>	1.40 $\pm$ 0.18 <sup>b</sup>	0.06 (2.4%)	0.06 (2.5%)	0.07 (5%)
MT-SH, nmol SH groups $\times$ g <sup>-1</sup> FW				449.4 $\pm$ 111.1 <sup>a</sup>	494.5 $\pm$ 70.9 <sup>a</sup>	221.5 $\pm$ 85.7 <sup>b</sup>

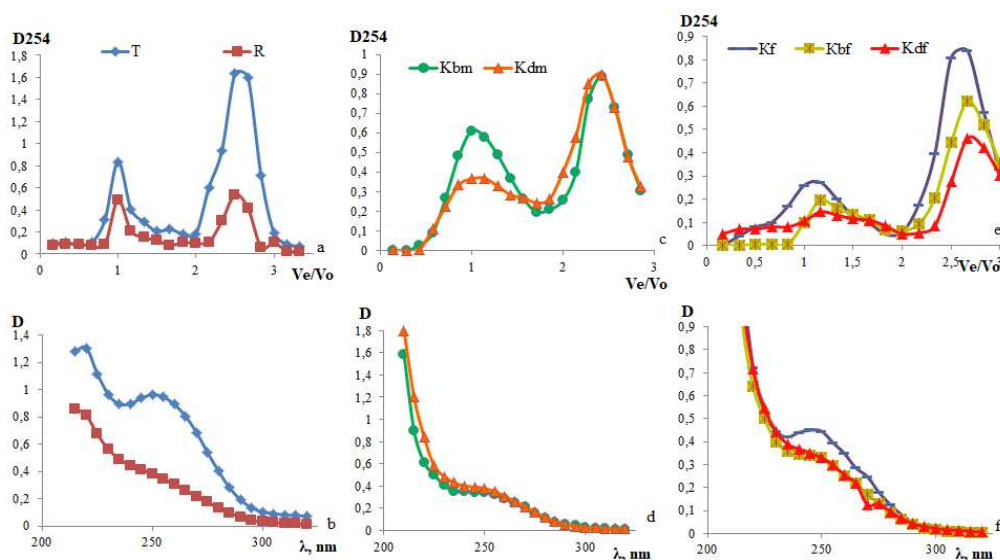
The assessment of the chromatographic profiles and UV-spectra of the metallothioneins from all studied groups of animals demonstrated the similarity of their molecular weight and spectral features (Fig.). Among the metals in the composition of metallothioneins in the mollusks, the concentration of Zn was decreased in the order: Kb>R>KL>Kd groups (Tabl. 4). The concentrations of Cu and Cd in the metallothioneins of mollusks were similar in all groups. In the fish, we did not find differences between two groups for the level of metals in the metallothioneins (Tabl. 3). The level of metallothionein associated thiols (MT-SH) in the mussels was about 8 times higher in the swollen mussel than in the zebra mussel (probably due to the tissue specific location). In each group of comparison, the level of the SH groups in metallothioneins was lesser in the most polluted area: 1.9 and 3.4 times in T compare to R and Kbm compare to Kdm groups correspondingly. However, in the fish the opposite relation was shown: the level of MT-SH was 2.4 times greater in the Kbf than Kdf group.

Table 4

Metals and thiols in the metallothioneins of bivalve mollusks in September, 2017

Parameter / Groups	<i>D. polymorpha</i>		<i>U. tumidus</i>	
	KL	R	Kbm	Kdm
Zn, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	51.8 $\pm$ 3.1 <sup>a</sup>	60.8 $\pm$ 5.3 <sup>b</sup>	91.9 $\pm$ 2.7 <sup>a</sup>	40.8 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup>
Cu, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	1.21 $\pm$ 0.16 <sup>a</sup>	1.07 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	1.26 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	1.17 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>
Cd, $\mu\text{g}\times\text{g}^{-1}$ FW	0.21 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.21 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.13 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
MT-SH, nmol SH groups $\times$ g <sup>-1</sup> FW	25.6 $\pm$ 9.8 <sup>a</sup>	34.9 $\pm$ 14.2 <sup>a</sup>	209.6 $\pm$ 37.6 <sup>a</sup>	713.2 $\pm$ 74.7 <sup>b</sup>

Hence, the examined mollusks are more sensitive than the fish to metal accumulation in their tissues depending on the local site, even in the geographically close related areas. However, their metallothioneins are highly vulnerable to the oxidation reflecting the pressure of common mixed pollution in the artificial reservoirs. The participation of metallothioneins in the oxidative stress response can be the reason for their SH groups depletion and was demonstrated for the mollusks from the Ternopil lake earlier [3,6]. These data reflect that the bivalve mollusks can be valuable bioindicative organisms for the toxic metals and a total press of the mixed pollution, whereas the fish has not such properties.



**Fig.** The elution profiles on Sephadex G-50 of thermostable extract (a,c,e) and UV-spectra of metallothionein-contained peak (b,d,f) from the soft tissues of *D. polymorpha* (A,B), digestive gland of *U. tumidus* (c,d) and hepatopancreas of *C. auratus* (e,f) from the different sites in Latvia and Ukraine.

This work has been granted by the Ministry of Education and Science of Ukraine to Oksana Stoliar (Projects M/70-2017; M/35-2018 and 132B) and State Education Development Agency of Latvia to Gunta Sprunge (Project LV-UA/2016/5). The authors are grateful to the Director of the National Nature Park Dniester Canyon Mr. Mykhaylo Shkilniuk for his assistance in the sampling in the Kasperivtcy area, and to PhD St Oksana Horyn for the technical assistance in the trial.

1. Молекулярні реакції водних тварин на вплив пошкоджувальних чинників середовища : [монографія] / О. Б. Столяр, Г. І. Фальфушинська, Л. Л. Гнатишина, В. Г. Юкало. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 352 с.
2. Dailianis S. Environmental impact of anthropogenic activities: the use of mussels as a reliable tool for monitoring marine pollution. Mussels anatomy, habitat and environmental impact. New York: Nova Science Publisher. 2011. P. 43–72.
3. Khoma V. V. The content of metals in metallothioneins of the bivalve mollusk *unio tumidus* depending on the conditions of exposure in situ and eluent composition. *Biol. Stud.* 2019. Vol. 13(1). P. 61–70.
4. Mishchuk O. V. Stoliar O. B. Peculiarities of metallothioneins of the bivalve mollusc *Anodonta cygnea* L. in the natural and laboratory living conditions. *Hydrobiol. J.* 2009. Vol. 45. P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v45.i5.70>.
5. Stoliar O. B., Lushchak V. I. Environmental Pollution and Oxidative Stress in Fish. *Oxidative Stress - Environmental Induction and Dietary Antioxidants*. 2012. P. 131–166. URL: <http://www.intechopen.com/books/oxidative-stress-environmental-induction-and-dietaryantioxidants/environmental-pollution-and-oxidative-stress-in-fish>
6. Stoliar O. B., Mykhayliv R. L., Mishchuk Y. V. Influence of the environmental conditions on binding of heavy metals and oxidative decomposition of biomolecules in tissues of *Anodonta cygnea* (Bivalvia). *Hydrobiol. J.* 2004. Vol. 40(2). P. 70–79.



References

1. Molekuliarni reaktsii vodnykh tvaryn na vplyv poskodzhuval'nykh chynnykiv seredovyscha : [monohrafiia] / O. B. Stoliar, H. I. Fal'fushyn's'ka, L. L. Hnatyshyna, V. H. Yukalo – Ternopil' : Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia, 2016. – 352 s. (in Ukrainian).
2. Dailianis S. Environmental impact of anthropogenic activities: the use of mussels as a reliable tool for monitoring marine pollution. Mussels anatomy, habitat and environmental impact. New York: Nova Science Publisher. 2011. P. 43–72.
3. Khoma V. V. The content of metals in metallothioneins of the bivalve mollusk unio tumidus depending on the conditions of exposure in situ and eluent composition. *Biol. Stud.* 2019. Vol. 13(1). P. 61–70.
4. Mishchuk O. V. Stoliar O. B. Peculiarities of metallothioneins of the bivalve mollusc *Anodonta cygnea* L. in the natural and laboratory living conditions. *Hydrobiol. J.* 2009. Vol. 45. P. 63–71. DOI: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v45.i5.70>.
5. Stoliar O. B., Lushchak V. I. Environmental Pollution and Oxidative Stress in Fish. *Oxidative Stress - Environmental Induction and Dietary Antioxidants*. 2012. P. 131–166. URL: <http://www.intechopen.com/books/oxidative-stress-environmental-induction-and-dietaryantioxidants/environmental-pollution-and-oxidative-stress-in-fish>
6. Stoliar O. B., Mykhayliv R. L., Mishchuk Y. V. Influence of the environmental conditions on binding of heavy metals and oxidative decomposition of biomolecules in tissues of *Anodonta cygnea* (Bivalvia). *Hydrobiol. J.* 2004. Vol. 40(2). P. 70–79.

*В. В. Хома, Л. Л. Гнатишина, В. В. Мартинюк, Ю. С. Рарок, Д. Озолінс, І. Кокоріте, А. Скуджа, Г. Х. Спринже, О. Б. Столяр*

Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка, Тернопіль  
Тернопільський національний медичний університет імені І. Горбачевського, Тернопіль  
Латвійський університет, Рига

КОНЦЕНТРАЦІЯ МЕТАЛІВ У ТКАНИНАХ ТА МЕТАЛОТІОНЕЇНАХ ВОДНИХ ТВАРИН В ІНДИКАЦІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Прісноводні молюски та риби служать традиційними біоіндикаторами забруднення вод завдяки їх здатності накопичувати різні речовини та їх чутливості до стресу. Металотіонеїни є визнаними біомаркерами токсичності металів. Однак вплив комплексного забруднення може порушувати акумулювальну здатність водних тварин та їх металотіонеїнів. Мета цього дослідження – порівняти здатність двостулкових молюсків та коропових риб накопичувати у своїх тканинах деякі токсичні метали промислового походження та зв'язувати їх у металотіонеїнах за умов комплексного забруднення навколишнього середовища. Для цього було відібрано групи двостулкових молюсків *Dreissena polymorpha*, *Unio tumidus* та карася *Carassius gibelio* на ділянках, пов'язаних з діяльністю гідроелектростанцій (ГЕС) у Латвії та Україні. Досліджено у Латвії водосховище Ризької ГЕС (R-група), заповідне озеро Каньєріс (KL); в Україні Тернопільське озеро (Т-група), водосховище Касперівцівської ГЕС (вище і нижче за течією дамби, Kb та Kd відповідно) та ділянки на річці Жванчик (до і після греблі ГЕС за течією, Jb, Jd відповідно). R- і Т-групи були представлені *D. polymorpha*, групи Zn складалися з *U. tumidus*, а групи Kb і Kd включали як *U. tumidus* (групи Kbm, Kdm), так і *C. gibelio* (групи Kbf, Kdf). Обстеженню підлягав також карась, придбаний на ринку (Kf). Найменший вміст Zn виявлений у зразках KL, тоді як рівень Zn у гонадах та Cu в травній залозі у групі Kbm – найвищий. Найменша концентрація Cd виявлена у травній залозі групи Kdm. У рибі концентрація металів у тканинах була однаковою у всіх групах, за винятком рівня Cd. У складі металотіонеїнів молюсків концентрація Zn знижувалася у ряді: Kb > R > KL > Kd групи, а концентрації Cu та Cd були однаковими у всіх групах. Вміст –SH груп металотіонеїнів у молюсків кожного виду був найменшим у забрудненій місцевості (у 1,9– 3,4 рази). Для риб були отримані протилежні результати. Відтак, двостулкові молюски можуть бути цінними біоіндикаторами як підвищеного вмісту токсичних металів, так і впливу комплексного забруднення, тоді як риба не виявила таких ознак.

*Ключові слова: металотіонеїни, двостулкові молюски; риба; купрум; цинк; кадмій; біоіндикація.*

Надійшла 30.04.2019.

М. Г. ЯЧНА, О. Б. МЕХЕД, О. П. ТРЕТЯК, **Б. В. ЯКОВЕНКО**

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка  
вул. Г. Полуботка 53, Чернігів, 14013  
e-mail: m\_yachna@ukr.net

## **ВМІСТ ФОСФОЛІПІДІВ У ТКАНИНАХ КОРОПА ЛУСКАТОГО (*CYPRINUS CARPIO L.*) ЗА ДІЇ НАТРІЙ ЛАУРИЛСУЛЬФАТВМІСНОГО ТА БЕЗФОСФАТНОГО СИНТЕТИЧНИХ МІЮЧИХ ЗАСОБІВ**

Досліджено зміни вмісту фосфоліпідів у зябрах, мозку, печінці та скелетних м'язах коропа лускатого (*Cyprinus carpio L.*) за дії натрій лаурилсульфатвмісного та безфосфатного синтетичних миючих засобів. Виявлено неоднозначну зміну вмісту показників за дії токсикантів, обумовлених безпосередньою дією поверхнево-активних речовин на метаболізм гідробіонтів, що позначається на ліпідному обміні.

*Ключові слова:* короп, фосфоліпіди, скелетні м'язи, зябра, печінка, мозок, синтетичні миючі засоби, поверхнево-активні речовини.

Зростання антропогенного впливу на водне середовище загостило проблему виживання гідробіонтів у стресових умовах. Відомо, що відповідь організму на дію токсиканту є результатом взаємодії двох процесів – пошкодження (деструкція) та захисту (компенсаторна адаптація) [1]. Їх співвідношення певною мірою визначає рівень небезпечності водного середовища для риб. Нині прісноводні екосистеми зазнають прогресуючого забруднення сполуками фосфору.

Зростання їх концентрації у воді призводить до надмірного акумулювання їх водними організмами та порушення фізіолого-біохімічних процесів у гідробіонтів [1, 4]. Збільшення вмісту фосфору у водному середовищі може спричинити його накопичення в тканинах риб і сприяти розвитку токсичного ефекту [10].

Поверхнево-активні речовини (ПАР) сприяють інтенсивнішій міграції і транслокації хімічних забруднювачів (важких металів, мінеральних добрив, пестицидів), впливають на токсичність інших хімічних сполук, мають сенсibiliзуючі властивості, спільно з іншими хімічними речовинами навколишнього середовища можуть змінювати імунобіологічний статус організму людини.

Ефективним механізмом обмеження надходження токсикантів в організм гідробіонтів є структурні перебудови біологічних мембран [3]. Ліпіди, що є одним з основних компонентів біомембран, впливають на їх проникність, беруть участь у передачі нервового імпульсу, створюють міжклітинні контакти, виконують функції вторинних месенджерів у передачі сигналів у клітину [6].

Саме тому особливий інтерес викликає вивчення особливостей обміну та вмісту індивідуальних класів ліпідів у тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio L.*), як одного з основних промислових видів прісних водойм [7]. Виходячи із зазначеного, **метою роботи** було дослідження впливу ПАР різної хімічної будови на вміст фосфоліпідів скелетних м'язів, печінки, зябер та мозку коропових риб.

### **Матеріал і методи досліджень**

Дослідження здійснювали у листопаді-грудні 2017 р. в лабораторії екологічної біохімії Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка.

Об'єктом дослідження слугував короп лускатий (*Cyprinus carpio L.*). Для роботи використано 15 особин риб, яких відбирали з природної водойми (зимувальний ставок ВАТ «Чернігіврибгосп»). Маса риб коливалась в межах 250–300 г. Упродовж усього періоду досліджень здійснювали контроль гідрохімічного режиму. Вміст кисню коливався у межах 9,6–12,5 мг/дм<sup>3</sup>; рН – 7,4–8,4 одиниці; вміст амоніаку – 0,014 мг/дм<sup>3</sup>. Ці умови не викликали

розвитку в організмі коропа гіпоксії, гіперкапнії, гіпотермії. Згідно з даними іхтіопатологічних спостережень риб, нашкірних збудників паразитичних хвороб не виявлено. Стрічкових паразитів також не зафіксовано.

Досліди з вивчення впливу ксенобіотиків проводили в 200-літрових акваріумах з відстояною водопровідною водою, у які риб розміщували з розрахунку 1 екземпляр на 40 дм<sup>3</sup> води. Температуру води витримували близькою до температури природнього середовища, +8–10°C відповідно. Концентрацію досліджуваних ксенобіотиків створювали шляхом внесення розрахункових кількостей 70%-вого порошку безфосфатного синтетичного миючого засобу (БСМЗ) та лаурилсульфатвмісного синтетичного миючого засобу (ЛСМЗ).

Дослідження проводили з дотриманням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [8].

Ліпіди екстрагували додаванням до гомогенату хлороформ-метанолової суміші у співвідношенні 2:1 за методом Фолча [5]. Неліпідні домішки з екстракту видаляли відмиванням 1%-вим розчином КСІ.

Вміст фосфоліпідів у тканинах розраховували за кількістю виявленого в них неорганічного фосфору методом Фіске-Субарроу спектрофотометрично [9].

Статистична обробка отриманих даних здійснена з використанням програми «Excel» з пакету «Microsoft Office–2003».

### Результати досліджень та їх обговорення

За результатами дослідження встановлено, що найвища концентрація фосфоліпідів спостерігається в печінці коропа (рис. 1).

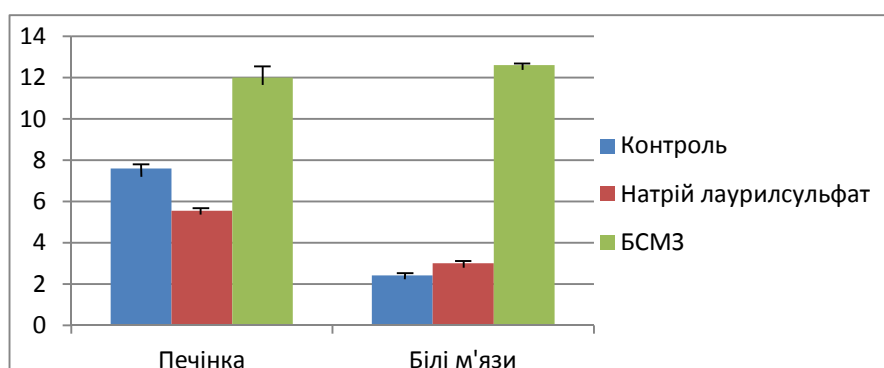


Рис. 1. Вміст фосфору у ліпідах печінки та білих м'язів коропа за дії ПАР, г/дм<sup>3</sup> (M±m, n=5)

Під дією натрію лаурилсульфату вміст фосфоліпідів в печінці зменшився з 7,61±0,34 г/дм<sup>3</sup> у риб контрольної групи до 5,55±0,12 г/дм<sup>3</sup>, а під дією БСМЗ показник зріс до 12,61±0,50 г/дм<sup>3</sup> (відповідно на 65%). Дослідження білих м'язів показало, що за дії натрію лаурилсульфату вміст фосфоліпідів у тканині збільшився до 3,01±0,05 г/дм<sup>3</sup> порівняно з таким у тварин контрольної групи, де виявили 2,41±0,07 г/дм<sup>3</sup>, а за дії БСМЗ збільшився до 12,60±0,10 г/дм<sup>3</sup>.

Дані про вміст фосфоліпідів у мозку та зябрах коропа за дії досліджуваних ПАР зображено на рис. 2.

Вміст фосфоліпідів в мозку коропа за дії лаурилсульфату натрію зріс від 2,02±0,05 г/дм<sup>3</sup> у тварин контрольної групи до 3,02±0,07 г/дм<sup>3</sup> у риб, що перебували за дії ПАР, а в зябрах знизився до показника 3,01±0,05 г/дм<sup>3</sup> порівняно з контролем 7,61±0,09 г/дм<sup>3</sup>. При аналізі вмісту фосфоліпідів за дії на організм коропа БСМЗ спостерігали підвищення показника в мозку більше, ніж у 2 рази, а саме з 2,04±0,04 г/дм<sup>3</sup> до 5,85±0,07 г/дм<sup>3</sup> та незначне зменшення показників у зябрах порівняно з показником у риб контрольної групи з 7,61±0,03г/дм<sup>3</sup> до 7,50±0,08 г/дм<sup>3</sup>.

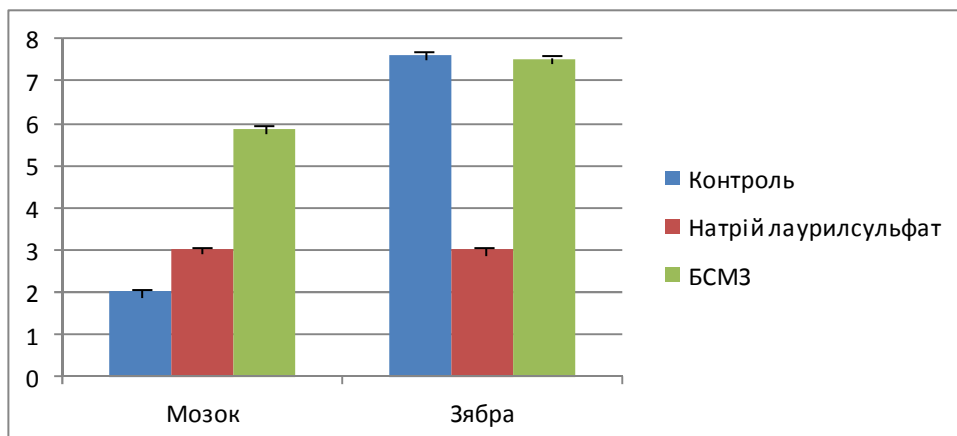


Рис. 2. Вміст фосфору ліпідів у мозку та зябрах коропа за дії ПАР, г/дм<sup>3</sup> (M±m, n=5)

У зябрах помічено істотне зменшення вмісту фосфоліпідів за дії натрій лаурилсульфатвмісного ПАР, що пояснюється можливими перебудовами клітинних мембран цієї тканини для нівелювання згубного впливу токсикантів, що можуть проникати в організм через зябра.

При дії стрес-факторів середовища у риб активізуються процеси окиснення ліпідів (ПОЛ) [13], невідконтрольне посилення яких є причиною багатьох захворювань [1].

Можна припустити, що зміни вмісту фосфоліпідів обумовлені як безпосередньою дією токсиканту на їх метаболізм, так і мобілізацією пулу відповідних фосфоліпідів з метою структурних перебудов ліпідного бішару в напрямку протидії проникненню ПАР. Наявні в літературі факти про те, що інтенсивність синтезу фосфоліпідів, а, відповідно, і їх вміст в тканинах, також може бути своєрідним захистом клітин організму від проникнення через їх мембрану токсикантів шляхом її ущільнення [10]. Таким чином, кількість фосфоліпідів у досліджуваних тканинах риб за дослідженого рівня натрій лаурилсульфату суттєво знижувалася як у печінці, так і в зябрах. Очевидно, речовина зменшує вміст ліпідів у печінці та зябрах коропа, можливо, викликає зміну метаболізму. Можна припустити, що за токсичного впливу ПАР активніше функціонують метаболічні системи, що використовують ліпіди в субстратному забезпеченні енергетичних процесів організму риб.

### Висновки

За експериментального внесення лаурилсульфату та безфосфатного синтетичного миючого засобу у воду акваріумів у всіх досліджуваних тканинах коропа відбуваються зміни вмісту фосфоліпідів. При застосуванні лаурилсульфата спостерігали збільшення вмісту фосфоліпідів у мозку та білих м'язах та їх зменшення у печінці і зябрах.

Найзначніші кількісні зміни вмісту фосфоліпідів спостерігали в мозку та білих м'язах за дії безфосфатного синтетичного миючого засобу. Найменші кількісні зміни вмісту фосфоліпідів виявлені у зябрах коропа. Щодо дії лаурилсульфату, то спостерігаємо найбільші кількісні зміни вмісту фосфоліпідів в печінці та близькі зміни значень вмісту фосфоліпідів у білих м'язах, мозку та зябра коропа.

1. Абросимов С. С. Изменения физиолого-химических показателей молодежи донской стерляди при темпани / С. С. Абросимов, К. С. Абросимов // Экология животных. – 2011. – № 2. – С. 63–68.
2. Грабовська О. С. Біологічний вплив поверхнево активних речовин на живий організм / [О. С. Грабовська, С. С. Грабовський, В. В. Каплінський та ін.] // Біологія тварин. – 2006. – 8. – № 1/2.– С. 63–71.
3. Давыдов О. Н. Роль гидробионтов в онкоэкологическом мониторинге/ О. Н. Давыдов, Н. М. Исаева, Л. Я. Куровская// Наук.зап. Тернопіл. держ. пед. ун-ту. Серія: Біологія. – 2001. – Т. 4. – № 15. – С. 41–42.

4. Климов А. Н. Обмен липидов и липопротеидов и его нарушения / А. Н. Климов, А. Н. Никульчева. – СПб.: Питер-ком., 1999. – 512 с.
5. Кондрахин И. П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / И. П. Кондрахин. – Москва: КолосС, 2004. – 520 с.
6. Меерсон Ф. З. Основные закономерности индивидуальной адаптации // Физиология адаптационных процессов / Ф. З. Меерсон. – М.: Наука, 1986. – 76 с.
7. Орел Н. М. Биохимия липидов / Н. М. Орел. – Минск, 2007. – 37 с.
8. Романенко В. Д. Механизмы температурной акклимации рыб/ В. Д. Романенко., В. Д. Соломатина. – К.: Наукова думка, 1991. – 192 с.
9. Северин С. Е. Практикум по биохимии / С. Е. Северин, Г. А. Соловьева. – Москва: Изд-во МГУ, 1989. – 509 с.
10. Сенюк Ю. І. Зміни ліпідного складу тканин прісноводних риб за дії цинку та кадмію: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.04 «Біохімія» / Ю. І. Сенюк. – Львів, 2015. – 18 с.
11. Шахмаев Н. К. Влияние марганца на обмен липидов/ Н. К. Шахмаев // Химическое и биохимическое окисление систем, содержащих элементы. – Челябинск. – 1979. – С. 40–41.
12. Шульман Г. Е. ДГК и ненасыщенность липидов у рыб/ Г. Е. Шульман, Т. Г. Юнева // Гидробиол. журн. – 1990. – Т. 26.– № 6. – С. 50–55.
13. Symonova N. A., Mekhed O. B., Kupchuk O. Y., Tretyak O. P. Toxicants in the degradation of lipids in the organism scaly carp / Ukrainian Journal of Ecology Volume 8, No 4 (2018). – P. 6–10
14. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. – UMS. – 2002. – P. 42–46.

## References

1. Abrosimov S.S. Izmeneniia fiziologo-khimicheskikh pokazateley molodi donskey sterliadi pri tempanii / [Abrosimov S.S., Abrosimov K.S.] // Ekologiya zhivotnykh. – 2011, No2. s.63-68
2. Hrabov'ska O. S. Biologichnyy vplyv poverkhnevo aktyvnykh rechovyn na zhyvyy orhanizm / [O.S. Hrabov'ska, S. S. Hrabov's'kyu, V. V. Kaplins'kyu ta in.] // Biologiya tvaryn. — 2006.— 8, No 1/2. — S. 63—71.
3. Davydov O. N. Rol' gidrobiontov v onkoekologicheskomy monitoringe/ O. N. Davydov, N. M. Isaeva, L. Ia. Kurovskaia// Nauk.zap. – Ternopil. derzh. ped. un-tu. Seriya: Biologiya. – 2001. – T. 4, No15. – S. 41–42.
4. Klimov A. N. Obmen lipidov i lipoproteidov i ego narusheniia / A. N. Klimov, A. N. Nikul'cheva. –SPb.: Piter-kom., 1999. – 512 с.
5. Kondrakhin I. P. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki / I. P. Kondrakhin. – Moskva: KolosS, 2004. – 520 s.
6. Meerson F. Z. Osnovnye zakonemernosti individual'noy adaptatsii / Fiziologiya adaptatsionnykh protsessov / F. Z. Meerson. – M.: Nauka, 1986. – 76 с.
7. Orel N. M. Biokhimiya lipidov / N. M. Orel. – Minsk, 2007. – 37 с.
8. Romanenko V. D. Mekhanizmy temperaturnoy akklimatsii ryb/ Romanenko V.O. M., Solomatina V. D. – K.: Naukova dumka, 1991. – 192 с.
9. Severin S. E. Praktikum po biokhimii / S. E. Severin, G. A. Solov'eva. – Moskva: Izd-vo MGU, 1989. – 509 s.
10. Senyk Yu. I. Zminy lipidnoho skladu tkanyu prisnovodnykhrybzadiitsynkutakadmiu: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. biol. nauk: spets. 03.00.04 «Biokhimiya» / Yu.I. Senyk. — L'viv, 2015. — 18 s.11. Shakhmaev N. K. Vliianie margantsa na obmen lipidov/ N. K. Shakhmaev// Khimicheskoe i biokhimicheskoe okislenie sistem, sodержashchikh elementy. – Cheliabinsk. – 1979. – S. 40–41.
12. Shul'man G. E. DGK i nenasyschennost' lipidov u ryb/ G. E. Shul'man, T. G. Iuneva// Gidrobiol. zhurn. – 1990. – T. 26, No6. – S. 50–55.

*M. G. Yachna, O. B Meched, O. P. Tretyak, B. V. Yakovenko*

T. G. Shevchenko National University "Chernihiv Collegium", Ukraine

## CONTENT OF PHOSPHOLIPIDES IN CARP BY SURFACTORY ACTIVE SUBSTANCES

The biological laws of adaptation of fish to the action of surfactants are studied. Changes in the content of phospholipids in the gills, brain, liver and skeletal muscle of the scaly carp (*Cyprinus carpio* L.) under the influence of sodium lauryl sulfate and nonphosphate synthetic detergent have been studied.

Ambiguous mediated changes in indicators were identified under the action of toxicants. Such changes can be caused by both the direct action of surfactants on the body of hydrobionts and the peculiar restructuring of the lipid bichar in the direction of counteracting the influence of toxicants.

With the experimental introduction of sodium lauryl sulfate-containing synthetic detergent and non-phosphate synthetic detergent into aquarium water, changes in the activity of phospholipids occur in all test tissues of the carp.

When applying lauryl sulfate, we observe almost uniform effect on all investigated fabrics.

With the tendency to increase, we observe indicators in the brain and white muscles, but with a tendency to decrease in the liver and gills.

As for the effect of lauryl sulfate on the tissue, we observe the greatest importance in the liver tissues and uniform effect on the white muscle, brain and gills of the carp.

*Key words: carp, phospholipids, skeletal muscle, gills, liver, brain, sodium lauryl sulfate, synthetic detergents, surfactants.*

Надійшла 04.04.2019.

# ГЕНЕТИКА

УДК: 575.113.2:616.155.392-006.44

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.9

О. О. ДМИТРЕНКО, І. В. ДМИТРЕНКО, Ж. М. МІНЧЕНКО, І. С. ДЯГІЛЬ

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України»  
вул. Мельникова, 53, Київ, 04050  
e-mail: iryna.v.dmytrenko@gmail.com

## **АЛЕЛЬНИЙ ПОЛІМОРФІЗМ СИСТЕМИ HLA У ХВОРИХ НА ХРОНІЧНУ МІЄЛОЇДНУ ЛЕЙКЕМІЮ З e13a2 та e14a2 ТРАНСКРИПТАМИ ГЕНА *BCR/ABL1***

Для дослідження асоціативного взаємозв'язку поліморфних варіантів генів системи HLA з типами транскриптів химерного гена *BCR/ABL1* у хворих на хронічну мієлоїдну лейкемію (ХМЛ) обстежено 87 пацієнтів з ХМЛ, які відрізнялися транскриптами гена *BCR/ABL1*: 42 пацієнти з транскриптом e13a2 та 45 пацієнтів з транскриптом e14a2. Проаналізовано поширеність алельних варіантів генів головного комплексу гістосумісності людини і обчислено коефіцієнти асоціативного зв'язку з ризиком виникнення захворювання залежно від носійства певних типів транскриптів химерного гена *BCR/ABL1*.

Виділені безумовні маркери підвищеного ризику розвитку ХМЛ (*HLA-DRB1\*11*) і маркери резистентності до розвитку ХМЛ (*HLA-A\*03*). У пацієнтів з транскриптом e13a2 частоти алелей *HLA-A\*03*, *HLA-A\*68*, *HLA-B\*08*, *HLA-B\*15*, *HLA-B\*40*, *HLA-DRB1\*04* та *DQB1\*06* були вірогідно зниженими, а *HLA-DRB1\*12* та *DRB1\*11* були підвищені у порівнянні зі здоровими особами. Частоти алелей *HLA-A\*03*, *HLA-A\*11*, *HLA-B\*08*, *HLA-B\*14*, *HLA-B\*40*, *HLA-DRB1\*04* та *DQB1\*03* були вірогідно знижені, а частота алеля *HLA-DRB1\*11* була вірогідно підвищена у пацієнтів з транскриптом e14a2 порівняно зі здоровими особами. Таким чином індивідуальний аналіз хворих на ХМЛ за наявності комплексу химерних протеїнів e13a2 та e14a2 та алелей HLA свідчить про адитивний ефект сумісності носійства цих молекулярних структур щодо ризику розвитку ХМЛ.

*Ключові слова:* хронічна мієлоїдна лейкемія, транскрипти гена *BCR/ABL*, алельний поліморфізм, системи HLA.

Хронічна мієлоїдна лейкемія (ХМЛ) – це мієлопроліферативне захворювання, яке характеризується підвищеною проліферацією елементів гранулоцитарної ланки гемопоезу. Серед усіх лейкемій її частка становить 20% [1]. Розвиток ХМЛ пов'язують з появою в стовбуровій клітині транслокації t(9;22)(q34;q11.2), що призводить до утворення химерного гена *BCR/ABL1* [2]. Залежно від місця локалізації розриву, у гені *BCR* можливе утворення декількох варіантів транскриптів гена *BCR/ABL1*, серед яких найбільш поширеними є транскрипти e13a2 (b2a2) та e14a2 (b3a2) [3]. У результаті підвищеної тирозинкіназної активності білка *BCR/ABL1* збільшується проліферативна активність клітин та пригнічується апоптоз, зменшується залежність клітин від цитокінів та знижується клітинна адгезія [4].

У сучасних дослідженнях виявлено, що в багатьох процесах ініціації й розвитку злоякісних захворювань безпосередню участь беруть молекули глікопротеїнів клітинної поверхні, які кодуються генами найбільш поліморфної системи людини HLA (Human Leucocyte

Antigens) [5]. З огляду на різноманіття функцій HLA-системи (участь у розпізнаванні чужорідного антигену, його презентації, міжклітинній взаємодії), зрозуміло, що порушення будь-якого з цих механізмів здатне істотно послабити імунологічний нагляд й ініціювати розвиток хвороби [6, 7]. Реєстрація негативного зв'язку захворювання з певним геном HLA вказує на підвищену здатність молекули HLA до зв'язування антигена і зниження ризику розвитку хвороби у конкретного індивіда. Натомість, позитивна асоціація гена HLA із захворюванням веде до непродуктивного зв'язування цими молекулами HLA антигенного пептида, імунної ареактивності і підвищеного ризику розвитку захворювання [8, 9].

Отже, формування клінічного статусу індивіду визначається декількома механізмами, що взаємодіють, серед яких є поява соматичної мутації (химерного гена *BCR/ABL1*) та поліморфізм HLA-системи, що свідчить про високий ступінь залученості в механізмах формування патологічного процесу імунологічної компоненти на рівні даних генетичних систем та обумовлює актуальність вивчення взаємодії молекулярно-генетичних і імуногенетичних детермінант.

Метою роботи було дослідження асоціативного взаємозв'язку поліморфних варіантів генів системи HLA з типами транскриптів химерного гена *BCR/ABL1* у хворих на хронічну мієлоїдну лейкемію.

### Матеріал і методи досліджень

Проведено обстеження 87 пацієнтів із хронічною мієлоїдною лейкемією (46 жінок та 41 чоловік) віком від 18 до 65 років на момент встановлення діагнозу (у середньому  $41,17 \pm 12,89$  років). Пацієнтів було відібрано із групи хворих на ХМЛ, які перебували під наглядом або на консультативному прийомі у відділенні радіаційної онкогематології і трансплантації стовбурових клітин Інституту клінічної радіології Національного наукового центру радіаційної медицини в період з 2001 по 2017 рр. Усі пацієнти надали інформовану згоду на використання їх біоматеріалу для дослідження. За контрольну групу була обрана популяція 150 осіб (генетична структура за генним представництвом алелей HLA-системи), які мешкають в Центральному гено-географічному регіоні України.

Молекулярно-генетичне дослідження типу транскрипта гена *BCR/ABL1* проводили методом якісної зворотнютранскриптазної полімеразної ланцюгової реакції (ЗТ-ПЛР). Загальну РНК одержували з клітин периферичної крові шляхом фенол-хлороформної екстракції, преципітації ізопропанолом та відмивки в етанолі за загальною методикою Хомчинського [10]. Для зворотної транскрипції використовували гексамерні праймери і M-MuLV ревертазу (Fermentas, Латвія). Режимі інкубації відповідали рекомендаціям фірми-виробника. Гніздову ЗТ-ПЛР проводили з праймерами до гена *BCR/ABL1 p210* у відповідності з протоколом, рекомендованим Європейською програмою BIOMED-1 «Дослідження мінімальної резидуальної хвороби при гострих лейкеміях: міжнародна стандартизація і клінічна оцінка». ПЛР-продукт візуалізували у 2% агарозному гелі [11].

Імуногенетичний статус оцінювали за системою HLA. Виділення ДНК проводили з клітин периферичної крові реагентами Protrans DNA Box 500 (Німеччина) відповідно до інструкцій виробника. Ідентифікацію алельного поліморфізму генів головного комплексу гістосумісності (*HLA-A, B, C, DRB1, DQA1, DQB1*) з роздільною здатністю на рівні груп HLA-алелей проводили методом полімеразної ланцюгової реакції з сиквенс-специфічними праймерами (Single Specific Primer-Polymerase Chain Reaction, PCR-SSP) із використанням наборів Protrans.

Статистичний аналіз результатів дослідження імуногенетичного статусу проводили методами математичної статистики, які використовуються в клінічній імуногенетиці. Для вивчених параметрів розраховували відносні коефіцієнти асоціативних зв'язків (relative risk (RR)) і ступінь їх достовірності з використанням комп'ютерної програми імуногенетичного моніторингу з метою формування груп ризику з реалізації генетичної схильності до онкогематологічних захворювань.



**Результати досліджень та їх обговорення**

Грунтуючись на припущенні, що HLA-молекули, здатні до взаємодії з гібридними e1a2 або/та e14a2 пептидами, повинні асоціюватися зі схильністю та/або резистентністю до розвитку ХМЛ, було досліджено поширеність HLA-алелей в двох групах хворих на ХМЛ, які відрізнялись транскриптами гена *BCR/ABL1*: 42 пацієнти з транскриптом e13a2 та 45 пацієнтів з транскриптом e14a2 (табл. 1, табл. 2).

Таблиця 1

Поширеність HLA-алелей у хворих на ХМЛ-носіїв транскрипта e13a2 гена *BCR/ABL1* та контрольною групою здорових осіб

HLA-алелі	Група хворих (n=42)	Контрольна група (n=150)	Коефіцієнт відносного ризику (RR)	Вірогідність розбіжностей (p)
<i>A*03</i>	0,023	0,190	0,26	<0,005
<i>A*68</i>	0,015	0,030	0,34	<0,025
<i>B*08</i>	0,023	0,110	0,42	<0,05
<i>B*15</i>	0,015	0,050	0,28	<0,005
<i>B*40</i>	0,023	0,110	0,42	<0,05
<i>DRB1*04</i>	0,025	0,120	0,36	<0,05
<i>DRB1*11</i>	0,210	0,090	4,57	<0,05
<i>DRB1*12</i>	0,192	0,080	4,94	<0,05
<i>DQB1*06</i>	0,023	0,190	0,26	<0,005

Таблиця 2

Поширеність HLA-алелей у хворих на ХМЛ-носіїв транскрипта e14a2 гена *BCR/ABL1* та контрольною групою здорових осіб

HLA-алелі	Група хворих (n=45)	Контрольна група (n=150)	Коефіцієнт відносного ризику (RR)	Вірогідність розбіжностей (p)
<i>A*03</i>	0,031	0,190	0,25	<0,005
<i>A*11</i>	0,015	0,050	0,48	<0,05
<i>B*08</i>	0,021	0,110	0,37	<0,05
<i>B*14</i>	0,015	0,070	0,31	<0,05
<i>B*40</i>	0,021	0,110	0,37	<0,05
<i>DRB1*04</i>	0,025	0,120	0,37	<0,05
<i>DRB1*11</i>	0,232	0,090	5,24	<0,025
<i>DQB1*03</i>	0,062	0,280	0,34	<0,025

Порівняльний аналіз HLA-генотипової характеристики хворих на ХМЛ – носіїв гібридних транскриптів e13a2 або e14a2 – та контрольної групи здорових осіб свідчить про характерні особливості поширеності ізольованих алелей генів *A*, *B*, *DRB1*, *DQB1* у досліджуваних групах. У носіїв транскрипта e13a2 для гена *HLA-A* була вірогідно знижена концентрація алельних груп *HLA-A\*03* та *-A\*68* (RR=0,26, p<0,005 та RR=0,34, p<0,025, відповідно) порівняно з контрольною групою. Така сама тенденція простежується і в групі носіїв транскрипта *b3a2*. Однак, разом з алельною групою *HLA-A\*03* протективну функцію виконує алельна група *HLA-A\*11* (RR=0,25, p<0,005 та RR=0,48, p<0,05, відповідно).

Аналіз розподілу специфічних складників гена *HLA-B* у групах хворих на ХМЛ з різними транскриптами порівняно з контрольною групою виявив вірогідне зниження представництва алельних груп *HLA-B\*08* (RR=0,42, p<0,05 та RR=0,37, p<0,05 відповідно) та *HLA-B\*40* (RR=0,42, p<0,05 та RR=0,37, p<0,05 відповідно). На відміну від групи носіїв e13a2-транскрипта, яка характеризувалася високим коефіцієнтом асоціації з резистентністю до розвитку ХМЛ для алельної групи *HLA-B\*15* (RR=0,28, p<0,005), хворі носії *b3a2*-транскрипта мали знижену концентрацію *HLA-B\*14* (RR=0,31, p<0,05).

У гені *HLA-DRB1* серед носіїв патологічних транскриптів вірогідні відмінності в частоті збігу порівняно з контролем відзначеним для алельних груп *HLA-DRB1\*11* (RR=4,57, p<0,05), *HLA-DRB1\*12* (RR=4,94, p<0,05) у хворих носіїв e13a2-транскрипта, а також алель-індуктор розвитку ХМЛ – *HLA-DRB1\*11* (RR=5,24, p<0,025) у групі хворих носіїв e14a2-транскрипту. Алельна група *HLA-DRB1\*04* (RR=0,36, p<0,05 та RR=0,37, p<0,05 відповідно) зустрічається вірогідно рідше в обох групах порівняно із контролем. Для генів *HLA-C*, *HLA-DQA1* та *HLA-DQB1* не встановлені асоціативні зв'язки з виникненням ХМЛ у носіїв різних типів патологічних транскриптів. У представництві алельних груп гена *HLA-DQB1* вірогідно знижена концентрація *HLA-DQB1\*03* (0,097 проти 0,280 у контролі) та *HLA-DQB1\*06* (0,023 проти 0,119 у контролі) у носіїв транскрипту e13a2. Вірогідно рідше зустрічалася алельна група *HLA-DQB1\*03* (0,062 проти 0,280 у контролі) у хворих опозитної групи порівняння.

### Висновки

Отже, на основі аналізу поширеності алелей системи HLA у хворих на хронічну мієлоїдну лейкемію і обчисленні коефіцієнта асоціативного зв'язку з ризиком виникнення захворювання, виділені безумовні маркери підвищеного ризику розвитку ХМЛ: *HLA-DRB1\*11* і маркери резистентності до розвитку ХМЛ-алелі *HLA-A\*03*.

У пацієнтів з транскриптом e13a2 частоти алелей *HLA-A\*03*, *HLA-A\*68*, *HLA-B\*08*, *HLA-B\*15*, *HLA-B\*40*, *HLA-DRB1\*04* та *DQB1\*06* були вірогідно зниженими, а *HLA-DRB1\*12* та *DRB1\*11* – підвищені у порівнянні зі здоровими особами.

Частоти алелей *HLA-A\*03*, *HLA-A\*11*, *HLA-B\*08*, *HLA-B\*14*, *HLA-B\*40*, *HLA-DRB1\*04* та *DQB1\*03* були вірогідно знижені, а частота алеля *HLA-DRB1\*11* була вірогідно підвищена у пацієнтів з транскриптом e14a2 порівняно із здоровими особами.

Індивідуальний аналіз хворих за наявністю комплексу химерних протеїнів e13a2 та e14a2 та алелей HLA свідчить про адитивний ефект наявності цих молекулярних структур щодо ризику розвитку ХМЛ. Підвищена наявність носійства *HLA-DRB1\*11* та знижене носійство *HLA-A\*03*, було характерним для обох транскриптів, що свідчить про спільне спрямування механізмів реалізації генетичної схильності до захворювання, або формування протективної функції на основі генерації пухлин-специфічної цитотоксичної Т-клітинної відповіді, як передумови елімінації патологічного білка при взаємодії HLA-молекул з e13a2 або/та e14a2 пептидами. Цей факт свідчить про можливість наявності взаємопов'язаних механізмів формування захворювання на рівні цих генетичних систем і окреслює можливості розширення спектру генетичних чинників прогнозу виникнення і перебігу захворювання, що в кінцевому результаті сприятиме оптимізації терапії хронічних мієлопроліферативних захворювань.

1. *Jabbour E.* Chronic myeloid leukemia: 2016 update on diagnosis, therapy, and monitoring / E. Jabbour, H. Kantarjian // *Am. J. Hematol.* – 2016. – Vol. 91. – P. 252–265.
2. *Dmytrenko I. V.* Assessment of response to imatinib therapy in patients with chronic myeloid leukemia with e13a2 and e14a2 transcripts of BCR/ABL1 gene / I. V. Dmytrenko, V. G. Fedorenko, T. Y. Shlyakhtychenko et al // *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* – 2015. – Sep. 20. – P. 328–340.
3. *Hanfstein B.* Distinct characteristics of e13a2 versus e14a2 BCR'ABL1 driven chronic myeloid leukemia under first-line therapy with imatinib / B. Hanfstein, M. Lauseker, R. Hehlmann et al. // *Haematologica.* – 2014. – Vol. 99, №. 9. – P. 1441–1447.
4. *Lucas C. M.* Chronic myeloid leukemia patients with the e13a2 BCR'ABL fusion transcript have inferior responses to imatinib compared to patients with the e14a2 transcript / C. M. Lucas, R. J. Harris, A. Giannoudis et al. // *Haematologica.* – 2009. – Vol. 94, №. 10. – P. 1362–1367.
5. *Bateman A.* Human leukocyte antigens and cancer: is it in our genes? / A. Bateman, W. Howell // *J. Pathology.* – 2007. – Vol. 196, № 3. – P. 231–236.
6. *Minchenko J. M.* Role of radiosensitivity and radioresistance genetic markers in hematological and cardiovascular disease in persons exposed after the Chernobyl accident / J. M. Minchenko, I. S. Dyagil, O. O. Dmytrenko et al // *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* – 2013. – Sep. 18. – P. 220–231.
7. *Matzaraki V.* The MHC locus and genetic susceptibility to autoimmune and infectious diseases / V. Matzaraki, V. Kumar, C. Wijmenga, A. Zernakova // *Genome Biol.* – 2017. – Vol. 18, №. 1. – P. 76. Published online 2017 Apr 27. doi: 10.1186/s13059-017-1207-1.

8. *Ureshino H.* Allelic polymorphisms of KIRs and HLAs predict favorable responses to tyrosine kinase inhibitors in CML / H. Ureshino, T. Shindo, H. Kojima et al. // *Cancer Immunol. Res.* – 2018. Published online 2018 Apr 25. doi: 10.1158/2326-6066.CIR-17-0462.
9. *Mundhad S.* Association of HLA Class I and Class II genes with *bcr-abl* transcripts in leukemia patients with t(9;22) (q34;q11) / S. Mundhada, R. Luthra, P. Cano // *Cancer.* – 2004. – Vol. 4. – P. 4–25.
10. *Chomczynski P.* Single step method of RNA isolation by acid and guanidinium thiocyanate-phenol-chloroform extraction / P. Chomczynski, N. Sacchi // *Anal. Biochem.*— 1987. — Vol. 162, № 1. — P. 156–159.
11. *Van Dongen J. M.* Standardized RT-PCR analysis of fusion gene transcripts from chromosome aberrations in acute leukemia for detection of minimal residual disease / J. M. van Dongen, E. A. Macintyre, J. A. Gabert et al. // *Leukemia.* – 1999. – Vol. 13. – P. 1901–1928.

*O. O. Dmytrenko, I. V. Dmytrenko, Zh. M. Minchenko, I. S. Diahil*

State Institution «National Scientific Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»

#### ALLELIC POLYMORPHISM OF THE HLA SYSTEM IN PATIENTS WITH CHRONIC MYELOGENOUS LEUKEMIA WITH E13A2 AND E14A2 TRANSCRIPTS OF THE BCR / ABL1 GENE

To study the associative relation of polymorphic HLA gene variants and BCR/ABL1 transcript types in patients with chronic myeloid leukemia (CML) 87 CML patients were examined. 42 patients had e13a2 BCR/ABL1 transcript and 45 patients had e14a2 BCR/ABL1 transcript. The prevalence of the genes allelic variants of major histocompatibility complex was analyzed and the association coefficients for the disease risk depending on the presence of certain types of BCR/ABL1 transcripts were calculated.

Unconditional markers of increased risk of CML (HLA-DRB1\*11) and markers of resistance to CML (HLA-A\*03) were highlighted. The allele frequencies of HLA-A\*03, HLA-A\*68, HLA-B\*08, HLA-B\*15, HLA-B\*40, HLA-DRB1\*04, DQB1\*06 were significantly reduced and allele frequencies of HLA-DRB1\*12 and DRB1\*11 were increased in patients with the e13a2 transcript compared to healthy people. The allele frequencies of HLA-A\*03, HLA-A\*11, HLA-B\*08, HLA-B\*14, HLA-B\*40, HLA-DRB1\*04 and DQB1\*03 were significantly reduced and the allele frequency of HLA-DRB1\*11 was significantly increased in patients with e14a2 transcript compared to healthy persons. Thus, the individual analysis of the complex of fusion proteins e13a2 and e14a2 and HLA alleles in CML patients could indicate the additive effect of both molecular structures joint carrier for CML developing risk.

*Key words: chronic myeloid leukemia, BCR/ABL1 transcripts, allelic polymorphism, HLA systems.*

Надійшла 23.04.2019.

# ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 504.453.054(477.84)

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.10

<sup>1</sup>Г. Б. ГУМЕНЮК, <sup>1</sup>О. С. ВОЛОШИН, <sup>1</sup>В. О. ХОМЕНЧУК, <sup>2</sup>Н. Г. ЗІНЬКОВСЬКА

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка  
пров. Лицейний, 1, Кременець, 47003  
e-mail: gumenjuk@chem-bio.com.ua

## **ДИНАМІКА ВМІСТУ НІТРОГЕНОВМІСНИХ СПОЛУК У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ РІЧОК ПРИП'ЯТЬ ТА ТУРІЯ**

Досліджено вміст нітрогеновмісних сполук у воді річок Прип'ять та Турія Волинської області в різні сезони року. Здійснена екологічна оцінка якості води р. Турія та р. Прип'ять.

*Ключові слова:* аміак, нітрати, водойми, токсичність, якість води, категорія.

Сьогодні більшість річок України загалом та Волинської області зокрема, у тому числі й р. Турія та р. Прип'ять, є забрудненими унаслідок недостатності природоохоронних заходів в умовах антропогенного тиску, що спричинений забрудненням води промисловими, комунальними стічними водами, заростанням русла, цвітінням води тощо.

В останні роки, зокрема у 2012 р., 2015 р., 2016 р., у засобах масової інформації обговорювались питання щодо погіршення екологічного стану основної водної артерії Ковельського району р. Турії та щодо виявлення джерел її забруднення. На сьогоднішній день найгострішою проблемою р. Турії є повсюдне порушення і недотримання водоохоронного режиму в населених пунктах її басейну, зокрема в м. Ковель. Так, серед містян Ковеля поширеною практикою стало забруднення водойм стоками від приватних домогосподарств. Ще однією причиною погіршення гідрологічного та екологічного стану річки у 2015–2016 рр. є вплив кліматичних чинників: високі температури повітря влітку та дефіцит опадів, що сформували низьку (за рівнями та витратами води) літню межень, яка спричинила обміління, щільне заростання очеретом русла, формування ділянок стоячої води та цвітіння води. Треба також відзначити, що упродовж кількох років поспіль у р. Турія фіксувались факти масової загибелі риби улітку. Тому екологічна оцінка якості води на сьогодні є актуальна і важлива для природоохоронних заходів в басейні Дніпра [12]. Природними компонентами та водночас забрудниками водних систем є нітрогеновмісні сполуки, при перевищенні природних концентрацій яких втрачається баланс між фізіологічним та токсичним впливом [9]. Сполуки Нітрогену (амоній, нітрати) утворюються у воді в результаті біохімічного розкладання і окислення органічних залишків природного походження, а також потрапляють у річки та водойми зі стічними водами. Високі концентрації Нітрогену амонійного найчастіше характерні для болотних вод і можуть свідчити про свіже фекальне забруднення водного об'єкта. Підвищені концентрації нітратів у воді є наслідком забруднення водойми промислово-побутовими стічними водами і стоками з сільськогосподарських полів. Неорганічні сполуки Нітрогену за високого їх вмісту у воді можуть викликати отруєння гідробіонтів, причому найменшою токсичністю характеризуються нітрати. Вони є кінцевим продуктом мінералізації

органічних речовин і їх наявність у воді вказує на закінчення цього процесу та свідчить про давність забруднення води органічними речовинами [2].

### Матеріал і методи досліджень

Об'єктами досліджень була міграція нітрогеновмісних сполук в екосистемах річок Прип'ять і Турія Волинської області. Відбір проб води проводили з поверхневого горизонту водойм по середині річки на глибині 0,5–0,7 м за допомогою пластикових пробовідбірників об'ємом 1 дм<sup>3</sup>. Для дослідження вмісту у воді нітрогеновмісних сполук зразки відбирали в 5-ти різних місцях річки Турія (рис. 1)



Рис. 1. Картохема досліджуваної території р. Турії: 1 – початок села Щитинь; 2 – біля будівель; 3 – біля пляжу; 4 – біля водопою; 5 – місце впадіння р. Турії в р. Прип'ять (Масштаб 1:100000).

Для дослідження вмісту у воді нітрогеновмісних сполук зразки відбирали в 5-ти різних місцях річки Прип'ять (рис. 2).

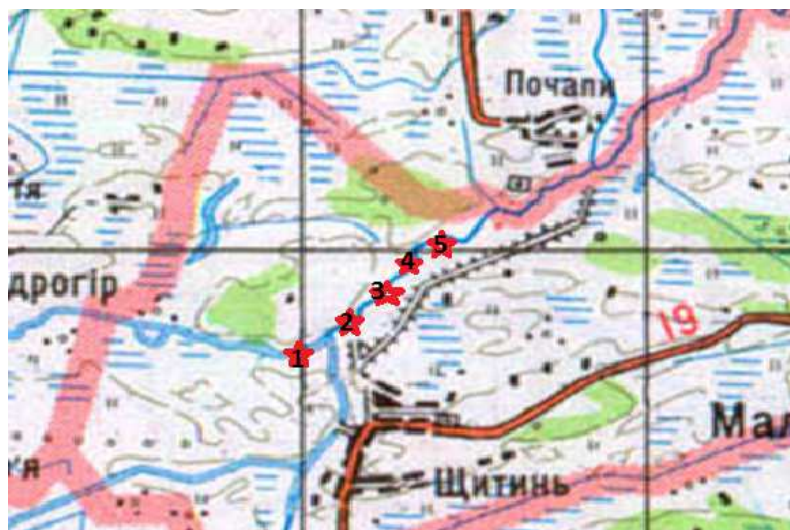


Рис. 2. Картохема досліджуваної території р. Прип'яті: 1 – початок р. Прип'ять; 2 – біля пляжу; 3 – біля водопою; 4 – біля будівель; 5 – кінець села Щитинь (Масштаб 1:100000).

Вміст нітратів у воді річок досліджуваних територій визначали колориметрично з фенолдисульфоокислотою з утворенням нітровмісного фенолу жовтого кольору [8] при довжині хвилі 520 нм. Вміст амонію визначали фотометричним методом за якісною реакцією з реактивом Несслера [8, 11] при довжині хвилі 420 нм.

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

### Результати досліджень та їх обговорення

Сполуки Нітрогену істотно погіршують органолептичні властивості води [1, 4]. У поверхневих водах вони знаходяться у розчиненому, колоїдному та зваженому стані і під впливом багатьох фізико-хімічних та біохімічних чинників переходять з одного стану в інший.

Середня концентрація загального Нітрогену в природних водах коливається в значних межах і залежить від трофності водного об'єкта: для оліготрофних змінюється звичайно в межах 0,3–0,7 мг/дм<sup>3</sup>, для мезотрофних – 0,7–1,3 мг/дм<sup>3</sup>, для евтрофних – 0,8–2,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Нітроген амонійний – один з найважливіших біогенних елементів рослинних, тваринних організмів та мікроорганізмів, який відіграє важливу роль у функціонуванні водних екосистем [10].

У річці Прип'ять мінімальні значення вмісту NH<sub>4</sub><sup>+</sup> впродовж дослідження спостерігали у травні (0,024 мг/л), максимальні – у червні (0,1766 мг/л) (рис. 3).

У річці Турія мінімальне значення вмісту нітрогену амонійного спостерігали у червні (0,025 мг/л), максимальне – у серпні (2,991 мг/л). Слід зазначити, що зміни концентрації NH<sub>4</sub><sup>+</sup> у воді, зокрема при забрудненні водою промисловими стічними водами чи агростоками, не відбуваються безслідно для екосистеми: зменшення може бути причиною погіршення життєдіяльності аеробних мікроорганізмів, рослинних організмів товщі води, а збільшення, особливо в поєднанні з підвищенням вмісту фосфатів, веде до сплеску розвитку синьо-зелених водоростей зі зсувом рівноваги у водній екосистемі в бік процесів евтрифікації [11, 13].

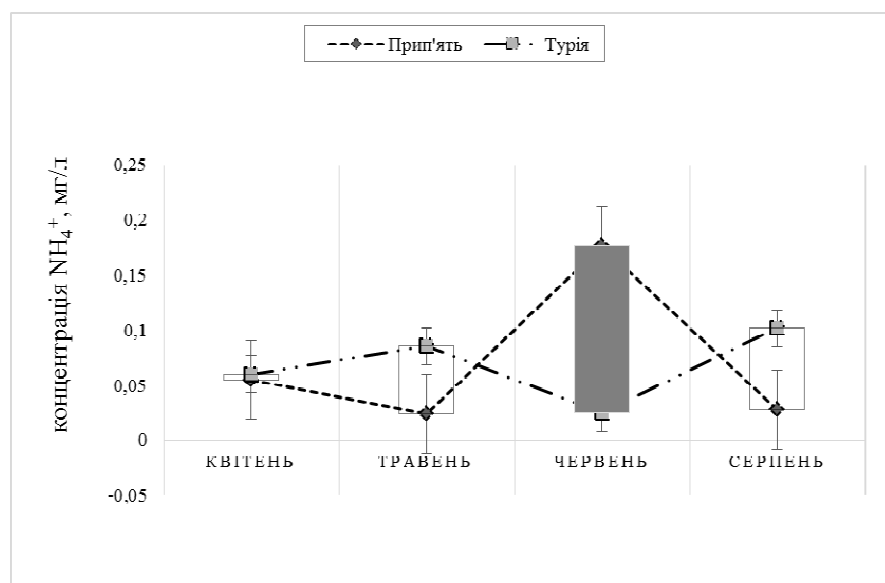


Рис. 3. Вміст йону амонію у воді річок Волинської області впродовж квітня–серпня 2018 р. (M±m; n=5)

Присутність нітратів у поверхневих водах пов'язана із процесами нітрифікації амонійних йонів в присутності кисню, атмосферними опадами, стічними водами та зливом із сільськогосподарських угідь.

Як відомо, основні процеси, що призводять до зниження концентрації нітратів – потреби фітопланктону та денітрифікуючі бактерії, котрі за дефіциту O<sub>2</sub> використовують кисень нітратів для окислення органічних речовин [3].

Нітрати є кінцевим продуктом мінералізації органічних речовин. Наявність їх у воді вказує на закінчення цього процесу та свідчить про давність забруднення води органічними речовинами [5]. У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі [6].

Концентрація нітратів у поверхневих водах схильна до сезонних коливань: мінімальна у вегетаційний період, збільшується восени і досягає максимуму взимку, коли при мінімальному споживанні нітрогену відбувається розкладання органічних речовин і перехід нітрогену з органічних форм у мінеральні [7].

Кількість нітратів у поверхневих водах, як правило, невелика. Головним джерелом їх надходження є ґрунтовий шар, у якому нітрати накопичуються як внаслідок природних процесів, так і внаслідок внесення азотних добрив.

Мінімальні значення вмісту нітратів досліджуваних водних об'єктів спостерігали у травні (р. Турія – 0,552 мг/л, р. Прип'ять – 0,604 мг/л) (початок вегетаційного сезону), максимальні – у квітні (р. Турія – 1,486 мг/л, р. Прип'ять 1,580 мг/л). Також невисокі концентрації нітратів спостерігались у серпні (р. Турія – 0,664 мг/л, р. Прип'ять – 0,634 мг/л) (друга фаза вегетації) (рис. 4)

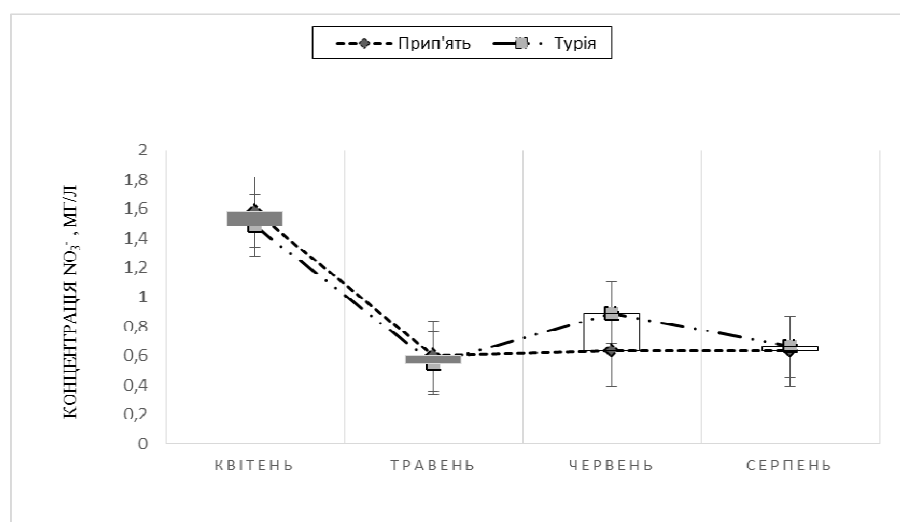


Рис. 4. Вміст нітратів у воді річок Волинської області впродовж квітня-серпня 2018 р. ( $M \pm m$ ;  $n=5$ )

Отже, у річках Прип'ять та Турія вміст нітратів збільшується навесні, що, очевидно, пов'язано з паводковими водами з водозборів. У літній період концентрація нітратів залишається невисокою внаслідок активної їх асиміляції водною рослинністю.

## Висновки

Сезонна динаміка вмісту нітрогеновмісних сполук у воді річок Прип'ять та Турія Волинської області має коливальний характер. Зростання вмісту амонійного Нітрогену, ймовірно, пов'язано із зниженням концентрації кисню внаслідок евтрофікації водойми.

Згідно екологічної класифікації якості поверхневих вод України за трофосапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями по вмісту Нітрогену амонійного річки Турія та Прип'ять належать до II категорії (добрі, мезоевтрофні) по вмісту нітратів до III категорії (евтрофні, задовільні).

1. Бескровная М. В. Оптимизация процесса биологического удаления минерального азота из сточных вод. *Вода і водоочисні технології*. 2008. № 3 (27). С. 44–48.
2. Бессонов Н. М. Привезенцев Ю. А. Рыбохозяйственная гидрохимия. М.: Агропромиздат, 1987. 159 с.
3. Бияк В. Я., Ляврін Б. З., Хоменчук В. О., Курант В. З. Аналіз гідрохімічних показників малих річок Західного поділля. *Наукові записки ТНПУ ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2010. № 4 (45). С. 115–121.

4. Ключенко П. Д. Динамика неорганических соединений азота в загрязненных малых реках в связи с развитием фитопланктона (на примере некоторых притоков Днепра). *Гидробиологический журнал*, 1995. № 1. Т. 31. С. 95–102.
5. Коткова Т. М., Котков В. І., Селезньова Г. О. Моніторинг забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2011. № 2 (29), Т. 1. С. 106–112.
6. Маджд С. М., Франчук Г. М., Тимошенко М. М. Екологічна оцінка якості поверхневих і ґрунтових вод у районі ремонту та експлуатації авіаційної техніки. *Екологічна безпека та природокористування*: збірник наукових праць. К., 2012. Вип. 9. С. 116–122.
7. Маджд С. М., Кіпніс Л. С., Франчук Г. М. Перспективи розробки методів біотестування для контролю впливу на довкілля авіатранспортних процесів. *Наука та молодь*. К.: НАУ, 2003. С. 125–129.
8. Новиков Ю. В., Ласточкина К. О., Болдина З. Н. Методы исследования качества воды водоемов. М.: Медицина, 1990. – 400 с.
9. Романенко В. Д. Основи гідроекології. К.: Обереги, 2001. 728 с.
10. Федоненко О. В., Слабоспицька О. В. Сезонна динаміка трофо-сапробіологічних показників води середньої частини Запорізького (Дніпровського) водосховища. *Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону*. 2011. № 1 (11). С. 111–121.
11. Чибисова Н. В. Практикум по экологической химии. Калининград: Калининградский университет, 1999. – 94 с.
12. Характеристика річки Прип'ять (Електронний ресурс) / Режим доступу: [https://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b2ac68a4d53a89521316c26\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b2ac68a4d53a89521316c26_0.html).
13. Galloway J., Dentener F., Capone D., Galloway J. Nitrogen cycles: past, present and future. *Biogeochemistry*. 2004. V. 70 (2). P. 153–226

## References

1. Beskrovnaia M.V. Optimizatsiia protsessa biologicheskogo udalenii mineral'nogo azota iz stochnykh vod. *Voda i vodoochysni tekhnologii*. 2008. No3 (27). S. 44–48.
2. Bessonov N.M. Privezentsev Iu.A., Rybokhoziaystvennaia gidrokhemiiia. M. Agropromizdat, 1987. – 159 s.
3. Byiak V.Ya. Liavrin B.Z., Khomenchuk V.O., Kurant V.Z. V.Z. Analiz gidrokhemichnykh pokaznykiv malykh richok Zakhidnoho podillia. *Naukovi zapysky TNPU im. Volodymyra Hnatiuka. Seriiia: Biologiiia*. 2010. No 4 (45). S. 115–121.
4. Klochenko P.D. Dinamika neorganicheskikh soedineniy azota v zagriaznennykh malykh rekakh v sviazi s razvitiem fitoplanktona (na primere nekotorykh pritokov Dnepra). *Gidrobiologichnyy. zhurnal*. 1995. – No1., T.31. S. 95–102.
5. Kotkova T.M., Kotkov V.I., Selez'n'ova H.O. Monitorynh zabrudnennia spolukamy azotu richok Luhyns'koho rayonu Zhytomyrs'koi oblasti. *Visnyk Zhytomyrs'koho natsional'noho ahroekolohichnoho universytetu*. 2011. No 2 (29), T.1. S.106–112
6. Madzhd S.M., Franchuk H.M., Tymoshenko M.M. Ekolohichna otsinka iakosti poverkhnevyykh i gruntovykh vod u rayoni remontu ta ekspluatatsii aviatsiynoi tekhniki. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: Zbirnyk naukovykh prats'*. K., 2012. Vyp.9. S.116–122.
7. Madzhd S.M., Kipnis L.S., Franchuk H.M. Perspektivy rozrobky metodiv biotestuvannia dlia kontroliu vplyvu na dovkilia aviatransportnykh protsesiv. *Nauka ta molod'*. K.: NAU, 2003. S. 125-129.
8. Novikov Iu.V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N. Metody issledovaniia kachestva vody vodoemov. M.: Meditsina, 1990. – 400 s.
9. Romanenko V.D. Osnovy hidroekologii: K.: Oberehy, 2001. 728 s.
10. Fedonenko O. V., Slabospys'tka O. V. Cezonna dynamika trofo-saprobiiolohichnykh pokaznykiv vody sere'dn'oi chastyny Zaporiz'koho (Dniprovs'koho) vodoshkovyshcha. *Problemy ekologii ta okhorony pryrody tekhnogennoho rehionu*. 2011. No 1 (11). S.111–121.
11. Chibisova N.V. Praktikum po ekologicheskoy khimii. Kaliningrad: Kaliningradskij universitet, 1999. – 94 s.
12. Kharakterystyka richky Pryp'iat' (Elektronnyy resurs) / Rezhym dostupu: [https://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b2ac68a4d53a89521316c26\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/geology/2c0a65625b2ac68a4d53a89521316c26_0.html)
13. Galloway J., Dentener F., Capone D., Galloway J. Nitrogen cycles: past, present and future. *Biogeochemistry*. 2004. V. 70(2). P. 153–226



*H. B. Humeniuk, O. S. Voloshun, V. O. Khomenchuk, N. G. Zinkovska*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Taras Shevchenko Regional Humanitarian-Pedagogical Academy of Kremenets, Ukraine

### THE DYNAMIC OF THE CONTENT OF NITROGEN CONTAINING COMPOUNDS IN THE HYDROEKOSYSTEMS OF THE PRIPIAT RIVER AND THE TURIA RIVER

Nowadays, most of the rivers of Ukraine in general and the Volyn region in particular are contaminated with ordinary human negligence, as environmental measures are not sufficiently implemented. The Turia and the Pripiat River are also an exception. In recent years, they have undergone considerable anthropogenic pressure, which caused water pollution with industrial, municipal wastewater, deterioration of water quality, overgrowth of the bed, flowering of water, etc. In this regard, the assessment of water quality is extremely important.

Inorganic nitrogen compounds (ammonium and nitrates) are characterized by high biological activity. They determine the trophic state and productivity of reservoirs.

It should be noted that an increase in the concentration of nitrogen-containing compounds leads to a burst of development of blue-green algae with a shift of equilibrium in the aquatic ecosystem towards eutrophication process.

The concentrations and the peculiarities of the spring and summer redistribution of inorganic nitrogen compounds in the water of the Pripiat and Turia Rivers are investigated. An indicative tropho-saprobiological evaluation of the status of the hydro-ecosystems was conducted.

The results obtained provide a theoretical and scientific basis for establishing the regulatory factors that determine the content of Nitrogen (ammonium and nitrate) compounds in the water of the Pripiat and Turia rivers. The identified features can be used in the development of recommendations for the development of biomonitoring methods for hydro-ecosystems.

Targeted environmental assessment of the water quality of the Pripiat and Turia Rivers is carried out.

*Key words: ammonia, nitrates, toxicity, water quality, eutrophication, category.*

Надійшла 15.05.2019.

# ЕКОЛОГІЯ

УДК 502.3+502.5

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.11

П. С. ГНАТІВ, І. Я. КАПРУСЬ, П. Р. ХІРІВСЬКИЙ, О. Д. ЗИНЮК, Б. В. КРЕКТУН,  
Ю. Я. КОРІНЕЦЬ, А. М. БУЧКО, О. В. ЗЕЛІСКО, Н. Є. ПАНАС, Н. Я. ЛОПОТИЧ,  
М. Я. ОНИСКОВЕЦЬ

Львівський національний аграрний університет,  
вул. Володимира Великого, 1, м. Дубляни, Жовківський район, Львівська область, 80381  
e-mail: kaprus63@gmail.com

## **ЕКОЛОГІЯ ТА СЕРЕДОВИЩЕЗНАВСТВО ЯК НАУКИ І СПЕЦІАЛЬНОСТІ**

---

Проаналізовано тенденції розвитку науково-методологічної і навчально-методичної сфери, пов'язаної з проблематикою поглиблення екологічних знань, екологізації сфер виробничої і невиробничої діяльності, зокрема освітньої галузі. Окреслені світові тенденції та основні риси теперішнього стану в екологічній освіті в Україні. Обґрунтована необхідність виходу на світові стандарти вивчення й оцінки стану природного довкілля і довкілля людини. Показана схема методологічного структурування й удосконалення нової в Україні, але самодостатньої у європейських країнах, сфери досліджень і практичних знань – інвайронментології або середовищезнавства. Наведено перелік пріоритетних дисциплін для набуття фаху за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища». Диференціація сфер дослідження і студіювання загальної екології і середовищезнавства дасть змогу упорядкувати й поліпшити якість і темпи екологізації суспільної свідомості. Впровадження у виробництво ідей з технологій захисту довкілля поліпшить результати діяльності захисників довкілля і природи, а також сприятиме удосконаленню фундаментальних екологічних досліджень.

*Ключові слова:* середовище природне, середовище антропізоване, забруднення, інвайронментологія, екологія, технології.

Швидкий поступ інформаційного суспільства, технічний прогрес у виробництві та експоненціальний ріст людської популяції сьогодні спонукає замислитися над перспективою людства як всепланетного явища. Раніше гармонійне еволюційне «вмонтування» природою приматів у біосферу не спричиняло жодних геологічних чи екологічних загроз її самодостатньому існуванню [1]. Відомі мінімум чотири космогенні катастрофічні впливи на біоту Землі, які спричиняли зникнення великої кількості видів, проте потужні хвилі еволюції організмів, аж до виникнення приматів, все більше урізноманітнювали життя на Землі [8]. У нашу добу ми відчуваємо загрозу навислої катастрофи, проте вже не з космосу, а від самої людської популяції, котра стала всепланетною геологічною силою. Сукупна людська активність безпосередньо загрожує збалансованому існуванню біогеосфери та збереженню біоти на планеті в успадкованому від наших предків вигляді [6].

Оцінюючи глибину геологічних антропогенних змін на Землі, наш сучасник, нобелівський лауреат Поль Крутцен, у 1999 році висловив думку про початок нового після Голоцену геологічного періоду, який назвав Антропоценом. Першим стратиграфічним підтвердженням його початку вчені визнали геологічний прошарок антропогенних

радіоактивних ізотопів в осадових породах і льодовиках Гренландії, які датують серединою ХХ ст. – початком ядерної ери планети [7]. Тому захист глобальної екосистеми (біогеосфери), від подальшого її руйнування – головне завдання свідомого суспільства. Для цього потрібні точні й глибокі знання з екології та їх найширша популяризація. У всьому світі екологізація суспільної свідомості та виробничої діяльності набуває пріоритетного статусу.

Системний розвиток науки й освіти в сфері екології, світовий досвід та українські реалії дещо розходяться у напрямках і способах реалізації нагальних рішень.

До початку ХХІ ст. в Україні вся сукупність знань про живі системи, взаємовідносини між людським суспільством і біосферою та природою загалом, про проблеми захисту природного довкілля планети окреслилася у двох, умовно розмежовуваних блоках. Перший блок знань – власне, екологічний; другий – дещо ширший, соціоекологічний. Основою першого блоку є класична екологія як розділ біології. Галузевими відгалуженнями її стали прикладні екології, охорона природи й природного довкілля. Другий блок ґрунтується на соціоекології (у ред. Г. Бачинського [1], екогомології [5], геосоціосистемології [4] – теоретичних концепціях про структуру й роботу створених людьми природно-соціальних систем. У західних наукових колах упродовж останньої чверті ХХІ ст. на повну силу розквітла інвайронментологія (інженерія довкілля тощо) або середовищезнавство – дослідження, контроль якості й захист навколишнього щодо людини середовища (її довкілля).

Проте в науковій та освітній сфері України в царині екологічних досліджень, студіювання спеціальних знань за фахом екологія, охорона навколишнього середовища й природокористування належного порядку як у структурі, так і в термінології до тепер немає [3, 4].

У сучасному інформаційному суспільстві наукові знання і сфери освіти продовжують «відгалужуватися», утворюючи дочірні види наук. Такою є нинішня ситуація з біологією, екологією, охороною природи та охороною довкілля людини. За принципами А. Сен-Симона, О. Конта можна і необхідно уточнювати й розмежовувати сфери компетенції новітніх відгалужень класичної біології, промислової гігієни та безпеки життєдіяльності, токсикології тощо [3]. Розвиненість і розгалуженість сфер науки, наукової та інноваційної діяльності визначає ступінь цивілізованості кожної держави та її спрямованість на суспільний прогрес.

У структурі екологічних наук і охорони довкілля в Україні донедавна була певна невизначеність – хто має координувати розв'язання глобальних проблем захисту навколишнього середовища в державі і представляти її на світовій арені для координації міжнародної діяльності у цих сферах. З іншого боку, важливо визначитися, як розвивати фундаментальну екологію як науку біологічну та як бути з охороною довкілля як наукою та специфічною освітньою сферою.

Тепер в Україні нарешті почали приймати у ЗВО навчальний план з підготовки фахівців за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань «Виробництво та технології». Проте, за незрозумілих причин сільськогосподарська екологія (галузь знань: 20 – Аграрні науки та продовольство; спеціальність: 201 – Агрономія та 204 – Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва) залишилися поза увагою «Переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти (Перелік 2015)».

**Мета роботи** – показати можливий науково-методологічний підхід до формування освіти із загальної екології, як біологічної науки, та інвайронментології або середовищезнавства, як набагато ширшої міждисциплінарної прикладної сфери знань із охорони навколишнього для людини середовища, а також в найзагальніших рисах висвітлити об'єкт і предмет дослідження деяких новітніх дисциплін прикладного рівня за планом «Технології захисту навколишнього середовища».

**Методи досліджень.** Для пошуку шляхів розв'язання проблеми застосований порівняльно-аналітичний метод, що ґрунтується на системному аналізі конкретних складових цілісної системи науки й освіти у сфері екології та захисту навколишнього середовища [3].

**Обговорення проблеми.** Теоретичні і прикладні аспекти освіти та досліджень із загальної екології як біологічної науки та інвайронментології або середовищознавства розглянемо окремими частинами.

**Біоекологія як класична наука.** Швидкоплинний прогрес біологічних наук, зокрема у розділі екології, поступова «екологізація» сфер людської діяльності з одного боку та критичне загострення протиріччя між економічним розвитком цивілізації й вичерпністю біотичних ресурсів на планеті з іншого, потребують пошуку наукових методів оцінки ризиків та ефективних шляхів запобігання нищенню природи [3, 4].

Екологія має предметом свого дослідження всі взаємовідношення живих і неживих компонентів природи. Як біологічна наука екологія вивчає взаємовідношення живих істот та їх сукупностей між собою і з навколишнім біотичним та абіотичним середовищем, структурно-функціональні властивості екосистем – від найменших консорційних до біогеосфери включно, історію й еволюцію, природну й антропогенну динаміку цих систем, їхні корисні чи небезпечні для людини функції та спроби невиснажливого їх використання [4].

Водночас, екологи покликані з'ясувати, якими механізмами створюється і підтримується еволюційна сталість природних комплексів, як впливають стохастичні й космогенні чинники на стрибкоподібні процеси в природі, що саме забезпечує збереження та зміну їх просторово-часової структури, як компонується у них харчові ланцюги та кругообіг поживних речовин (біогеохімічні цикли), якими чинниками визначається їхній поступ та еволюція. Таким чином, екологія вивчає надорганізмовий і надпопуляційний рівні функціонування біотичних систем і сукупність або структуру зв'язків між організмами, популяціями та їх середовищем.

Екологія має фундаментальне завдання вивчати особливості існування живих систем у функціонально взаємопов'язаному з ними природному чи антропізованому середовищі, їхню стійкість до руйнівного впливу виробничої діяльності людини, способи підтримування їхніх життєвих функцій і збереження їх у мінливому зовнішньому середовищі. Основними розділами екології як системи знань є аутоекологія (екологія організмів – організованих систем), демоекологія (екологія популяційних систем), синекологія (екологія біотичних систем-угруповань) і біогеосферологія (вчення про глобальну екосистему – біогеосферу) [3].

У системі прикладних розділів виокремлені екологія рослин, грибів і тварин, лісових, степових (лучних), болотних систем, екологія аграрних систем (агроекологія), екологія водних (суходільних і морських) систем (гідроекологія й океанологія), екологія міських систем (урбоекологія), екологія людини як живої істоти (але не як особистості, члена суспільного утвору – соціуму) (рис. 1).

Екологія є засадничою базою для прикладної науки – охорони природи (фітосозології, зоосозології, ландшафтосозології тощо). Ці науки покликані розробляти всю сукупність системних заходів, спрямованих на збереження біотичного і ландшафтного різноманіття, територіальних природоохоронних об'єктів (резерватів, заповідників, заказників, пам'яток природи, біотопів тощо), місць трапляння рідкісних, ендемічних, реліктових видів та їхніх угруповань, зрештою, рідкісних чи унікальних середовищ (екотопів) для формування та існування таких самих біоугруповань, реінтродукції та інтродукції в науково обґрунтованих випадках тощо.

Отже, об'єкт і предмет дослідження екології у світовій науковій практиці давно визначені. Проте, в Україні у цьому плані ще панує певний «плюралізм», породжений популізмом навколо проблем захисту довкілля. У вітчизняній науці й освіті досі існують як одне ціле «хірургічно» не розділені, ще зовсім недавно народжені радянською епохою її розвитку, «сіамські близнюки» – екологія й охорона довкілля. Виключення становить відбрунькована екологічна безпека, про яку варто говорити окремо, адже це – технічна сфера, на думку її творців і прихильників.

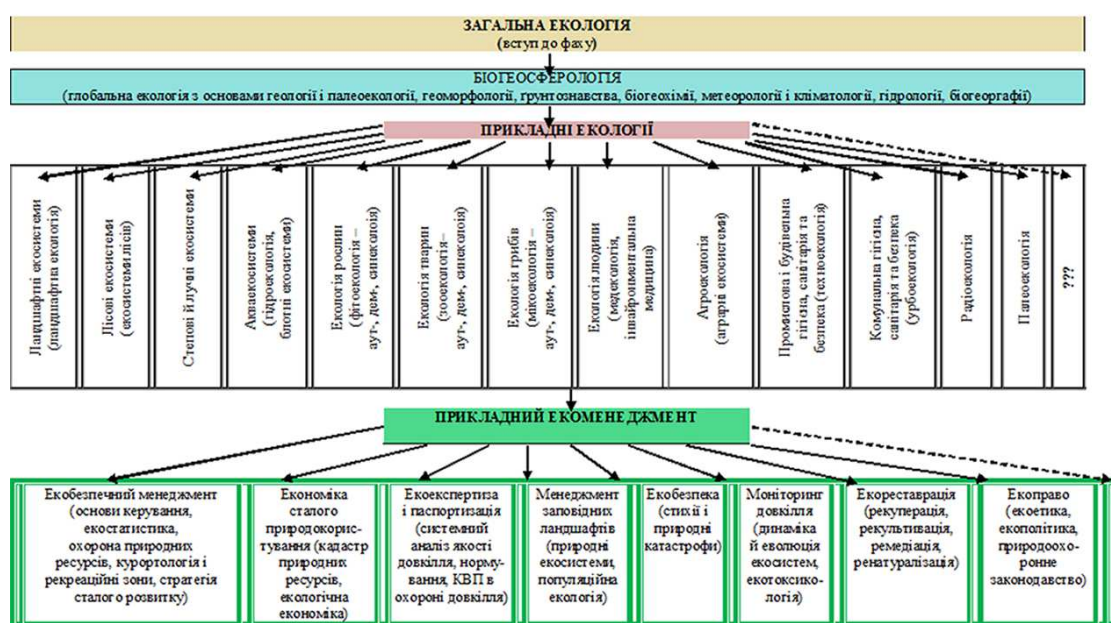


Рис. 1. Структура загальної екології як біологічної науки – теоретичної основи прикладного екоменеджменту, охорони природи й природних ресурсів

**Об’єкт і предмет інвайронментології як новітньої інженерно-біологічної науки.**

Новітньою ознакою нашої доби є поглиблення проблеми збереження здорового довкілля. Перед сучасною «людиною розумною» поставили завдання: постійно стежити за змінами середовища, у якому існують природні, штучні екосистеми та саме людство; пізнавати закономірності й прогнозувати ці зміни під впливом різних техногенних і природних чинників; вивчати способи збереження довкілля у сприятливих для суспільства параметрах; упереджувати розвиток руйнівних процесів. Системна роль людини на планеті Земля – не регулювати біосферні процеси, а всіма доступними засобами запобігати дестабілізації та руйнуванню всіх геосфер як системних складових біогеосфери – атмосфери, гідросфери, літосфери, педосфери, і біоти (біосфери – у конкретному значенні) [3, 4, 9]. А це вже об’єкт, предмет і завдання значно ширшого плану, ніж має екологія як розділ біології. Власне сама екологія у цьому контексті виступає лише однією із невід’ємних граней комплексного дослідження природного середовища Землі.

Тому в розвинутих країнах сьогодні значно вагомішу позицію у громадській свідомості займає інвайронменталістика. У наукових колах та освітній сфері набагато актуальнішою, ніж екологія, є інвайронментологія (від фр. *environner* – оточувати, оточити та гр. *λόγος* – вчення, наука) та споріднена з нею охорона довкілля (сукупність наукових і практичних методів, способів та заходів з охорони середовища існування людей, розвитку людських цивілізацій [9]. Інвайронментологія (англ. – *Environmental Science*; укр. – середовищезнавство) – прикладна галузь знань про навколишнє еколого-соціально-економічне середовище розумової та виробничої діяльності людини й людських спільнот, про зважене використання природних, соціальних та економічних ресурсів і збереження цього середовища сприятливим для теперішніх і майбутніх поколінь. В Європі, Канаді й США вже понад три десятиліття ця наука активно розвивається. Під інвайронментологією там розуміють науку про навколишнє середовище (англ. – *Environmental Science: Chiras*, 1994). Провідні університети Світу кожних 3–4 роки видають оновлені підручники під назвою «*Environmental Science*» (як у глобальному

аспекті – *A Global Concern* [8], так і на рівні вивчення локальних взаємозв'язків і взаємовідношень – *A Study of Interrelationships* [8, 9].

Інвайронментологія як наукова система має всі оригінальні атрибути самодостатньої наукової галузі, які роблять її якісно відмінною від загальної екології, промислової і комунальної гігієни, техногенної безпеки й безпеки життєдіяльності та створюють емерджентний результат – комплексну науку про людське довкілля.

Сьогодні інвайронментологія (середовищезнавство) стала науковою базою для підготовки фахівців у галузі знань «Виробництво та технології» за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища». І це – велика перемога здорового глузду у сфері освіти.

Об'єктом вивчення інвайронментології є всі рівні природного середовища – від космічного до внутрішньоклітинного (і, вірогідно з урахуванням темпів розвитку нанотехнологій, навіть внутрішньоорганельного), а також усі рівні антропозованого середовища – від техногенно-виробничого до соціально-культурного й духовно-естетичного (рис. 2). Особлива увага надається компонентам неживої природи: стану атмосферного (аж до навколосезонного космосу) середовища, земної кори і ґрунтового покриву, гідросфери (води суходолу, океанів й морів). Унікальним явищем природи є різнорівневе біотичне – внутрішньо-екосистемне та внутрішньоорганізмове середовище.

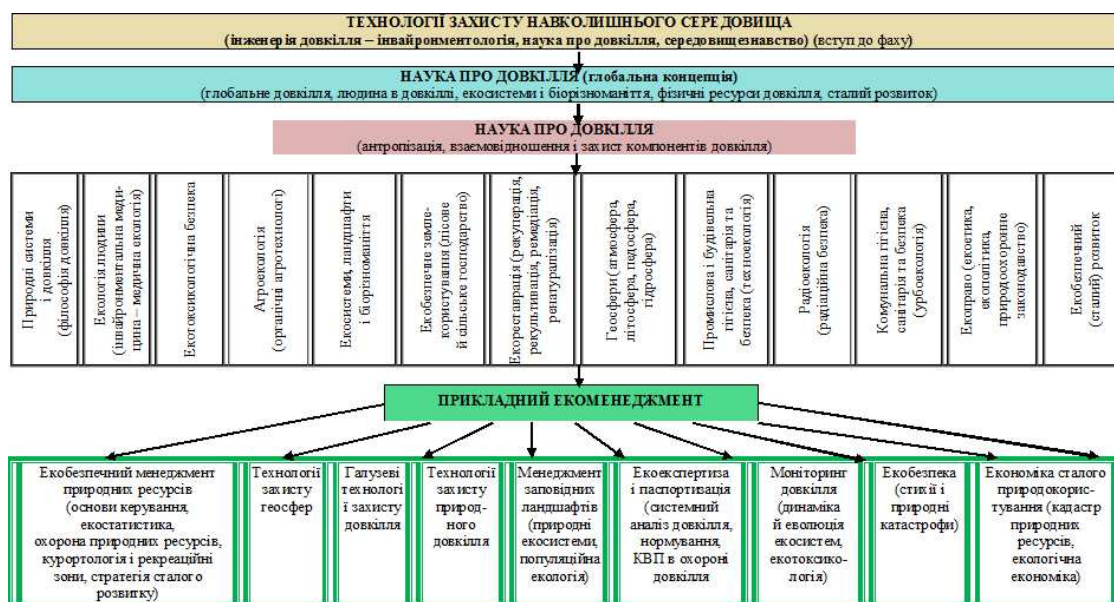


Рис. 2. Структура науки про довкілля (навколишнє середовище) – теоретичної основи прикладних технологій захисту природного довкілля і довкілля людини та охорони навколишнього середовища

Предметом дослідження середовищезнавства є наукові основи збалансованого співіснування середовищевірних живих і неживих природних систем та людської спільноти, способів розумного використання речовинно-енергетичних природних ресурсів на благо людства без руйнування чи розбалансування природного середовища.

Метою середовищезнавства є розроблення й утвердження у свідомості людей розумних принципів співіснування природних і суспільних середовищевірних систем у навколишньому середовищі задля збереження можливості задоволення теперішніх і майбутніх поколінь своїх матеріальних і духовних потреб.

Середовищезнавство досліджує засадничі (філософські, матеріалістичні, етичні тощо) закономірності виникнення й еволюції та формулює принципи розуміння нашого навколишнього середовища, місце й унікальну роль у ньому біотичних систем. Ця наука

покликана обґрунтувати гармонійне місце і роль людської спільноти, а також розумні й зважені засади промислового, аграрного, комунального й рекреаційного господарювання людини в навколишньому природному середовищі. Її завданням є пізнання й обґрунтування засад розумного керування середовищевірними функціями всіх (живих і неживих) природних систем і використання матеріальних ресурсів. І врешті-решт, середовищезнавство повинно адекватно оцінювати теперішні наслідки, прогнозувати й надавати прагматичні та ефективні пропозиції щодо способів вирішення сучасних і майбутніх проблем економічної експлуатації природного середовища й земних матеріальних ресурсів для того, щоб забезпечити нинішнє і майбутні покоління від катаклізмів і катастроф.

**Предмет і завдання освіти в екології.** Усі питання, що належать до розділу знань про довкілля, в Україні розпорошені у підрозділах загальної екології і в різноманітних прикладних: екології людини, техноекології, урбоекології, агроєкології тощо. Саме таким чином були дотепер сформовані навчальні плани вищих навчальних закладів та освітні стандарти для бакалаврів з екології, охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів. У плані професійної підготовки після курсу «загальна екологія» у природничо-науковому циклі маємо зокрема такі обов'язкові дисципліни, як «агроєкологія» «лісівництво і лісові ландшафти» (лісова екологія), «ландшафтна екологія», «екологія міських систем» (урбоекологія), «техноекологія», «екологія людини», «екологічна безпека», «екологічна експертиза», «організація управління в екологічній діяльності», «екологічне право» тощо. За вибором навчального закладу пропонувані й такі дисципліни, як: «соціоекологія», «міське комунальне господарство», «системи водокористування», «будівельна екологія», «геохімія техногенезу». На вибір самих студентів, окрім інших дисциплін, запропонована «екологія транспорту». Спеціалісти з екології й охорони навколишнього середовища додатково у циклі професійно орієнтованих дисциплін повинні освоїти такі курси: «екологія ландшафтів», «промислова екологія», «екологічне інспектування» та інші [6].

Суть актуальної методологічної проблеми у розв'язанні простого питання: яка галузь знань повинна досліджувати й вивчати цивілізаційні завдання виживання людства у створеному ним довкіллі на умовах збереження навколишнього природного середовища на Землі? Це повинні робити загальна та прикладні екології (як це дотепер історично склалося в Україні), чи нарешті варто окреслити коло прикладних питань, яке повинна вирішувати самодостатня і добре розвинута у Світі галузь знань – середовищезнавство або наука про довкілля.

**Предмет і завдання освіти в інвайронментології.** Як система знань середовищезнавство [5, 8, 9], яке студіюють у зарубіжних університетах за сучасними підручниками, наповнене новітніми відомостями про еволюційну єдність матеріального неживого й живого світу, роль науки й духовності у його розумінні й збереженні. На сучасних науково-світоглядних принципах будується сприйняття та значення біотичних систем Землі, біорізноманітності й екосередовища всіх рівнів. Середовищезнавство вивчає історію виникнення людської популяції, її перетворення у цивілізоване людське суспільство, а згодом у планетарну геологічну силу. З критичних позицій розглядаються різні сфери людської діяльності, такі як урбанізація, соціальна гігієна і здоров'я, агровиробництво, продовольче забезпечення і загрози, що виникають у цих секторах діяльності. В останні роки вчені виокремлюють навіть потребу у захисті й збереженні унікальних етнокультурних середовищ у їх природному ландшафті (етноекологія або ландшафтосоціологія) на протигагу урбанізації [3]. Невід'ємним розділом освіти про навколишнє середовище є знання про фізичні речовинно-енергетичні ресурси та значення стабільності неживих середовищевірних систем. Тут необхідно отримати геологічні знання, вивчати атмосферні явища, клімат, водні ресурси, природні аномалії та стихії, а також способи їх контролю і захисту від забруднення, дестабілізації або виснаження.

Актуальним розділом середовищезнавства є висвітлення глибинних проблем розвитку цивілізації та новітніх здобутків у таких галузях, як відновна і безпечна енергетика, мінімізація й знешкодження твердих і токсичних відходів, життєздатна урбанізація, неруйнівна стосовно

природного середовища і ресурсів економіка, зважена політика і законодавство [8, 9]. Завершальною нотою у циклі освіти є активна й оптимістична пропаганда необхідності запровадження в усі сфери людської діяльності принципів сталого (екобезпечного) розвитку, формування у широкої громадськості думки про невідворотність переходу на ощадливий спосіб життя індивіда й цивілізації, необхідність займати активну громадянську позицію у суспільстві щодо збереження довкілля.

Оскільки середовищезнавство – це широка й складна міждисциплінарна система знань, як прикладна наука, вона прагматично застосовує методи й засоби всіх природних і точних наук для всебічного пізнання структурно-функціональної будови навколишнього середовища.

Міждисциплінарна кооперація задля розроблення прогнозних сценаріїв його антропогенної трансформації з відповідною оцінкою наслідків і вірогідних оптимальних шляхів запобігання кризам укаже людству реальний оптимістичний шлях у майбутнє та розумні способи подолання поточних проблем. Головний підсумок всебічних знань про навколишнє середовище – вироблення і прийняття системних рішень, правильних і безпечних для майбутнього [3, 5]

### Висновки

«Технології захисту навколишнього середовища» як фахова спеціальність, що ґрунтується на знаннях теоретичних основ та практичних навичках в інвайронментології (середовищезнавстві), сьогодні є чи не найважливішою, соціально значущою професією в прикладних сферах наукової й практичної діяльності.

Визнання в Україні інвайронментології (середовищезнавства) як цілісної науки й наведення ладу в освітній галузі сприятимуть зменшенню напруги від непродуманої людської діяльності у сфері природокористування. У свідомості людей та очільників виробних галузей і сфер невиробничої діяльності з плином часу запанує справжнє за суттю й за формою усвідомлення потреби вирішення гострих проблем навколишнього середовища, нагальної потреби його захисту, ощадливого використання природних ресурсів і захисту природного довкілля. Такі проблеми будуть вирішувати не екологи, а штатні фахівці, посадовці з організації використання конкретних технологій захисту й відновлення природної якості навколишнього середовища: природного довкілля і довкілля життя самої людини.

### References

1. Bachynskyy, G. (1991). *Socioecology: Theoretical and Applied Aspects*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
2. Hnativ, P. S. & Holubec, M. A. (2008). Environmental science. *Ecological Encyclopedia*, 3. 236-237 (in Ukrainian)
3. Hnativ, P. S., & Khirivskyy, P. R. (2010). *Theory of systems and system analysis in ecology*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
4. Holubec, M. A., & Hnativ, P. S. (2007). Fundamentally about ecology, environmental sciences, environmental protection, environmental protection and geosociosystemology. *Ecology and Noosphereology*, 18 (1–2), 7–15 (in Ukrainian).
5. Grodzynsky, D. M., & Hnativ, P. S. (2014). Ecology and inviremontology: the formation of science and the structuring of education in Ukraine. *Magazine Agrobiology and Ecology: Scientific and Technical Journal*, 4 (1), 17–23 (in Ukrainian).
6. Grodzinsky D. M. Ecology. *Ecological Encyclopedia* (3<sup>nd</sup> ed.). Kyiv: LLC "Center for Environmental Education and Information" (in Ukrainian).
7. Macfarlane, R. (2016). Generation Anthropocene: How humans have altered the planet for ever. <https://www.theguardian.com/books/2016/apr/01/generation-anthropocene-altered-planet-for-ever> (in Ukrainian).
8. Cunningham, W. P., & Saigo, B. W. (2005). *Environmental Science: a global concern*. Boston-Toronto: Wm. C. Brown Publishers.
9. Enger, E. D., & Smith, B. F. (2004). *Environmental Science: a study of interrelationships*. Boston-Toronto: Wm. C. Brown Publishers.



*P. S. Hnativ, I. Ja. Kaprus`, P. R. Xirivs`kyj, O. D. Zynjuk, B. V. Krektun, Yu. Ya. Korinecz`,  
A. M. Buchko, O. V. Zelisko, N. Ye. Panas, N. Ya. Lopotych, M. Ya. Onyskovecz`*  
Lviv National Agrarian University. st. Volodymyra Velykogo, Ukraine

ECOLOGY AND ENVIRONMENTOLOGY AS SCIENCE AND DISCIPLINE

The tendencies in the development of the scientific-methodological and educational-methodical sphere related to the problems of deepening ecological knowledge, the ecologization of the spheres of productive and non-productive activities and education in particular, are analyzed. The world tendencies and main features of the current situation in environmental education in Ukraine are outlined. The necessity of entering the world standards of studying and assessing the state of the natural environment and the human environment is emphasized. The scheme of methodological structuring and improvement of the new in Ukraine, but well-established in European countries, the field of research and practical knowledge - environmental science – is presented.

The environmental science is concerned with the study of all levels of the natural environment, from the cosmic to the intracellular, as well as all levels of the anthropic environment, from the technogenic to the productive, from the socio-cultural to the spiritual-aesthetic. A unique phenomenon of nature is the recognition of multi-level biotic – intra-ecosystem and intra-organismal environments.

The subject matter of environmental science is constituted by the scientific foundations of the balanced coexistence of the medium-forming animate and inanimate natural systems and the human community, the methods of rational use of real-energy natural resources for the benefit of mankind without the destruction of the environment.

The environmental science aims at the development and promotion of reasonable principles of coexistence of natural and social medium-forming systems in the environment in order to preserve the possibility of satisfying present and future generations of their material and non-material needs.

As a system of knowledge, the science of the environment is filled with new information about the evolutionary unity of the material inanimate and living world, the role of science and spirituality in its understanding and preservation. Based on modern scientific and philosophical principles, the perception and importance of the biotic systems, biodiversity and eco-means of all levels is grounded.

The environmental science studies the history of the emergence of the human population, its transformation into planetary geological force. Various spheres of human activity are considered, such as urbanization, social hygiene and health, agricultural production, food supply and threats typical of these activities. An inseparable part of education in environmental science is the knowledge of physical real-energy resources and the values of stability of inanimate medium-forming systems. Here, it is necessary to obtain geological knowledge, to study atmospheric phenomena, climate, water resources, natural disasters, as well as ways to control and protect them from pollution, destabilization or depletion.

The current section of environmental science deals with the problems of civilization development and the latest achievements in such areas as renewable and safe energy, minimization and neutralization of solid and toxic waste, sustainable urbanization, non-destructive for environment and resources economics, balanced policies and legislation. Nonetheless important is active and optimistic promotion of the necessity to introduce principles of sustainable (eco-safety) development in all spheres of human activity, the formation of the mindset on the inevitability of transition to an economical way of life of an individual and civilization, the need to take an active civil position in society to preserve the environment.

The list of priority disciplines for obtaining an education in the specialty of Environmental Protection Technologies is given. It is emphasized that the differentiation of the spheres of research and the study of general ecology and environmental science will allow us to streamline and improve the quality and pace of the ecologization of public consciousness. The implementation of above mentioned ideas will improve the results of environmental and nature protection activities, and will also contribute to the ongoing ecological research.

*Key words: natural environment, anthropized environment, pollution, environmental science, ecology, technologies.*

Надійшла 17.05.2019.

# ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ ТА ТВАРИН

УДК 576.7

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.12

М. С. КАЗНАЧЄЄВА

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка  
вул. Шевченка, 1, Кропивницький, 25006  
e-mail: kazna4eeva@gmail.com

## **МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗМІН ШЛУНКОВОЇ СТІНКИ ПРИ МЕТАБОЛІЧНОМУ СИНДРОМІ**

У статті на основі аналізу літературних джерел розглянуто гістологічну, морфологічну та функціональну складову стінки шлунка при метаболічному синдромі, розкрито основні патоморфологічні процеси шлункової стінки, що його супроводжують. Наведено гістологічні особливості змін гемоциркуляторного русла та залозистого епітелію слизової оболонки шлунка при метаболічному синдромі. Охарактеризовано гістологічні зміни лімфоїдних утворів та особливості клітинної імунної відповіді компонентів слизової оболонки шлунка у хворих на метаболічний синдром.

*Ключові слова: метаболічний синдром, гемоциркуляторне русло, залозистий епітелій, слизова оболонка стінки шлунка.*

Метаболічний синдром (МС) – одна з найскладніших медико-соціальних проблем сьогодення. Він є складним поєднанням соматичних та психічних симптомів. Поширення синдрому, взаємозв'язок зі способом життя та надзвичайно висока летальність від його наслідків об'єднують зусилля лікарів різноманітних спеціальностей для своєчасного виявлення та проведення правильних профілактичних заходів із запобігання виникненню ускладнень [1].

Соматична складова МС, згідно з рекомендаціям ВООЗ, підручником АТР III (Adult Treatment Panel) 2001, та доповненням консенсусу експертів Міжнародної Діабетичної Федерації (2005) включає абдомінальне ожиріння, підвищення артеріального тиску, гіперглікемію, підвищення рівня тригліцеридів, зниження ліпопротеїдів високої щільності [2] та феномен інсулінорезистентності [3].

При аналізі інформації про пацієнтів з метаболічним синдромом серед населення України, можна спостерігати такі особливості:

- при артеріальній гіпертензії різні варіанти МС виявляються у 61% пацієнтів;
- при порушенні толерантності до глюкози або цукровий діабет (ЦД) II типу МС визначаються у 87% пацієнтів;
- при надлишковій масі тіла та ожирінні пропорційно його ступеню до 57 % хворих мають МС;
- при ішемічній хворобі серця МС визначається у 39% пацієнтів [4].

Науковий інтерес до метаболічного синдрому значно зріс за останній період, що пов'язано з низкою причин. По-перше, постійне накопичення нових даних щодо закономірностей його розвитку; по-друге, зростання зацікавленості практичних лікарів до цієї патології, оскільки метаболічний синдром є фактором ризику розвитку та провокування багатьох захворювань, і цей список постійно поповнюється новими даними [1, 5, 6].

Актуальність та практичне значення проблеми посилюється тим, що у хворих з МС частіше, ніж у осіб без його прояву, діагностують зміни органів травлення [7], однак вивченню зв'язку МС і патології мікроциркуляторного русла шлунково-кишкового тракту присвячені окремі дослідження [8, 9], а більшість робіт відображає взаємозв'язок окремих компонентів МС з деякими гастроентерологічними нозологіями [10, 11]. Натомість, слід звернути особливу увагу на те, що порушення міроциркуляції є першопричиною і стимулом розвитку подальших запальних процесів гастродуодинальної зони та загострення МС [12]. Фрагментарність інформації з питання дослідження підкреслює актуальність проблеми та зумовлює потребу систематизації накопичених знань.

Метою роботи було проведення аналізу літературних даних щодо форфофункціональних особливостей змін окремих складових шлункової стінки при МС.

У роботі проведено аналіз основних патоморфологічних змін шлункової стінки при МС; розглянути гістологічні особливості змін мікроциркуляторного русла стінки шлунку при МС; охарактеризовано особливості клітинної імунної відповіді компонентів слизової оболонки шлунка під впливом МС; описано зміни залозистого епітелію слизової оболонки шлунка, викликані МС.

Найтовщими слизова, підслизова та серозна оболонки шлунка є у фундальній його частині, м'язова – у воротарній [8, 13]. Найбільш значущих змін у стінці шлунка при розвитку МС зазнають слизова та підслизова оболонки, як найбільш активні у функціональному плані шари шлункової стінки. Слід звернути увагу, що вище наведені зміни стосуються кардіального, фундального та воротарного відділів шлунка [9, 14].

Мікроциркуляторне русло (МЦР) шлункової стінки є багатокомпонентною системою, яка складається з певного набору типових ланок: артеріол, прекапілярних артеріол (прекапілярів), капілярів, посткапілярних венул (посткапілярів) та венул. Кровоносні капіляри слизової оболонки шлунка мають виразні відмінності: у підслизовій оболонці їх ендотеліоцити нефенестровані; у власній пластинці слизової оболонки є як нефенестровані так і фенестровані ендотеліоцити. Кровоносні капіляри власної пластинки слизової оболонки або є продовженням кровоносних капілярів підслизового прошарку, або відгалуженням від прекапілярних артеріол, що достатньо близько прилягають до базальної мембрани епітелію залоз. Відомим є факт топографічної диференціації єдиного цілісного МЦР слизової оболонки шлункової стінки, результатом якої є своєрідний розподіл у підслизовому прошарку і власній пластинці слизової оболонки функціонально різних ланок МЦР у різних відділах шлунка [9, 15, 16].

При гострому реактивному запаленні шлункової стінки, що супроводжує МС, характерними є ультрамікроскопічні зміни, які проявляються декомпенсаційними процесами в селективній проникності і бар'єрній функції стінки мікросудин. З боку ендотеліоцитів визначається їх набряк, який призводить до формування складок, заглибин, випинів, і, як внаслідок, суттєво зменшується величина судинного просвіту та його форма від правильної округлої або овальної до неправильної. Поруч із цим, в ендотеліоцитах спостерігається втрата упорядкованості і рівномірності мікрофіламентів і міофіламентів у міоцитах, а також розходження ендотеліальних контактів з утворенням щілин, через які у власну пластинку слизової і підслизової оболонок потрапляє надлишкова рідина з плазми крові та навіть її формені елементи [16]. У результаті цих патоморфологічних змін на ультрамікроскопічному рівні помічено, що у ділянках складок і випинів цитоплазми ендотеліоцитів відбувається злиття піноцитозних пухирців і формування вакуолей, які відокремлюються у судинний просвіт. Самі ендотеліоцити підлягають подальшим некротичним та апоптозним змінам [17].

Реакція мікросудин оболонок шлункової стінки при розвитку МС проявляється у вигляді спазму з наступною дилатацією артеріол у відповідь на розширення просвіту капілярів і венул та носить стадійний характер [8].

Перша з визначених змін у порушенні мікроциркуляції – це незначна вазоконстрикція в артеріолах, яка змінюється вираженою дилатацією, що викликає збільшення надходження крові до капілярів і венул. Унаслідок цього розвивається стаз, який характеризується різким зниженням кровотоку в артеріолах на ранніх стадіях МС [14].

Характерною зміною слизової оболонки на тлі МС є реверсивне збільшення проникності стінки венул і капілярів завдяки активному скороченню мікрофіламентів в ендотеліальних клітинах, що призводить до розширення міжклітинних щілин. Шляхом піноцитозу здійснюється селективне перенесення великих молекул через капіляр в інтерстицій [18]. Слід звернути увагу, що в капілярах здорової слизової оболонки шлунка рідина виходить з мікроциркуляторного русла в тканину під впливом капілярного гідростатичного тиску і повертається назад під впливом осмотичного тиску плазми [8].

Лімфоїдні утворення в стінці шлунка представлені дифузною тканиною і лімфоїдними вузликами, які розташовуються в слизовій та підслизовій оболонках, у товщі власної пластинки слизової оболонки, між базальними відділами кардіальних, фундальних та воротарних залоз і м'язовою пластинкою, а також між головними частинами шлункових залоз.

Більшість лімфоїдних вузликів у кардіальному відділі шлунка трикутної, або неправильної форми і, в основному, сконцентровані в ділянці біля кардіального отвору шлунка та разом з дифузною лімфоїдною тканиною утворюють першу лінію захисту від дії антигенів та інших екзогенних чинників, що потрапляють у шлунок з їжею [10].

Іноді лімфоїдні вузлики в слизовій оболонці кардіального відділу шлунка можуть набувати, поряд з трикутною та неправильною формою, овальної форми та з'єднуватись між собою дифузною лімфоїдною тканиною, яка продовжується між кардіальними, власними та воротарними залозами вздовж м'язової пластинки слизової оболонки.

Слід зазначити, що на проникність судинної стінки і міжклітинної речовини впливають мастоцити, тим самим обумовлюючи регуляцію перебігу запального процесу за рахунок впливу на судинну і клітинну реакції. Функція мастоцитів полягає у виділенні ними гістаміну, серотоніну і гепарину і, таким чином, забезпеченні механізмів збільшення проникності стінки гемомікросудин і периваскулярної сполучної тканини для підтримання балансу рідини в тканинах. Окрім цього, вони беруть участь у реалізації алергічних реакцій за рахунок наявності на плазмолемі рецепторів до імуноглобулінів класу E. Мастоцити, які містять переважно гепарин, характеризуються ексцентричним розташуванням ядра та однополюсним розміщенням метакроматичних гранул. Секреція гепарину в основну речовину пухкої сполучної тканини відбувається за апокриновим типом. Другий тип секреції мастоцитів – мерокриновий. Морфологічно клітини характеризуються рівномірним розподіленням базофільного секрету та виділенням його по всій поверхні клітини. При голокриновому типі секреції спостерігається повне руйнування мастоцитів та вихід гранул в основну речовину. За морфологічними ознаками гранули обмежені мембранами, а деякі із них є порожніми вакуолями. Вищеописані гранули, згідно даних літератури [11], містять гепарин, розміщений у центральній частині, від якого відходять бічні розгалуження хондріотин-сульфатів.

Мастоцити завдяки наявності гепарину впливають на проникність судинної стінки і міжклітинної речовини, що є надзвичайно важливим фактором регуляції запального процесу. Тому збільшення кількості мастоцитів є характерною гістологічною ознакою МС. Вочевидь, саме це явище зумовлює вихід у периваскулярну міжклітинну речовину плазмоцитів та лімфоцитів з просвітів мікросудин, що підтверджують деякі дослідники [13].

При МС у слизовій оболонці шлунка істотну роль у процесі імунної відповіді відіграє такий компонент запалення як клітинна реакція, за рахунок якої відбуваються стадії розпізнавання, формування і реалізації. У власній пластинці неспецифічними представниками системи імунного захисту є макрофаги, які забезпечують фагоцитоз, вони є антигенпрезентуючими клітинами і регулюють діяльність фібробластів. На початкових етапах розвитку МС у слизовій оболонці шлункової стінки (не зважаючи на ініціюючий чинник, який викликав запалення, та відділ шлунка) після альтерації збільшується їх середня кількість, що є опосередкованим морфологічним маркером інтенсивності антигенного навантаження і, відповідно, тривалості альтеративної фази запалення. Значне підвищення середньої кількості макрофагів при розвитку МС спостерігається як в кардіальному, так і фундальному та воротарному відділах шлунка [14].

Реакція залозистого компонента слизової оболонки шлункової стінки є відображенням компенсаторно-відновлювальних механізмів, що відбуваються при МС, які зазнають кардіальні, власні та воротарні залози та їх структурні елементи [11].

На фоні МС дистрофічні зміни в екзокринних залозах слизової оболонки шлунка охоплюють як клітинний, так і сполучнотканинний компоненти. До реактивних змін на клітинному та субклітинному рівнях залучаються зазвичай як гландулоцити, так і сама залоза в цілому, що відображається у відмінностях метричних показників зовнішнього діаметру залози, діаметру просвіту та висоти епітеліоцитів [8].

Так, у кардіальному відділі шлунка характерним є розширення зовнішнього діаметру, діаметру просвіту та висоти епітеліоцитів в шийці та головній частині кардіальних залоз, що може свідчити про те, що у відповідь на посилення функціональної активності екзокриноцитів протокова система в шийці залоз зазнає стискання за рахунок парабазального набряку. У головній частині залози навпаки – протокова система розширюється, екзокриноцити стискаються, що полегшує виведення секрету до шийкового відділу залози, а потім – у порожнину шлунка [16].

Основне функціональне навантаження при МС зазнають гландулоцити, які розташовані в шийці залози. Так, середня кількість кардіальних екзокриноцитів зменшується, їх цитоплазма щільно заповнюється секреторними гранулами, ядра притискаються до базальної мембрани. У просвітах визначається оптично щільний секрет у вигляді глобул та фрагменти апікальних частин екзокриноцитів [15]. При електронномікроскопічному дослідженні в цитоплазмі кардіальних екзокриноцитів виявляються апоптичні тільця.

Середня кількість пристінкових та келихоподібних клітин навпаки збільшується, посилюючи процес слизоутворення у відповідь на посилення кислотоутворення при МС.

Середня кількість апудоцитів кардіального відділу шлунка при МС зменшується, що свідчить про їх участь у компенсаторно-захисних реакціях при запаленні шлункової стінки і провідну роль у регуляції діяльності гландулоцитів. Кількість ЕС- та ECL-клітин, навпаки, збільшується, унаслідок чого посилюється секреція травних ферментів та слизу. Гістамін, що виділяється ECL-клітинами, посилює проникність мікросудин для подальшої реалізації запального процесу в шлунковій стінці.

За даними літератури, середня кількість Р-клітин знижується на початкових стадіях МС, унаслідок чого відбувається зменшення кількості бомбезину, що, в свою чергу, опосередковано гальмує процеси кислотоутворення та скорочення гладких м'язів як елементів МЦР, так і м'язової пластинки слизової оболонки та м'язової оболонки в цілому [8].

### **Висновки:**

Отже, найбільш значних змін у стінці шлунку при розвитку МС зазнають слизова та підслизова оболонки кардіального, фундального та воротарного відділів як найбільш активні у функціональному плані шари шлункової стінки. При МС спостерігається набряк ендотеліоцитів, деструкція поверхневих мукоцитів, руйнування шлункових ямок, зміна проникності і бар'єрної функції стінок мікросудин, спазм та дилатація артеріол, реверсивне збільшення проникності стінок венул і капілярів. Характерною ознакою МС є збільшення кількості макрофагів та мастоцитів, що зумовлює вихід у периваскулярну міжклітинну речовину плазмоцитів та лімфоцитів з просвітів мікросудин. Оскільки реакція залозистого компонента слизової оболонки шлункової стінки є відображенням компенсаторно-відновлювальних механізмів, що відбуваються при МС, найбільш характерним є зменшення кількості кардіальних екзокриноцитів та Р-клітин, збільшення частки пристінкових та келихоподібних клітин, ЕС- та ECL-клітин. Реактивні зміни екзокриноцитів відображається у відмінностях метричних показників зовнішнього діаметру залози, діаметру просвіту та висоти епітеліоцитів.

1. Гостева З. В. Актуальність комплексного лікування хворих із захворюваннями пародонта на тлі метаболічного синдрому / З. В. Гостева // Пробл. остеології. – 2016. – № 1. – С. 51–56.

2. Абатуров А. Е. Гастроэнтерологические аспекты метаболического синдрома в детском возрасте / А. Е. Абатуров // *Здоров'я України*. – 2012. – № 3 (22). – С. 13–15.
3. Донцов А. В. Гендерные особенности метаболического синдрома в пожилом возрасте: обзор литературы / А. В. Донцов, Л. В. Васильева // *Успехи геронтологии*. – 2013. – Т. 26. – № 1. – С. 105–110.
4. Мосій Г. Є. Оцінка впливу бальнеотерапії курорту Трускавець на показники обміну ліпідів, вуглеводів у хворих з метаболічним синдромом / Г. Є. Мосій // *Медицина гідрологія та реабілітація*. – 2006. – Т. 4, № 1. – С. 26–30.
5. Боднар П. М. Метаболічний синдром (огляд літератури) / П. М. Боднар, Л. О. Кононенко, Г. П. Михальчишин, В. О. Кононенко // *Журн. АМН України*. – 2000. – № 6 (4). – С. 677–685.
6. Маньковский Б. Н. Метаболічний синдром: розповсюдженість, діагностика, принципи терапії / Б. Н. Маньковский // *Мистецтво лікування*. – 2005. – № 9. – С. 30–33.
7. Журавлев Ю. И. Взаимосвязи медико-социальных показателей и пищевого поведения пациентов с метаболическим синдромом и факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний / Ю. И. Журавлев, В. Н. Тхорикова, П. А. Шептун // *Научные ведомости Белгородского гос. университета. Серия: Медицина. Фармация*. 2013. – Т. 24. – № 25 (168). – С. 20–24.
8. Білаш С. М. Морфофункціональна характеристика структурних компонентів шлунку інтактних щурів та при введенні кріоконсервованої плаценти на тлі гострого експериментального запалення : автореф. дис ... д-ра біол. наук / С. М. Білаш. – Тернопіль, 2013. – 36 с.
9. Соловійова Г. А. Порушення мікроциркуляції слизової оболонки шлунка у пацієнтів з ерозіями шлунка при захворюваннях жовчовивідних шляхів / Г. А. Соловійова, О. Г. Курик // *Патологія*. – 2012. – № 2. – С. 87–91.
10. Сімонова О. В. Особливості стану верхніх відділів шлунково-кишкового тракту за даними ендоскопічного дослідження у хворих на хронічний криптогенний гепатит і цироз печінки / О. В. Сімонова, Л. Я. Мельниченко, В. Б. Ягмур // *Гастроентерологія*. – 2013. – № 2. – С. 53–58.
11. Звягинцева Т. Д. Метаболічний синдром і органи травлення / Т. Д. Звягинцева, А. І. Чернобай; Харьковская мед. академия последипломного образования // *Сучасні медичні технології*. – 2010. – № 2. – С. 110–113.
12. Колесникова Е. В. Гепатогенні ерозивно-виразкові ураження шлунка: клініко-біохімічне, імунологічне та мікробіологічне обґрунтування лікування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук / Е. В. Колесникова. – Дніпропетровськ, 2008. – 20 с.
13. Лубяко Е. А. Метаболічний синдром: сучасний погляд / Е. А. Лубяко // *Вестник угроведения*. – 2014. – № 1 (16). – С. 154–158.
14. Мамедов М. Н. Диагностика и лечение нарушений липидного обмена у детей и подростков / М. Н. Мамедов, А. В. Концевая, Н. М. Ахмеджанов // *Кардиология*. – 2009. – Т. 49. – № 9. – С. 72–79.
15. Мамедов М. Н. Эпидемиологические аспекты метаболического синдрома / М. Н. Мамедов, Р. Г. Оганов // *Кардиология*. – 2004. – Т. 44. – № 9. – С. 4-8.
16. Метаболічний синдром / под ред. В. Фонсеки ; пер. с англ. Н. А. Михайловой. – Москва, 2011. – 272 с. Пер. изд. : *Metabolic Syndrome* / ed. by Vivian Fonseca. – Oxford, 2008.
17. Чернышов В. А. Постпищевая липемия и воспаление: взаимосвязь с образом жизни и метаболическим синдромом / В. А. Чернышов, Л. В. Богун // *Современная гастроэнтерология*. – 2013. – № 2 (70). – С. 130–137.
18. Метаболічний синдром / под ред. Г. Е. Ройтберга. – Москва, 2007. – 223 с.

## References

1. Hostieva Z.V. Aktual'nist' kompleksnoho likuvannia khvorykh iz zakhvoriuvanniamy parodonta na tli metabolichnoho syndromu / Z.V. Hostieva // *Probl. osteolohii*. – 2016. – No 1. – S. 51 – 56.
  2. Abaturov A.E. Gastroenterologicheskie aspekty metaboličeskogo sindroma v detskom vozraste / A.E. Abaturov // *Zdorov'ia Ukraïni*. – 2012. – No 3 (22). – S. 13-15.
  3. Dontsov A.V. Gendernye osobennosti metaboličeskogo sindroma v pozhilom vozraste: obzor literatury / A. V. Dontsov, L. V. Vasil'eva // *Uspekhi gerontologii*. – 2013. – Т. 26, No 1. – S. 105-110.
  4. Mosiy H.Ie. Otsinka vplyvu bal'neoterapii kurortu Truskavets' na pokaznyky obminu lipidiv, vuhlevodiv u khvorykh z metaboličnym syndromom / H.Ie. Mosiy // *Medychna hidrolohiia ta rehabilitatsiia*. — 2006. — Т. 4, No 1. — S. 26-30.
  5. Bodnar P.M. Metaboličnyy syndrom (ohliad literatury) / P.M. Bodnar, L.O.Kononenko, H.P. Mykhal'chyshyn, V.O. Kononenko // *Zhurn. AMN Ukrainy*. – 2000. – No 6 (4). – S. 677–685.
- 76 ISSN 2078-2357. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.*, 2019, № 2 (76)

6. Man'kovskyy B.N. Metabolichnyy syndrom: rozpovsiudzhenist', diahnozyka, pryntsyipy terapii / B.N. Man'kovskyy // *Mystetstvo likuvannya*. – 2005. – No 9. – S. 30–33.
7. Zhuravlev, Iu.I. Vzaimosviazi mediko-sotsial'nykh pokazately i pishchevogo povedeniia patsientov s metabolicheskim sindromom i faktorami riska serdechno-sosudistykh zabolevaniy / Iu. I. Zhuravlev, V. N. Tkhorikova, P. A. Sheptun // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiia*. 2013. – T. 24, No 25 (168). – S. 20-24.
8. Bilash S.M. Morfofunktsional'na kharakterystyka strukturnykh komponentiv shlunku intaktnykh shchuriv ta pry vvedenni kriokonservovanoi platsenty na tli hostroho eksperymental'noho zapalenniia : avtoref. dys ... d-ra biol. nauk / S. M. Bilash. – Ternopil', 2013. – 36 s.
9. Solovyova H. A. Porushennia mikrotskyrkuliatsii slyzovoi obolonky shlunka u patsientiv z eroziivnyy shlunka pry zakhvoriuvanniakh zhovchovyvidnykh shliakhiv / H. A. Solovyova, O. H. Kuryk // *Patolohiia*. – 2012. - No 2. – S. 87-91.
10. Simonova O. V. Osoblyvosti stanu verkhnikh viddiliv shlunkovo-kyshekovoho traktu za danymy endoskopichnoho doslidzhennia u khvorykh na khronichnyy kryptohenny hepatyt i tsyroz pechinky / O. V. Simonova, L. Ya. Mel'nychenko, V. B. Yahmur // *Haastroenterolohiia*. – 2013. - No 2. – S. 53-58.
11. Zviagintseva, T. D. Metabolicheskiy sindrom i organy pishchevareniia / T. D. Zviagintseva, A. I. Chernobay; Khar'kovskaia med. akademiia posleddiplomnogo obrazovaniia // *Suchasni medichni tekhnologii*. – 2010. - No2. – S. 110-113.
12. Kolesnykova E.V. Hepatohenni erozivno-vyrazkovi urazhennia shlunka: kliniko-biokhimichne, imunolohichne ta mikrobiolohichne obhruntuvanniia likuvanniia : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupeniia kand. med. nauk / E.V. Kolesnykova. — Dnipropetrovs'k, 2008. — 20 s.
13. Lubiako, E.A. Metabolicheskiy syndrom: sovremennyy vzhlid / E. A. Lubiako // *Vestnyk uhrovedeniia*. – 2014. - No 1 (16). – S. 154-158.
14. Mamedov, M. N. Dyahnozyka y lechenye narusheniya lypidnogo obmena u detey y podrostkov / M. N. Mamedov, A. V. Kontsevaia, N. M. Akhmedzhanov // *Kardyolohiia*. – 2009. – T. 49, No 9. – S. 72-79.
15. Mamedov, M. N. Эпидемиологические аспекты метаболического синдрома / M. N. Mamedov, R. H. Ohanov // *Kardyolohiia*. – 2004. – T. 44, No 9. – S.4 8.
16. *Metabolicheskiy syndrom / pod red. V. Fonseky ; per. s anhl. N. A. Mykhaylovoy. – Moskva, 2011. – 272 s. - Per. yzd. : Metabolic Syndrome / ed. by Vivian Fonseca. – Oxford, 2008.*
17. Chernyshov, V. A. Postpyshchevaia lypemiya y vospaleniye: vzaymosviat' s obrazom zhyzny y metabolicheskim syndromom / V. A. Chernyshov, L. V. Bohun // *Sovremennaia haastroenterolohiia*. – 2013. - No 2 (70). – S. 130-137.
18. *Metabolicheskiy syndrom / pod red. H. E. Roytberha. – Moskva, 2007. – 223 s.*

*M. S. Kaznacheeva*

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Ukraine

#### HISTOLOGICAL FEATURES OF STOMACH WALL IN METABOLIC SYNDROME

The article discusses the histological component of the metabolic syndrome, reveals the main pathomorphological processes of the gastric wall that accompanies it. The histological features of changes of the microcirculatory channel and glandular epithelium of the gastric mucosa during metabolic syndrome are given. The histological changes of lymphoid formations and features of cellular immune response of gastric mucosal components in patients with metabolic syndrome are characterized.

As a result of the analysis of literary sources the following conclusions were formed: the most significant changes in the wall of the stomach during the development of MS are the mucous and submucosal membranes of the cardiac, fundal and portal sections, as the most active layers of the gastric wall in the functional plan; endothelial cell swelling, destruction of superficial mucocytes, destruction of gastric holes, change of permeability and barrier function of the walls of microvessels, spasm and dilation of arterioles, reversible increase of permeability of venules and capillary walls are observed in MS; the characteristic feature of MS is an increase in the number of macrophages and mast cells, which causes the release into the perivascular intercellular substance of plasmocytes and lymphocytes from the gaps of microvessels; since the reaction of the glandular component of the gastric mucosa is a reflection of the compensatory-restorative mechanisms occurring in MS, the most characteristic is the decrease in the number of cardiac exocrinocytes and P-cells, an increase in the

number of parietal and goblet cells, EC and EC cells. The reactive changes in exocrinocytes are reflected in the differences in the metric parameters of the external diameter of the gland, the diameter of the lumen, and the height of the epitheliocytes.

*Key words: metabolic syndrome, microcirculatory channel, glandular epithelium, mucous membrane.*

Надійшла 26.04.2019.

УДК 57.02:599.323:612.82.014.46:616.36-002

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.13

О. А. МАКАРЕНКО, Т. В. ГЛАДКІЙ, А. В. МАЙКОВА, Т. В. МОГИЛЕВСЬКА

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082

e-mail: a.maikova@onu.edu.ua

## **ПОВЕДІНКОВА АКТИВНІСТЬ ЩУРІВ І РІВЕНЬ ЕНДОТОКСИКОЗУ МОЗКУ НА ТЛІ ГІДРАЗИНОВОГО ГЕПАТИТУ**

Показано, що формування токсичного гепатиту в щурів шляхом введення їм сірчаноокислого гідразину супроводжується гальмуванням орієнтовно-поведінкової, дослідницької та емоційної активності, які відзначаються вже на першому тижні.

На тлі гепатиту в гомогенатах тканин мозку виявляється активність уреаз, що свідчить про порушення детоксикаційної функції печінки і можливості розвитку ендотоксикозу мозку. Так, у мозку щурів встановлено збільшення активності маркерів запалення, ферментів-деструкторів на тлі зниження активності показників антиоксидантної системи.

Доведено, що зміна поведінкової та емоційної активності щурів на тлі токсичного гепатиту пов'язана з розвитком ендотоксикозу, який є наслідком порушення детоксикаційної функції печінки при гепатиті.

*Ключові слова: гідразиновий гепатит, ендотоксикоз, поведінкові реакції, білі щури.*

Концепція ендогенної інтоксикації на теперішній час отримала абсолютне визнання у клініцистів, так як саме ендотоксикоз стає основоположним фактором розвитку поліорганної та полісистемної недостатності, які визначають, у переважній більшості випадків, розвиток захворювання [11].

Синдром ендогенної інтоксикації найчастіше супроводжується деструкцією тканин, порушенням обміну речовин, зниженням функціональної активності систем природної детоксикації [7, 10–12].

Розвиток синдрому ендогенної інтоксикації відбувається завжди на тлі порушення роботи печінки, так як при цьому страждає здатність печінки знешкоджувати значну кількість токсичних речовин, що надходять з їжею, а також утворених ендогенним шляхом (наприклад, мікробні метаболіти, аміак, феноли, скатол та ін.) [4, 6, 15].

Печінкова енцефалопатія є частим ускладненням і проявом захворювань печінки, є наслідком печінкової недостатності. При цьому зміни в функціонуванні мозку можуть викликати порушення поведінкових, когнітивних і моторних функцій, зміну особистості, зниження інтелекту [9, 13].

У зв'язку з цим метою роботи було дослідження поведінкової та емоційної активності, а також з'ясування ступеня ендотоксикозу тканин головного мозку щурів на тлі моделювання токсичного хронічного гідразинового гепатиту.



number of parietal and goblet cells, EC and EC cells. The reactive changes in exocrinocytes are reflected in the differences in the metric parameters of the external diameter of the gland, the diameter of the lumen, and the height of the epitheliocytes.

*Key words: metabolic syndrome, microcirculatory channel, glandular epithelium, mucous membrane.*

Надійшла 26.04.2019.

УДК 57.02:599.323:612.82.014.46:616.36-002

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.13

О. А. МАКАРЕНКО, Т. В. ГЛАДКІЙ, А. В. МАЙКОВА, Т. В. МОГИЛЕВСЬКА

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

вул. Дворянська, 2, Одеса, Україна, 65082

e-mail: a.maikova@onu.edu.ua

## **ПОВЕДІНКОВА АКТИВНІСТЬ ЩУРІВ І РІВЕНЬ ЕНДОТОКСИКОЗУ МОЗКУ НА ТЛІ ГІДРАЗИНОВОГО ГЕПАТИТУ**

Показано, що формування токсичного гепатиту в щурів шляхом введення їм сірчаноокислого гідразину супроводжується гальмуванням орієнтовно-поведінкової, дослідницької та емоційної активності, які відзначаються вже на першому тижні.

На тлі гепатиту в гомогенатах тканин мозку виявляється активність уреаз, що свідчить про порушення детоксикаційної функції печінки і можливості розвитку ендотоксикозу мозку. Так, у мозку щурів встановлено збільшення активності маркерів запалення, ферментів-деструкторів на тлі зниження активності показників антиоксидантної системи.

Доведено, що зміна поведінкової та емоційної активності щурів на тлі токсичного гепатиту пов'язана з розвитком ендотоксикозу, який є наслідком порушення детоксикаційної функції печінки при гепатиті.

*Ключові слова: гідразиновий гепатит, ендотоксикоз, поведінкові реакції, білі щури.*

Концепція ендогенної інтоксикації на теперішній час отримала абсолютне визнання у клініцистів, так як саме ендотоксикоз стає основоположним фактором розвитку поліорганної та полісистемної недостатності, які визначають, у переважній більшості випадків, розвиток захворювання [11].

Синдром ендогенної інтоксикації найчастіше супроводжується деструкцією тканин, порушенням обміну речовин, зниженням функціональної активності систем природної детоксикації [7, 10–12].

Розвиток синдрому ендогенної інтоксикації відбувається завжди на тлі порушення роботи печінки, так як при цьому страждає здатність печінки знешкоджувати значну кількість токсичних речовин, що надходять з їжею, а також утворених ендогенним шляхом (наприклад, мікробні метаболіти, аміак, феноли, скатол та ін.) [4, 6, 15].

Печінкова енцефалопатія є частим ускладненням і проявом захворювань печінки, є наслідком печінкової недостатності. При цьому зміни в функціонуванні мозку можуть викликати порушення поведінкових, когнітивних і моторних функцій, зміну особистості, зниження інтелекту [9, 13].

У зв'язку з цим метою роботи було дослідження поведінкової та емоційної активності, а також з'ясування ступеня ендотоксикозу тканин головного мозку щурів на тлі моделювання токсичного хронічного гідразинового гепатиту.

### Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводили на кафедрі фізіології людини і тварин ОНУ імені І. І. Мечникова на 12 лабораторних білих безпородних щурах, самцях, віком 8–10 місяців, масою 300–330 г. Тварини були розділені на 2 групи по 6 особин – контрольну (інтактні тварини) і дослідну (формування моделі токсичного гепатиту).

Формування токсичного гепатиту здійснювали шляхом внутрішньоочеревинного введення сірчанокислового гідразину в дозі 50 мг/кг двічі на тиждень упродовж п'яти тижнів [8].

Про функціональний стан головного мозку щурів по мірі формування гідразинового гепатиту робили висновки на підставі вивчення поведінково-орієнтовної та емоційної активності тварин за методами «Відкрите поле» і «Т-лабіринт» [1, 3].

Поведінково-орієнтовну і емоційну активність щурів перевіряли один раз на тиждень (протягом трьох тижнів) до початку формування гепатиту, а потім протягом періоду формування гепатиту (щотижня протягом 5 тижнів).

Під час перебування тварин у «відкритому полі» (3 хв) реєстрували показники вертикальної, горизонтальної рухової активності, дослідницької та емоційної поведінки [3].

У Т-подібному лабіринті перед твариною ставили завдання просторового розпізнавання при позитивній мотивації – підкріпленні їжею. Враховували час, проведений щуром на стартовому майданчику, кількість зроблених помилок.

Мозок для біохімічних досліджень отримували після виведення тварин з експерименту шляхом етаназії під тіопенталовим наркозом. Для біохімічних досліджень 75 мг тканини мозку гомогенізували у 1 мл холодного 0,25 М Tris-HCL-буфері, рН 7,4 [8].

У гомогенатах головного мозку визначали активність ряду ферментів, які могли б вказати на причину змін функціонування нервової системи: активність лізоциму, уреазі, еластази, каталази, вміст малонового діальдегіду [8].

При проведенні експериментальних досліджень тварини знаходились в стандартних умовах віварію згідно з нормами і принципами Директиви Ради ЄС з питань захисту хребетних тварин, що використовуються для наукових цілей [14]. Висновок комісії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова з біоетики, протокол № 3 від 5.09.2019.

Статистичну обробку отриманих даних у серіях дослідів проводили за методом Ст'юдента–Фішера. Достовірними відхиленнями вважали ті, що знаходились в межах вірогідності за таблицями Ст'юдента,  $p \leq 0,05$ .

### Результати досліджень та їх обговорення

Рухова активність контрольних тварин, як вертикальна, так і горизонтальна, не розрізнялися на початку дослідів. Але вже через тиждень після введення гідразину у щурів дослідної групи з моделлю гепатиту спостерігали різке достовірне пригнічення як вертикальної, так і горизонтальної активності. Тобто вертикальна активність знизилася на 52,1% ( $p < 0,05$ ) в порівнянні з вихідними даними, а горизонтальна – на 29,6% ( $p < 0,05$ ) (рисунок). Слід відзначити, що зниження рухової активності спостерігалось впродовж п'яти тижнів формування токсичного гепатиту. Такий самий висновок можна зробити про дослідницьку активність: так, на першому тижні вона знижувалась на 43,6% ( $p < 0,05$ ), а на п'ятому на 59,7% ( $p < 0,05$ ) відносно вихідних даних (рисунок).

Зниження загальної рухливості дослідних тварин в цьому тесті розцінюється як підвищення рівня стресу. Завмирання тварини, її нерухомість і зменшення грумінгу також можна розглядати як симптом страху. Як видно з рисунка, кількість грумінгів у контрольній групі тварин збільшувалася, а кількість болюсів істотно не змінювалась у порівнянні з вихідними значеннями. У дослідної групи вже до кінця першого тижня спостерігали зменшення числа вмивань на 70% ( $p < 0,05$ ) у порівнянні з вихідними значеннями, однак при цьому збільшувалась кількість болюсів – на 119% ( $p < 0,05$ ).

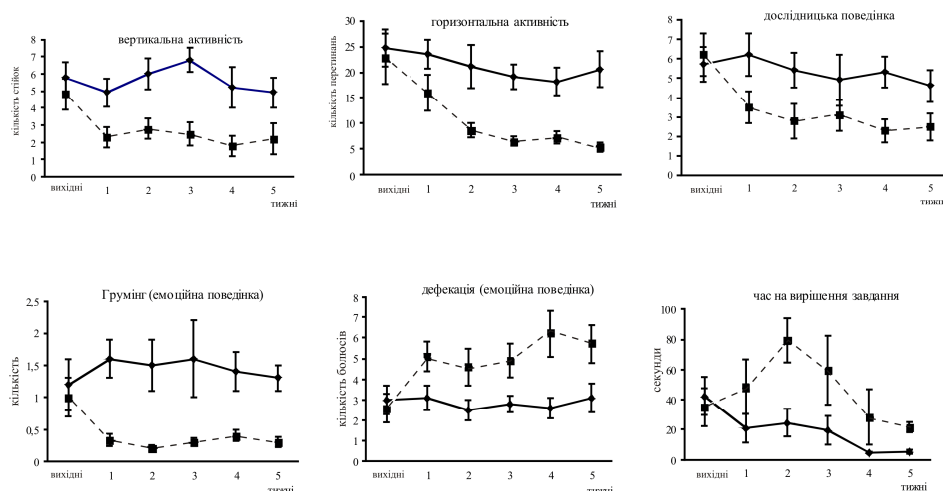


Рисунок. Динаміка рухової, дослідницької, емоційної та когнітивної здібності щурів на тлі формування токсичного гепатиту; суцільна лінія – контроль; штрихова – гепатит

Таким чином нами встановлено, що у щурів, яким моделювали гепатит, спостерігалася зміна поведінкових реакцій, що може бути наслідком змін, які виникають в нервовій системі під впливом ендотоксинів, прохідних через печінковий бар'єр. Здатність до екстраполяції (тобто здатність до вирішення елементарної логічної задачі) є одним з найпростіших проявів елементарної розумової діяльності тварин [5].

Як видно з рисунка, на вирішення завдання з вибору потрібного рукава у Т-лабіринті щури контрольної групи витрачали у середньому 40 сек. У наступні періоди спостережень (один раз на тиждень) щури сформували стереотипну реакцію і швидкість виконання завдання зменшилася до 4,7 – 5,5 сек, тобто фактично це був час, що витрачається щуром на пробіжку до потрібного рукава лабіринту. Одночасно зменшувалася кількість допущених помилок при вирішенні задачі в Т-лабіринті.

Щури дослідної групи в перші три тижні розвитку токсичного гепатиту значно погіршили показники, порівняно з вихідними даними. Так, до кінця першого тижня час, витрачений на вирішення завдання, збільшився порівняно з вихідним на 38,8% ( $p < 0,05$ ), а до кінця другого тижня час збільшився на 126,2% ( $p < 0,05$ ) (див. рисунок). Отже, у щурів з моделлю гепатиту спостерігалася порушення швидкості і якості навчання в Т-подібному лабіринті.

Таким чином на тлі моделювання гідразинового гепатиту спостерігали зміну роботи головного мозку щурів, що проявлялася в порушенні орієнтовно-поведінкової активності, емоційної, пізнавальної діяльності та когнітивних функцій.

На підставі отриманих даних можна припустити, що при розвитку гепатиту певні кількості токсичних речовин надходили в кровотік і досягали тканин мозку. Тому було проведено дослідження активності ферментів мозку щурів, що могло б вказати на причину змін функціонування нервової системи. Результати визначення цих показників наведено в таблиці і вони показують істотні порушення досліджуваних ферментів (таблиця).

На тлі моделювання гепатиту в мозку щурів виявлена уреазна активність, яка в нормі відсутня в цих тканинах. Уреаза не виробляється соматичними клітинами, проте синтезується більшістю умовно-патогенних бактерій (*Helicobacter pylori*, *Proteus mirabilis*, *Morganella morganii*, *Providencia rettgeri*, *Providencia stuartii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Proteus vulgaris* та ін.), які мешкають у товстому кишечнику. У зв'язку з цим уреазна є маркером бактеріальної контамінації. Продуктом діяльності уреазни є аміак, який знешкоджується у

печінці. Тому порушення детоксикаційної функції печінки при гепатиті призводить до потрапляння надмірної кількості як уреазу, так і аміаку у кров, що порушує роботу мозку [7].

В тканинах мозку на тлі збільшення маркера бактеріальної контамінації спостерігається зменшення на 22,1% ( $p < 0,05$ ) активності лізоциму, який можна віднести до маркерів неспецифічного антимікробного захисту. Встановленим зниженням антимікробного захисту можна пояснити підвищення активності уреазу (бактеріальної контамінації), а значить й аміаку, що може привести до розвитку ендотоксикозу мозку.

Таблиця

Біохімічні показники головного мозку щурів на тлі гідразинового гепатиту ( $M \pm m$ )

Групи	Активність уреазу, мккат/кг	Активність лізоциму, ед/кг	Активність каталази, мкат/кг	Кількість МДА, ммоль/кг	Активність еластази, мккат/кг
Контрольна	0,0	86,0 $\pm$ 6,0	2,76 $\pm$ 0,14	70,0 $\pm$ 3,01	20,62 $\pm$ 2,25
Дослідна (гепатит)	8,2 $\pm$ 0,7	67,0 $\pm$ 4,0	1,91 $\pm$ 0,08	85,08 $\pm$ 4,93	29,81 $\pm$ 2,34
P	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Як видно з даних таблиці, при моделюванні гепатиту в головному мозку щурів спостерігалось достовірне збільшення рівня малонового діальдегіду (МДА) на 21,5% ( $p < 0,05$ ), що свідчить про активацію перекисного окиснення ліпідів. Накопичення МДА у мозкової тканині щурів з гепатитом є також доказом розвитку ендотоксикозу (таблиця).

В якості маркера антиоксидантної системи досліджували активність каталази. Результати аналізу показують, що у щурів з моделлю гепатиту активність каталази достовірно нижча, ніж у контрольній групі на 30,8% ( $p < 0,05$ ). Це свідчить про ослаблення антиоксидантних захисних систем головного мозку в умовах моделювання гепатиту (таблиця).

У щурів з моделлю гепатиту в мозку виявлено підвищення на 44,6% ( $p < 0,05$ ) активності еластази – маркера запалення. Цей фермент бере участь в процесі ушкодження ендотелію капілярних судин і гематоенцефалічного бар'єру, який захищає центральну нервову систему від чужих речовин, що потрапили в кровотік. Тому підвищення еластази може вказувати на нейродеструкцію тканини головного мозку, на ознаки ендотеліальної дисфункції, що супроводжується підвищеною проникністю гематоенцефалічного бар'єру [2].

Відповідно, отримані результати показують, що в головному мозку на тлі розвитку токсичного гепатиту розвивається запальна реакція, що супроводжується послабленням антиоксидантної системи, посиленням перекисного окислення ліпідів і нейродеструктивними процесами.

Отже, у ході дослідження встановили, що у щурів з токсичним гепатитом спостерігається зміна поведінкових реакцій, які можуть бути наслідком накопичення у головному мозку ендотоксинів (аміак, уреазу, МДА), що проходять через пошкоджений при гепатиті печінковий бар'єр. Виявлені порушення відбуваються на тлі зниження антиоксидантного та антимікробного захисту головного мозку щурів з гепатитом. У цілому, зміна поведінкової та емоційної активності щурів з гепатитом пов'язана з розвитком ендотоксикозу, який є наслідком зниження антитоксичної функції печінки при гепатиті.

### Висновки

1. За умов формування хронічного токсичного гепатиту у щурів знижувалась рухова, горизонтальна і вертикальна активність на 50–70%, дослідницька активність – на 40–60%, грумінг – до 70%.
2. У щурів з моделлю гепатиту спостерігалось порушення когнітивних функцій, швидкість навчання була значно гіршою та кількість скоєних помилок була більшою, ніж у інтактної групи тварин.

3. Моделювання гепатиту у щурів призвело до зниження антимікробного (зменшення активності лізоциму на 22,1%) та антиоксидантного (падіння активності каталази на 30,8 %) захисту у головному мозку тварин.
4. При гепатиті в головному мозку щурів спостерігали розвиток запалення (збільшення активності еластази на 44,6%), накопичення токсинів (збільшення вмісту малонового діальдегіду на 21,5 %) і виявлення уреазної активності.

1. Амикишиева А. В. Поведенческое фенотипирование: современные методы и оборудование / А. В. Амикишиева // Вестник ВОГиС. – 2009. – Т. 13, № 3. – С. 529–538.
2. Говорин Н. В. Нейромаркеры и показатели эндотелиальной дисфункции при острой шизофрении / Н. В. Говорин, А. И. Васильева // Социальная и клиническая психиатрия. – 2011.– Т. 21, № 1.– С. 29–33.
3. Гостюхина А. А. Поведенческая активность крыс в «Открытом поле» после световой или темновой депривации физического переутомления / А. А. Гостюхина, Т. А. Замощина, М. В. Светлик // Бюллетень сибирской медицины.– 2016.– Т. 15, № 3. – С. 16–23.
4. Гуца В. К. Состояние нейромедиации в некоторых отделах головного мозга крыс при хронической и прерывистой алкогольной интоксикации / В. К. Гуца, С. В. Лелевич // Журнал Гродненского государственного университета. – 2017. – Т. 15, № 5. – С. 521–526.
5. Исакова Л. С. Пространственно-временные паттерны поведения крыс с различной прогностической устойчивостью к стрессу в тесте «открытое поле» / Л. С. Исакова, А. Д. Юдицкий, А. А. Пермяков // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 1. Ч. 3 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/01/41943> (дата обращения: 17.09.2019).
6. Королева М. В. Фармакоэпидемиологическая и клинико-лабораторная характеристика лекарственно-индуцированного поражения печени при туберкулезе / М. В. Королева // Журнал инфектологии. – 2015. – Т. 7, № 14. – С. 44–50.
7. Левицкий А. П. Антимикробная функция печени / А. П. Левицкий, С. А. Демьяненко, Ю. В. Цисельский. – Одеса: КП «Одеська міська друкарня», 2011.– 141 с.
8. Левицкий А. П. Методы экспериментальной стоматологии: Учебное пособие / А. П. Левицкий, О. А. Макаренко, С. А. Демьяненко. – Симферополь: ООО «Изд-во Тарпан», 2018. – 78 с.
9. Лелевич С. В. Нейромедиаторные нарушения в головном мозге при хронической интоксикации алкоголем и морфином в эксперименте / С. В. Лелевич // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя медыцынскіх навук. – 2011. – № 2. – С. 49–56.
10. Лисицкий Д. С. Основные методы оценки нейротоксических последствий тяжелой формы острого отравления этанолом / Д. С. Лисицкий, К. О. Войцехович, А. С. Мелехова // Токсикология. – 2015. – Т. 16. – С. 138–149.
11. Меркушкина И. В. Коррекция метаболических нарушений головного мозга при эндотоксикозе : автореф. дис. на соиск. ст. док. мед. наук: 14.00.16. / И. В. Меркушкина. – Саранск, 2009 – С. 38.
12. Полунина Т. Е. Лекарственные поражения печени / Т. Е. Полунина // iDoctor. – 2013. – № 5. – С. 23–28.
13. Сытник К. А. Печеночная энцефалопатия при хронических заболеваниях печени: практические рекомендации Европейской ассоциации по изучению печени и Американской ассоциации по изучению заболеваний печени / К. А. Сытник // Сучасна гастроентерологія. – 2015. – № 2 (82). – С. 124–135.
14. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Strasbourg: Council of Europe, 1986. – № 123. – 51 p.
15. Quigley E. The gut microbiota and the liver. Patophysiological and clinical implications / E. Quigley, C. Stanton, E. Murphy // J. Hepatol. – 2013. – Vol. 58.– P. 1020–1027.

## References

1. Amikishieva A. V. Povedencheskoe fenotipirovanie: sovremennyye metody i oborudovanie / A. V. Amikishieva // Vestnik VOGiS. – 2009. – Т. 13, N. 3 – S. 529–538.
2. Govorin N. V. Neyromarkery i pokazateli endotelial'noy disfunktsii pri ostroy shizofrenii / N. V. Govorin, A. I. Vasil'eva // Sotsial'naya i klinicheskaya psixhiatriya. – 2011. – Т. 21, N. 1. – S. 29–33.
3. Gostiukhina A. A. Povedencheskaya aktivnost' krys v «Otkrytom pole» posle svetovoy ili temnovoy deprivatsii fizicheskogo pereutomleniya / A. A. Gostiukhina, T. A. Zamoshchina, M. V. Svetlik // Biulleten' sibirskoy meditsiny. – 2016. – Т. 15, N. 3 – S. 16–23.

4. Gushcha V. K. Sostoianie neyromediatsii v nekotorykh otdelakh golovnoho mozga krysa pri khronicheskoy i preryvistoy alkohol'noy intoksikatsii / V. K. Gushcha, S. V. Lelevich // Zhurnal Grodnenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2017. – T. 15, N. 5. – S. 521–526.
5. Isakova L. S. Prostranstvenno-vremennyye patterny povedeniya krysa s razlichnoy prognosticheskoy ustoychivost'iu k stressu v teste «otkrytoe pole» / L. S. Isakova, A. D. Iuditskiy, A. A. Permiakov // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. – 2015. – N. 1. Ch. 3 [Elektronnyy resurs]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/01/41943> (data obrashcheniya: 17.09.2019).
6. Koroleva M. V. Farmakoepidemiologicheskaya i kliniko-laboratornaya kharakteristika lekarstvenno-indutsirovannogo porazheniya pecheni pri tuberkuleze / M. V. Koroleva // Zhurnal infektologii. – 2015. – T. 7, N. 14. – S. 44–50.
7. Levitskiy A. P. Antimikrobnaya funktsiya pecheni / A. P. Levitskiy, S. A. Dem'ianenko, Iu. V. Tsisel'skiy – Odesa: KP «Odes'ka mis'ka drukarnia», 2011. – 141 s.
8. Levitskiy A. P. Metody eksperimental'noy stomatologii / Uchebnoye posobie. /A. P. Levitskiy, O. A. Makarenko, S. A. Dem'ianenko. – Simferopol': OOO «Izd-vo Tarpan», 2018. – 78 s.
9. Lelevich S. V. Neyromediatornyye narusheniya v golovnom mozge pri khronicheskoy intoksikatsii alkogolem i morfinom v eksperimente / S. V. Lelevich // Vestsi Natsyianal'nay Akademii Navuk Belarusi. Seryia medytynskikh navuk. – 2011. –N. 2. – S. 49–56.
10. Lisitskiy D. S. Osnovnyye metody otsenki neyrotoksicheskikh posledstviy tiazheloy formy ostrogo otravleniya etanolom / D. S. Lisitskiy, K. O. Voytsekhovich, A. S. Melekhova // Toksikologiya. – 2015. – T. 16. – S. 138–149.
11. Merkushkina I. V. Korrektsiya metabolicheskikh narusheniy golovnoho mozga pri endotoksikoze : avtoref. dis. ... dok. med. nauk: 14.00.16. / I. V. Merkushkina. – Saransk, 2009 – S. 38.
12. Polunina T. E. Lekarstvennyye porazheniya pecheni / T. E. Polunina // iDoctor. – 2013. – N. 5. – S. 23–28.
13. Sytnik K. A. Pechenochnaya entsefalopatiya pri khronicheskikh zabolevaniyakh pecheni. Prakticheskie rekomendatsii Evropeyskoy assotsiatsii po izucheniiu pecheni i Amerikanskoy assotsiatsii po izucheniiu zabolevaniy pecheni / K. A. Sytnik // Suchasna gastroenterologiya. – 2015. – N. 2 (82). – S. 124–135.
14. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Strasbourg: Council of Europe, 1986. – № 123. – 51 p.
15. Quigley E. The gut microbiota and the liver. Patophysiological and clinical implications / E. Quigley, C. Stanton, E. Murphy // J. Hepatol. – 2013. – Vol. 58. – P. 1020–1027.

*O. A. Makarenko, T. V. Hladkyi, A. V. Maikova, T. V. Mohylevska*

Odesa Mechnykov National University, Department Of Human And Animal Physiology, Ukraine

#### BEHAVIOURAL ACTIVITY OF RATS AND THE LEVEL OF BRAIN ENDOTOXICOSIS AT THE BACKGROUND

Hepatic encephalopathy is a frequent complication and manifestation of liver diseases, and a consequence of liver failure.

Our research aims at studying behavioral and emotional activity, as well as identification of the degree of endotoxicosis of brain tissues of rats at the background of modelling in them of toxic chronic hydrazine hepatitis.

The research was carried out at the Department of Human and Animal Physiology of Odessa National Mechnykov University on laboratory male rats, aged 8-10 months. The animals were divided into 2 groups, 6 animals in each, control (intact animals) and experimental (formation of a model of toxic hydrazine hepatitis) ones.

The functional state of the brain of rats was evaluated by studying the behavioral and emotional activities of animals with the methods of "Open field" and "T- shaped labyrinth".

In brain homogenates, the activity of a number of enzymes was determined, which could indicate the cause of changes in the functioning of the nervous system: the activity of lysozyme, urease, elastase, catalase, the content of malondialdehyde.

It was discovered that formation of toxic hepatitis in rats is accompanied by inhibition of orientation and behavioural activity – on 50-70 %, exploratory – on 40-60 % and emotional – on 30 % in "open field" test, considerable aggravation of dynamics of rate and quality of learning problem solving in T-shaped labyrinth.

Modeling of hepatitis in rats led to the decrease in lysozyme activity by 22.1%, catalase activity by 30.8%, detection of urease activity in the brain, as well as an increase in elastase activity by 44.6% and malondialdehyde content by 21.5%. At the background of hepatitis in homogenates of brain tissues urease activity has been detected, activity of inflammation markers and enzymes-destructors increases, with activity of indices of antioxidant brain system decreasing.

Change of behavioural activity of rats at the background of toxic hepatitis is caused by the development of endotoxycosis, which results from impairment of the function of liver detoxification.

*Key words: hydrazine hepatitis, endotoxycosis, behavioural reactions, white rats.*

Надійшла 03.05.2019.

# ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.142: 581.143: 579.64

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.14

<sup>1</sup>А. Ю. ПАСТОЦУК, <sup>2</sup>Л. М. БУЦЕНКО, <sup>1</sup>Л. М. СКІВКА

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601

<sup>2</sup>Інститут мікробіології та вірусології імені Д. К. Заболотного НАНУ  
вул. Заболотного 154, Київ, 03143  
e-mail: kotsyuk93@ukr.net

## **ВПЛИВ *PSEUDOMONAS SYRINGAE* НА ІНТРОДУКОВАНІ СОРТИ ПШЕНИЦІ**

---

У статті охарактеризовано фітотоксичну активність двох патоварів основного збудника бактеріозів зернових культур в Україні – *Pseudomonas syringae* по відношенню до зерен пшениці різних сортів. У результаті проведених досліджень виявлено помірну чутливість інтродукованих в Україні сортів пшениці зарубіжної селекції Діскус, Хукулус, Гренні до фітопатогенних бактерій *P. syringae* pv. *coronafaciens* та *P. syringae* pv. *atrofaciens*, а також до їх ліпополісахаридів (ЛПС). Найбільш стійкими до фітопатогенної дії патоварів *P. syringae* виявилися зерна сорту озимої пшениці Діскус. Живі бактеріальні суспензії чинили більш виразну фітотоксичну дію, у порівнянні з їх ЛПС, на зерна пшениці озимих сортів і менш виразну, ніж ЛПС на зерна ярої пшениці.

*Ключові слова:* пшениця, ліпополісахариди, *Pseudomonas syringae*.

Бактеріальні хвороби пшениці можуть бути викликані різними видами бактерій: *Xanthomonas campestris* pv. *translucens* (чорний бактеріоз), *Bacillus megaterium* pv. *cerealis* (біла плямистість), *Rathayibacter tritici* (жовтий слизовий бактеріоз), *Pseudomonas ramonicum* (бурий бактеріоз), *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (бактеріальна гниль), *Pseudomonas cichorii* (стебловий меланоз), *Clavibacter michiganensis* subsp. *tessellarius* (бактеріальна мозаїка), *Pseudomonas fluorescens* (плямистий бактеріоз), *Pantoea agglomerans* (бактеріальна плямистість), *Erwinia rhapontici* (рожевий бактеріоз зерна), які вражають зернові культури і зменшують їх урожай у середньому на 40%, а в роки епіфітотій – більш, ніж на 70% [3–8].

Серед збудників бактеріозів зернових культур в Україні найбільш небезпечним є *P. syringae* pv. *atrofaciens* – збудник базального бактеріозу пшениці [3, 9]. Патоген вражає всі частини рослин і насіння, може бути причиною їх низької схожості, викликає пустоколосистість, що веде до втрат врожаю і зниження його якості [9, 13]. Максимальний рівень розвитку базального бактеріозу спостерігається в роки з високою температурою повітря і вологістю. Описані випадки виявлення збудника цього захворювання в складі опадів у літній період [15, 14]. Інфекція зберігається в ураженому насінні культурних і дикорослих злаків, на рослинних рештках і стерні, що сприяє її поширенню. Ураження насіння відіграє важливу роль в епідеміології захворювань, викликаних *P. syringae* pv. *atrofaciens*. *Pseudomonas syringae* pv. *Coronafaciens*, значно менше вивчений патовар *P. syringae*, що викликає бактеріальну плямистість листя злакових і має серологічні відмінності від *P. syringae* pv. *atrofaciens* [12, 11].



Важливим компонентом зовнішньої мембрани й фактором вірулентності фітопатогенних бактерій роду *Pseudomonas* є ліпополісахарид (ЛПС), який бере участь у процесах патогенезу, відповідає за такі властивості, як токсигенність та імуногенність [2–10].

Стратегічна важливість пшениці на аграрному ринку України актуалізує пошук і впровадження у виробництво сортів, стійких до базального бактеріозу. Виходячи із цього, **метою** роботи було визначення впливу фітопатогенних бактерій *Pseudomonas syringae* pv. *atropaciens* і *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens*, а також їх ЛПС на насіння різних інтродукованих сортів пшениці.

### Матеріал і методи досліджень

У роботі досліджували фітотоксичну активність двох штамів фітопатогенних бактерій: *Pseudomonas syringae* pv. *atropaciens* (McCulloch 1920) Young, Dye & Wilkie 1978: УКМ В-1013 – виділений з уражених бактеріозом рослин жита; *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 – виділений з уражених рослин вівса. Штами отримані з колекції живих культур відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАНУ. Для постановки дослідів використовували суспензію живих клітин збудника з концентрацією  $10^9$  КУО / мл. Для отримання препаратів ЛПС із клітин *P. syringae* бактерії культивували на картопляному агарі протягом 24 год при температурі 28° С. Бактеріальну масу змивали 0,85% розчином NaCl і осаджували центрифугуванням (6000 g, 15 хв). ЛПС екстрагували з сирої бактеріальної маси двічі 0,85% розчином NaCl при постійному перемішуванні на магнітній мішалці при температурі 4°С протягом 4–5 год, як описано раніше [6]. На кожні 10 г клітин використовували 100 мл розчину NaCl. Екстракти центрифугували (6000 g, 15 хв), діалізували проти дистильованої води протягом доби і висушували ліофільно. Очищення водного 3% розчину отриманих ліофільно висушених біополімерів проводили ультрацентрифугуванням протягом 4 год при 100 000 g і температурі 4°С. Повторно ліофільно висушений препарат використовували в подальших дослідях.

Фітопатогенну дію бактерій та їх метаболітів вивчали щодо трьох сортів пшениці, люб'язно наданих німецькою аграрною компанією «Lampka agro» в Україні:

Дискус – сорт озимої пшениці; у 2004 р. внесений до Державного реєстру сортів рослин України.

Хукулус – сорт озимої пшениці. Має високий генетичний потенціал продуктивності. Сорт внесений до реєстру сортів рослин України в 2008 р.

Гренні – ярий ранній гібрид. Сорт внесений до реєстру сортів рослин України в 2009 році.

Насіння пшениці промивали водогінною (40 хв), а потім стерильною дистильованою водою і розкладали по 20 шт. на стерильний папір у чашки Петрі. У кожену чашку вносили по 5 мл досліджуваного препарату: бактеріальної суспензії або розчину ЛПС з концентрацією 5 мг / мл. Насіння пророщували в термостаті при температурі 28°С. Схожість насіння і довжину основного корінця проростка визначали через 4 дні пророщування.

Усі дослідження проводили не менше, ніж у трьох повторях. Статистичну обробку даних проводили з використанням програми Microsoft Office Excel 2003. Статистичну достовірність відмінностей між порівнюваними показниками визначали з використанням t-критерію Ст'юдента. Достовірними вважали відмінності при  $p \leq 0.05$ .

### Результати досліджень та їх обговорення

Використані в роботі сорти пшениці характеризуються підвищеною стійкістю до захворювань, високою зимостійкістю і високою посухостійкістю. Обробка насіння всіх сортів пшениці суспензією живих клітин *P. syringae* обох патоваров приводила до зниження їх схожості та пригнічення проростання насіння (табл. 1, 2 і 3). Однак, спостерігалися деякі відмінності в значеннях цих показників для трьох досліджених сортів пшениці.

При обробці насіння пшениці сорту Дискус суспензією живих клітин *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 схожість насіння практично не зменшувалася (95%). Однак довжина основного корінця проростка зменшувалася на 50%, порівняно з контролем. При обробці

насіння пшениці цього сорту суспензією живих клітин *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 отримані подібні результати. Схожість практично не змінювалася, але довжина основного корінця проростка зменшувалася на 52%.

Обробка насіння сорту Хукулус суспензією живих клітин *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 приводила до зменшення їх схожості на 35%, хоча і не впливала на ріст проростків. Обробка насіння пшениці цього сорту суспензією живих клітин *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 зменшувала схожість на 25%, при цьому довжина основного корінця проростка також зменшувалася на 44%.

Таблиця 1

Вплив *P. syringae* і їх ліпополісахаридів на схожість і проростання насіння пшениці сорту  
Дискус

Варіант обробки насіння пшениці	схожість насіння, %	Довжина основного корінця проростків	
		мм	% до контролю
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154	95	2,0±0,40*	50
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154 (5 мг/мл)	80	2,6±0,73*	66
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013	90	1,9±0,24*	48
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013 (5 мг/мл)	90	2,6±0,51*	64
Контроль	100	4,0±0,40	100

Примітка:  $p \leq 0,05$  відносно контролю.

При обробці насіння сорту пшениці Гренні суспензією бактерій *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 схожість зменшувалася на 50% і відзначали пригнічення росту проростків (довжина основного корінця складала 46% по відношенню до контролю). Також цей сорт виявився чутливим до дії живих клітин *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013. Схожість зменшувалася на 30%, а довжина корінця проростка на 57%.

Таким чином, всі досліджені нами сорти пшениці характеризувалися помірною чутливістю до збудників бактеріальних хвороб зернових культур виду *P. syringae*. Нами не було відмічено суттєвої різниці в чутливості до збудників бактеріальних хвороб сортів озимої і ярої пшениці.

Для оцінки впливу ЛПС фітопатогенних бактерій *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 і *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 на схожість і проростання насіння застосовували розчин з концентрацією 5 мг/мл, оскільки відомо, що для рослин така концентрація є високо токсичною [1, 4]. ЛПС обох штамів проявляли фітотоксичну активність, хоча викликали менш значне зниження схожості насіння пшениці, ніж клітинні суспензії.

Таблиця 2

Вплив *P. syringae* та їх ліпополісахаридів на схожість і проростання насіння пшениці сорту Хукулус

Варіант обробки насіння пшениці	Схожість насіння, %	Довжина основного корінця проростків	
		мм	% до контролю
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154	65	3,4±0,42	95
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154(5 мг/мл)	50	2,1±0,61*	58
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013	75	2,0±0,56*	56
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013 (5 мг/мл)	60	2,7±0,56	75
Контроль	100	3,6±0,46	100

Примітка:  $p \leq 0,05$  відносно контролю.

При обробці насіння пшениці сорту Дискус ЛПС *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 схожість насіння практично не змінювалася, як і при дії живих клітин цього штаму. ЛПС *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 пригнічував ріст проростків пшениці про що свідчить зменшення довжини корінця на 34% щодо контролю. При обробці насіння пшениці цього сорту ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 отримано подібні результати.

Обробка насіння сорту Хукулус ЛПС *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 приводила до зменшення їх схожості на 50% і зменшення довжини основного корінця на 42%. Обробка насіння пшениці цього сорту ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 зменшила схожість на 40%, при цьому довжина основного корінця проростка також зменшувалася на 25%.

Після обробки насіння пшениці сорту Гренні ЛПС бактерій *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 схожість зменшувалася на 10% і відзначали пригнічення росту корінця проростків на 30%. Зменшення схожості насіння пшениці сорту Гренні при обробці ЛПС *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 склало 30%, як і при обробці суспензією живих клітин цього штаму.

Таблиця 3

Вплив *P. syringae* і їх ліпополісахаридів на схожість і проростання насіння пшениці сорту Гренні

Варіант обробки насіння пшениці	Схожість насіння, %	Довжина основного корінця проростків	
		мм	% до контролю
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154	50	1,7±0,47*	46
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>coronafaciens</i> УКМ В-1154(5 мг/мл)	90	2,6±0,61	70
Суспензія живих клітин <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013	70	1,6±0,32*	43
ЛПС <i>P. syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> УКМ В-1013 (5 мг/мл)	70	2,7±1,06	71
Вода (контроль)	100	3,7±0,35	100

Примітка:  $p \leq 0,05$  відносно контролю.

Таким чином, ЛПС *P. syringae* pv. *coronafaciens* УКМ В-1154 і *P. syringae* pv. *atrofaciens* УКМ В-1013 виявляли токсичну дію на насіння пшениці досліджених сортів на рівні дії живих клітин фітопатогенних бактерій і можуть бути використані для відбору і клітинної селекції сортів пшениці стійких до бактеріальних хвороб.

### Висновки

Інтродукованні в Україні сорти пшениці зарубіжної селекції Дискус, Хукулус, Гренні характеризуються помірною чутливістю до фітопатогенних бактерій *P. syringae* pv. *coronafaciens* і *P. syringae* pv. *atrofaciens*, а також до їх ЛПС. Найбільш стійкими до фітопатогенної дії патоварів *P. syringae* pv. *coronafaciens* і *P. syringae* pv. *atrofaciens* виявилися зерна сортів озимої пшениці Дискус. Живі бактеріальні суспензії справляли більш виразну фітотоксичну дію, у порівнянні з їх ЛПС, на зерна пшениці озимих сортів і менш виразну, ніж ЛПС– на зерна ярої пшениці.

1. Богдан Ю. М. Вплив культуральної рідини *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 на клітини *Allium* сера / Богдан Ю. М. // Вісник харківського національного аграрного університету. Серія біологія. – 2010. – Вип. 1 (19). – С. 101–107.
2. Буценко Л. М. Вплив ліпополісахаридів *Pseudomonas syringiae* pv. *atrofaciens* на фізіолого-біохімічні процеси у клітинах *Allium* сера / Буценко Л. М. // Мікробіол. журн. – 2016. – Т. 78, № 5. – С. 65–74.

3. Фитопатогенные бактерии. Бактериальные болезни растений : Монография / Р. И. Гвоздяк, Л. А. Пасичник, Л. М. Яковлева и др.; под ред. В. Ф. Патыки. – К.: ТОВ «НВП «Интерсервис», 2011. – 58 с.
4. Грицай Р. В. Фітотоксичні властивості ліполісахаридів *Ralstonia solanacearum* / Грицай Р. В. // Мікробіол. журн. – 2014. – 76, № 2. – С. 29–34.
5. Здоровенко Г. М. Особенности состава, строения и биологические свойства липополисахаридов из различных штаммов *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* / Здоровенко Г. М. // Микробиология. – 2007. – Т. 76, № 6. – С. 774–789.
6. Выделение, химический состав и серологическая характеристика полисахарида *Pseudomonas syringae* / Г. М. Здоровенко, Л. М. Яковлева, Р. И. Гвоздяк, И. Я. Захарова, Л. П. Кошечкина // Микробиологический журнал. – 1982. – Т. 44, № 4. – С. 65–70.
7. Койшыбаев М. Болезни Пшеницы / Муат Койшыбаев. – Анкара: ФАО, 2018. – 366 с.
8. Прогрессирующие болезни пшеницы, распространение и вредоносность / Л. Н. Назарова, Л. Г. Корнева, Т. П. Жохова, Т. М. Полякова, К. М. Чен // 50 лет на страже продовольственной безопасности страны. Юбилейный сборник трудов. – Большие Вяземы. – 2008. – С. 163–171.
9. *Pseudomonas syringae* в агрофитоценозе пшеницы / Л. А. Пасичник, Е. А. Савенко, Л. Н. Буценко, В. Ф. Патыка, А. В. Калиниченко // Наука и мир. Международный научный журнал. – 2014. – №4 (8). – С. 52–56.
10. The effect of lipopolysaccharide of *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 on mutagenicity in pro- and eukaryotic systems / Yu. M. Bogdan, L. M. Butsenko, L. A. Pasichnyk, R. I. Gvozdyak // Biopolymers and Cell. – 2010. – V. 26. N. 1. – P. 23–28.
11. Synthesis of surfactants by *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* and *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* strains / R. I. Hvozdiak, L. A. Pasichnyk, L. M. Vashchenko, T. Ia. Pokyn'broda, O. V. Karpenko // Mikrobiol Z. – 2009. – V. 71(3). – P. 10–14.
12. Isolation and identification of bacterial glum blotch and leaf blight on wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran / M. N. Kazempour, M. Kheyrgoo, H. Pedramfar, and H. Rahimian // African Journal of Biotechnology. – 2010. – V. 9, N. 20. – P. 2860–2865.
13. Basal bacteriosis of wheat and influence of agrotechnical methods on its spread / L. A. Pasichnik, V. F. Patyka, S. F. Khodos, T. S. Vinnichuk // Mikrobiol Z. – 2012. – 74 (4). – P. 37–44.
14. Pasichnik L. Heterogeneity of the natural population of *Pseudomonas syringae* pathovars Chodos / Pasichnik L. // Chapter in: *Pseudomonas Syringae Pathovars and Related Pathogen*. – 2008. – Springer. – P. 40–44.
15. Valencia-Bohrén A. J. A Review of the Studies and Interactions of *Pseudomonas syringae* Pathovars on Wheat // International Journal of Agronomy. – 2012. – V. 5, N1. – P.1–5.

## References

1. Bohdan Yu. M. Vplyv kul'tural'noi ridyny *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* 9417 na klityny *Allium cepa* // Visnyk kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriiia biolohiia. – 2010. – Vyp. 1 (19). – S. 101–107.
2. Butsenko L.M. Vplyv lipopolisakharydiv *Pseudomonas syringae* pv. *atrofasciens* na fiziolooho-biokhimichni protsesy u klitynakh *Allium cepa* // Mikrobiol. zhurn. – 2016. – T. 78, No 5. – S. 65–74.
3. Фитопатогенные бактерии. Бактериальные болезни растений : Монография / Р.И. Гвоздяк, Л.А. Пасичник, Л.М. Яковлева и др.; под ред. В.Ф.Патыки. – К.: ТОВ «НВП «Интерсервис», 2011. – 58 с.
4. Hrytsay R.V. Fitotoksychni vlastyvosti lipopolisakharydiv *Ralstonia solanacearum* // Mikrobiol. zhurn. – 2014. – 76, No 2. – S. 29–34.
5. Zdorovenko G. M. Osobennosti sostava, stroeniia i biologicheskie svoystva lipopolisakharydiv iz razlichnykh shtamov *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*. // Mikrobiologiiia. – 2007. – T. 76, No 6. – S. 774–789.
6. Vydelenie, khimicheskiiy sostav i serologicheskaiia kharakteristika polisakharida *Pseudomonas syringae* / G. M. Zdorovenko, L. M. Iakovleva, R. I. Gvozdiak, I. Ia. Zakharova, L. P. Koshechkina // Mikrobiologicheskiiy zhurnal. – 1982. – T. 44, No 4. – S. 65–70.
7. Koyshybaev M. Bolezni Pshenitsy / Muat Koyshybaev. Ankara: FAO, 2018. – 366 s.
8. Progressiruiushchie bolezni pshenitsy, rasprostranenie i vredonosnost' / L.N. Nazarova, L.G. Korneva, T.P. Zhokhova, T.M. Poliakova, K.M. Chen // 50 let na strazhe prodovol'stvennoy bezopasnosti strany. Iubileynyy sbornik trudov. – Bol'shie Viazemy. - 2008. – S. 163–171.
9. *Pseudomonas syringae* v agrofitotsenoze pshenitsy / L.A. Pasichnik E.A. Savenko, L.N. Butsenko, V.F. Patyka, A.V. Kalinichenko // Nauka i mir. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. – 2014. – No4 (8). – S. 52–56.

10. The effect of lipopolysaccharide of *Pseudomonas syringae* pv. *atropfaciens* 9417 on mutagenicity in pro- and eukaryotic systems / Yu. M. Bogdan, L. M. Butsenko, L. A. Pasichnyk, R. I. Gvozdyak // *Biopolymers and Cell*. - 2010. - V. 26. N. 1. - P. 23-28.
11. Synthesis of surfactants by *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* and *Pseudomonas syringae* pv. *atropfaciens* strains / R.I.Hvozdiak, L.A. Pasichnyk, L.M. Vashchenko, T.Ia.Pokyn'broda, O.V. Karpenko // *Mikrobiol Z.* - 2009. - V. 71(3). - P. 10-14.
12. Isolation and identification of bacterial glum blotch and leaf blight on wheat (*Triticum aestivum* L.) in Iran / M. N. Kazempour, M. Kheyrghoo, H. Pedramfar, and H. Rahimian // *African Journal of Biotechnology*. - 2010. - V. 9, N. 20. - P. 2860-2865.
13. Basal bacteriosis of wheat and influence of agrotechnical methods on its spread / L.A. Pasichnik, V.F. Patyka, S.F. Khodos, T.S. Vinnichuk // *Mikrobiol Z.* - 2012. - 74 (4). - P. 37-44.
14. Pasichnik L. Heterogeneity of the natural population of *Pseudomonas syringae* pathovars Chodos // Chapter in: *Pseudomonas Syringae Pathovars and Related Pathogen*. - 2008. - Springer. - P. 40-44.
15. Valencia-Botrón A.J. A Review of the Studies and Interactions of *Pseudomonas syringae* Pathovars on Wheat // *International Journal of Agronomy*. - 2012. - v.5, N1. - P.1-5.

A. Yu. Pastoshchuk, L. M. Butsenko, L. M. Skivka

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU, Ukraine

#### THE EFFECT OF *PSEUDOMONAS SYRINGAE* ON INTRODUCED VARIETIES OF WHEAT

*Pseudomonas syringae*, the causal agent of basal bacteriosis of wheat, is the most dangerous wheat pathogen in Ukraine. The phytopathogen affects all parts of plants and seeds, and may be the cause of their low germination. It also causes empty-head leading to crop losses and quality decrease. *P. syringae* survives on host plant residues, in soil and on seed. Seed infestation can play an important role in disease epidemiology. An important component of the outer membrane and the virulence factor of phytopathogenic bacteria of the genus *Pseudomonas* is lipopolysaccharide (LPS), which participates in pathogenesis processes, and is responsible for toxigenicity and immunogenicity of causal agents. The strategic importance of wheat in the agrarian market of Ukraine actualizes the research into the varieties resistant to basal bacteriosis. The study aims to determine the effects of phytopathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens* and *P. syringae* pv. *atropfaciens*, as well as their LPS on seeds of different wheat varieties. Bacterial strains were obtained from the collection of live cultures at the department of phytopathogenic bacteria of D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU. To conduct the experiment a suspension of living cells of the pathogen with a concentration of  $10^9$  CFU / ml and LPS solution at the concentration of 5 mg/ml was used. Exposure time was 24 h. The seed germination and the length of the main root of the sprout were determined after 4 days of germination period. Phytotoxic effect of *P. syringae* cells and their LPS was investigated using two varieties of winter wheat (Discus and Huculus) and spring wheat variety of Grenny. Introduced in Ukraine wheat varieties of foreign breeding Discus, Huculus and Grenny were characterized by moderate sensitivity to phytopathogenic bacteria *P. syringae* pv. *coronafaciens* and *P. syringae* pv. *atropfaciens*, as well as to their LPS. The most resistant to the phytopathogenic effect of *P. syringae* pathovars were the grains of the variety of winter wheat Discus. Live bacterial suspensions exerted a more pronounced phytotoxic effect, compared to their LPS, towards wheat grains of winter varieties and less pronounced than LPS - towards grain of spring wheat variety.

*Key words:* wheat, lipopolysaccharides, *Pseudomonas syringae*.

Надійшла 18.04.2019.

С. О. ПРИПЛАВКО, В. М. ГАВІЙ

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя  
вул. Графська, 2, Ніжин, Чернігівська область  
e-mail: gaviyv@gmail.com

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ АЗОТОФІТ, ЯНТАРНА КИСЛОТА ТА ВИМПЕЛ НА ДИНАМІКУ ПРОЦЕСІВ РОСТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ СОРТУ ЮВІВАТА**

У статті наведені результати вивчення впливу регуляторів росту рослин Азотофіт, Янтарна кислота та Вимпел на польову схожість насіння, динаміку показників росту (середня висота рослин та довжина кореня, маса сирої та сухої речовини, відсоток сухої речовини в рослинній пробі) та елементи продуктивності (довжина складного колоса, кількість зернин та маса складного колоса) озимої пшениці сорту Ювівата.

*Ключові слова:* регулятори росту рослин, озима пшениця, схожість насіння, висота рослин, довжина кореня, маса сирої речовини, маса сухої речовини, приріст, продуктивність.

**Вступ.** Серед найважливіших зернових культур озима пшениця за посівними площами займає в Україні перше місце. Вона є головною продовольчою культурою, яка за врожайністю та валовим збором продовольчого зерна займає провідну роль у формуванні високоефективного продовольчого комплексу нашої держави.

У технологіях вирощування озимої пшениці залишається багато невирішених питань, серед яких: скорочення тривалості вегетаційного періоду, підвищення стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища, зменшення накопичення шкідливих речовин, а також збільшення врожайності та якості отриманої продукції.

Дослідження багатьох учених свідчать про те, що технології вирощування озимої пшениці, подібно до інших культур, можна успішно регулювати за допомогою регуляторів росту рослин. Ці речовини мають комплексний вплив на ріст і розвиток, зосереджують свою дію у рослинних клітинах, регулюючи баланс фітогормонів, що веде до стимулювання ростових процесів [1, 2]. До складу речовин входять біохімічні сполуки, які регулюють взаємодію між клітинами, тканинами, органами і в мікрокількостях необхідні для запуску та послідовного регулювання фізіологічних і морфогенетичних програм росту та розвитку рослини [3, 4]. Сучасні регулятори росту розроблені на основі найновіших наукових досягнень в галузі хімії та біології. Вони є високоефективними через здатність шляхом оптимізації проходження в рослинах фізіолого-біохімічних процесів підвищувати врожай сільськогосподарських культур [5].

Регулятори росту рослин можуть використовуватись як для передпосівної обробки насіння, так і для обприскування рослин під час вегетації. Їх застосування для обробки насіння перед висіванням дозволяє підвищити схожість насіння, адаптуватись проросткам до не завжди сприятливих умов зростання за рахунок активізації обмінних процесів. Це, у свою чергу, забезпечує покращення процесів росту рослин та підвищує їх врожайність [2].

**Мета дослідження** – вивчення впливу регуляторів росту рослин Азотофіт, Янтарна кислота та Вимпел на динаміку процесів росту та продуктивність озимої пшениці сорту Ювівата.

### **Матеріал і методи досліджень**

Визначення динаміки показників росту та продуктивності дає змогу прослідкувати за впливом регуляторів росту, якими обробляли насіння перед висівом, та встановити їх ефективність на всіх етапах розвитку рослин. Для цього були проведені трирічні польові дослідження з використанням регуляторів росту рослин Азотофіту, Янтарної кислоти та Вимпелу. Насіння

озимої пшениці сорту Ювівата обробляли розчинами цих препаратів згідно інструкцій по застосуванню. Площа дослідної ділянки становила 40 м<sup>2</sup>. Для проведення досліджень використовували польовий метод – для з’ясування ефективності передпосівної обробки насіння озимої пшениці на динаміку ростових процесів та продуктивність цієї культури; лабораторний – для визначення кількісних і якісних змін у рослинах; статистичний – для визначення на основі дисперсійного та кореляційного аналізів достовірності одержаних досліджень.

### Результати досліджень та їх обговорення

Отримані дані свідчать, що польова схожість у контролі становила в середньому 85%, тоді як в дослідних варіантах вона коливається від 74,3% до 83,3%. Найменшою вона була у варіанті, де застосовували Янтарну кислоту. З’ясовано, що регулятори росту не впливають на показник польової схожості рослин, однак відсоток схожості був досить високий як у контрольному, так і у дослідних варіантах. Це можна пояснити тим, що висівання насіння проводили в оптимальні строки за оптимальних погодних умов. При цьому кількість власних фітогормонів у проростаючому насінні була достатньою.

За результатами визначення середніх значень висоти рослин та довжини коренів (табл. 1) було встановлено, що після першого вимірювання середньої висоти рослин озимої пшениці у осінній період найкращий вплив виявив препарат Вимпел. Його показники перевищували контрольний варіант на 3,4%. Найгірший результат спостерігався у варіанті, обробленому Янтарною кислотою і був менший від контролю на 2,5%. Після другого вимірювання висота рослин зростає в усіх варіантах на 3,1–4,3 см. Максимальна висота залишалась у варіанті із застосуванням Вимпелу, а найменша – у варіанті з Янтарною кислотою.

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на середні значення висоти рослин та довжини коренів озимої пшениці

Варіант	1 вимірювання I декада жовтня		2 вимірювання I декада листопада		3 вимірювання I декада квітня		4 вимірювання I декада травня	
	Висота рослин, см	Довжина коренів, см	Висота рослин, см	Довжина коренів, см	Висота рослин, см	Довжина коренів, см	Висота рослин, см	Довжина коренів, см
Контроль	11,9±0,1	5,9±0,1	16,2±0,3	6,5±0,2	16,7±0,3	6,6±0,2	50,1±0,6	7,3±0,4
Азотофіт	11,8±0,1	5,9±0,1	15,0±0,5	6,2±0,2	15,5±0,5	7,4±0,4	48,9±0,5	8,1±0,5
Вимпел	12,3±0,3	6,0±0,1	16,2±0,4	7,7±0,6	16,3±0,4	7,8±0,3	49,3±0,7	8,7±0,4
Янтарна кислота	11,6±0,2	5,4±0,3	14,7±0,3	7,5±0,4	15,5±0,3	8,0±0,1	45,2±0,9	9,2±0,6

Доцільність дослідження визначення висоти рослин озимої пшениці у весняний період зумовлена тим, що високі рослини схильні до вилягання, що у подальшому може негативно вплинути на обсяги отриманого продовольчого зерна. Аналіз даних свідчить про те, що під час третього (весняного) вимірювання найвищими рослини були в контрольному варіанті. Одночасно з тим, найменша висота спостерігалась у варіантах, де було здійснено передпосівну обробку насіння Азотофітом і Янтарною кислотою. Обробка препаратом Вимпел на даний показник ефективності не виявила.

Четверте вимірювання показало, що найефективніший вплив на озиму пшеницю за цим показником здійснила Янтарна кислота. Ця сполука значно загальмувала ріст рослин у порівнянні з іншими регуляторами росту та з контролем. Так, середнє значення варіанта було нижчим за контрольний на 4,9 см (на 10%).

Відомо, що коренева система не лише закріплює рослину в ґрунті, а й забезпечує надходження в рослину необхідних поживних речовин. Тому довжина коренів є важливим показником росту рослин. Після вимірювань середньої довжини коренів у рослин озимої пшениці у осінній період найкращий показник спостерігався у варіанті із застосуванням Вимпелу, а найгірший – із Янтарною кислотою. Приріст середньої довжини коренів у осінній

період коливався в межах 0,3–2,1 см. Причому максимальним він був у варіанті, обробленому Янтарною кислотою. Обробка даних, отриманих після третього та четвертого весняних вимірювань, показала, що більшу дію на ріст кореневої системи у весняний період виявила Янтарна кислота. Після третього вимірювання корені рослин у варіанті, обробленому цією сполукою, перевищували середню довжину контрольного варіанта на 21,2%.

Після четвертого вимірювання довжина коренів у варіанті з обробкою Янтарною кислотою збільшилась і перевищила контроль на 26%. Середня довжина коренів рослин у контролі залишалася найменшою протягом весняних вимірювань.

Отже, досліджувані регулятори росту рослин здійснюють позитивний вплив на процеси розвитку коренів рослин озимої пшениці у осінній та весняний періоди. Ця особливість забезпечить можливість кращого живлення рослин необхідними елементами.

Сира речовина рослини представлена в основному водою, яка належить до найбільш важливих факторів життя. У зеленій масі злакових, бобових та інших культур її частка значна – 75–85%. Рівень її вмісту визначає направленість та інтенсивність всіх фізіолого-біохімічних процесів [6].

Після першого зважування показники дії синтетичних регуляторів на масу сирі речовини рослин озимої пшениці близькі до контролю. Після другого зважування найкращі результати було отримано при застосуванні препарату Вимпел, які перевищили контроль на 21% (табл. 2). Дещо слабшу дію виявив Азотофіт.

Після другого вимірювання найбільший приріст маси сирі речовини спостерігався у варіанті із застосуванням Вимпелу. Янтарна кислота й Азотофіт виявили слабшу дію.

Таблиця 2

Вплив регуляторів росту на масу сирі та сухої речовини рослин озимої пшениці

Варіант	1 зважування I декада жовтня		2 зважування I декада листопада		3 зважування I декада квітня		4 зважування I декада травня	
	Маса сирі речовини, г	Маса сухої речовини, г	Маса сирі речовини, г	Маса сухої речовини, г	Маса сирі речовини, г	Маса сухої речовини, г	Маса сирі речовини, г	Маса сухої речовини, г
Контроль	1,07 ±0,01	0,33 ±0,01	1,25 ±0,05	0,63 ±0,01	6,0 ±0,2	1,5 ±0,1	71,3 ±5	32,0 ±4
Азотофіт	1,09 ±0,01	0,33 ±0,01	1,41 ±0,07	0,64 ±0,02	6,3 ±0,1	1,6 ±0,1	152,0 ±8	65,0 ±6
Вимпел	1,02 ±0,03	0,31 ±0,02	1,51 ±0,09	0,61 ±0,01	6,3 ±0,1	1,8 ±0,2	76,0 ±4	27,0 ±3
Янтарна кислота	1,00 ±0,02	0,32 ±0,01	1,30 ±0,04	0,65 ±0,02	7,0 ±0,4	1,8 ±0,1	139,3 ±7	59,6 ±5

Зважування рослин, яке проводилось у весняний період, показало, що найкращі результати було отримано при застосуванні препарату Янтарна кислота, які перевищили показники контролю на 16%. Інші регулятори росту виявили слабшу дію. Після останнього зважування найкращий вплив на масу сирі речовини рослин виявив Азотофіт, значення якого перевищило показник контролю на 113%. Дещо меншою маса була у рослин, які пройшли передпосівну обробку Янтарною кислотою (але на 95% більша за контроль).

У ході проведення останнього дослідження за цим показником було встановлено його приріст у весняний період. Накопичення маси сирі речовини відбувалось набагато активніше у порівнянні з осіннім. Маса сирі речовини зростає у всіх варіантах на 65,3–145,7 г. Причому особливо швидкими темпами збільшення маси сирі речовини відбувалось у рослинах, оброблених перед висіванням розчином Азотофіту. Він виявив найефективніший вплив, приріст маси сирі речовини перевищив показники контролю більше ніж у 2,2 рази.

Кількість сухої речовини у рослині відображає вміст органічних і мінеральних речовин та деяких хімічних елементів. У складі сухої речовини рослин 90–95% становлять органічні



сполуки, які представлені білками та іншими азотистими сполуками, жирами, крохмалем, цукрами, клітковиною, пектинами. Дослідження цього показника дає змогу визначити вплив регуляторів росту на інтенсивність живлення рослин (засвоєння води, азоту, зольних елементів та мінеральних добрив) [7].

Маса сухої речовини після першого зважування (табл. 2) коливалась у всіх варіантах від 0,31 до 0,33 г. Більшою вона була у контролі та у варіанті, обробленому Азотофітом.

Результати, отримані після другого зважування, показали зростання маси сухої речовини у рослин усіх варіантів, однак найвищими вони були у рослин варіанта, насіння якого було оброблене Янтарною кислотою. Це можна пояснити тим, що зазначена сполука покращує засвоєння рослиною поживних речовин та є стресовим адаптогеном. Дещо гірше, але позитивно, проявив себе Азотофіт.

Після третього зважування суха маса рослин коливалась у межах 1,5–1,8 г. Найбільші показники спостерігались у рослин, оброблених Вимпелом і Янтарною кислотою, які перевищили показники контролю на 20%.

Четверте зважування показало, що найкращий вплив на масу сухої речовини виявив Азотофіт, який сприяв збільшенню цього показника у 2 рази порівняно з контрольним. Янтарна кислота при застосуванні її для передпосівної обробки насіння сприяла перевищенню значення контролю у 1,8 рази.

За період досліджень найбільш ефективний вплив на приріст маси сухої речовини виявили Азотофіт і Янтарна кислота, оскільки їх показники перевищували контроль під час усіх зважувань.

Процентний вміст сухої речовини представляє собою відсоткове співвідношення між масою сухої і сирої речовини в рослині. Чим більший відсоток сухої речовини, тим краще рослини переживають несприятливі періоди, які можуть бути пов'язані з нестачею води чи відсутністю оптимальних температур. Це пояснюється тим, що при розщепленні органічних речовин, що входять до складу сухої речовини рослини, утворюється значна кількість енергії, яка необхідна для життєдіяльності рослин.

Відповідно до таблиці 3, перші розрахунки показали, що відсоток сухої речовини був у межах 30,2–31,9%. При цьому найбільшим він був у рослин, насіння якого було оброблене Янтарною кислотою. По відношенню до рослин, насіння яких не обробляли препаратами, цей показник був більшим на 4%.

Таблиця 3

Вплив регуляторів росту на відсоток сухої речовини у рослинній пробі озимої пшениці

Варіант	Відсоток сухої речовини в рослинній пробі, %							
	1 зважування I декада жовтня		2 зважування I декада листопад		3 зважування I декада квітня		4 зважування I декада травня	
	%	% до контролю	%	% до контролю	%	% до контролю	%	% до контролю
Азотофіт	30,2±0,1	98	45,6±0,4	89	25,4±0,3	102	42,8±0,4	96
Вимпел	30,6±0,2	99	41,0±0,5	80	28,6±0,7	114	49,0±0,9	109
Янтарна кислота	31,9±0,4	104	50,2±0,8	98	25,7±0,8	103	42,8±0,8	96
Контроль	30,7±0,2	100	51,0±0,6	100	25,0±0,9	100	44,8±0,7	100

Після другого зважування значення досліджуваного показника змінилось у бік зростання, що свідчить про накопичення в рослинах сухої речовини. Воно коливалось у межах 41–51%. При цьому було встановлено, що регулятори росту не виявили позитивної дії по відношенню до контролю.

Третє зважування показало, що всі регулятори росту виявили на цей показник позитивний вплив. Відсоток сухої речовини в рослинній пробі перевищував контроль на 2–14%. Найбільш ефективним за цим показником виявився препарат Вимпел.

Останнє зважування показало, що показники у всіх варіантах зросли. Однак позитивний вплив препаратів дещо знизився. Ефективну дію виявив лише Вимпел, під впливом якого відсоток сухої речовини в рослинній пробі був більший на 9 одиниць у порівнянні до контролю. Це можна пояснити наявністю в складі Вимпелу полімерів ПЕГ 400 і ПЕГ 1500 та гумату натрію. Завдяки першим здійснюється структурування вільної внутрішньоклітинної води, покращуючи її біологічну активність, прискорюються процеси фотосинтезу, транспірації та інтенсивність мінерального живлення; завдяки другому відбувається поліпшення живлення, що супроводжується активізацією росту надземної частини рослин [8, 9].

Застосування синтетичних регуляторів росту суттєво впливає на продуктивність озимої пшениці, а саме на довжину складного колоса, кількість зернин та масу складного колоса (табл. 4).

Дослідження показали, що найбільшу ефективність виявив Азотофіт, який збільшив довжину складного колоса озимої пшениці на 21,1% порівняно з контролем. Збільшення довжини складного колоса під впливом Вимпелу відбулося на 17,6%.

Таблиця 4

Вплив синтетичних регуляторів росту на елементи структури врожаю озимої пшениці

Варіант	Елементи структури врожаю озимої пшениці					
	Довжина складного колоса, см	% до контролю	Кількість зерен з одного колоса, шт.	% до контролю	Маса зерна з складного колоса, г	% до контролю
Контроль	7,81±0,19	100	32±1,4	100	1,64±0,15	100
Янтарна кислота	8,8±0,14	112,1	37±1,5	115,6	1,78±0,19	118,0
Вимпел	9,2±0,15	117,6	43±1,4	134,4	2,102±0,13	131,7
Азотофіт	9,4±0,13	121,1	49±1,5	153,1	2,382±0,14	150,1

Застосування синтетичних регуляторів росту значною мірою вплинуло на зернову продуктивність озимої пшениці сорту Ювівата. Так, під впливом Вимпелу кількість зерен у складному колосі збільшилася на 34,4%, Янтарної кислоти – на 15,6% та під впливом Азотофіту – на 53,1% порівняно з контролем. Під впливом Янтарної кислоти маса зерна із складного колоса збільшилася на 18% , Вимпелу – на 31,7%, під впливом Азотофіту – на 50,1% порівняно до контролю. Найвища врожайність озимої пшениці спостерігалася при обробці насіння Азотофітом і складала 56,2 ц/га.

### Висновки

Отже, за результатами досліджень було встановлено, що регулятори росту рослин Азотофіт, Янтарна кислота та Вимпел ефективно впливають на процеси росту та продуктивність рослин озимої пшениці сорту Ювівата. Їх застосування на посівах озимої пшениці можна здійснювати для обробки насіння перед сівбою. Визначення найбільшої ефективності кожного окремо взятого регулятора, а також можливість їх поєднання для покращення процесів росту рослин потребує подальшого дослідження.

1. Біологічні основи інтегрованої дії гербіцидів і регуляторів росту рослин / В. П. Карпенко, З. М. Грицаєнко, Р. М. Притуляк та ін.; за ред. В. П. Карпенка. Умань: Видавець «Сочинський», 1012. 357 с.
2. Деева В. П. Регуляторы роста растений: Механизмы действия и использование в агротехнологиях. Минск: Наука, 2008. 86 с.

3. Калінін Л. Ф. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. К.: Урожай, 1989. 168 с.
4. Педоренко І. Ю., Баланда О. В. Природні біостимулятори росту та розвитку сільськогосподарських культур. «Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення»: матеріали Міжн. конф. Кам'янець-Подільськ, 2012. С. 63–64.
5. Ponomarenko S. P., Hrytsaenko Z. M., Tsygankova V. A. Increase of Plant Resistance to Diseases, Pests and Stresses with New Biostimulants. Proceedings of the I st world congress on the USE of Biostimulants in Agriculture. Eds.: S. Saa Silva [et al.]. Acta Horticulturae 1009, 2013. P. 225–234.
6. Григорюк І. П. Реакція рослин на водний і температурний стреси та способи їх регуляції: автореф. дис. ...канд. с-г наук: 03.00.12. Київ, 1996. 20 с.
7. Господаренко Г. М. Агрохімія. Умань: ВІЗАВІ, 2014. 400 с.
8. Шуляк І. В., Грушова Е. И., Семенченко А. М. Реологические свойства водных растворов полиэтиленгликолей различной молекулярной массы. *Журнал физической химии*. 2011. Т. 85. № 3. С. 485–488.
9. Кондратенко Е. П., Сухих А. С., Вербицкая Н. В., Соболева О. М. Биостимулирующие и физико-химические свойства гумата натрия. *Химия растительного сырья*. 2016. № 3. Режим доступа: [jurnal.asu.ru/index.php/cw/article/view/1185](http://jurnal.asu.ru/index.php/cw/article/view/1185)

## References

1. Bioloichni osnovy intehrovanoyi diyi herbitsydiv i rehulyatoriv rostu roslyn / V. P. Karpenko, Z. M. Hrytsaenko, R. M. Prytulyak ta in. za red. V. P. Karpenka.; Uman': Vydavets' «Sochins'kyu», 1012. 357 s. (in Ukrainian).
2. Deeva V. P. Rehulatory rosta rastenyu: Mekhanyzmy deystviyya y uspol'zovanye v ahrotekhnolohyyakh. Mynsk: Nauka, 2008. 86 s. (in Belarus).
3. Kalinin L. F. Zastosuvannya rehulyatoriv rostu v sil's'komu hospodarstvi. K.: Urozhay, 1989. 168 s. (in Ukrainian).
4. Pedorenko I. YU., Balanda O. V. Pryrodni biostymulatory rostu ta rozvytku sil's'kohospodars'kykh kul'tur. «Molod' u vyrishenni ekolohichnykh ta sotsial'no-ekonomichnykh problem s'ohodennya»: materialy Mizhn. konf. Kam'yanets'-Podil's'k, 2012. S. 63-64. (in Ukrainian).
5. Ponomarenko S. P., Hrytsaenko Z. M., Tsygankova V. A. Increase of Plant Resistance to Diseases, Pests and Stresses with New Biostimulants. Proceedings of the I st world congress on the USE of Biostimulants in Agriculture. Eds.: S. Saa Silva [et al.]. Acta Horticulturae 1009, 2013. P. 225-234. (in English)
6. Hryhoryuk I. P. Reaktsiya roslyn na vodnyy i temperaturnyy stresy ta sposoby yikh rehulyatsiyi: avtoref. dys. ...kand. s-h nauk: 03.00.12. Kyiv, 1996. 20 s. (in Ukrainian).
7. Hospodarenko H. M. Ahrokhimiya. Uman': VIZAVI, 2014. 400 s. (in Ukrainian).
8. Shulyak Y. V., Hrushova E. Y., Semenchenko A. M. Reolohycheskye svoystva vodnykh rastvorov polyetylenhlykoley razlychnoy molekulyarnoy massy. Zhurnal fizycheskoy khymyy. 2011. T. 85, № 3. S. 485-488. (in Russian).
9. Kondratenko E. P., Sukhykh A. S., Verbytskaya N. V., Soboleva O. M. Byostymulyruyushchye y fizyko-khymycheskye svoystva humata natryya. Khymyya rastytel'noho syr'ya. 2016. № 3. Rezhym dostupa: [jurnal.asu.ru/index.php/cw/article/view/1185](http://jurnal.asu.ru/index.php/cw/article/view/1185) (in Russian).

S. A. Pryplavko, V. M. Gaviy

Nizhyn Mykola Gogol State University, Ukraine

## COMPARATIVE EFFECT OF GROWTH REGULATORS OF AZOTOFIT, AMBER ACID AND VIMPEL ON THE DYNAMICS OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT VARIETIES OF YUVIVATA

Scientific research suggests that winter wheat cultivation technologies can be regulated by plant growth regulators. These substances have a complex effect on growth and development and facilitate plant growth and crop capacity.

Three-year field studies were carried out using plant growth regulators of Azotophyte, Amber acid and Vympel to determine the dynamics of plant growth rates and their productivity. This made it possible to observe the influence of growth regulators before sowing and to establish their effectiveness at all stages of plant development. Seeds of winter wheat of the variety Jubiwata were treated with solutions of the substances under analysis. The experimental area was 40 m<sup>2</sup>.

The study demonstrated that the growth regulators do not influence the field germination rate of plants, but the percentage of germination was quite high in both control and experimental variants.

As for the rates of plant height and root length, the first measurement of the average height of winter wheat plants in autumn demonstrated that Vympel was the most efficient. Its indicators exceeded the control variant by 3.4%. After the second measurement, the plant height increased in all variants. The fourth spring measurement showed that the most powerful was the effect by Amber acid. This compound significantly inhibited plant growth compared to other growth regulators and controls.

The investigated plant growth regulators have a positive influence on the processes of root development of winter wheat plants in both autumn and spring time. This feature will provide a better nutrition of the plants.

The weight of the dry matter after the first weighing was greater in the control and the variant treated with Nitrogen. The fourth weighing showed that the best effect on the dry matter mass was found by Azotophyte, which contributed to the increase of this indicator twice as much compared to the control. Amber acid, when used for pre-sowing seed treatment, exceeded the control value by 1.8 times.

Stronger effect on the percentage of dry matter in the plant sample was found only by Vympel, under the influence of which this indicator was greater by 9 units compared to the control.

The use of synthetic growth regulators significantly increases the productivity of winter wheat, namely the length of the complex ear, the number of grains and the weight of the compound ear.

Thus, research has shown that plant growth regulators Azotophit, Amber acid and Vympel facilitate the growth and productivity of winter wheat plants of the Juvivat variety. Winter wheat crops can be treated with these substances before sowing. Determining the highest efficiency of each individual regulator, as well as the possibility of combining them to improve plant growth processes, requires further research.

*Key words: plant growth regulators, winter wheat, seed germination, plant height, root length, wet weight, dry matter weight, growth, productivity.*

Надійшла 27.05.2019.

УДК [581.1:582.926.2]:661.162.65

doi:10.25128/2078-2357.19.2.16

В. В. РОГАЧ

Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського  
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21000  
e-mail: rogachv@ukr.net

## **ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОЗПОДІЛУ РІЗНИХ ФОРМ ВУГЛЕВОДІВ В ОРГАНАХ РОСЛИН БАКЛАЖАНІВ ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ**

---

Показано, що обробка рослин баклажанів сорту Алмаз стимуляторами росту 1-НОК, ГК<sub>3</sub> та 6-БАП впливала на ростові процеси та кількісні показники листкового апарату. Встановлено, що ГК<sub>3</sub> збільшувала висоту рослин у середньому на 16,3%. Усі препарати збільшували кількість листків на рослині, масу їх сирої речовини та площу листкової поверхні. Найсуттєвіше на ці показники впливала ГК<sub>3</sub>. Встановлено, що протягом вегетаційного періоду відбувався відтік цукрів, переважно за рахунок редуруючих форм, від вегетативних органів до плодів як у досліді, так і у контролі. Досліджено, що вміст крохмалю зростав у корінні впродовж вегетації і у плодах у першій її половині та знижувався в стеблах і листках. Стимулятори росту сприяли накопиченню асимілятів у вегетативних органах у першій половині вегетаційного періоду та посилювали їх відтік до плодів у другій половині вегетації. Усі препарати посилювали накопичення цукрів та крохмалю у плодах протягом

As for the rates of plant height and root length, the first measurement of the average height of winter wheat plants in autumn demonstrated that Vympel was the most efficient. Its indicators exceeded the control variant by 3.4%. After the second measurement, the plant height increased in all variants. The fourth spring measurement showed that the most powerful was the effect by Amber acid. This compound significantly inhibited plant growth compared to other growth regulators and controls.

The investigated plant growth regulators have a positive influence on the processes of root development of winter wheat plants in both autumn and spring time. This feature will provide a better nutrition of the plants.

The weight of the dry matter after the first weighing was greater in the control and the variant treated with Nitrogen. The fourth weighing showed that the best effect on the dry matter mass was found by Azotophyte, which contributed to the increase of this indicator twice as much compared to the control. Amber acid, when used for pre-sowing seed treatment, exceeded the control value by 1.8 times.

Stronger effect on the percentage of dry matter in the plant sample was found only by Vympel, under the influence of which this indicator was greater by 9 units compared to the control.

The use of synthetic growth regulators significantly increases the productivity of winter wheat, namely the length of the complex ear, the number of grains and the weight of the compound ear.

Thus, research has shown that plant growth regulators Azotophit, Amber acid and Vympel facilitate the growth and productivity of winter wheat plants of the Juvivat variety. Winter wheat crops can be treated with these substances before sowing. Determining the highest efficiency of each individual regulator, as well as the possibility of combining them to improve plant growth processes, requires further research.

*Key words: plant growth regulators, winter wheat, seed germination, plant height, root length, wet weight, dry matter weight, growth, productivity.*

Надійшла 27.05.2019.

УДК [581.1:582.926.2]:661.162.65

doi:10.25128/2078-2357.19.2.16

В. В. РОГАЧ

Вінницький державний педагогічний університет імені М. Коцюбинського  
вул. Острозького, 32, Вінниця, 21000  
e-mail: rogachv@ukr.net

## **ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ І ПЕРЕРОЗПОДІЛУ РІЗНИХ ФОРМ ВУГЛЕВОДІВ В ОРГАНАХ РОСЛИН БАКЛАЖАНІВ ЗА ДІЇ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ**

---

Показано, що обробка рослин баклажанів сорту Алмаз стимуляторами росту 1-НОК, ГК<sub>3</sub> та 6-БАП впливала на ростові процеси та кількісні показники листкового апарату. Встановлено, що ГК<sub>3</sub> збільшувала висоту рослин у середньому на 16,3%. Усі препарати збільшували кількість листків на рослині, масу їх сирієї речовини та площу листкової поверхні. Найсуттєвіше на ці показники впливала ГК<sub>3</sub>. Встановлено, що протягом вегетаційного періоду відбувався відтік цукрів, переважно за рахунок редуруючих форм, від вегетативних органів до плодів як у досліді, так і у контролі. Досліджено, що вміст крохмалю зростав у корінні впродовж вегетації і у плодах у першій її половині та знижувався в стеблах і листках. Стимулятори росту сприяли накопиченню асимілятів у вегетативних органах у першій половині вегетаційного періоду та посилювали їх відтік до плодів у другій половині вегетації. Усі препарати посилювали накопичення цукрів та крохмалю у плодах протягом

вегетаційного періоду. Такі зміни у процесах накопичення та перерозподілу вуглеводів сприяли підвищенню продуктивності культури.

*Ключові слова:* *Solanum melongena* L., стимулятори росту, листковий апарат, донорно-акцепторні відносини, вуглеводи, продуктивність.

Відомо, що регуляція росту рослин здійснюється комплексом гормонів, який включає ауксини, гібереліни, цитокініни, етилен, абсцизову кислоту та інші фізіологічно активні сполуки. Саме гормональною системою визначається характер обмінних процесів, перерозподіл пластичних речовин, накопичення біомаси рослиною та її окремими органами [7, 13]. Тому застосування синтетичних аналогів фітогормонів дозволяє суттєво впливати на гормональний статус рослини, а вже через нього, відповідно, на морфогенез, обмінні процеси і продуктивність рослин.

Однією із найперших та найбільш застосовуваних груп рістрегулюючих речовин є стимулятори [1]. Зазначені нативні сполуки та їх синтетичні аналоги використовують у рослинництві з метою інтенсифікації гісто- та морфогенезу, пришвидшення проліферації та диференціації клітин, внаслідок чого формується більш розгалужена коренева система, змінюється анатомо-морфологічна, мезоструктурна та фізіолого-біохімічна організація листка [8]. Такі зміни зумовлюють формування більш потужного асиміляційного апарату, що здатний забезпечити активний синтез пластичних сполук, потік яких у більшій кількості буде спрямований до генеративних органів та органів запасу [6].

Дія стимуляторів росту також супроводжується змінами у кількості вуглеводів в органах рослин. Зокрема, при використанні цитокінінових регуляторів росту, створених на основі N,N-оксид піридинів (івіну, агростимуліну) та емістиму С, збільшувався вміст цукрів у листках та плодах томатів [11], у листках та коренеплодах моркви [3].

Передпосівна обробка насіння цукрового буряка емістимом С і бетастимуліном підвищували функціональну активність листків, посилювали синтез сахарози в листках та її відтік з наступним нагромадженням в коренеплодах [14]. Зміни в активності ферментів сахарозофосфаткінази та сахарозосинтази сприяли покращенню цукристості коренеплодів [4, 15, 16]. За дії емістиму С зростав вміст крохмалю в бульбах картоплі [12].

Метою нашого дослідження було вивчення дії синтетичних аналогів основних стимулюючих гормонів – ауксинів, гіберелінів та цитокінінів на накопичення і перерозподіл різних форм вуглеводів в онтогенезі рослин баклажанів.

### Матеріал і методи досліджень

Польові дрібноділянкові досліді закладали на землях СФГ «Бержан П.Г.» с. Горбанівки Вінницького району Вінницької області у вегетаційні періоди 2013–2015 років. Насіння баклажанів сорту Алмаз на розсаду висівали у парники 03.03.2013 р., 05.03.2014 р. і 09.03.2015 р. Розсаду висаджували 22.05.2013 р., 29.05.2014 р. та 12.05.2015 р. стрічковим способом за формулою 80+50+50×25. Мінеральні добрива вносили фоном з розрахунку N<sub>50</sub>P<sub>40</sub>K<sub>30</sub>. Площа ділянок – 33 м<sup>2</sup>, повторність п'ятикратна [5].

Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого обприскувача СО-12 «Marolex» до повного змочування листків 0,005%-ми розчинами 1-нафтилоцтової кислоти (1-НОК), гіберелової кислоти (ГК<sub>3</sub>) та 6-бензиламінопурину (6-БАП) у фазу бутонізації 17.07.2013 р., 10.07.2014 р. та 19.07.2015 р. Контрольні рослини обприскували водою [2].

Фітометричні показники визначали на п'ятнадцяти рослинах. Вміст цукрів і крохмалю визначали йодометричним методом [10]. Повторюваність біохімічних досліджень п'ятикратна. У тексті, таблицях і на графіках наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки. Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями обчислювали за критерієм Стьюдента, їх вважали вірогідними за P ≤ 0,05).

### Результати досліджень та їх обговорення

Результати досліджень свідчать, що стимулятори росту 1-нафтилоцтова кислота (1-НОК), гіберелова кислота (ГК<sub>3</sub>) та 6-бензиламінопурин (6-БАП) у концентрації 0,005% зумовлювали

зміни у ростових процесах рослин баклажанів сорту Алмаз. Встановлено, що ГК<sub>3</sub> достовірно збільшувала висоту рослин баклажанів на кінець вегетації впродовж усіх років досліджень у середньому на 16,3% (табл. 1). Синтетичні аналоги ауксину та цитокініну лінійні розміри рослин практично не змінювали протягом років дослідження.

Таблиця 1

Дія регуляторів росту на листовий апарат рослин баклажанів сорту Алмаз (фаза початок дозрівання плодів, середні дані за 2013–2015 р.р.)

Показник	Контроль	1-НОК	ГК <sub>3</sub>	6-БАП
Висота рослини, см	54,63 ± 2,68	53,41 ± 2,53	63,54 ± 2,88*	52,84 ± 2,43
Кількість листків на рослині, шт.	88,72 ± 4,12	97,43 ± 4,41	116,14 ± 4,98*	103,62 ± 4,76*
Маса сирової речовини листків, г	141,21 ± 6,92	169,32 ± 7,71*	208,03 ± 9,11*	182,12 ± 8,24*
Площа листків, см <sup>2</sup>	6179,11 ± 302,08	7271,09 ± 332,12*	8805,21 ± 418,14*	7509,16 ± 356,35*

Примітка. \* – P ≤ 0,05

За дії стимуляторів росту відбувалися зміни в будові та функціонуванні листового апарату. Відомо, що такі показники основного фотосинтезуючого органу рослини, як кількість, маса сирової речовини та площа асиміляційної поверхні, є виключно важливими для формування біологічної продуктивності рослини. Встановлено, що під впливом всіх трьох препаратів збільшувалася кількість листків на рослині на 9,8–30,8%. Одночасно відбувалося зростання маси сирової речовини листків на 19,9–47,5% і площі листової поверхні – на 17,5–42,5%. Найсуттєвіше вказані показники зростали після застосування ГК<sub>3</sub>. Вплив 1-НОК був у даному випадку найменш ефективним.

У науковій літературі наявні дані про вплив активаторів росту на вміст різних форм вуглеводів в органах культурних рослин. Зокрема показано, що обробка цитокініновим стимулятором трептолемом зумовлювала зростання суми цукрів у вегетативних органах рослин льону, соняшника та маку олійного [9, 13, 17]. Ауксиновий стимулятор росту 2,4-Д підвищував вміст цукрів у плодах апельсинів та манго [18, 20]. ГК<sub>3</sub> посилювала депонування сахарози у рослин цукрової тростини [19].

Зважаючи на зміни кількісних показників листового апарату рослин баклажанів сорту Алмаз після обробки регуляторами росту, доцільним є вивчення особливостей накопичення та перерозподілу різних форм вуглеводів між органами рослин баклажанів у процесі онтогенезу.

Виявлено, що протягом вегетаційного періоду зменшується вміст цукрів у вегетативних органах за рахунок редукуючих форм та їх накопичення у плодах як у контролі, так і у дослідних варіантах (рисунок).

Встановлено, що стимулятори росту 1-НОК та 6-БАП посилювали накопичення цукрів за рахунок редукуючих форм у коренях рослин баклажанів у першій половині вегетації та інтенсифікували їх відтік із підземного вегетативного органу у фазу активного формування плодів. За дії ГК<sub>3</sub> вміст редукуючих цукрів впродовж досліджуваного періоду був більшим, порівняно з контролем. Застосування досліджуваних стимуляторів росту зменшувало вміст нередукуючих форм цукрів у кореневій системі дослідних рослин протягом усього періоду вегетації. На початку та у середині вегетації активатори росту сприяли накопиченню крохмалю у коренях, а в період активного формування плодів обумовлювали швидку його реутилізацію.

Результати досліджень свідчать, що ГК<sub>3</sub> зменшувала вміст редукуючих цукрів у стеблах рослин баклажанів протягом усього вегетаційного періоду, тоді як за дії 1-НОК та 6-БАП це спостерігалось лише в кінці досліджуваного періоду. Під впливом ГК<sub>3</sub> та 6-БАП у другій половині вегетації відбувалося накопичення вмісту нередукуючих форм цукрів у стеблах. Протягом усієї вегетації їх вміст був меншим порівняно з контролем при застосуванні 1-НОК.

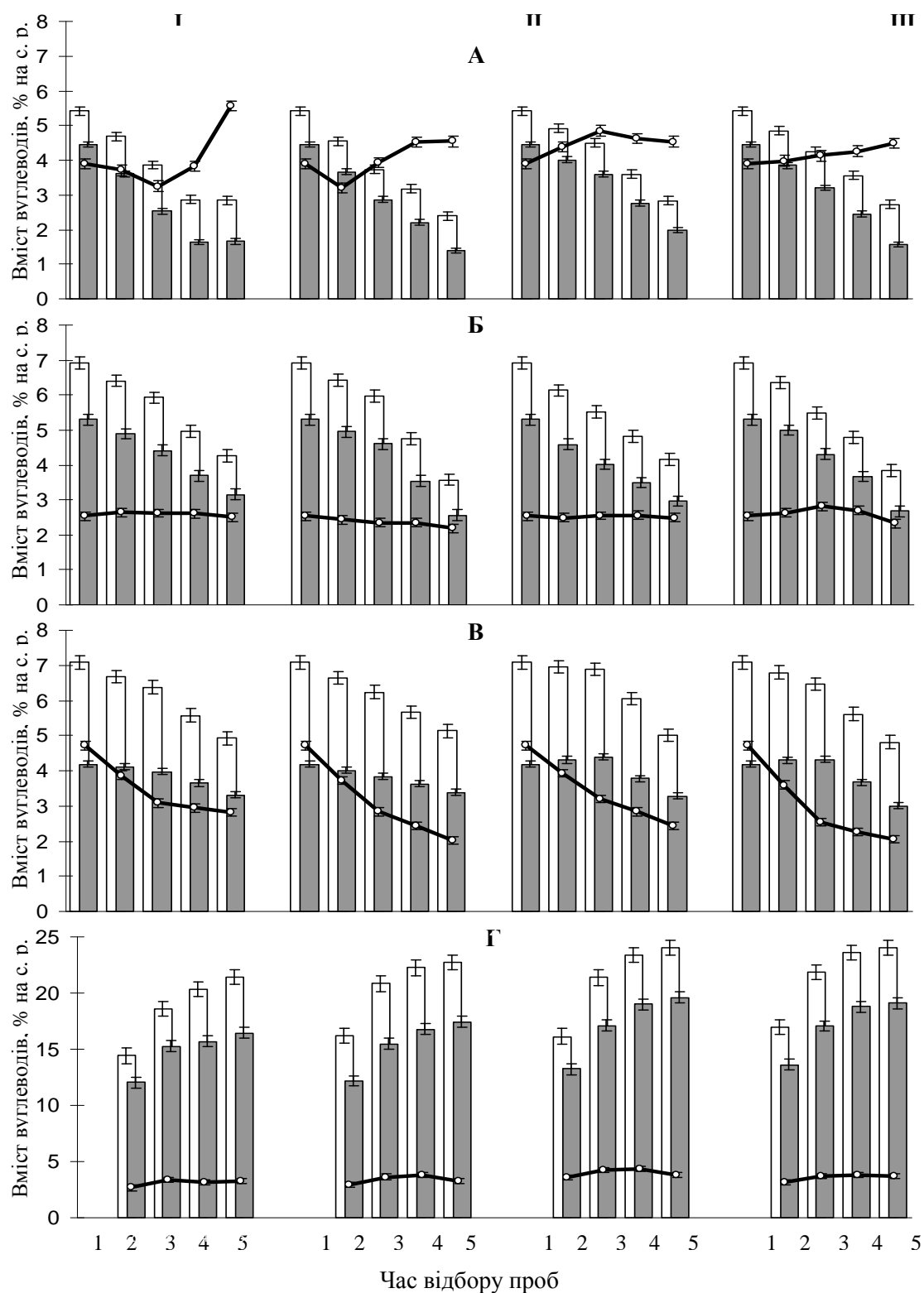


Рисунок. Дія стимуляторів росту на вміст різних форм вуглеводів в органах рослин баклажанів сорту Алмаз (середні дані за 2013–2015 роки).

■ – сума цукрів; ■ – редукуючі цукри; ●—●— крохмаль. А – корені; Б – стебла; В – листки; Г – плоди. I – контроль; II – 1-НОК; III – ГК<sub>3</sub>, IV – 6-БАП. 1 – доба обробки; 2 – 10-а доба після обробки; 3 – 20-а доба після обробки; 4 – 30-а доба після обробки; 5 – 40-а доба після обробки.



Стимулятори росту уповільнювали відтік нередукуючих цукрів з листків рослин баклажанів у другій половині вегетаційного періоду. При цьому вміст редукуючих цукрів практично не змінювався у порівнянні з контролем. Препарати 1-НОК та 6-БАП посилювали реутилізацію крохмалю з листків протягом усього вегетаційного періоду, а у варіанті із ГК<sub>3</sub> це відбувалося у фазу формування плодів.

За дії всіх препаратів зростав вміст суми цукрів у плодах баклажана як за рахунок редукуючих, так і нередукуючих форм. Також спостерігалось збільшення вмісту крохмалю у плодах.

Отже, обробка синтетичними стимуляторами росту рослин баклажанів у фазу бутонізації інтенсифікувала ростові процеси, збільшувала асиміляційну поверхню, що сприяло посиленню фотосинтетичних процесів і зростанню кількості синтезованих асимілятів, частина яких витрачалася на ростові процеси, а частина надходила до господарськоцінних органів – плодів, внаслідок чого зростала продуктивність культури (табл. 2).

Таблиця 2

Дія стимуляторів росту на структуру урожаю рослин баклажанів сорту Алмаз (фаза утворення плодів, середні дані за 2013–2015 роки)

Показник	Контроль	1-НОК	ГК <sub>3</sub>	6-БАП
Кількість плодів на рослині, шт.	4,04 ± 0,18	4,09 ± 0,18	4,82 ± 0,23*	4,69 ± 0,21*
Середня маса одного плоду, г	136,01 ± 3,12	148,14 ± 3,75*	146,21 ± 3,67*	150,12 ± 4,39*
Маса плодів з однієї рослини, г	552,34 ± 26,93	612,23 ± 28,3	702,32 ± 33,6*	712,03 ± 35,4*
Урожайність плодів, т/га	36,41 ± 1,06	40,42 ± 1,38*	46,65 ± 2,28*	47,11 ± 2,32*

Примітка. \* – P ≤ 0,05

Результати наших досліджень свідчать, що стимулятори росту ГК<sub>3</sub> і 6-БАП збільшували кількість плодів на рослині на 19,3 і 16,1% відповідно. Ауксиновий стимулятор росту на даний показник не впливав. Усі препарати достовірно збільшували середню масу окремо взятого плоду (7,4–10,3%). Унаслідок цього маса плодів з однієї рослини після застосування 1-НОК, ГК<sub>3</sub> та 6-БАП збільшувалася в порівнянні з контролем відповідно на 11%, 28% та 29%.

### Висновки

Обробка рослин баклажанів сорту Алмаз у фазу бутонізації супроводжувалася посиленням ростових процесів та позитивними змінами в анатомо-морфологічній структурі листкового апарату. Такі зміни морфометричних показників рослин баклажанів посилювали асиміляційні процеси у рослинах та сприяли депонуванню цукрів і крохмалю у вегетативні органи у першій половині вегетації та інтенсифікували їх відтік до генеративних органів – плодів у другій половині вегетації. Указані зміни у системі «джерело-стік» сприяли підвищенню продуктивності культури.

1. Біологічно активні речовини в рослинництві / З. М. Грицаєнко, С. П. Пономаренко, В. П. Карпенко, І. Б. Леонтюк – К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. – 352 с.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Альянс, 2011. – 352 с.
3. Думанчук Н. Я. Ріст і врожайність моркви і пастернака за дії регуляторів росту івіну та емістиму С : автореф. дис. на здобуття наук. ст. канд. біол. наук : 03.00.12 / Н. Я. Думанчук. – Львів, 2004. – 20 с.
4. Жолобак Г. М. Влияние природных регуляторов роста на азотное питание растений / Г. М. Жолобак, И. Н. Гудков // Физиологические основы повышения эффективности минерального питания растений. – К.: Наукова думка, 1987. – С. 31–48.
5. Казаков Є. О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є. О. Казаков. – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
6. Киризий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений / Д. А. Киризий. – К. : Логос, 2004. – 191 с.
7. Кур'ята В. Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур : дис. ... доктора біол. наук : 03.00.12 / Кур'ята Володимир Григорович. – К., 1999. – 318 с.

8. Моргун В. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні / В. В. Моргун, В. К. Яворська, І. В. Драговоз // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 5. – С. 371–375.
9. Поливаний С. В. Фізіологічні основи застосування модифікаторів гормонального комплексу для регуляції продукційного процесу маку олійного : монографія / С. В. Поливаний, В. Г. Кур'ята – Вінниця : ТВОРИ, 2016. – 145 с.
10. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / Х. Н. Починок. – К. : Наук. думка, 1976. – 334 с.
11. Применение регуляторов роста растений в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. / [редкол. : Л. М. Державин]. – М.: ЦИНАО, 1985. – 119 с.
12. Регуляция роста, развития и продуктивности растений : междунар. науч. конф., 9–11 ноября 1999 г. : материалы конф. / Н. А. Ламан (ред. кол.). – Минск, 1999. – 247 с.
13. Рогач Т. І. Накопичення та перерозподіл вуглеводів і азотовмісних сполук між органами рослин соняшника в онтогенезі за дії хлормекватхлориду / Т. І. Рогач, В. Г. Кур'ята // Зб. наук. праць ВНАУ. – 2011. – № 8 (48). – С. 49–54.
14. Сакало В. Д. Регуляция эмистимом С и бетастимулином метаболизма сахарозы и продуктивности сахарной свеклы / В. Д. Сакало, С. П. Пономаренко, В. М. Курчий // Агрехимия. – 2001. – № 10. – С. 49–55.
15. Сакало В. Д. Влияние бетастимулина на углеводный обмен сахарной свеклы, выращиваемой на высоком фоне минерального питания / В. Д. Сакало, И. У. Марчук, В. М. Курчий // Физиология и биохимия культ. растений. – 2008. – Т. 40, № 5. – С. 418–425.
16. Сакало В. Д. Влияние предпосевной обработки семян сахарной свеклы регуляторами роста на метаболизм сахарозы и продуктивность / В. Д. Сакало, В. М. Курчий // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – Т. 34, № 2. – С. 113–120.
17. Ходаницька О. О. Дія хлормекватхлориду і трептолему на морфогенез, продуктивність і жирнокислотний склад насіння льону олійного : дис. ... кандидата с.-г. наук : 03.00.12 / Олена Олександрівна Ходаницька. – Умань, 2014. – 151 с.
18. Ahmed W. Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in 'Dusehri' mango / W. Ahmed, F. M. Tahir, I. A. Rajwana, S. A. Raza, H. U. Asad // International Journal of Fruit Science. – 2012. – V. 12, № 4. – P. 372–389. doi: 10.1080/15538362.2012.679175
19. Rai R. K. Exogenous application of ethrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in sub-tropical India / R. K. Rai, N. Tripathi, D. Gautam, P. Singh // Journal of Plant Growth Regulation. – 2017. – V. 36, № 2. – P. 472–486. doi.org/10.1007/s00344-016-9655-5
20. Roa A. R. Effect of 2,4-D on fruit sugar accumulation and invertase activity in sweet orange cv. Salustiana / A. R. Roa, A. García-Luís, J. L. G. Barcena, C. M. Huguet // Australian Journal of Crop Science. – 2015. – V. 9, № 2. – P. 105–111.

## References

1. Bioloichno aktyvni rechovyny v roslynnystvi / Hrytsaienko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P., Leontiuk I. B. – К. : ZAT «NICH LAVA», 2008. – 352 s. (in Ukrainian).
2. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) / B. A. Dospekhov. – М. : Al'ians, 2011. – 352s. (in Russian).
3. Dumanchuk N. Ya. Rist i vrozhaynist' morkvy i pasternaka za dii rehulatoriv rostu ivinu ta emistymu S : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.12 / N. Ya. Dumanchuk. – L'viv, 2004. – 20 s. (in Russian).
4. Zholobak G.M. Vliianie prirodnykh regulatorov rosta na azotnoe pitanie rasteniy / G.M. Zholobak, I.N. Gudkov // Fiziologicheskie osnovy povysheniia effektivnosti mineral'nogo pitaniia rasteniy. – K.: Naukova dumka, 1987. – S. 31-48. (in Russian).
5. Kazakov Ie. O. Metodolohichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziologii roslyn / Ie. O. Kazakov. – К. : Fitosotsiotsentr, 2000. – 272 s. (in Ukrainian).
6. Kiriziy D. A. Fotosintez i rost rasteniy v aspekte donorno-aktseptornykh otnosheniy / D. A. Kiriziy. – К. : Logos, 2004. – 191 s. (in Russian).
7. Kur'iata V. H. Fiziolohe-biokhimichni mekhanizmy dii retardantiv i etylenproduktentiv na roslyny iahidnykh kul'tur : dys. ... doktora biol. nauk : 03.00.12 / Kur'iata Volodymyr Hryhorovych. – К., 1999. – 318 s. (in Ukrainian).
8. Morhun V. V. Problema rehulatoriv rostu u sviti ta ii vyrishennia v Ukraini / V. V. Morhun, V. K. Yavors'ka, I. V. Drahovoz // Fyziolyohiya y byokhymiya kul't. rasteny. – 2002. – Т. 34, No5. – S. 371-375. (in Ukrainian).
9. Polyvanyy S. V. Fizioloheichni osnovy zastosuvannia modyfikatoriv hormonal'noho kompleksu dlia rehuliatzii produktsiynoho protsesu maku oliynoho : monohrafiia / Polyvanyy S. V., Kur'iata V. H. – Vinnytsia : TVORY, 2016. – 145 s. (in Ukrainian).

10. Pochinok Kh. N. Metody biokhimičeskogo analiza rasteniy / Pochinok Kh. N. – K. : Nauk. dumka, 1976. – 334 s. (in Russian).
11. Primenenie regulatorov rosta rasteniy v sel'skokhoziaystvennom proizvodstve: sb. nauch. tr. / [redkol. : L. M. Derzhavin]. – M.: TsINAO, 1985. – 119 s. (in Russian).
12. Reguliatsiia rosta, razvitiia i produktivnosti rasteniy : mezhdunar. nauch. konf., 9-11 noiabria 1999 g. : materialy konf. / N. A. Laman (red. kol.). – Minsk, 1999. – 247 s. (in Russian).
13. Rohach T. I. Nakopychennia ta pererozpodil vuhlevodiv i azotovmisnykh spolkov mizh orhanamy roslyn soniashnyka v ontogenezi za dii khlormekvatkhlorydu / Rohach T. I., Kur'iata V. H. // Zb. nauk. prats' VNAU. – 2011. – No 8 (48). – S. 49-54. (in Ukrainian).
14. Sakalo V. D. Reguliatsiia emistimom S i betastimulinom metabolizma sakharozy i produktivnosti sakharnoy svekly / V. D. Sakalo, S. P. Ponomarenko, V. M. Kurchiy // Agrokhimiiia. – 2001. – No 10. – S. 49-55. (in Russian).
15. Sakalo V. D. Vliianie betastimulina na uglevodnyy obmen sakharnoy svekly, vyrashchivaemoy na vysokom fone mineral'nogo pitaniia / V. L. Sakalo, I. U. Marchuk, V. M. Kurchiy // Fiziologiia i biokhimiiia kul't. rasteniy. – 2008. – T. 40, No 5. – S. 418-425. (in Russian).
16. Sakalo V. D. Vliianie predposevnoy obrabotki semian sakharnoy svekly regulatorami rosta na metabolizm sakharozy i produktivnost' / V. D. Sakalo, V. M. Kurchiy // Fiziologiia i biokhimiiia kul't. rasteniy. – 2002. – T. 34, No 2. – S. 113-120. (in Russian).
17. Khodanits'ka O. O. Diia khlormekvatkhlorydu i treptolemu na morfohenez, produktyvnist' i zhynrokyslotnyy sklad nasinnia l'onu oliynoho : dys. ... kandydata s.-h. nauk : 03.00.12 / Khodanits'ka Olena Oleksandrivna. – Uman', 2014. – 151 s. (in Ukrainian).
18. Ahmed W. Comparative evaluation of plant growth regulators for preventing premature fruit drop and improving fruit quality parameters in 'Dusehri' mango / W. Ahmed, F. M. Tahir, I. A. Rajwana, S. A. Raza, H. U. Asad // International Journal of Fruit Science. – 2012. – V. 12, № 4. – P. 372-389. doi: 10.1080/15538362.2012.679175
19. Rai R. K. Exogenous application of ethrel and gibberellic acid stimulates physiological growth of late planted sugarcane with short growth period in sub-tropical India / R. K. Rai, N. Tripathi, D. Gautam, P. Singh // Journal of Plant Growth Regulation. – 2017. – V. 36, № 2. – P. 472-486. doi.org/10.1007/s00344-016-9655-5
20. Roa A. R. Effect of 2,4-D on fruit sugar accumulation and invertase activity in sweet orange cv. Salustiana / A. R. Roa, A. García-Luís, J. L. G. Barcena, C. M. Huguet // Australian Journal of Crop Science. – 2015. – V. 9, № 2. – P. 105-111.

V. V. Rohach

Vinnitsia State Pedagogical University named after M. Kotsiubynskyi, Ukraine

#### DYNAMICS OF ACCUMULATION AND REVERSE OF DIFFERENT FORMS OF CARBOHYDRATES IN EGGPLANTS' ORGANS UNDER THE EFFECTS OF GROWTH STIMULATORS

The research demonstrated that treatment of eggplant of Diamond variety with 1-NAA, GA<sub>3</sub> and 6-BAP growth stimulators affect the growth and quantitative indices of the leaf apparatus. The study proved that GA<sub>3</sub> increased the height plant by average of 16.3%. All drugs increased the number of plant leaves, the mass of their wet matter and the area of the leaf surface. GA<sub>3</sub> turned out to be the most powerful.

The study showed that during the growing season there was an outflow of sugars, mainly due to reducing forms from the vegetative organs to the fruits in the experiment as well as in the control. It was investigated that the content of starch grew in roots during vegetation, in fruits in the first part of vegetation and declined in stems and leaves. Growth stimulators contributed to the accumulation of assimilates in vegetative organs in the first half of the growing season and increased their outflow to the fruits in the second half of the vegetation. All drugs increased the accumulation of sugars and starch in the fruits during the growing season. Such changes in the processes of accumulation and redistribution of carbohydrates have contributed to crop yields.

*Key words:* *Solanum melongena* L., growth stimulators, leaf apparatus, donor-acceptor ratios, carbohydrates, productivity.

Надійшла 16.05.2019.

# ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

УДК 57(092) Пида

doi: 10.25128/2078-2357.19.2.17

<sup>1</sup>В. П. ПАТИКА, <sup>2</sup>І. П. ГРИГОРЮК, <sup>3</sup>М. М. БАРНА, <sup>3</sup>Н. М. ДРОБИК,  
<sup>3</sup>О. Б. КОНОНЧУК

<sup>1</sup>Інститут мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України  
вул. Академіка Заболотного, 154, Київ, 03143

<sup>2</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041

<sup>3</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027  
e-mail: kononchuk@chem-bio.com.ua

**З ВІДДАНІСТЮ СВОЇЙ СПРАВІ, З ЛЮБОВ'Ю ДО ЛЮДЕЙ  
ТА З ІСКРОЮ ДОБРА У СЕРЦІ**



**(до 60-річчя від дня народження академіка АНВШ, професора  
СВІТЛАНИ ВАСИЛІВНИ ПИДИ)**

Доля Світлани Василівни Пиди – це доля тисячі українців, які шукають свій життєвий шлях, та небагатьом вдається не лише знайти його, а й зберегти відданість обраній справі. Повною мірою ця думка стосується непересічної і талановитої особистості, педагога, науковця і організатора – Світлани Василівни Пиди.

Народилася Пиди (дівоче прізвище Фаріон) С. В. у мальовничому селі Ішків, що над річкою Стрипою Козівського району Тернопільської області у сім'ї вчителів. Батько – Фаріон Василь Іванович, за фахом вчитель історії. Мати – Фаріон (дівоче прізвище Лобода) Євдокія Євгенівна, за фахом – український філолог.

З вересня 1967 р. до липня 1974 р. Світлана Василівна навчалася в Ішківській восьмирічній школі. Як і у багатьох сільських дітей, крім навчання у школі, були сільські «навчальні практики» – ліс, річка, вигін, пасовище. Змалку допомагала батькам і в городі, і в хаті. Вчилася добре, із зацікавленістю. У зв'язку з переїздом батьків до околиці Тернополя – села Великі Гаї, з вересня 1974 р. до липня 1976 р. продовжила навчання у Тернопільській загальноосвітній середній школі №8, де одержала атестат про середню освіту.

Після закінчення середньої школи працювала пакувальницею та учнем ливарника цеху переробки пластмас до серпня 1977 р.

У ті часи більшість сільських дітей, мріючи про майбутнє, часто-густо за орієнтир брали сільську інтелігенцію – вчителів, до яких належали батьки Світлани Василівни. Маючи природну допитливість та велике бажання вчитися і здобувати вищу освіту, Світлана Василівна Пиди у серпні 1977 р. вступила до Тернопільського державного педагогічного інституту ім. Я. Галана на природничий факультет, продовжуючи учительську династію своїх батьків. Під час навчання її захопили незвідані царини науки, натхненно черпала знання в професорів О. Ф. Явоненка, К. М. Векірчика, І. В. Шуста, доцентів М. М. Барни, І. М. Бутницького, В. О. Шиманської, Л. Г. Кузьмовича, К. І. Орчук, В. С. Талпоша, С. Й. Грушка, В. О. Яковлева, Б. В. Яковенка, Т. С. Куратової та інших, була активним членом наукового гуртка. Світлана Василівна згадує, що за кращу наукову доповідь на студентській науковій конференції була відзначена квитком на дискотеку, який зберігає і донині в сімейному архіві.

Дипломну роботу з біохімії тварин С. В. Пиди виконувала під керівництвом доктора біологічних наук, професора, ректора інституту Явоненка Олександра Федотовича. У зв'язку з переведенням проф. Явоненка О. Ф. в 1982 р. у м. Чернігів на посаду ректора Чернігівського державного педагогічного інституту ім. Т. Г. Шевченка, другим керівником дипломної роботи була призначена асистент кафедри Романишин Людмила Михайлівна, нині доктор педагогічних наук, професор, відомий в Україні вчений-педагог.

Після закінчення у червні 1982 р. інституту рішенням Державної екзаменаційної комісії С. В. Пиди було присвоєно кваліфікацію учителя хімії і біології та видано диплом з відзнакою.

З липня 1982 р. трудова діяльність Світлани Василівни пов'язана з кафедрою ботаніки, а пізніше ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, де вона пройшла шлях від лаборанта до професора і завідувачки кафедри.

Свої перші наукові дослідження Світлана Василівна розпочала з вивчення особливостей азотного живлення бобових культур – складової частини росту, розвитку і фотосинтетичної продуктивності рослин, як лаборант кафедри ботаніки, який обслуговував дисципліни «Фізіологія рослин» і «Мікробіологія з основами вірусології», під керівництвом та у тісній співпраці з доктором біологічних наук, професором, завідувачем відділу симбіотичної азотфіксації Інституту фізіології рослин і генетики НАН України Юхимом Полікарповичем Старченковим, кандидатами біологічних наук, професором Кузьмою Миколайовичем Векірчиком та доцентом Іваном Миколайовичем Бутницьким.

Зацікавленість Світлани Василівни науковими дослідженнями приводить її до розуміння необхідності набуття глибокої теоретичної фахової підготовки. У 1989 р. С. В. Пиди вступає до аспірантури при Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України (м. Київ) без відриву від виробництва до відомого вченого-фізіолога рослин і мікробіолога, доктора біологічних наук, професора, завідувача відділу алелопатії, учня академіка АН УРСР України Андрія Михайловича Гродзинського, який вважається засновником науки алелопатії в Україні,

Ераста Анатолійовича Головка. Наукові дослідження в цей період стосувалися фізіології та біохімії азотного живлення, симбіотичної азотфіксації, алелопатичної активності видів роду Люпин. Плідне навчання і наукові дослідження в ботанічному саду завершилися у 1993 р.

Світлана Василівна згадує, що протягом навчання в аспірантурі вона пройшла наукову школу і школу життя, слухала наукові доповіді провідних вчених – академіків НАН України Д. М. Гродзинського і Т. М. Черевченко, член-кореспондента НАН України А. П. Травлєєва, а також познайомилася з відомими вченими-алелопатами України та світу, зокрема професором С. Нарвалом з Індії.

З вересня 1990 р. старшого лаборанта кафедри ботаніки Тернопільського педінституту, аспірантку заочної форми навчання Пиду С. В. переводять на посаду асистента зазначеної кафедри.

Під час навчання на другому курсі аспірантури Світлана Василівна доповідала результати своїх наукових пошуків на конференції, присвяченій Дню алелопатії на секції, керівником якої був талановитий учений, директор Південного філіалу Інституту сільськогосподарської мікробіології (АР Крим) кандидат біологічних наук Володимир Пилипович Патику, нині доктор біологічних наук, професор, академік НААН України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, завідувач відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Знайомство на конференції переросло у тісну наукову співпрацю, яка триває і до сьогоднішнього дня та суттєво вплинула на процес становлення її як науковця; Світлана Василівна вважає проф. Патику В. П. одним із своїх учителів. Ще з одним талановитим ученим, якого також Світлана Василівна зараховує до когорти своїх учителів, з яким познайомилася в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України, тоді кандидатом біологічних наук, завідувачем лабораторії відділу фізіології водного режиму рослин Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, нині доктором біологічних наук, професором, член-кореспондентом НАН України, лауреатом Державної премії України в галузі науки і техніки, професором кафедри фізіології, біохімії рослин та біоенергетики Національного університету біоресурсів і природокористування України Іваном Панасовичем Григорюком, наукова співпраця з яким продовжується і донині. Результатом цієї співпраці є монографія, патент на корисну модель, наукові статті у провідних фахових виданнях України, матеріали з'їздів та наукових конференцій тощо.

Великою трагедією у житті Світлани Василівни була передчасна смерть батька в день попереднього захисту кандидатської дисертації – 20 грудня 1993 р.

26 травня 1994 р. підсумком наукових досліджень С. В. Пиди став успішний захист кандидатської дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.12 – фізіологія рослин у спеціалізованій вченій раді Інституту фізіології рослин і генетики НАН України на тему: «Алелопатичні і симбіотичні особливості люпину при різних рівнях азотного живлення». Варто зазначити, що опонентами кандидатської дисертації були відомі вчені в галузі фізіології рослин і мікробіології доктори біологічних наук, професори Нічик Майя Михайлівна та Антипчук Адель Федорівна, з останньою Світлана Василівна підтримувала тісну наукову співпрацю практично до кінця її життя.

Після захисту кандидатської дисертації в січні 1995 р. Світлану Василівну переводять на посаду старшого викладача, а з 21 жовтня 1996 р. – доцента кафедри ботаніки. 25 грудня 1997 р. Пиді С. В. було присвоєно вчене звання доцента кафедри ботаніки.

Сфера наукових інтересів Пиди С. В. охоплює широке коло проблем фізіології, біохімії та екології рослин, мікробіології, сільського господарства. Підсумком 13-річних наукових досліджень став рукопис дисертації на тему: «Фізіологія симбіозу систем *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) – *Lupinus L.* : алелопатичний аналіз» за спеціальністю 03.00.12 – фізіологія рослин на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук, яку 14 червня 2007 р. було успішно захищено у спеціалізованій вченій раді Уманського державного аграрного університету (нині Уманський національний університет садівництва).

За вагомі досягнення в науковій і педагогічній ниві рішенням вченої ради Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка Пиду С. В. з 1 квітня 2008 р. було переведено на посаду професора кафедри ботаніки. 20 січня

2011 р. рішенням Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки Пиди С. В. присвоєно вчене звання професора кафедри ботаніки. З 26 листопада 2014 р. проф. Пиди С. В. очолює кафедру ботаніки та зоології, яка була утворена 01.09.2013 р. шляхом об'єднання кафедр ботаніки та зоології.

Професором С. В. Пидою уперше отримано низку нових наукових результатів щодо формування та функціонування симбіотичних систем «бульбочкові бактерії – бобова рослина» з позиції алелопатії. Комплексні дослідження фізіологічних і алелопатичних властивостей макропартнерів дозволили теоретично узагальнити й по новому вирішити наукову проблему, що виявляється в посиленні активності процесу симбіотичної фіксації атмосферного азоту за рахунок селекціонованих штамів бульбочкових бактерій та їх природних рас у зернобобових культур, зокрема люпину білого і жовтого. Встановлено, що формування і функціонування симбіотичних систем *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) – *Lupinus* L. залежить від комплексу біотичних, абіотичних та алелопатичних чинників. Світлана Василівна вперше дослідила симбіотичні властивості бульбочкових бактерій штамів 1а, 2а, 3а, 4а, 5а, Саф.1, Саф.2, Саф.3 у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Виявила, що їх використання індукує підвищення активності фіксації молекулярного азоту люпиново-ризобіальними системами, посилює накопичення хлорофілів і каротиноїдів у листках, збільшення насінневої продуктивності люпину та вміст сирого протеїну в зерні.

Професором Пидою С. В. уперше доведено залежність алелопатичної активності вегетативних, генеративних органів і післяжнивних решток люпину та рівня акумуляції флавоноїдів у листках від видових і сортових особливостей рослин та активності штамів бульбочкових бактерій, що використовували для інокуляції. Було розроблено і запатентовано спосіб оцінки ефективності бобово-ризобіального симбіозу сортів люпину білого з *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), який знайшов практичне використання. Застосування сучасних методів дослідження дозволило вперше ідентифікувати з листків люпину аглікон кверцетин (сорт Промінь, алкалоїдна форма) та кверцетин-3-рутинозид (сорт Мотив 369 і Обрій), оцінити алелопатичну активність екзометаболітів коренів проростків люпину і показати її вплив на функціонування симбіотичних систем у фазі листової розетки, встановити залежність ростових процесів і функціонування симбіотичного апарату в інокульованого різними штамми бульбочкових бактерій люпину жовтого від ураження *Colletotrichum gloeosporioides*.

На основі багаторічних досліджень професор С. В. Пиди довела, що мікробіологічні і біохімічні властивості ґрунту ризосфери сортів двох видів роду *Lupinus* L. залежать від видільної активності коренів рослин та алелопатичної активності ексудатів. Було поглиблено уявлення про алелопатичну взаємодію люпину з іншими представниками родини Бобові (*Fabaceae*), а також Злакові (*Poaceae*) та Айстрові (*Asteraceae*), а також обґрунтовано доцільність використання люпину як попередника у сівозміні.

Вагомим науковим здобутком ученої є обґрунтування перспектив і створення, на основі алелопатично активних сполук пожнивних решток люпину, фіторегуляторів з гербіцидоподібною дією для контролю чисельності сеgetальних видів рослин. На підставі дослідження фізіологічних особливостей формування і функціонування симбіотичних систем, утворених сортами люпину білого та люпину жовтого і штамми *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), встановлено шляхи підвищення азотфіксувальної активності кореневих бульбочок, накопичення хлорофілів і каротиноїдів у листках та насінневої продуктивності рослин. Експериментальним шляхом підібрано комплементарні пари симбіонтів «сорт люпину – штам *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*)»: Олешка – 1а, 5а, Синій парус – 367а, Піщовий – 3а, 5а, алкалоїдна форма – 5а (білий), Мотив 369 – штамми 4а, Промінь – 2а, 1а, Обрій – 1а, Борсельфа – 4а, Бурштин – 1а, 3а (жовтий) і рекомендовано їх для використання у сільськогосподарське виробництво.

Пріоритетне місце в науковій діяльності вченої займають дослідження, пов'язані з розробкою високоефективних технологій вирощування бобових культур. Професор С. В. Пиди удосконалила елементи технології вирощування люпину білого і люпину жовтого та впровадила їх у виробництво в умовах Західного Лісостепу України. Запропонувала

використовувати високоефективні штами *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*) 1a та 5a у виробництві біопрепарату для інокуляції насіння люпину. Результати досліджень алелопатичного впливу люпину жовтого на жито посівне, пшеницю м'яку, ячмінь звичайний, кукурудзу звичайну, сою культуру і люпин білий рекомендовано враховувати під час складання сівозмін.

За період наукової діяльності Світланою Василівною Пидою опубліковано 342 праці, у тому числі 4 монографії, 7 патентів на корисну модель, понад 100 статей у фахових виданнях, 13 навчальних посібників, 2 з яких із грифом МОН України, 7 методичних рекомендацій, 1 бібліографічний покажчик, 2 електронні версії курсів тощо.

С. В. Пида є відомим вченим-біологом з багаторічним науковим досвідом та значними організаторськими здібностями. Сьогодні вона на громадських засадах здійснює керівництво лабораторією «Фізіології рослин та мікробіології», була виконавцем тем «Онтогенез рослин, рослинні угруповання в природному і трансформованому середовищі: цитоембріологічні, фізіолого-біохімічні, екологічні та історичні аспекти» (№ держреєстрації – 0105U000752), «Фіторізноманіття: морфолого-систематичні, цитоембріологічні, фізіолого-біохімічні, екологічні та історичні аспекти» (№ держреєстрації – 0111U004876), керує виконанням комплексної наукової теми «Рослинні угруповання Західного Поділля: морфолого-систематичні, дендрологічні, цитоембріологічні, фізіолого-біохімічні, генетичні, фітопатологічні, екологічні та історичні аспекти» (№ держреєстрації – 0116U002131).

Нині Світлана Василівна досліджує проблеми пов'язані із розкриттям механізмів і розробкою наукових основ підвищення активності фізіолого-біохімічних процесів та продуктивності бобових культур на прикладі люпину білого, люпину жовтого, сої культурної, квасолі звичайної, бобів кормових, нуту звичайного та сочевиці харчової шляхом монообробки насіння мікробними препаратами на основі активних штамів бульбочкових бактерій та регуляторів росту рослин Емістим С, Елін, Агростимулін, з біозахисним ефектом Регоплант і Стимпо й їх сумісного застосування; дослідженням біологічної фіксації молекулярного азоту бобовими культурами; вивченням біохімічного складу та алелопатичної активності видів роду Піретрум; хімічної взаємодії між рослинами в природних і штучних фітоценозах та ґрунтовими мікроорганізмами, біологізації землеробства; встановленням морфогенезу і формування урожайності та якісних показників помідора їстівного, біохімічного складу та продуктивності пшениці м'якої за використання органо-мінеральних добрив «SMART» композит Марцінішин® під час вирощування помідора їстівного та пшениці м'якої; дослідженням змішаних збудників хвороб насіння *Hordeum L.*, прогнозування та обмеження їх розвитку в умовах Лісостепу України. Кредом її досліджень є вислів В. Л. Гінзбурга «Ми маємо лише один екземпляр Всесвіту і не маємо права ним експериментувати». Кредом її життя є слова народної мудрості «З-поміж усіх людських чеснот найголовніше – бути людиною», філософією індивідуального успіху вважає вислів О. Довженка, який обрала колись темою творчої роботи на вступному іспиті до вищого учбового закладу, «Прекрасна людина в бою за Батьківщину, прекрасна вона в смерті за неї, але найпрекрасніша в труді...».

Професор Пида С. В. підготувала двох кандидатів наук за спеціальністю 03.00.12 – фізіологія рослин – Тригубу О. В. і Гурську О. В., на високому науковому та методичному рівнях читає лекції, проводить лабораторно-практичні заняття і заняття з навчальної практики для бакалаврів біології та хімії з «Фізіології рослин», «Мікробіології з основами вірусології», для магістрів – «Методів наукових досліджень», «Живлення і продуктивності рослин», «Механізмів продуктивності рослин», успішно здійснює керівництво курсовими, магістерськими роботами студентів, науковою роботою трьох аспірантів.

Світлана Василівна самостійно та у співпраці розробила навчальні програми з курсів «Основи сільського господарства», «Методика польових досліджень», «Екологія сільського господарства», «Фізіологія рослин», «Мікробіологія з основами вірусології», «Живлення і продуктивність рослин» та електронні версії курсів «Фізіологія рослин» і «Мікробіологія з основами вірусології», тестові завдання для контролю знань студентів, впровадила в навчальний процес на цих курсах кредитно-трансферну систему оцінювання якості знань.

Професор Пида С. В. не обмежується навчальною роботою тільки в університеті, адже читала лекції з фізіології рослин та мікробіології в Тернопільському обласному комунальному



інституті післядипломної педагогічної освіти та на семінарах вчителів біології м. Тернополя й області.

Пида С. В. – член спеціалізованих вчених рад із захисту дисертацій на здобуття наукових ступенів в Уманському національному університеті садівництва та Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Світлана Василівна була членом журі на XXX Всеукраїнській учнівській олімпіаді з біології з екологією (23–28 березня 2009 р.), а також входила до журі II етапу Всеукраїнського зльоту трудових аграрних об'єднань (11–13 вересня 2018 р.), була головою журі обласних конкурсів-захистів науково-дослідницьких робіт учнів-членів Малої академії наук України (2004–2018 рр.), міської олімпіади з біології (2011 р.), неодноразово головою державної екзаменаційної комісії у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка та Кременецькій обласній гуманітарно-педагогічній академії ім. Тараса Шевченка (м. Кременець, Тернопільська область).

З 2012 р. Світлана Василівна Пида очолює Тернопільське відділення Українського товариства фізіологів рослин, а також осередок, а з 2017 р. – відділення Товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського, є членом Тернопільського відділення товариства генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова, Тернопільського відділення Українського ботанічного товариства, вченої ради та науково-методичної ради хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Упродовж багатьох років була проформом кафедри ботаніки.

Професор С. В. Пида є одним із організаторів Міжнародних і Всеукраїнських конференцій з актуальних проблем біологічної та педагогічної наук. Зокрема, Міжнародної наукової конференції «Онтогенез рослин, біологічна фіксація молекулярного азоту та азотний метаболізм» (2001 р.), «Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти» (2017 р.); III з'їзду Українського товариства фізіологів рослин (2002 р.), XV з'їзду Товариства мікробіологів України ім. С. М. Виноградського (2017 р.); Міжнародних науково-практичних конференцій «Біологічна фіксація азоту» (2014 р.), «Подільські читання. Епоха природничих досліджень Поділля: історія, теорія, практика» (2018 р.), «Інтродукція рослин на Волино-Поділлі: наука, освіта, мистецтво формування ландшафту, виробництво» (2018 р.); Всеукраїнської науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil bioscience» (2017, 2018 рр.) тощо.

С. В. Пида постійно підвищує свою кваліфікацію. У 2000 р. проходила стажування у відділі аделопатії Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України, у 2004 р. – на кафедрі мікробіології, вірусології і імунології Тернопільської державної медичної академії ім. І. Я. Горбачевського (нині Тернопільський національний медичний університет ім. І. Я. Горбачевського), у 2014 р. – на кафедрі фізіології та екології рослин Львівського національного університету ім. Івана Франка, у 2019 р. – на кафедрі мікробіології, вірусології і імунології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського. Світлана Василівна у 2010 р. успішно пройшла навчання з курсів: «Методика створення електронних курсів в системі MOODLE» і «Технології дистанційного он-лайн навчання». У 2016 р. брала участь у семінарі-тренінгу «Розвиток цілісного мислення школярів у процесі вивчення біології». У 2018 р. – учасник соціального проекту «Створення біблійного саду ТНПУ імені Володимира Гнатюка». У 2019 р. – учасник тренінгу «Медіаграмотність у професійній діяльності педагога», участь у заході з підвищення кваліфікації науково-педагогічних працівників ЗВО «Освітній десант. Перфоманс освітніх майстер-класів», учасник науково-методичного кластеру «Методики формування в учнів розуміння сучасних принципів наукової систематики та її значення для біологічних досліджень» тощо.

Пида С. В. понад 15 років працює викладачем Тернопільського обласного територіально-комунального відділення Малої академії наук (МАН) України, є куратором секції «Біологія». Розробила навчальну програму для поглибленого вивчення біології з членами МАН України та методичні рекомендації стосовно написання та оформлення учнівських науково-дослідницьких робіт. Бере участь у реалізації Державної цільової програми роботи з обдарованою молоддю, активно впроваджує сучасні методики навчання і виховання здібних учнів, сприяє творчому та

інтелектуальному розвитку майбутньої національної еліти в школі олімпійського резерву. За цей час її вихованці неодноразово ставали переможцями II і III етапів Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН України, посідали призові місця на Всеукраїнському конкурсі юних раціоналізаторів та винахідників «Природа – людина – виробництво – екологія» (секція «Біологія»), Національному етапі конкурсу «Intel – Еко Україна» (2006, 2007, 2008 рр.) Міжнародного конкурсу науково-технічної творчості школярів Intel ISEF.

За активну роботу з обдарованими школярами та підготовку призерів III етапу Всеукраїнського конкурсу-захисту науково-дослідницьких робіт учнів-членів МАН України нагороджена грамотою Міністерства освіти і науки України (2006 р.), знаком «Відмінник освіти України» (2008 р.), подяками Міністерства освіти і науки України (2009 р.) та Національного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді (2007 р., 2008 р., 2009 р., 2010 р., 2018 р.).

За вагомий внесок у підготовку та перепідготовку педагогічних кадрів, впровадження сучасних технологій навчання і виховання студентської молоді та пошук і підтримку творчо обдарованої учнівської молоді Світлану Василівну Пиду обрано академіком Академії наук вищої школи України (2014 р.), нагороджено грамотами управління освіти і науки Тернопільської обласної державної адміністрації (ТОДА) та Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Науково-інноваційні здобутки професора С. В. Пиди отримали високу оцінку: подяка управління освіти і науки ТОДА (2018 р.); Почесна грамота НАН України (2018 р.); подяки обласного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді та управління освіти і науки ТОДА (2011 р.); грамота управління освіти і науки ТОДА (2010, 2018 рр.); грамота Тернопільського обласного комунального територіального відділення МАН України (2011 р.); подяки ТНПУ імені Володимира Гнатюка (1983, 1983, 1988, 1989, 1994, 1995, 1995, 1997, 2002, 2012, 2014 рр.); грамоти ТНПУ імені Володимира Гнатюка (2003, 2004, 2005, 2006, 2010, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019 рр.).

Професор С. В. Пиди вважає себе щасливою людиною, оскільки мала найкращих учителів, мала і має можливість спілкуватися та працювати разом з відомими, талановитими вченими, істинними науковцями, колегами, друзями і просто щирими та доброзичливими людьми. Життєвий і творчий шлях Світлани Василівни – взірць відданості улюбленій справі, зразок людської гідності, добропорядності, високої душевної щедрості, оптимізму, вірності служіння Україні та науці. Нині вона у розквіті творчих сил, сповнена новаторських ідей та сподівань на майбутнє.

Гордістю Світлани Василівни є не лише її наукові та педагогічні здобутки, а й велика та міцна родина. Разом з чоловіком, Петром Юрійовичем, вони виховали двох чудових синів: Віктора (закінчив фармацевтичний факультет Тернопільського державного медичного університету імені І. Я. Горбачевського, нині – кандидат фармацевтичних наук, доцент кафедри фармакології з клінічною фармакологією Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського) і Василя (закінчив історичний факультет Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й працює приватним підприємцем), трьох онуків: Матвія, Софію й Ігорчика.

С. В. Пиди користується заслуженим авторитетом і повагою серед науково-педагогічних працівників та студентів Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. У науковому світі та сфері практичної діяльності її поважають за високу ерудицію й працездатність. Як завжди, вона повна енергії, нових ідей і планів щодо одного з найважливіших природних процесів – біологічної фіксації азоту.

Співробітники, студенти, учні та все наукове товариство України з приємністю приєднуються до чисельних привітань ювілярці та висловлюють побажання міцного здоров'я, творчого довголіття, оптимізму, наснаги до нових звершень і дій, духовного збагачення на многії і многії літа.

1. Барна М. М., Барна Л. С. Лемківська церква Вознесіння Господнього: монографія. Тернопіль : ТОВ «Терно-граф», 2019. 176 с.
2. Барна М. М., Барна Л. С. Розвиток ботанічної науки в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія.* 2010. № 1 (42). С. 3–25.
3. Барна М. М., Піда С. В., Барна Л. С. Кафедра ботаніки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка: навчальні та наукові досягнення (до 75-річчя заснування). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія.* 2015. № 1 (62). С. 5–23.
4. Бібліографія наукових і науково-методичних праць викладачів хіміко-біологічного факультету Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка 1962–2002 рр. / уклад.: Барна М. М. та ін.; за ред. М. М. Барни. Тернопіль : Видавничий відділ ТДПУ, 2002. 182 с.
5. Бутницький І. М., Векірчик К. М., Піда С. В., Конончук О. Б. Становлення і розвиток наукових досліджень з фізіології рослин в Тернопільському національному педагогічному університеті ім. Володимира Гнатюка. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія.* 2009. № 1–2 (39). С. 210–218.
6. Відділ кадрів Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, спр. 444. 196 арк.
7. Нариси історії хіміко-біологічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (1940–2010) / М. М. Барна та ін.; за ред. М. М. Барни. Тернопіль : Підручники і посібники, 2010. 312 с.
8. Піда Світлана Василівна. Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка. URL: [http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/pida-sv-tlana-vasil-vna.php?clear\\_cache=Y](http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/pida-sv-tlana-vasil-vna.php?clear_cache=Y). (дата звернення: 10.09.2019).

## References

1. Barna M. M., Barna L. S. Lemkivska tserkva Voznesinnia Hospodnoho: monohrafiia. Ternopil : TOV «Terno-hraf», 2019. 176 s. (in Ukrainian).
2. Barna M. M., Barna L. S. Rozvytok Botanichnoi Nauky V Ternopilskomu Natsionalnomu Pedahohichnomu Universyteti Imeni Volodymyra Hnatiuka. *Naukovi Zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho Pedahohichnoho Universytetu Im. V. Hnatiuka. Ser. Biolohiia.* 2010. № 1 (42). S. 3-25. (in Ukrainian).
3. Barna M. M., Pyda S. V., Barna L. S. Kafedra botaniky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka: navchalni ta naukovi dosiahnennia (do 75-richchia zasnuvannia). *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriiia : Biolohiia.* 2015. № 1 (62). S. 5-23. (in Ukrainian).
4. Bibliohrafiia naukovykh i naukovo-metodychnykh prats vykladachiv khimiko-biolohichnoho fakultetu Ternopilskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka 1962–2002 rr. / uklad.: Barna M. M. ta in.; za red. M. M. Barny. Ternopil : Vydavnychiy viddil TDPU, 2002. 182 s. (in Ukrainian).
5. Butnytskyi I. M., Vekirchik K. M., Pyda S. V., Kononchuk O. B. Stanovlennia i rozvytok naukovykh doslidzhen z fiziolohii roslын v Ternopilskomu natsionalnomu pedahohichnomu universyteti im. Volodymyra Hnatiuka. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biolohiia.* 2009. № 1-2 (39). S. 210-218. (in Ukrainian).
6. Viddil kadriv Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka, m. Ternopil, spr. 444. 196 ark. (in Ukrainian).
7. Narysy istorii khimiko-biolohichnoho fakultetu Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka (1940–2010) / M. M. Barna ta in.; za red. M. M. Barny. Ternopil : Pidruchnyky i posibnyky, 2010. 312 s. (in Ukrainian).
8. Pyda Svitlana Vasylyivna. Ternopilskyi natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni Volodymyra Hnatiuka. URL: [http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/pida-sv-tlana-vasil-vna.php?clear\\_cache=Y](http://tnpu.edu.ua/faculty/himbio/pida-sv-tlana-vasil-vna.php?clear_cache=Y). (data zvernennia: 10.09.2019). (in Ukrainian).

V. P. Patyka, I. P. Hryhoriuk, M. M. Barna, N. M. Drobyk, O. B. Kononchuk

Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

WITH DEDICATION TO HER VOCATION, WITH LOVE TO PEOPLE AND WITH KINDNESS  
IN HER HEART (to the 60th anniversary of the academician ASHS, professor SVITLANA  
VASYLIVNA PYDA)

July 7, 2019 marks the 60th anniversary of the renowned scientist in the field of plant physiology and microbiology, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine, Head of the Department of Botany and Zoology of the Ternopil National Pedagogical University and University

Svitlana Vasylivna was born in the village of Ishkiv, Koziv district, Ternopil region, to a family of teachers. She started schooling at the Ishkiv eight-year school and later Ternopil Secondary School #8, which she graduated with honours in 1976. In August 1977, she entered Ternopil Pedagogical Institute, Natural Sciences faculty. She graduated with honors in 1982 and got qualification of a teacher of chemistry and biology

Since July 1982, Svitlana Vasylivna's work has been associated with the Department of Botany (now the Department of Botany and Zoology of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University), where she became an assistant at the laboratory of plant physiology and biology.

As a laboratory assistant, S.V. Pyda commenced her first scientific studies concerned with nitrogen nutrition of legumes supervised by Professor, Head of the Symbiotic Nitrogenation Department of the Institute of Plant Physiology and Genetics of NAS of Ukraine Yukhym Polikarpovych Starchenko, candidates of biological sciences, professor of the Department of Botany of Ternopil Pedagogical Institute Vekirchuk Kuzma Mykolaiovych and associate professor Butnytskyi Ivan Mykolaiovych.

From 1989 to 1993 S.V. Pyda carried out scientific research at National Botanical Garden M.M. Hrishko NAS of Ukraine (Kyiv) supervised by professor, head of allelopathy department Holovko Erast Anatoliiovych. May 26, 1994 as a result of scientific research S.V. Pyda became a successful defense of a Ph.D. thesis for the degree of Candidate of Biological Sciences in the specialty 03.00.12 – plant physiology in the specialized scientific council of the Institute of Plant Physiology and Genetics of NAS of Ukraine entitled: «Allelopathic and symbiotic features of lupine at different levels of nitrogen nutrition».

During her postgraduate studies, in 1990 S. V. Pyda was transitioned to the position of Assistant Professor of the Department of Botany of Ternopil Pedagogical Institute, and after the defense of her Ph.D. thesis in January 1995 – to the post of Senior Lecturer, Associate Professor of Botany – on December 25, 1997. Pyda S.V. was given the academic title of Associate Professor of Botany.

Pyda S.V. managed to combine her teaching career with scientific research concerned with a wide range of questions of plant physiology, biochemistry and ecology, microbiology, agriculture. Her major research focuses on the biological fixation of molecular nitrogen by legumes, allelopathic and biochemical features of species of the genus Lupine and some floral-ornamental plants, problems of chemical interaction between plants in natural and artificial phytocenoses, microorganisms and agriculture.

Her 13-year-long scientific work found its expression in the manuscript of the doctoral dissertation, successfully defended on June 14, 2007 for the degree of Doctor of Agricultural Sciences in the specialized academic council of the Uman Agrarian University (now Uman National University of Horticulture) entitled: “Physiology of symbiosis of *Bradyrhizobium* sp. (Lupinus) – Lupinus L.: allelopathic analysis” specialty 03.00.12 – plant physiology.

On April 1, 2008, after a significant achievement in the scientific and pedagogical field, the decision of the Scientific Council of the Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University Pyda S.V. was appointed the professor of the Department of Botany. On January 20, 2011, by the decision of the Attestation Board of the Ministry of Education and Science, Pyda S.V. was awarded the academic title of Professor of Botany. Since November 26, 2014 prof. Pyda S.V. has

been the head of the Department of Botany and Zoology after the merging of the departments of Botany and Zoology.

Svitlana Vasylivna Pyda's legacy comprises 342 works, including 4 monographs, 7 utility model patents, over 30 scientific articles, 2 textbooks, 7 methodological tutorials, 1 bibliographic index, 2 e-courses etc.

Professor S.V. Pyda has been teaching at the University for many years the disciplines "Plant Physiology", "Microbiology with the Fundamentals of Virology", "Research Methods", "Nutrition and Productivity of Plants", "Mechanisms of Plant Productivity". She is also a teacher of Ternopil Oblast Territory -Municipal Branch of the Ministry of Education and Science of Ukraine, a member of the jury and head at the numerous competitions of city and all-Ukrainian importance, the head of the Ternopil branch of the Ukrainian Society of Plant Physiologists and Ternopil branch of the Society of microbiologists of Ukraine.

For a significant contribution to the teacher training courses, the introduction of modern technologies of education and upbringing of student youth and the support of gifted students, Svitlana Vasylivna Pyda was elected Academician of the Academy of Sciences of Higher School of Ukraine, awarded by Ternopil state administration, Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ternopil Oblast Ecological and Naturalistic Center student youth, Ternopil Regional Communal Territorial Branch of the Academy of Sciences of Ukraine, NAS of Ukraine, Ministry of Education and Science, etc.

Svitlana Vasylivna considers herself a happy person because she had the best teachers – Yavonenko A.F., Vekirchuk K.M., Shusta I.V., Barna M.M., Butnytskyi I.M., Shymanska V.A., Kuzmovych L.G., Orchuk K.I., Talposha V.S., Grushka S.I., Yakovleva V.O., Yakovenko B.V., Kuratova T.S., colleagues and scholars such as Y. P. Starchenko, E.A. Golovko, V.P.Patyk, I.P. Grygoryuk, friends, and sincere and friendly people. She is a role model and we all appreciate her dignity, integrity, high spirits and loyalty to Ukraine and science.

*Key words: Pyda Svitlana Vasylivna, teacher, scientist.*

Надійшла 31.05.2019.